

MARIA FERNANDES PEREIRA

**FORMAÇÃO CONTÍNUA DE PROFESSORES DE BIOLOGIA:  
CONTRIBUTOS PARA UM MODELO CONSTRUTIVISTA**

UNIVERSIDADE DE AVEIRO

AVEIRO - 1994

**MARIA FERNANDES PEREIRA**



UNIVERSIDADE DE AVEIRO  
SERVIÇOS DE DOCUMENTAÇÃO  
MEDIATECA

**FORMAÇÃO CONTÍNUA DE PROFESSORES DE BIOLOGIA:  
CONTRIBUTOS PARA UM MODELO CONSTRUTIVISTA**

Dissertação apresentada para a obtenção  
do grau de Mestre, sob a orientação da  
Professora Doutora M. Isabel Pinheiro Martins

Mestrado em Ciências da Educação, Especialidade de Supervisão,  
Subespecialidade - Ciências



77797

**UNIVERSIDADE DE AVEIRO**

**SECÇÃO AUTÓNOMA DE DIDÁCTICA E TECNOLOGIA EDUCATIVA**

**AVEIRO - 1994**

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de manifestar o meu sincero agradecimento pelos apoios concedidos, que constituíram um grande auxílio para a realização da investigação e do trabalho apresentado.

À Professora Doutora M. Isabel Pinheiro Martins por toda a orientação crítica, ensinamentos, disponibilidade, grande dedicação e incentivos dados durante a supervisão de todo o trabalho, sem os quais não teria sido possível a realização do mesmo.

A todos os professores que frequentaram os cursos piloto e principal, pela sua participação e empenho em todas as actividades, sem os quais não era possível realizar este trabalho.

À professora de Química, Dr<sup>a</sup> M. Isabel Cerqueira pela disponibilidade e pela colaboração na abordagem de assuntos relacionados com a "Energia nas Reacções Químicas", no curso piloto e no curso principal.

À Doutora M. Helena Pedrosa de Jesus pela sua presença, como observadora e avaliadora, no curso principal.

Ao meu colega José Manuel Lopes pela sua presença como observador, no curso piloto, e pelas críticas e sugestões fornecidas para melhorar o curso principal.

Ao Professor Doutor Gustavo Caldeira, pela aceitação da tarefa de validação de textos sobre assuntos da área da Biologia e pelos úteis elementos que me forneceu nos contactos que mantivemos.

À coordenadora do Pólo de Lamego, Doutora Filomena Varanda, pela amizade e apoio, e ainda, por ter autorizado a utilização do equipamento necessário à impressão deste trabalho.

A todos os meus colegas da ESEV - Pólo de Lamego, em especial à Mariana Bernardo, pelo carinho, apoio e incentivo prestados.

Ao professor José Júlio Duarte pela ajuda, na parte gráfica do texto, e pela paciência com que o fez.

A todos os meus familiares pela ajuda, encorajamento e compreensão que me permitiram a concentração necessária à realização deste trabalho e me ajudaram a ultrapassar dificuldades e momentos de desânimo.

E a outras pessoas não mencionadas, que deram o seu contributo para a realização deste trabalho.

## RESUMO

O estudo apresentado constou da planificação, organização, realização e avaliação de um curso de formação contínua de professores de Biologia subordinado ao tema "Energia nos Sistemas Biológicos: perspectivas didácticas para a sua abordagem". Este tema foi seleccionado pela sua importância no currículo dos alunos do ensino secundário e por ser considerado por professores e investigadores, difícil de ensinar e de aprender.

O curso foi perspectivado e orientado, segundo a teoria construtivista do ensino e aprendizagem. Visou familiarizar os professores com a lógica do ensino construtivista e contribuir para diminuir dificuldades a nível da formação de conceitos tratados no âmbito curricular.

O curso organizou-se em cinco seminários distribuídos por três dias. Nesses seminários foram tratados os seguintes assuntos: (1) Construtivismo e Concepções Alternativas dos Alunos; (2) Energia e o Ensino da Biologia; (3) O Ião ATP<sup>4-</sup>: Estrutura e Função; (4) Respiração Celular e Fermentação; (5) Fotossíntese. A selecção destes assuntos teve por base a análise dos programas para o 10º ano de escolaridade de Biologia (currículo antigo) e o de Ciências da Terra e da Vida (currículo novo).

Cada seminário envolveu quatro etapas que foram designadas de: Introdução; Exploração; Síntese; Desenvolvimento.

As actividades planificadas para cada seminário na etapa "exploração", foram realizadas em grupo e consistiram fundamentalmente na análise de textos e de material didáctico escrito e audiovisual e, ainda, na reflexão sobre as práticas dos professores participantes.

A apresentação pela organizadora do curso de alguns tópicos do assunto em estudo na etapa "desenvolvimento" teve por base os resultados das discussões de grupo, os aspectos não adequados das concepções alternativas identificadas e descritas na literatura sobre os assuntos em referência e a pertinência científica e pedagógico-didáctica desses mesmos assuntos.

Foi realizado um curso piloto e um curso principal. Neste último, estiveram presentes 32 professores de Biologia (15 delegados e/ou orientadores; 8 com outros cargos ; 9 sem qualquer cargo extra à sua função docente). Destes, 24

estiveram presentes em todas as sessões, constituindo, por isso, a amostra envolvida no estudo.

A avaliação foi realizada, principalmente, pelos participantes através da resposta a questionários escritos, anónimos (identificados por código) no início do curso (pré-teste), no início da abordagem de cada assunto e no final do curso (pós-teste). Do primeiro e do último questionários fizeram parte questões abertas destinadas a avaliar competências científicas e/ou pedagógico-didáticas que se julgaram conseguir obter através do curso. A análise das respostas dos professores a estas questões foi do tipo ideográfico, baseada no método proposto por Erickson (1979). Para cada uma das questões foi possível identificar e caracterizar, categorias de resposta.

A partir da análise dos resultados foi possível concluir que:

-Poderá ser pertinente para complemento/actualização da formação científica e pedagógico-didáctica de professores de Biologia a abordagem em programas de formação contínua, dos assuntos em referência.

-O modelo de trabalho utilizado no curso foi adequado aos princípios e objectivos definidos para o mesmo e teve impacto nos professores que nele participaram.

-O curso poderá ter proporcionado a alguns professores: uma maior consciencialização da perspectiva construtivista de ensino/aprendizagem e sua problemática; uma sensibilização sobre aspectos científicos inadequados, utilizados por alguns professores e em alguns materiais didácticos; uma actualização na formação científica e pedagógico-didáctica; uma clarificação de conceitos sobre os assuntos abordados no curso.

Ainda, da análise dos resultados podemos concluir que as atitudes da organizadora, as actividades, os materiais, as ideias, e estratégias dos seminários tiveram um grande impacto nos participantes e foram apropriadas à consecução dos objectivos definidos para o curso.

De acordo com as conclusões referidas, a proposta de formação contínua de professores utilizada neste estudo poderá ser considerada como ponto de partida para modelos construtivistas mais elaborados de formação contínua de professores de Ciências e de Biologia em particular.

# ÍNDICE

## CAPÍTULO 1

	<b>Pág.</b>
O PROBLEMA EM INVESTIGAÇÃO	1
1.1-INTRODUÇÃO	1
1.2-ÁREAS DE FORMAÇÃO A PRIVILEGIAR	3
1.2.1- Componente pedagógico-didáctica da formação	4
1.2.2- Componente científica da formação	6
1.3-MODELO DE FORMAÇÃO CONTÍNUA DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS	8
1.3.1-Importância de modelos construtivistas na formação contínua de professores de Ciências	12
1.4- SELECÇÃO DO TEMA DO CURSO	13
1.5- FORMAÇÃO DE FORMADORES	17
1.6- OBJECTIVOS DO ESTUDO	19
1.7- HIPÓTESE DE TRABALHO	20

## CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1-INTRODUÇÃO	21
2.2-FORMAÇÃO CONTÍNUA -ALGUNS PROBLEMAS	22
2.3-MODELOS DE FORMAÇÃO CONTÍNUA DE PROFESSORES	24
2.4-COMPONENTES DE FORMAÇÃO	28
2.5-O IMPACTO DO CONSTRUTIVISMO E DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS	31
2.5.1-Utilização de alguns aspectos da teoria construtivista na formação contínua de professores	33

## **CAPÍTULO 3**

<b>METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO</b>	<b>38</b>
<b>3.1-INTRODUÇÃO</b>	<b>38</b>
<b>3.2-DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO ESTUDO</b>	<b>39</b>
<b>3.3-FASE PRELIMINAR</b>	<b>41</b>
<b>3.3.1-Seleção dos professores</b>	<b>41</b>
3.3.1.1-Recrutamento dos professores	42
3.3.1.2-Critérios utilizados na selecção dos professores	44
3.3.1.3-Characterização da amostra	46
<b>3.4-FASE DE PLANIFICAÇÃO E ORGANIZAÇÃO</b>	<b>50</b>
<b>3.4.1-Modelo do curso</b>	<b>50</b>
3.4.1.1-Modelo dos seminários	50
<b>3.4.2-Planificação de actividades</b>	<b>55</b>
<b>3.4.3-Instrumentos de recolha de dados para a avaliação do curso principal</b>	<b>59</b>
<b>3.5-FASE DE AFERIÇÃO - ESTUDO PILOTO</b>	<b>61</b>
<b>3.5.1-Objectivos</b>	<b>61</b>
<b>3.5.2-Characterização do curso</b>	<b>62</b>
<b>3.5.3-Avaliação do curso</b>	<b>62</b>
<b>3.5.4-Decisões tomadas</b>	<b>65</b>
<b>3.6-ESTUDO PRINCIPAL</b>	<b>66</b>
<b>3.6.1-Avaliação</b>	<b>66</b>
<b>3.7-ANÁLISE DOS DADOS</b>	<b>68</b>
<b>3.7.1-Análise dos dados da avaliação diagnóstica</b>	<b>68</b>
<b>3.7.2-Análise dos dados da avaliação de consecução</b>	<b>68</b>
3.7.2.1-Análise de conteúdo	69
<b>3.7.3-Construção de categorias de conteúdo</b>	<b>70</b>
<b>3.7.4-Construção das categorias de resposta</b>	<b>71</b>
<b>3.7.5-Descrição das respostas adequadas</b>	<b>72</b>

## CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
4.1-INTRODUÇÃO	78
4.2-AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA	80
4.2.1-Discussão dos resultados	80
4.3-AVALIAÇÃO DE CONSECUÇÃO	82
4.3.1-Avaliação de aspectos relacionados com a organização (Seção A)	83
4.3.1.1-Discussão dos resultados	84
4.3.2-Avaliação de aspectos relacionados com eventuais benefícios posteriores, para os participantes (Seção B)	84
4.3.2.1-Discussão dos resultados	87
4.3.3-Avaliação sobre aspectos globais-comentários (Seção C)	87
4.3.3.1-Aspectos do curso que impresssionaram os professores mais favoravelmente	87
4.3.3.2-Aspectos do curso que impresssionaram os professores menos favoravelmente	90
4.3.3.3-Comentários adicionais e sugestões	91
4.3.3.4-Discussão dos resultados	92
4.3.4-Avaliação de aspectos particulares-Pré-teste e Pós-teste (Seção D)	95
4.3.4.1-Categorias de resposta para a questão 1	95
-Natureza das categorias de resposta	95
-Extensão das categorias de resposta	97
-Discussão dos resultados	98
4.3.4.2-Categorias de resposta para a questão 2	99
(i)-Categorias de resposta para a componente científica	99
-Natureza das categorias de resposta	99
-Extensão das categorias de resposta	102
-Discussão dos resultados	104

(ii)-Categorias de resposta para a componente pedagógico-didático.	105
-Natureza das categorias de resposta	105
-Extensão das categorias de resposta	108
-Discussão dos resultados	110
4.3.4.3- Categorias de resposta para a questão 3	111
(i)-Categorias de resposta para a componente científica	111
-Natureza das categorias de resposta	111
-Extensão das categorias de resposta	114
-Discussão dos resultados	115
(ii)-Categorias de resposta para a componente pedagógico-didática	116
-Natureza das categorias de resposta	116
-Extensão das categorias de resposta	119
-Discussão dos resultados	120
4.3.4.4-Categorias de resposta para a questão 4	121
-Natureza das categorias de resposta	121
-Extensão das categorias de resposta	124
-Discussão dos resultados	125
4.3.4.5- Categorias de resposta para a questão 5	126
(i)-Categorias de resposta para a componente científica	126
-Natureza das categorias de resposta	126
-Extensão das categorias de resposta	129
-Discussão dos resultados	130
(ii)-Categorias de resposta para a componente pedagógico-didática	132
-Natureza das categorias de resposta	132
-Extensão das categorias de resposta	134
-Discussão dos resultados	135

4.3.4.6-Discussão geral dos resultados do pré-teste e do pós-teste (Secção D)	136
4.4-AVALIAÇÃO DOS OBSERVADORES	138
4.5-AUTO-AVALIAÇÃO	138

## **CAPÍTULO 5**

CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS E SUGESTÕES	141
5.1-INTRODUÇÃO	141
5.2-PRINCIPAIS CONCLUSÕES	141
5.3-LIMITAÇÕES DO ESTUDO	148
5.4-IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS	149
5.5-SUGESTÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES	150
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>157</b>

## **ANEXOS**

ANEXO I -Cartas, questionário e ficha de inscrição no curso	173
ANEXO II - Questionários	182
ANEXO III -Alguns documentos elaborados e fornecidos nos seminários	197
ANEXO IV -Síntese das actividades realizadas e do desenvolvimento teórico dos assuntos	225
ANEXO V -Calendarização do curso piloto	285
ANEXO VI -Quadro geral de resultados do pré-teste e do pós-teste (Secção D)	288
ANEXO VII -Avaliação realizada pelos observadores do curso principal	291

# LISTA DE TABELAS, FIGURAS E GRÁFICOS

## TABELAS

1.1-Exemplos de tópicos envolvendo o conceito de energia dos novos programas de Ciências da Natureza, Ciências Naturais, Ciências da Terra e da Vida, Biologia e Geologia e, nos antigos programas, de Ecologia e Noções Básicas de Saúde.	16
2.1- Articulação dos quatro paradigmas da formação contínua de professores.	26
3.1-Número de professores contactados e número de professores interessados, em cada fase do estudo.	41
3.2-Categoria profissional dos professores envolvidos em cada fase do estudo.	42
3.3- Caracterização da amostra em termos de idade (anos)	47
3.4- Caracterização da amostra em termos de formação académica	48
3.5- Caracterização da amostra em termos de formação pedagógico/profissional.	48
3.6- Caracterização da amostra em termos de situação profissional, no ano lectivo 1991/92.	48
3.7- Caracterização da amostra em termos do tempo de serviço	49
3.8- Caracterização da amostra em termos de tempo de serviço dos diferentes cargos ocupados.	49
4.1- Resultados, em percentagem, das respostas dos professores relativas ao grau de interesse dos tópicos a abordar sobre cada um dos assuntos tratados no curso.	81
4.2- Resultados, em percentagem, das respostas dos professores a aspectos relacionados com eventuais benefícios posteriores do curso, relativamente aos temas abordados no curso.	85
4.3- Resultados, em percentagem, das respostas dos professores referentes a aspectos gerais relacionados com eventuais benefícios posteriores do curso.	86

4.4-Resultados, em percentagem, das respostas dos professores relativas a aspectos do curso que os impressionaram mais favoravelmente.	89
4.5-Resultados, em percentagem, das respostas dos professores relativas a aspectos do curso que os impressionaram menos favoravelmente .	90
4.6-Resultados, em percentagem, das respostas dos professores relativas a comentários adicionais e sugestões.	91
4.7-Distribuição dos professores pelas categorias de resposta identificadas para a questão 1.	97
4.8-Distribuição dos professores pelas categorias de resposta identificadas para a componente científica da questão 2.	103
4.9-Distribuição dos professores pelas categorias de resposta identificadas para a componente pedagógico-didáctica da questão 2.	109
4.10-Distribuição dos professores pelas categorias de resposta identificadas para a componente científica da questão 3	114
4.11-Distribuição dos professores pelas categorias de resposta identificadas para a componente pedagógico-didáctica da questão 3.	119
4.12-Distribuição dos professores pelas categorias de resposta identificadas para a questão 4	124
4.13-Distribuição dos professores pelas categorias de resposta identificadas para a componente científica da questão 5.	130
4.14-Distribuição dos professores pelas categorias de resposta identificadas para a componente pedagógico-didáctica da questão 5.	134

## **FIGURAS**

1.1-Fases do problema em estudo.	11
1.2-Algumas relações entre áreas temáticas de Química e de Biologia.	14
2.1-Um conjunto de ligações entre a investigação em Educação em Ciências e a Educação de Professores de Ciências.	31
3.1-Fases do trabalho.	40
3.2-Organização do curso.	51
5.1-Modelo de implementação de mudanças incrementadas num curso intensivo de formação contínua de professores de Ciências.	154

## **GRÁFICOS**

4.1-Distribuição das respostas dos professores relativamente a aspectos relacionados com o ritmo em que decorreu o curso.	83
4.2-Distribuição das respostas dos professores relativamente a aspectos relacionados com a duração prevista para o tratamento de cada um dos assuntos abordados no curso.	83

# **CAPÍTULO 1**

## **O PROBLEMA EM INVESTIGAÇÃO**

### **1.1- INTRODUÇÃO**

O modelo da formação inicial como um processo de formação acabado está hoje em causa na generalidade das profissões e muito em especial para os professores de Ciências que se encontram permanentemente confrontados com a necessidade de fornecerem novas respostas aos alunos e conseqüentemente à sociedade. Ganha assim forma uma nova dimensão de formação de professores - a formação contínua.

Podemos definir formação contínua, "como o conjunto de actividades formativas de professores, que vêm na sequência da sua habilitação profissional inicial e do período de indução profissional (quando existe), e que visa o aperfeiçoamento dos seus conhecimentos, aptidões e atitudes profissionais em ordem à melhoria da qualidade da educação a proporcionar aos educandos" (Ribeiro, 1990, p.10).

Assim entendida, a formação contínua dos professores torna-se cada vez mais uma tarefa urgente e pertinente no actual contexto educativo devido principalmente, à evolução científico-pedagógica, à reforma educativa em curso e às lacunas nos processos de formação inicial dos professores.

Vivemos num tempo de grande evolução científica e tecnológica e de grandes transformações e mudanças sociais e culturais. A escola mais de qualquer outro sub-sistema da vida social vai sofrer essas repercussões. Os saberes que hoje predominam tornam-se rapidamente ultrapassados. Na tentativa de acompanhar toda essa evolução os programas vão regularmente sofrendo alterações, quer nos conteúdos científicos, quer na didáctica desses mesmos conteúdos. Assim os professores vão assistindo quotidianamente à desvalorização e ultrapassagem da sua formação básica nestas duas componentes.

Perante este cenário Patrício (1988, p. 39) afirma: "a formação contínua dos professores é uma exigência do mundo moderno. Ela não é um luxo de professores mais curiosos, mais insatisfeitos ou mais ambiciosos, mas parte essencial do processo normal de formação de um professor"

A reforma educativa em curso, baseada na LBSE nº 46/86 de 14 de Outubro, preconiza um novo estilo de educação baseado nos princípios gerais consignados no artigo 2º da referida Lei. Destes destacamos: "o sistema educativo responde às necessidades resultantes da realidade social, contribuindo para o desenvolvimento pleno e harmonioso da personalidade dos indivíduos, incentivando-os à formação de cidadãos livres, responsáveis, autónomos e solidários e valorizando a dimensão humana do trabalho" e "a educação promove o desenvolvimento do espírito democrático e pluralista..., formando cidadãos capazes de julgarem com espírito crítico e criativo o meio social, em que se integram e de se empenharem na sua transformação progressiva". Além disso, a diferenciação de formas de organização propostas para os três anos do ensino secundário, preconizadas pela referida Lei de Bases e a entrada em vigor dos novos programas exigem uma actualização urgente e uma elevada competência científica, pedagógica e técnica dos professores. Torna-se portanto compreensível a afirmação do interesse e necessidade de formação contínua de professores nestas vertentes, como condição de suporte essencial do funcionamento do sistema educativo.

Têm também consequências a nível da procura e necessidade de formação contínua por parte dos professores, o Decreto-Lei nº 139-A/90 de 28 de Abril (Estatuto da Carreira dos Educadores de Infância e dos Professores dos Ensinos Básico e Secundário) e o Decreto-Lei nº 249/92 de 9 de Novembro (Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores) por preconizarem que esta deve ser tomada em conta na apreciação curricular e na progressão na carreira docente.

Em oposição com a necessidade urgente de se proceder à elaboração de programas de formação contínua de professores, decorrentes dos factores que temos vindo a citar, várias medidas administrativas, visando principalmente a promoção e estabilidade na carreira, não têm contribuído para minimizar eventuais deficiências na formação pedagógico-didáctica de professores. Destas medidas podemos destacar as seguintes:

-O Decreto-Lei nº 18/88 de 21 de Janeiro dispensa de qualquer formação pedagógico-didáctica, teórica e prática, os docentes que tenham mais de 15 anos de serviço docente ou 50 anos de idade e dez anos de serviço docente.

-O Decreto-Lei nº 287/88 de 19 de Agosto liberta do segundo ano da Profissionalização em Serviço os professores que tenham 6 anos de serviço e aqueles que os completem durante o 1º ano de profissionalização desde que possuam habilitação própria para o seu grupo de docência .

-O Decreto- Lei nº444/88 de 2 de Dezembro entrega à Universidade Aberta para formação à distância, o primeiro ano de profissionalização de muitos professores.

Se tivermos em conta a natureza destes modelos de formação e a quantidade de professores que profissionalizaram, podemos admitir como hipótese, a existência de grandes lacunas na formação pedagógica-didáctica de muitos deles.

São também frequentes nos professores de Ciências deficiências na sua formação científica (ver subsecção 1.2.2). São motivadas, além de outros factores, pela falta de conhecimentos a nível da formação inicial, necessários à compreensão dos conteúdos curriculares que o professor tem de ensinar.

Estes são alguns factores que na nossa perspectiva deverão ser considerados nos objectivos, conteúdos e modalidades de formação contínua dos professores em geral e em particular nos professores de Ciências.

## **1.2 -ÁREAS DE FORMAÇÃO A PRIVILEGIAR**

Os programas de formação contínua de professores devem ser "adequados às necessidades do sistema educativo" (artigo 4º do Decreto-Lei 249/92 de 9 de Novembro). Considerámos uma das necessidades do sistema educativo a organização de programas de formação contínua de professores de Ciências, particularmente de Biologia, que visem contribuir para melhorar a sua formação na componente pedagógico-didáctica e científica. Por isso, foi esta a perspectiva valorizada na presente investigação.

Esta posição é corroborada pelo artigo 6º, alínea a) do referido Decreto-Lei onde se menciona, que as Ciências da Educação e as Ciências da Especialidade, devem "constituir áreas de incidência de formação contínua" de professores.

### **1.2.1 - Componente pedagógico-didáctica da formação**

Numa perspectiva tradicional - empirista, o ensino das Ciências, assenta no pressuposto que a aprendizagem se processa por aquisição de conteúdos considerados verdades científicas. O professor é um mero transmissor de conhecimentos e o aluno um ser passivo que não intervém senão como receptor na aquisição desse conhecimento. Segundo esta perspectiva o sucesso da educação (a qualquer nível etário) é avaliado através da reprodução dos conteúdos transmitidos pelos professores. A perspectiva empirista inclui modelos de aprendizagem, como: a pedagogia transmissiva, a aprendizagem por descoberta e a pedagogia por objectivos.

O modelo de ensino orientado para esta aprendizagem tem vindo a ser posto em causa, devido principalmente ao insucesso na aprendizagem efectiva dos indivíduos envolvidos no processo de formação, ao aumento quantitativo dos saberes, às rápidas mudanças operadas ao nível do próprio conhecimento, (Marques e Praia, 1991) e ainda aos objectivos dos sistemas educativos actuais e às exigências da própria sociedade.

Uma sentida necessidade de mudar, originada destes conflitos levou a várias investigações centradas no processo de aprendizagem dos alunos.

Uma das correntes de investigação educacional centrada sobre o aluno com impacto crescente na última década assenta no pressuposto de que todo o indivíduo é um construtor do seu próprio conhecimento - teoria construtivista da aprendizagem (Oberg, 1986; Gunstone, 1990; Wheatley, 1991; Smith, Blaskeslee e Anderson, 1993).

Esta visão construtivista da aprendizagem é considerada, por muitos autores, como por exemplo, Driver (1983), Novak (1987), Stavy, Eisen e Yaakobi (1987), como a teoria de aprendizagem mais adequada para a interpretação dos processos nela envolvidos. Assenta na concepção de aluno não como "tábula rasa" (Gilbert, Osborne e Fensham, 1982), mas sim como alguém que traz para a escola um conjunto de ideias, algumas mesmo concepções alternativas (C.A.), por vezes de elevada complexidade, sobre os tópicos que lhe vão ser ensinados. Estas ideias

podem constituir "obstáculo" à compreensão da versão científica, pelo que devem ser tomadas em consideração pelo professor.

Nesta perspectiva o conhecimento científico do aluno não é simplesmente uma adição de conhecimentos efectuada pelo professor, mas uma mudança ou reestruturação das ideias ou concepções que o aluno já possui - mudança conceptual. Assim, papel do professor é o de ajudar os seus alunos a (re)construírem novos significados, a partir dos conhecimentos que lhes são familiares, através de ciclos sucessivos de desestruturação e (re)estruturação do conhecimento.

Estratégias como, por exemplo, actividades de metacognição, consciencialização das estratégias de aprendizagem a que o aluno recorre no processamento do conhecimento, exploração de situações problema, actividades de *brainstorming*, aparecem na literatura como privilegiadas na promoção da mudança conceptual (Santos,1991)

Esta perspectiva de aprendizagem é preconizada nos novos programas de Ciências/Biologia. Frases como por exemplo, "o aluno é o agente da sua aprendizagem...", "a resolução de problemas é considerada um aspecto fundamental da actividade científica", "a construção do conhecimento deve assentar nos conhecimentos prévios dos alunos", "o professor deve assumir um papel organizador e orientador" fazem parte do texto introdutório do programa de Ciências da Terra e da Vida para o 10º ano de escolaridade. No presente estudo foi dada especial saliência a este programa, pelos motivos assinalados na secção 1.4 .

Mas se houve preocupação em reformular e actualizar os programas de acordo com as novas teorias de ensino-aprendizagem, o mesmo não aconteceu em preparar os professores para os levar à prática. Muitos deles têm eventualmente, concepções de ensino-aprendizagem algumas das quais entram em conflito com concepções de ensino-aprendizagem por mudança conceptual. Torna-se portanto compreensível a necessidade de mudarem tais concepções, para que não constituam uma barreira à implementação dos novos programas. Urge por isso, promover acções de formação na área pedagógico-didáctica pois as reformas curriculares só poderão ser fecundas se se articularem com adequadas estratégias de formação de professores.

Esta urgência compreender-se-á melhor se pensarmos que:

-Foi na última década que as perspectivas sobre o ensino-aprendizagem das Ciências mais evoluíram e a formação de um grande número dos nossos professores é anterior.

-A maioria dos professores ainda pratica formas tradicionais de ensino.

-Assuntos relacionados com a didáctica da respectiva disciplina têm sido os mais indicados, quanto a necessidades e interesses em matéria de formação (GEP,1990 a), e por vezes bastante esquecidos na formação contínua de professores (Praia,1991).

### **1.2.2 - Componente científica da formação**

É fundamental um bom domínio da matéria da especialidade, principalmente quando se adoptam modelos de ensino virados para a mudança conceptual dos alunos. Com efeito "se num tipo de abordagem mais tradicional, com aulas expositivas, um deficiente domínio no conhecimento científico, por parte do professor, pode não constituir aparentemente uma dificuldade de maior, neste tipo de abordagem construtivista esse facto tem consequências desastrosas na formação científica das novas gerações e pode empurrar os professores para abordagens expositivas com as consequências funestas que daí advêm" (Thomaz, 1990, p.176). Também Cachapuz e Martins (1991, p.14) se referem a tal facto dizendo que: "de um modo geral, o ensino virado para a mudança conceptual dos alunos exige um elevado nível na formação didáctica dos professores o que implica quer uma sólida formação científica, quer uma sólida formação pedagógica". Deficiências nesta formação não só não lhes permite compreender as dificuldades de aprendizagem dos alunos, como também pode, eventualmente, criar ou reforçar determinadas concepções alternativas. Além destes, outros trabalhos realçam a importância dos professores possuírem uma formação científica sólida para levarem a cabo um ensino eficaz (Arzi, White e Fensham 1987; Linn, 1987; Tobin e Espinet, 1989; Perez, 1991; Furió,1993; Gess-Newsome e Lederman, 1993). Eventualmente por isso, os alunos consideram o domínio da matéria por parte do professor, "um requisito essencial para a sua própria aprendizagem" (Carrascosa et al., 1990 citado por Pérez, 1991, p.72).

Mas nem só os alunos são sensíveis a este problema, "o público em geral e aqueles que determinam a política educativa estão de acordo em que a

competência do professor nas matérias que ensina representa um critério central na qualidade do professor" (Shulman 1986, p.25).

Segundo este critério certamente nem todos os professores poderão ser considerados "bons professores". Através de investigações realizadas no âmbito nacional e internacional e de conversas informais um elevado número de professores profissionalizados reconhece a necessidade de formação contínua nos domínios científicos da sua área disciplinar. Isto acontece devido principalmente:

-À deficiente interdisciplinaridade entre determinadas áreas disciplinares, como por exemplo, a Biologia e a Química. Vários conceitos de Química são essenciais à compreensão dos sistemas biológicos e à sua evolução. Estes conceitos deveriam ser abordados pelo professor de Química com a devida antecedência. O que se verifica na prática, é que muitas das vezes são os professores de Biologia a ensinar esses conceitos não estando muitas vezes devidamente preparados a nível da sua formação para o fazer.

-À desarticulação entre a formação científica do professor e os conteúdos curriculares a ensinar. Como exemplo, podemos referir, que uma grande parte dos actuais professores de Biologia provém das licenciaturas em Biologia e em Geologia. Os professores licenciados em Biologia possuem deficiências no domínio da Geologia e os licenciados em Geologia em áreas da Biologia. Saliente-se ainda que nos 2º e 3º Ciclos do Ensino Básico e no Ensino Secundário, são tratados na mesma disciplina temas de Biologia e de Geologia.

-Ao ritmo acelerado com que evolui o conhecimento científico.

-À falta de comunicação entre os centros de produção do conhecimento e as escolas.

Apesar disso, têm sido poucas as acções promovidas pelos Serviços Centrais do Ministério da Educação e pelas Instituições de Ensino Superior no domínio das áreas científicas. Segundo um estudo publicado pelo GEP (1990b), no ano lectivo de 1987/88, sómente 21,9% das acções realizadas pela Direcção de Serviços do Ensino Secundário e 18,6% das acções realizadas pelas Instituições de Ensino Superior, visaram a actualização científica dos professores no domínio da especialidade. A reforçar estes dados, investigações efectuadas concluem que a actualização e a formação científica nas matérias de ensino constituem necessidades reais de formação de professores (Esteves, 1991; Ferreira, 1991).

Mas não é só em Portugal, que tem sido esquecida a formação contínua de professores no domínio da especialidade . Por exemplo, em Espanha, a situação é semelhante. Pérez (1991) e Furió (1993) referem, que embora haja consenso entre os professores espanhóis, da importância do conhecimento dos assuntos a ensinar na sua actividade profissional, este tem sido posto de lado nas actividades de formação contínua.

Definidas as componentes de formação a realçar neste trabalho fica agora a questão: que modelos adoptar de formação contínua de professores de Ciência ?

### **1.3-MODELO DE FORMAÇÃO CONTÍNUA DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS**

Embora haja unanimidade no reconhecimento da necessidade de formação contínua, esta não tem sido suficientemente teorizada e a falta de suportes conceptuais não favorece a sua implantação adequada (Esteves,1991).Assim, são poucas as bases teóricas, neste campo, para que possamos entender como se efectua a aprendizagem e a mudança. Porém alguns conhecimentos poderão ser inferidos de outras áreas da teoria e investigação educacional. Neste sentido resultados obtidos em investigações acerca de factores pessoais tais como os sistemas conceptuais, a complexidade cognitiva e os estilos de aprendizagem e suas interações poderão fornecer alguns esclarecimentos acerca da formação contínua de professores (Alves, 1991).

Ausubel (1968, p.24) dizia que "se eu tivesse de reduzir toda a psicologia educativa a um princípio diria: o único e mais importante factor que influencia a aprendizagem do aluno é aquilo que ele já conhece. Identifiquem esse conhecimento e façam um ensino de acordo". Nesta linha poderemos basear modelos de ensino/aprendizagem a fornecer aos professores em formação.

Com efeito, os professores transportam para o seu processo de formação a sua experiência passada, o seu conhecimento e as suas preocupações actuais as quais vão, eventualmente, influenciar a sua aprendizagem.Por isso defendemos modelos de formação que tenham subjacente uma concepção de formação que pode sintetizar-se nos seguintes pressupostos:

-Os professores têm ideias, comportamentos e atitudes sobre o ensino/aprendizagem das Ciências que reflectem muitas vezes os métodos utilizados pelos seus professores ou formadores durante o seu processo de formação. A influência desta formação é enorme, porque diz respeito a "experiências reiteradas e adquiridas de forma não reflexiva, como algo natural, óbvio, «de senso comum», escapando assim à crítica" (Pérez, 1991, p.73), convertendo-se, por isso, num verdadeiro obstáculo a actividades docentes criativas e inovadoras .

-Os professores não só possuem frequentemente dificuldades na compreensão de conceitos científicos curriculares como frequentemente revelam concepções alternativas idênticas às diagnosticadas nos alunos (Ameh e Gunstone, 1986; Ameh e Gunstone, 1988; Gunstone, Slattery, Baird e Northfield, 1993). Os processos de formação devem ter isso em conta de modo a permitir a consciencialização e a refutação dessas concepções alternativas.

-As práticas quotidianas, as experiências, os pontos de vista dos professores envolvidos na formação devem constituir o ponto de partida do processo de formação. É com base ou contra estes conhecimentos que se constroem ou reformulam conceitos e atitudes educativas inovadoras.

Com base nestes pressupostos preconizamos, modelos de formação de professores, inicial e contínua, de índole construtivista, alicerçados nos seguintes princípios orientadores:

-O construtivismo e a mudança conceptual "devem ser considerados da mesma maneira para professores (e investigadores) e alunos" (Gunstone e Northfield, 1986 citado por Gunstone e Northfield, 1988, p.3) .

-O professor em formação, é o "sujeito" da sua própria formação. Tal como afirma Ferry (1983) os professores devem ser considerados não como "objecto" da acção de formação, mas como "sujeitos" activos de formação.

-O processo de formação deve processar-se, tanto quanto possível, através de mudanças conceptuais dos professores em formação. Por isso é necessário dar tempo e oportunidade para actividades de reflexão, conflito cognitivo e discussão entre os professores, com vista a uma desestruturação de conceitos e práticas (Cachapuz e Martins,1991).

-A renovação de atitudes, conhecimentos e práticas dos professores em serviço, só é possível num quadro conceptual que permita a cada professor construir activamente, as suas próprias referências sobre os conceitos científicos, a educação e o ensino (Esteves, 1991).

Num modelo de formação de professores do tipo construtivista, a selecção de assuntos a tratar é de fundamental importância. Estes deverão ser reconhecidos pelos professores como interessantes e fundamentais para a sua formação e/ou implementação da reforma em curso, só assim se poderá eventualmente garantir que a aprendizagem seja significativa (Thomaz, 1990). Assim, segundo Pérez (1991), os assuntos deverão ser:

-Relacionados com problemas de carácter profissional encontrados pelos professores na sua prática pedagógica.

-Resultantes da problematização de conceitos e atitudes dos professores, questionados pela comunidade científica e que por força do tempo começaram a fazer parte do seu "senso comum".

Foi com base no modelo descrito, que planificámos, organizámos, executámos e avaliámos um curso de formação contínua para professores de Biologia sobre a área temática, "*Energia nos sistemas biológicos: perspectivas didácticas para a sua abordagem*" (Fig.1.1). A selecção deste tema obedeceu aos critérios descritos na secção 1.4.

Contemplou duas vertentes de formação a vertente pedagógico-didáctica e a vertente científica, como já foi referido. A esta última foi dada um especial destaque, pelos motivos apresentados na subsecção 1.2.2 .

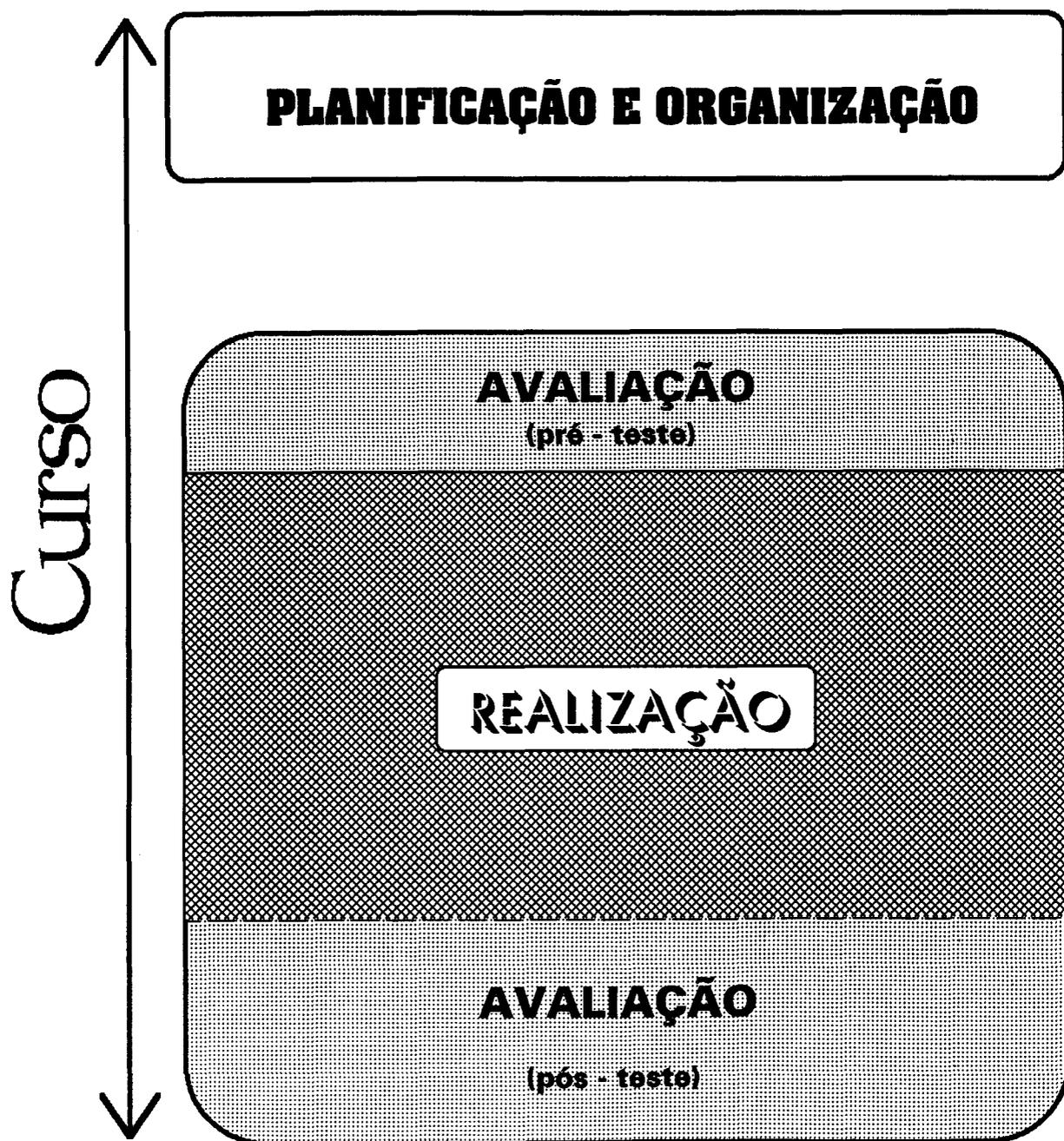


Fig. 1.1- Fases do problema em estudo

### **1.3.1-Importância de modelos construtivistas na formação contínua de professores de Ciências**

O construtivismo é a teoria de aprendizagem que no momento actual, está a ser considerada por muitos investigadores como o processo de interpretar melhor a aprendizagem dos indivíduos envolvidos na formação. Um ensino que tenha isso em consideração terá mais possibilidades de conduzir à aprendizagem.

Nesta linha pensamos que também na formação de professores de Ciências este processo de formação deverá estar presente. Há no entanto outras razões que apontam para a conveniência da utilização de modelos construtivistas de formação de professores, como por exemplo:

-Poder haver um isomorfismo de princípios e práticas entre a formação de professores e a formação que devem proporcionar aos seus alunos. Esta ideia é corroborada por Freiberg (1977 citado por Alves, 1991, p.35), quando afirma: "um modelo para o desenvolvimento eficaz do professor necessita de proporcionar um ambiente de aprendizagem que possa ser reproduzido na sala de aula".

-Permitir explorar o facto dos professores poderem possuir concepções alternativas sobre tópicos científicos curriculares. Caso esta situação se verifique, promover a discussão dessas concepções com o objectivo de ajudar os professores a superá-las, de modo a evitar que estes, na sua prática pedagógica, criem ou reforcem concepções alternativas nos seus alunos.

-Ter em conta as concepções que os professores possuem sobre o ensino/aprendizagem e através de actividades permitir uma reflexão sobre as práticas (Schön, 1987) e um confronto e permuta de ideias de modo a provocar conflito conceptual.

-Considerar a experiência dos professores envolvido importante na (re)construção dos novos conhecimentos.

-Promover a participação activa dos professores, encorajando a desenvolver uma atitude crítica e construtiva.

Este modelo de formação contínua poderá ainda servir para:

- Consciencializar os professores para a existência de concepções alternativas nos alunos e para a sua importância na aprendizagem.
- Dar a conhecer as concepções alternativas que os alunos possuem sobre os tópicos a ensinar, e as implicações na aprendizagem das mesmas.
- Informar sobre materiais elaborados ou a elaborar para diagnosticar concepções alternativas nos alunos.
- Dar a conhecer estratégias de mudança conceptual quando existam, e permitir a sua discussão.

## **1.4-SELECCÃO DO TEMA DO CURSO**

A compreensão dos fenómenos biológicos requer, mesmo a nível elementar, um conjunto de conhecimentos básicos de outras áreas científicas, como, por exemplo, de Química. Compreender a fotossíntese, a respiração celular, a fermentação, a síntese proteica, a replicação do DNA e tantos outros temas biológicos sem recorrer aos conceitos e linguagem química será muito difícil, se não mesmo impossível. Também a investigação de grandes questões postas à Biologia moderna, tais como, a origem da vida, a natureza do envelhecimento, a defesa imunológica, a manipulação de genes e tantos outros, têm por base o avanço de investigações a nível molecular. Por tudo o que acabamos de referir compreende-se a grande importância do conhecimento químico na compreensão e avanço do conhecimento biológico.

Na figura 1.2 ilustram-se relações entre áreas disciplinares da Química e da Biologia. Cada círculo representa uma destas áreas temáticas e as setas situadas entre eles (setas maiores) indicam algumas dessas relações. As restantes setas (mais pequenas) pretendem evidenciar possíveis relações entre assuntos situados no interior do círculo e outros da mesma área disciplinar.

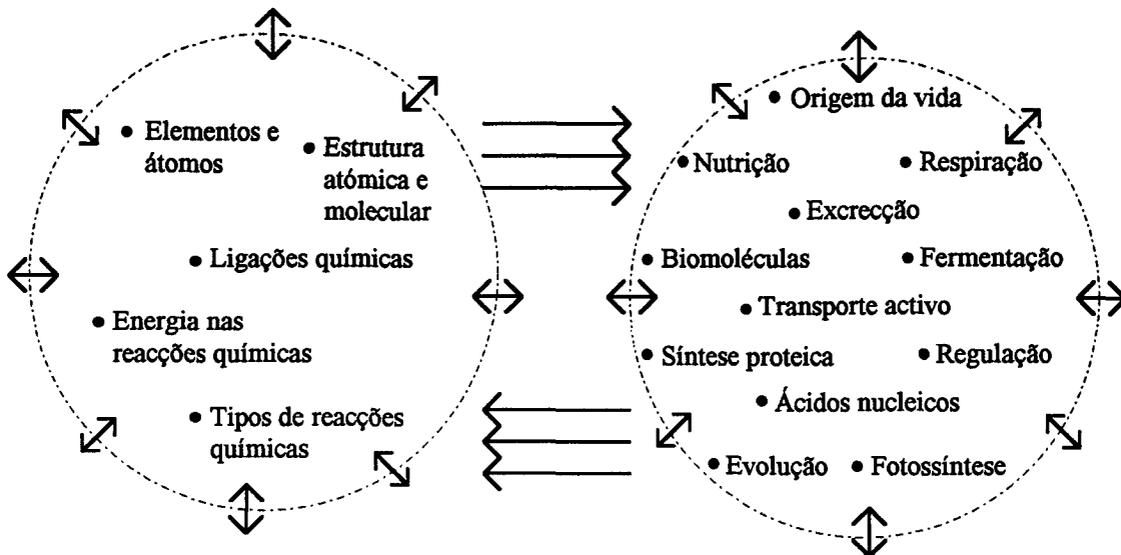


Fig. 1.2 - Algumas relações entre áreas temáticas de Química e de Biologia

Apesar da forte interligação entre os dois domínios, verifica-se uma insuficiente articulação nas disciplinas de Química e de Biologia a nível dos ensinamentos básico e secundário, o que é motivo de preocupação para muitos professores de Biologia pelas consequências que isso implica no processo de ensino/aprendizagem.

Estes são a maior parte das vezes confrontados com o facto de quererem ensinar um determinado tema biológico, como por exemplo, a função do ião  $ATP^{4-}$  e os alunos não terem conhecimentos básicos de química necessários à sua compreensão. Assim ou trabalham de uma maneira interdisciplinar com o professor de Química, de modo a serem dados, com a devida antecedência, os conceitos de Química necessários, o que nem sempre é possível, ou são os professores de Biologia a ensiná-los.

Sabemos que a segunda alternativa é aquela que é levada à prática, com maior frequência, pelo que será oportuno colocar-se outra questão: será que os professores de Biologia estarão preparados para ensinar esses conceitos? Relatos informais de muitos professores de Biologia do ensino secundário mostram que a maior parte deles tem carências a nível da sua formação inicial em Química, que se traduzem na falta de gosto para discutir determinados temas biológicos, na insegurança na abordagem dos conceitos e, quantas vezes, com incorrecções científicas. Trata-se, portanto, de uma área científica reconhecida como difícil

para professores de Biologia e onde é necessário promover a sua formação científica e pedagógico-didáctica.

Este quadro levou-nos a considerar pertinente a realização de uma acção sobre "Energia nos sistemas biológicos: perspectivas didácticas para a sua abordagem".

A escolha deste tema resultou de uma análise lógica dos programas de Ciências da Natureza, Ciências Naturais, Ciências da Terra e da Vida, Ecologia, Noções Básicas de Saúde, Biologia e Geologia dos diferentes níveis de ensino, da própria experiência como professora de Biologia do ensino secundário, de conversas informais com colegas professores de Biologia e, ainda, de bibliografia consultada. Após a análise de todas estas informações, optámos por o tema "Energia nos sistemas biológicos" por:

- Ser um assunto de grande centralidade, quer nos antigos, quer nos novos programas, dos diferentes níveis de ensino da área curricular da Biologia (tabela 1.1).
- A compreensão da função biológica da energia envolver vários conceitos químicos, como por exemplo, estrutura atómica e molecular, reacções químicas, energética de reacções e ligações químicas.
- Os conceitos de química envolvidos serem de difícil compreensão para os alunos de diversos níveis de escolaridade, o que é reconhecido por professores e investigadores (Martins, 1989)
- O conhecimento da sua problemática revelar-se de grande importância, na compreensão de temas biológicos tão importantes, tais como: Fotossíntese, Respiração Celular, Fermentação, estrutura e função do Ião  $ATP^{4-}$ , Energética Ecológica.
- Pertencer a uma área temática onde existe incoerência entre os significados informais do dia-a-dia e os conceitos científicos aceites, criando por vezes conflitos na aprendizagem.

<b>PROGRAMAS</b>		
<b>Ano de escolaridade</b>	<b>Disciplina</b>	<b>Tópicos</b>
5º	Ciências da Natureza	Não faz referência
6º	Ciências da Natureza	Utilização de nutrientes na produção de energia: evidências da respiração a nível celular; relação entre a actividade física e consumo de nutrientes.
7º	Ciências Naturais (Novo programa)	Circulação de matéria e fluxo de energia Fluxo de energia nos ecossistemas Utilização dos recursos naturais: energético, hídricos e biológicos
8º	Ciências Naturais (Novo programa)	A energia e a vida: Utilização de nutrientes a nível celular-metabolismo Utilização de energia em actividades celulares
10º	Ciências da Terra e da Vida	Sistemas vivos e energia. Origem da energia -produção e mobilização do ATP: processo fotossintético, respiração e fermentação, fluxo de energia nos ecossistemas.
10º	Ecologia (Programa antigo)	Fluxo de energia solar. Ciclos biogeoquímicos. A descoberta da energia fóssil. Princípios de termodinâmica.
11º	N. B. de Saúde (Programa antigo)	Regulação da produção de energia.
12º	Biologia (Novo programa)	Fluxo de energia e produtividade nos ecossistemas.
12º	Geologia (Novo programa)	Recursos energéticos: carvões; petróleos -gás natural; minérios de urânio como fonte de energia; o calor interno - energia geotérmica; implicações sociais resultantes da utilização das fontes de energia não renováveis; desigualdade das disponibilidades energéticas dos diferentes países; Portugal e as suas potencialidades energéticas.

**Tabela 1.1** - Exemplos de tópicos envolvendo o conceito de energia dos novos programas de Ciências da Natureza, Ciências Naturais, Ciências da Terra e da Vida, Biologia e Geologia e, nos antigos programas, de Ecologia e Noções Básicas de Saúde.

-Ser um tema que a maioria dos professores de Biologia tem dificuldade em ensinar e os alunos em aprender. Esta opinião é corroborada por Gayford (1986a, p. ix), quando afirma: "estes assuntos são difíceis para os alunos e os professores não gostam ". Diz ainda o mesmo autor, que o tratamento dado ao tema energia, por muitos professores de Biologia, é confuso do ponto de vista dos alunos.

Os assuntos científicos desenvolvidos durante o curso foram seleccionados pela sua relevância para o tema "Energia nos sistemas biológicos", em articulação com o novo programa de Ciências da Terra e da Vida, do 10º ano de escolaridade. Assim, foram seleccionados os seguintes assuntos:

- ♦ A Energia e o ensino da Biologia
- ♦ O Ião ATP<sup>4-</sup> : estrutura e função
- ♦ A Respiração Celular e a Fermentação
- ♦ A Fotossíntese

## **1.5 - FORMAÇÃO DE FORMADORES**

Se a formação de professores, em geral, e a contínua, em particular, têm constituído um ponto crítico do sistema educativo, a formação de formadores constitui um problema ainda maior. A estes é entregue a formação de outros professores, sem lhes ser dado qualquer tipo de formação ou lhe ser exigida qualquer aptidão particular. É, muitas vezes, o acaso e/ou outras necessidades que presidem à sua selecção e à aceitação do cargo.

Torna-se, por isso, necessário proporcionar aos formadores formação que lhes permita desempenhar com eficácia as suas funções pois não é previsível que professores com formação académica e profissional, muitas vezes deficiente, se venham a tornar, por meio do seu auto-didactismo, formadores competentes. Esta formação deve ter objectivos concretos e estar de acordo com as novas perspectivas de ensino-aprendizagem das Ciências. Assim, dos objectivos apontados por Scheffknecht (1975, citado por Nogueira, Rodrigues e Ferreira, 1990, p. 78 e 79) destacamos os seguintes:

-Preparar para uma prática reflectida. Os formadores devem desenvolver conhecimentos, na acção e sobre a acção, num diálogo com as exigências originadas nesta (Alarcão, 1992). Só assim serão capazes "de não só resolver problemas, mas também de equacionar problemas, no seu contexto de ocorrência e de tomar decisões face a resoluções alternativas" Vieira (1993, p. 23).

-Preparar para uma metodologia de desenvolvimento pessoal. A formação a proporcionar aos formadores deve visar o desenvolvimento não só profissional mas também o desenvolvimento pessoal, para poderem intervir melhor na aprendizagem e desenvolvimento de outros professores.

-Preparar para a inovação pedagógica. Os formadores devem não só perpetuar o funcionamento do sistema educativo existente mas também serem capazes de através de uma reflexão crítica e consciente, produzir saberes, utilizar novos recursos e novas práticas, pois encontram-se em posição privilegiada para disseminar e ajudar a implementar a inovação. Para isso é necessário que a sua formação privilegie "a inovação, a experimentação pedagógica e a reflexão crítica" (Nogueira et al., 1990, p. 78).

-Preparar para a investigação activa e a experimentação pedagógica. Torna-se necessário em todo o processo de formação, mas mais concretamente na formação de formadores, não separar a investigação da acção. Este será um factor que contribuirá para a formação permanente de formadores e professores.

Há, normalmente, uma tendência natural para reproduzir a formação do mesmo modo que se obteve, esquecendo, por vezes, as teorias e os contextos específicos. Para ultrapassar esta questão, preconizámos tal como o fizemos para a formação de professores (ver subsecção 1.3.1), que deve haver isomorfismo de princípios e práticas entre a formação de formadores e a formação de professores. Assim, como defendemos neste trabalho modelos construtivistas de formação de professores, defendemos igualmente modelos de formação de formadores, baseados nos pressupostos e princípios orientadores descritos, na secção 1.3.

Neste processo de formação de formadores damos especial relevo às experiências anteriores do formador e ao trabalho de grupo do tipo "colaborativo", em que todas as competências e saberes individuais são utilizadas em benefício do colectivo, permitindo, ao mesmo tempo, uma posição crítica sobre as experiências de cada um. Este modo de trabalhar pressupõe, por sua vez,

uma auto-avaliação permanente numa dinâmica de investigação-acção. O que acabámos de referir transporta-nos para uma concepção de formação flexível, orientada para as necessidades e motivações individuais, numa perspectiva de desenvolvimento profissional e pessoal.

No curso, objecto desta investigação, este tipo de professores fez parte da nossa amostra (ver subsecção 3.3.1.3), por se julgar estar em posição privilegiada para desmultiplicar a acção. Saliente-se, no entanto, que a intenção do curso não era o da formação como supervisor.

## **1.6 - OBJECTIVOS DO ESTUDO**

A perspectiva construtivista da aprendizagem traz novos desafios e exigências ao professor que a adopte. A preparação a nível científico e pedagógico-didáctico para conseguir desempenhar tais funções é redobradamente exigente.

O estudo que se apresenta pretende ser um contributo, embora modesto, para a formação de professores de Biologia em temas específicos. Assim, teve como objectivo geral planificar, executar e avaliar um curso de formação contínua para professores de Biologia, sobre a área temática "Energia nos sistemas biológicos".

Como objectivos específicos decorrentes deste objectivo geral, teremos:

- Desenvolver capacidades, conhecimentos e atitudes, nos professores de Biologia, tendo em vista a perspectiva construtivista do ensino/aprendizagem.
- Actualizar e complementar a formação científica e didáctica dos professores de Biologia, sobre os conceitos científico em estudo.
- Promover uma visão interdisciplinar dos curricula de Biologia e Química

## **1.7 - HIPÓTESE DE TRABALHO**

Como forma de responder ao problema específico da presente investigação formulámos a seguinte hipótese de trabalho: através de um modelo construtivista de formação é possível sensibilizar professores de Biologia para uma melhor competência científica e didáctica no tratamento de uma área temática.

# **CAPÍTULO 2**

## **REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 - INTRODUÇÃO**

Neste capítulo, far-se-á uma descrição de estudos publicados que fundamenta as questões, os objectivos formulados, a hipótese e a base metodológica do trabalho desenvolvido. Vai ser subdividido, em quatro secções.

Na primeira secção, apresentam-se alguns problemas relativos à formação contínua de professores. Faz-se a discussão do conceito de formação contínua de professores, dos seus objectivos e da sua importância .

Na segunda secção, debatem-se paradigmas da formação contínua de professores. Apresentam-se os modelos definidos por Jackson (1971); Eraut (1985); Nogueira e outros (1990); Nóvoa (1991).

Na terceira secção, discutem-se as componentes de formação dos professores. Realça-se a necessidade destes possuírem um profundo conhecimento científico e pedagógico-didáctico e de se implicarem em actividades de investigação educacional.

Na quarta secção, discutem-se ligações entre a investigação realizada em Ciências da Educação, especialmente na área da Didáctica e a formação de professores de Ciências. Apresentam-se ainda as conclusões de um estudo em que se utilizaram modelos construtivistas na formação contínua de professores.

## 2.2 - FORMAÇÃO CONTÍNUA -ALGUNS PROBLEMAS

A formação contínua de professores é considerada actualmente como uma questão prioritária na política educativa, devido não só à constante evolução dos conhecimentos e da sociedade, mas principalmente à Reforma Educativa, em curso. Esta só poderá ser implementada eficazmente se se proporcionar aos professores meios para uma formação adequada nos múltiplos domínios que se põem em causa; doutro modo as mudanças educativas desejadas dificilmente serão bem sucedidas (Eraut, 1985). No entanto a formação contínua confronta-se com vários problemas na medida em que não existem "esquemas adequados" (Campos, 1993, p.22), uma "cultura de formação contínua de professores" (Nóvoa, 1991, p. 28) nem um corpo teórico para a implementar eficazmente (Martins, 1991).

A formação contínua de professores deve ser concebida como uma formação profissional posterior à profissionalização, que visa "complementar e actualizar a formação inicial numa perspectiva de educação permanente" (nº 1 do artigo 30º da LBSE). Muitas das vezes este processo de formação não é entendido como um processo continuado, mas sim como acções pontuais de reciclagem e/ou actualização (Nogueira et al., 1990; Ponte, 1991; Nóvoa, Alarcão e Formosinho, 1991). A reciclagem geralmente surge como resposta à implementação de novos domínios científicos ou à alteração dos currícula. A actualização acontece quando os conceitos que se veiculam, num determinado momento, se tornam ultrapassados, por exemplo, devido à evolução do conhecimento científico, tornando-se assim necessário a sua remodelação.

A formação contínua não se deve reduzir a situações de reciclagem e/ou de actualização (Nogueira et al., 1990), deve ser um conjunto de acções integradas num projecto colectivo ou institucional que vise o "desenvolvimento do sistema educativo" e o "desenvolvimento da profissão" (Nóvoa, 1991, p. 19) no sentido da formação permanente do professor.

Independentemente da modalidade que se revista (cursos de formação, módulos de formação, seminários etc.) a formação contínua de professores deve estar organizada de modo a permitir aos professores atingir os objectivos definidos no art. 3º do Decreto-Lei nº 249/92 ( Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores) como, por exemplo: "a melhoria da qualidade do ensino, através da permanente actualização e aprofundamento de conhecimentos,

nas vertentes teórica e prática; o aperfeiçoamento da competência profissional e pedagógica dos docentes nos vários domínios da sua actividade; o incentivo à autoformação, à prática de investigação e à inovação educacional".

Assim, os programas de formação contínua devem contemplar: aspectos científicos de suporte às disciplinas do seu grupo de docência; aspectos ligados à prática pedagógico-didáctica; aspectos relacionados com o processo de ensino/aprendizagem, estimulando a colaboração interdisciplinar e uma maior aproximação entre a teoria e a prática; aspectos inerentes à consideração do professor como indivíduo e com agente de acção social (Nogueira et al., 1990).

Na organização dos programas de formação contínua não nos devemos esquecer que não existe, em muitos professores, uma consciência clara da importância desta formação nem da necessidade de recebê-la (Pérez, 1991), nem tão pouco é admitida como factor influente, no êxito do ensino (Martinez Losada, García Barros e Mondelo Alonso, 1993). Para não alimentar tais concepções, as acções de formação contínua devem organizar-se, de modo a contemplar as necessidades mais prementes dos professores e das escolas.

Contrariamente a alguns professores, Nogueira e outros (1990), consideram a formação contínua um processo imprescindível e de reconhecida importância na actividade profissional do professor, por ser:

.Um instrumento mais eficaz e mais directo do que a formação inicial. Com efeito, é no decorrer da sua actividade profissional que os professores se apercebem mais facilmente das suas carências científicas e/ou pedagógico-didácticas e de outros problemas relativos à prática lectiva. Se o processo de formação contínua ajudar o professor a resolver esses problemas está a contribuir para uma melhoria da qualidade de ensino e conseqüentemente para o sucesso educativo.

.Um meio mais simples e eficaz de implementar as reformas e as inovações escolares. De facto ao envolver em processos de formação, os professores intervenientes/agentes de mudança, será com certeza um modo eficaz de intervir e resolver os problemas relacionados com a melhoria da aprendizagem dos alunos.

## 2.3 - MODELOS DE FORMAÇÃO CONTÍNUA DE PROFESSORES

Num trabalho desta natureza, torna-se importante analisar pressupostos e perspectivas de alguns modelos orientadores da formação contínua de professores, no sentido de melhor clarificar o seu significado fundamental .

Jackson (1971) definiu inicialmente duas orientações para a formação contínua de professores. Mais tarde, Eraut (1985) ampliou aquela distinção e denominou-as de "paradigmas da formação em serviço". Estas orientações e paradigmas fornecem-nos um quadro que nos permite compreender melhor o conceito e o papel da formação contínua no processo de desenvolvimento profissional do professor

Um dos modelos de formação contínua preconizado por Jackson (1971) assenta no pressuposto de que existem "obsolescências" e "ineficiências" na formação de professores "defect approach" e que a formação contínua deve preencher essas lacunas. A "obsolescência", segundo esse modelo é devida à falta de formação teórica de base, a limitações no conhecimento científico da especialidade e da didáctica específica. A "ineficiência" do professor é devida fundamentalmente à falta de competências facilitadoras da aprendizagem dos alunos.

Se o problema das lacunas nos conhecimentos (obsolescência) pode ser ultrapassado pela frequência de cursos e outras actividades, a questão da deficiência de competências profissionais (ineficiências) é mais controversa. Uns acreditam que a solução do problema está no processo de supervisão, outros na competência de base da educação do professor. Os defensores deste modelo baseiam-se na psicologia behaviorista e defendem como objectivo a formação de professores com "skills" específicos.

Em oposição a este modelo o mesmo autor (Jackson, 1971) refere um outro, segundo o qual a formação contínua não visa preencher lacunas na formação científica e técnica do professor mas se justifica pela necessidade de "crescimento" constante do professor "growth approach" com vista à realização mais completa da sua actividade docente, .

Segundo este modelo, as fontes de conhecimento sobre o ensino não são externos ele, devem resultar da própria experiência e da reflexão sobre o mesmo.

Para isso acontecer é necessário que o professor disponha de tempo e estratégias de formação adequadas.

Os defensores desta abordagem não negam que o conhecimento do professor tem frequentemente falhas, mas atribuem esse problema não a deficiências deste, mas a deficiências do sistema.

Os modelos de "defect approach" e "growth approach" diferem entre si, fundamentalmente, sobre "o que se considera conhecimentos válidos sobre o ensino" e em aspectos epistemológicos da autoridade: "quem decide quais são os conhecimentos válidos sobre o curso" .

Um outro modelo foi proposto por Eraut (1985) e designado de "paradigma de mudança" (change paradigm). Baseia-se na necessidade da educação e do ensino se adaptarem, e até se anteciparem, às mudanças impostas pela evolução social e da comunidade onde a escola se insere. O pressuposto do "paradigma de mudança" é que a educação e o ensino precisam de reorientação periódica de acordo com as mudanças sociais, culturais, económicas e tecnológicas. Esta reorientação exige um modelo de formação contínua que impulse a implementação de inovações o que não se adequa totalmente com os modelos anteriores.

Segundo Eraut (1985) uma outra perspectiva orientadora da formação em serviço é o paradigma da "solução de problemas" (problem-solving paradigm). Baseia-se no diagnóstico de problemas inerentes às escolas e às salas de aula. Surge devido à complexidade e dificuldade do próprio processo de educação e às mudanças das circunstâncias que o envolvem. Estes problemas são mais facilmente diagnosticados pelos professores porque conhecem bem os alunos e o contexto em que todo o processo se desenvolve. As actividades de formação contínua, segundo este paradigma, devem visar a solução dos problemas anteriormente referidos, envolvendo o professor não só no diagnóstico mas também na procura de soluções para os resolver.

Eraut (1985) compara estes quatro paradigmas da formação contínua (tabela 2.1), segundo dois parâmetros, considerados conjuntamente: os estímulos e as finalidades da formação.

		Estímulo	
		Interno	Externo
Finalidades	Melhoria	Paradigma "Solução de problemas"	Paradigma "Compensação de deficiências"
	Reorientação	Paradigma "Crescimento"	Paradigma "Mudança"

**Tabela 2.1** - Articulação dos quatro paradigmas da formação contínua de professores (Eraut 1985, p.2515)

O que anteriormente foi referido e a análise da tabela 2.1, permitem-nos chegar às seguintes conclusões:

-As forças motivadoras da formação contínua do professor encontram-se na resposta:

.Às necessidades e preocupações sentidas pelos professores e/ou a problemas detectados na escola a que pertencem - estímulos internos. São estes estímulos que justificam a formação fornecida pelos paradigmas "solução de problemas" e "crescimento".

.A problemas de carácter funcional que afectam o professor e/ou a exigências de aperfeiçoamento provenientes de lacunas ou mudanças alheias ao professor e à escola - estímulos externos. Estes, justificam a formação fornecida pelos paradigmas "compensação de deficiências" e "mudança"

-As finalidades da formação contínua de professores são:

.O aperfeiçoamento do professor e a melhoria educativa da escola - paradigmas "solução de problemas" e "compensação de deficiências".

.A reorientação do professor e da escola - paradigmas "crescimento" e "mudança".

Tendo em conta as modificações de atitudes e as alterações exigidas pela Reforma Curricular em curso em Portugal, Nogueira e outros (1990) definiram quatro modelos de formação contínua de professores.

(1) O modelo 1 tem como objectivo colmatar lacunas, a nível da formação inicial e/ou formação profissional. A nível da formação inicial estas lacunas podem resultar, por exemplo, de inadequação da formação científica com os conteúdos curriculares, de desarticulação entre os conteúdos programáticos e os planos de ensino. A nível da formação profissional, as deficiências podem resultar de insuficiências na conceptualização, planificação e organização do processo de ensino, e em lacunas na definição e caracterização de modelos e de métodos de ensino.

(2) O modelo 2 visa ampliar as competências profissionais do professor, tendo em vista as exigências necessárias à progressão na carreira. Estas competências podem ser, por exemplo, no âmbito da definição de objectivos, na ligação da função docente à comunidade local e à sociedade em geral e nas relações interpessoais no processo ensino-aprendizagem.

(3) O modelo 3, tem como principal objectivo uma transformação/adaptação num contexto profundo de mudança - Reforma Curricular. Visa, por exemplo, a concretização de projectos de interdisciplinaridades na área Reforma Curricular, criação de margens de autonomia curricular, tendo em conta as necessidades da comunidades.

(4) O modelo 4 relaciona-se com as necessidades determinadas pelo diagnóstico das necessidades surgidas no quotidiano da vida escolar - formação centrada na escola. Este modelo pode ter como objectivo, por exemplo, estimular e possibilitar a criação de uma rede de produção e difusão de recursos documentais e tecnológicos e promover a participação de todos os professores no Plano de Formação da Escola.

Com base nos paradigmas de formação propostas por Zeichner (1983) - tradicional, comportamentalista, personalista e investigativo e nos "tipos-ideais" sobre a formação contínua apresentados por Demailly (1990) - a forma universitária, a forma escolar, a forma contratual e a forma interactiva-reflexiva, Nóvoa (1991) definiu dois grandes modelos de formação contínua de professores:

(1) Os modelos estruturantes (tradicional, comportamentalista, universitário e escolar), organizados segundo uma lógica de racionalidade científica e técnica, a aplicar aos diferentes grupos de professores.

(2) Os modelos construtivistas (personalista, investigativo, contratual, interactivo-reflexivo), que partem de uma reflexão sobre o contexto para a planificação de programas de formação, com uma regulação constante das práticas e dos processos de trabalho.

O autor situa-se nos modelos construtivistas de formação contínua de professores, em particular no "paradigma investigativo" e na forma "interactiva-reflexiva". Justifica esta posição por, estes modelos permitirem conceber uma "formação contínua que contribua para a mudança educacional e para a redefinição do papel do professor" (Nóvoa, 1991, p.21).

## **2.4 - COMPONENTES DE FORMAÇÃO**

Nas últimas décadas, temos assistido a um importante desenvolvimento de investigações em Didáctica das Ciências. Estas investigações têm como principal objectivo uma mudança metodológica no ensino das Ciências, trazendo novos desafios e exigências aos professores reforçando, conseqüentemente, a necessidade de uma adequada preparação a nível teórico e prático.

Segundo a nova perspectiva de abordar o ensino e aprendizagem das Ciências (teoria construtivista), um bom professor, é aquele que: "utiliza práticas proporcionadoras de uma aprendizagem efectiva; usa estratégias e actividades que permitam um "feedback" ao aluno sobre a sua aprendizagem; encoraja o aluno a envolver-se nas tarefas de aprendizagem; mantém um bom clima na aula" Tobin e Fraser (1990, p. 21), ou seja, é aquele que consegue que os alunos realizem uma aprendizagem eficaz.

Para tal acontecer o professor necessita de possuir sólidos conhecimentos científicos ( Linn, 1987; Tobin e Garnett, 1988; Tobin e Espinet, 1989; Tobin e Fraser, 1990; Pérez, 1991; Gess-Newsome e Lederman, 1993; Furió, 1993) e pedagógico-pedagógicos ( Tobin e Garnett, 1988; Tobin e Espinet, 1989; Tobin e Fraser, 1990; Clermont, Krajcik e Borko, 1993).

Com uma deficiente preparação científica o professor não é capaz: de compreender as reais dificuldades de aprendizagem do aluno; de fornecer "feedbacks" adequados; de discutir efectivamente os conteúdos com os alunos dos diferentes níveis de escolaridade (Tobin e Garnett, 1988; Tobin e Fraser, 1990); de se envolver em actividades inovadoras (Tobin e Espinet, 1989; Pérez,

1991); de usar analogias que facilitem a aprendizagem dos alunos (Tobin e Espinet, 1989); de provocar a mudança conceptual nos alunos (Cachapuz e Martins, 1991). Esta deficiente preparação pode reforçar ou mesmo criar determinadas concepções alternativas nos seus alunos.

O conhecimento pedagógico-didáctico constitui também uma importante componente da formação profissional do professor e deve ser a única característica que o distingue do especialista (Shulman, 1986, 1987, 1988 citado por Clermont et al., 1993). É com base no conhecimento pedagógico e didáctico que o professor selecciona objectivos, planifica actividades, formula critérios de avaliação, e apresenta soluções para os problemas que se deparam. Por isso, esse conhecimento deve incluir, entre outros aspectos, a compreensão das eventuais concepções alternativas dos alunos sobre tópicos científicos e as suas implicações na aprendizagem. Este posicionamento tem por base que os alunos aprendem significativamente construindo os conhecimentos, nas quais as ideias existentes desempenham um papel fundamental.

Foi reconhecida, em diversos estudos, a importância do conhecimento profundo da matéria a ensinar na actividade docente e os professores também são unânimes na consideração de tal facto. Por isso, Pérez (1991) realizou um estudo, com professores de Ciências, no sentido de tentar esclarecer quais os conhecimentos necessários para realizar um ensino eficaz e concluiu, que um bom conhecimento da matéria deveria incluir:

- Conhecer a história das Ciências, isto é, conhecer os problemas que originaram a construção dos conhecimentos científicos e o modo como estes evoluíram.
- Conhecer as orientações metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos.
- Conhecer as interacções Ciência, Tecnologia e Sociedade.
- Ter alguns conhecimentos das descobertas científicas recentes e das suas perspectivas para poder proporcionar uma visão dinâmica das Ciências.
- Saber seleccionar conteúdos adequados que proporcionem uma visão actual da Ciência e sejam acessíveis aos alunos e susceptíveis de interessá-los.

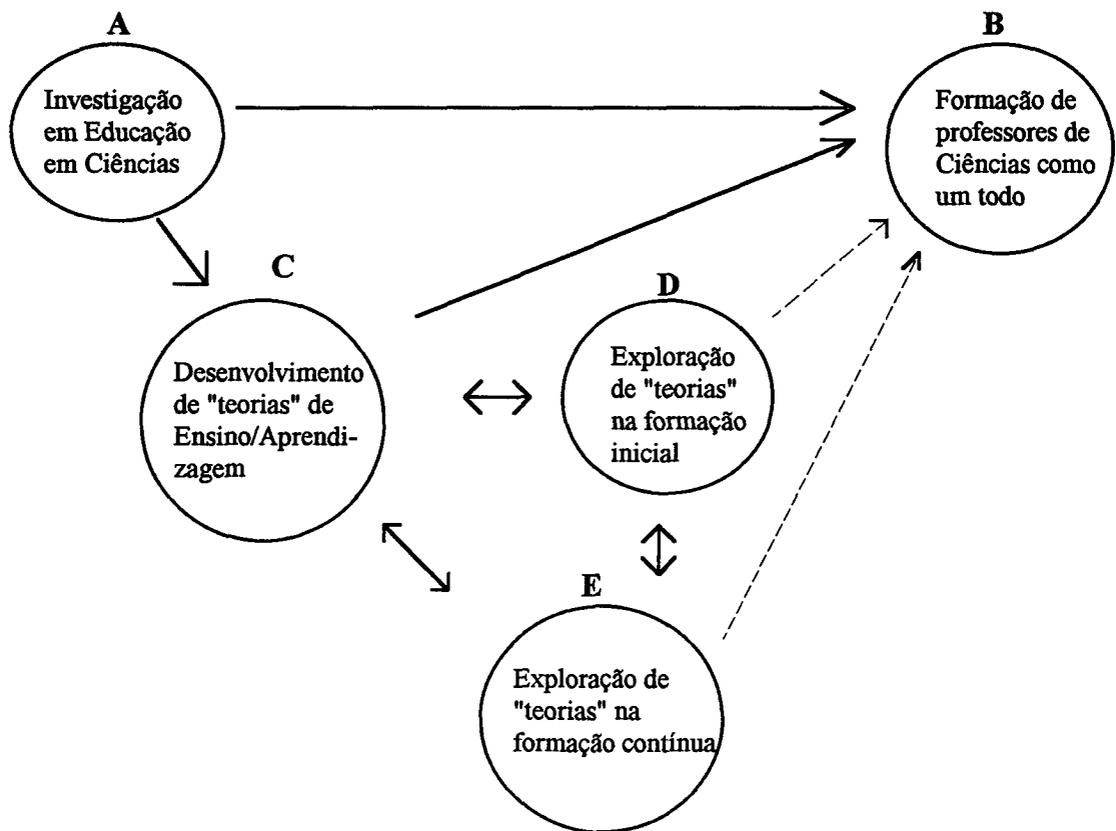
Num estudo recente, Martínez Losada e outros (1993) consideram que um professor bem preparado profissionalmente deve possuir, não só um corpo de conhecimentos sobre a matéria a ensinar, referidos por Pérez (1991), mas também uma introdução à investigação didáctica. Esta componente de formação aparece realçada noutros trabalhos, como por exemplo, Nogueira e outros (1990), Nóvoa (1991), Pérez (1991), Veiga (1991) e no artigo 30º alínea g da LBSE. Segundo Canário (1991, p. 224), "a inovação, investigação e formação devem estar associadas de forma dinâmica constituindo pólos de uma mesma problemática".

Os professores devem implicar-se na investigação educativa pois "temos de passar de uma investigação sobre os professores para uma investigação com os professores e pelos professores "(Holly e McLoughlin, 1989 citado por Nóvoa, 1991). Só assim se consegue professores inovadores e críticos, capazes de se adaptarem às mudanças curriculares. A ausência ou a pouca saliência da componente investigativa na formação de professores pode ser uma eventual causa da pouca influência da investigação educacional na prática lectiva (Cachapuz, 1986 citado por Veiga, 1991).

Consideramos pois, que o conhecimento do professor deve ser "extensivo, bem organizado e multifacetado" (Wallace e Louden, 1992, p.518). Este conhecimento não pode adquirir-se obviamente apenas no período destinado à formação inicial nem tão pouco com as orientações da mesma, daí surgir a necessidade de promover e dinamizar a formação contínua.

## 2.5 - O IMPACTO DO CONSTRUTIVISMO E DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

Muitos estudos foram levados a cabo, nas últimas décadas, na área da Didáctica das Ciências o que originou um novo olhar sobre a educação científica. Esta visão da educação exige um novo perfil de professor e, conseqüentemente, uma adequada formação inicial e contínua. No entanto, este aspecto não têm sido suficientemente considerados a nível da investigação. Por isso, alguns autores propõem a integração de conhecimentos de outras áreas, em programas de formação de professores, como se evidencia na fig. 2.1 .



**Fig.2.1-** Um conjunto de ligações entre a investigação em Educação em Ciências e a Educação de Professores de Ciências (Adaptado de Fensham e Northfield, 1993, p.73)

As concepções alternativas dos alunos e as suas implicações na aprendizagem têm constituído uma das principais áreas de investigação em Educação em Ciências. Vários trabalhos têm sido publicados neste domínio, por exemplo, estudos envolvendo conceitos de Biologia, Wandersee (1983), Bell (1985), Novak (1987), Eisen e Stavy (1988) e Giordan e Martinand (1988).

Estas concepções são muito estáveis (Gunstone, White e Fensham, 1988) e, por isso, só um ensino adequado poderá provocar a mudança conceptual no aluno. Assim, surge a necessidade de se desenvolver uma nova teoria de ensino-aprendizagem (ligação A - C), adequada a esta problemática, que terá necessariamente de ter implicações, a nível da formação de professores (ligação C - B), pois apesar de alguns professores, estarem conscientes da existência de concepções alternativas nos alunos e das suas consequências na aprendizagem, são muito poucos os que alteram o seu comportamento pedagógico face a esta realidade (Fensham e Northfield, 1993).

Osborne e Wittrock (1985), através da teoria da aprendizagem generativa tentaram fazer a ligação A - C. Muitos outros o fizeram, como por exemplo, Gilbert, Osborne e Fensham (1982), Driver (1983), Gunstone (1990), Wheatley (1991), propondo teorias semelhantes, baseadas em ideias construtivistas .

Mas não são só os alunos que evidenciam concepções alternativas. Muitos adultos, incluindo professores de Ciências, em exercício das suas funções (Ameh e Gunstone, 1986; Ameh e Gunstone, 1988) e outros professores em formação (Vasconcelos e Loureiro 1988; Thomaz, 1990; Cachapuz, 1991), possuem sobre alguns tópicos científicos, muitas das concepções alternativas encontradas nos seus alunos. Além disso, muitos professores e futuros professores de Ciências apresentam, devido à sua formação formal e informal, concepções de ensino e de aprendizagem que se identificam mais com as concepções defendidas por modelos de aquisição conceptual do que a modelos de mudança conceptual. Torna-se por isso necessário a organização de programas de formação inicial e contínua de professores de modo a explorar estas concepções com vista a uma eventual mudança.

Neste sentido foram organizadas algumas investigações (Northfield e Gunstone, 1983; Vasconcelos e Loureiro, 1988; Thomaz, 1990; Cachapuz e Martins, 1991; Cachapuz, 1991; Gunstone e al., 1993) a nível da formação inicial de professores de Ciências. Estas investigações visavam contribuir para uma melhor compreensão da complexidade do processo ensino-aprendizagem (ligação D - C) e ajudar os futuros professores a desenvolverem perspectivas construtivistas de ensino-aprendizagem e atitudes em relação à educação em

Ciências (ligação D - B). Algumas das investigações deram ainda algum contributo para a compreensão de modelos a utilizar na formação contínua de professores (ligação D - E)

São poucos os estudos que exploram as ideias construtivistas na formação contínua de professores (ligação C - E). Um deles foi realizado por Gunstone e Northfield (1988) e visava entre outros objectivos estudar as melhores condições para o desenvolvimento profissional do professor (ligação E - B). Constituiu um trabalho de colaboração entre investigadores e professores que proporcionou experiências relevantes a ser utilizadas noutros programas de formação inicial e contínua de professores (feedback de E - D). Por sua vez o trabalho dos investigadores com os professores constituiu para os primeiros, um precioso auxiliar na evolução da compreensão das ideias de ensino e de aprendizagem (Gunstone e Northfield, 1988) (ligação E - C).

Há contudo trabalhos de investigação, por exemplo, no âmbito da psicologia, da pedagogia, da sociologia, que fazem a ligação directa A - B. São eles, por exemplo, Oberg, (1986), Broadfoot, (1992), Clermont e outros (1993).

### **2.5.1 -Utilização de alguns aspectos da teoria construtivista na formação contínua de professores**

Numa perspectiva construtivista, a formação contínua de professores não se concretiza por acumulação de conhecimentos e técnicas mas através de um trabalho permanente de reconstrução de saberes e de experiências por parte do professor.

Gunstone e Northfield (1988), utilizaram modelos da aprendizagem construtivista/mudança conceptual na formação contínua de professores e salientaram alguns aspectos dessa perspectiva de aprendizagem. Organizaram quatro programas de formação contínua, baseados nos seguintes pressupostos: o professor é um aprendiz construtivista e o construtivismo e a mudança conceptual devem ser considerados da mesma maneira para a formação de professores e de alunos.

Do estudo realizado resultaram sete propostas (1) - (7), que irão ser apresentadas, em seguida. Tais propostas poderão ser consideradas, com vantagem, na planificação, realização e avaliação de programas de formação contínua de professores de Ciências.

(1) A verdadeira formação contínua de professores envolve mudança conceptual da parte destes.

Os programas de formação contínua que não envolvam mudança conceptual são, na sua essência, uma divulgação de informação. Para que tal não aconteça, é necessária uma grande motivação e envolvimento dos professores, a nível físico e cognitivo .

Algumas vezes, a mudança conceptual necessária para aceitar as novas ideias é tão grande, que não é possível concretizá-la, no período de duração da formação. Contrariamente, em algumas situações, a mudança conceptual exigida pode ser tão pequena que a nova ideia seja aceite quase de imediato.

Esta variação pode depender, entre outros factores, da familiarização do professor com as ideias defendidas no programa de formação e da existência ou não de conflito entre as novas ideias preconizadas e as que o professor manifesta.

(2) Os programas de formação contínua que preconizam uma perspectiva construtivista no ensino e na aprendizagem dos alunos, envolvem geralmente mudança de concepções de ensino e de aprendizagem, por parte dos professores.

Há, por vezes, dissonância de concepções de ensino e de aprendizagem, entre alguns professores de Ciências e investigadores. As reacções negativas de muitos professores em relação à perspectiva construtivista de aprendizagem dos alunos é frequentemente motivada pelas concepções de ensino e de aprendizagem que os professores defendem e que são diferentes das preconizadas por esta. Torna-se, por isso, necessário explicitamente considerar, desafiar e esclarecer as concepções de ensino-aprendizagem dos professores envolvidos na formação. Este será um passo importante para uma eventual mudança conceptual.

(3) A mudança conceptual do professor é mais eficaz se as novas ideias forem intelegíveis, plausíveis, fecundas e praticáveis.

Num estudo anterior conduzido com alunos, Posner, Strike, Hewson e Gertzog (1982), postularam quatro condições para que tenha lugar a mudança conceptual no aluno:

- Insatisfação relativamente às condições existentes,
- Intelegibilidade da nova concepção - ser passível de representação coerente,

- Plausibilidade da nova concepção - ser racionalmente aceite pelo indivíduo, sem pôr em causa a globalidade das suas concepções,
- Fecundidade da nova concepção - ser capaz de resolver problemas e de permitir novas abordagens.

Tal como nesse estudo, Gunstone e Northfield (1988) consideram que, para haver mudança conceptual nos professores as novas ideias que se lhes apresentam devem ser intelegíveis, plausíveis e fecundas. Introduzem ainda uma outra condição: serem práticas.

Quando o professor reflecte nas ideias divulgadas/defendidas nos programas de formação contínua em que participa, relaciona-as com questões pessoais e profissionais. Para aceitar as novas ideias, o professor tem que as reconhecer como mais práticas do que as que ele possuía, o que é muito difícil de acontecer. A resolução deste problema processa-se individualmente, visto que as dificuldades na implementação da nova concepção são sentidas/percepcionadas de modo diferente por cada professor .

Assim, considera-se ser de extrema importância na formação contínua que os professores estejam receptivos e explicitem os seus próprios problemas.

(4) Quando os professores entram num programa de formação contínua, trazem, por vezes, ideias e concepções sobre o tema do programa que estão em conflito com as ideias preconizadas no curso.

Por vezes, a compreensão de estratégias particulares e de ideias divulgadas nos programas de formação contínua de professores entram em conflito com as ideias e estratégias que os professores possuem e utilizam. Este facto demonstra a construção idiossincrática de significados e justifica em parte o facto de algumas construções terem menos sucesso de que outras.

(5) A formação contínua deve sempre que possível, permitir pôr em prática as ideias e os modelos que defende e não só teorizá-los.

A credibilidade das estratégias/perspectivas defendidas pelos programas de formação contínua aumentará se estas forem utilizadas directamente nos próprios programas. Este facto poderá contribuir para tornar as estratégias /perspectivas mais aceitáveis. Por isso, torna-se importante confrontar os professores com tarefas que possam ter solução segundo as perspectivas defendidas pelo programa.

Mostrar que as estratégias/perspectivas podem ser fecundas em termos de aprendizagem dos participantes no programa é por certo uma boa maneira deles as verem como fecundas para o seu ensino. Assim, experienciar o papel de aprendiz para a ideia defendida no curso aumenta a eventual compreensão da ideia e a possibilidade da sua aceitação, utilização e adaptação aos alunos.

(6) Os diferentes grupos de professores entram, na formação contínua, com diferentes níveis de conhecimentos e de experiências relevantes.

A formação contínua processa-se, ao longo da carreira docente, por isso, habitualmente os professores que frequentam um determinado curso possuem diferentes níveis de conhecimentos, experiências e expectativas. Assim, na organização dos programas de formação contínua deve-se ter em conta a situação de partida dos professores e a experiência construída durante os vários anos de actividade (Nóvoa, Alarcão e Formosinho, 1991)

Esta posição tem implicações na orientação dos programas. Numa perspectiva construtivista, não é aceitável um programa de formação contínua totalmente dirigido por quem o organiza, porque entra em contradição com os princípios que defende ao não considerar diferentes ideias, conhecimentos, experiências e expectativas dos professores sobre o curso.

(7) Os organizadores de programas de formação contínua de professores devem ser sensíveis aos problemas da formação com vista a uma melhor compreensão e clarificação do processo.

Sobre esta proposição, Gunstone e Northfield (1988) afirmam que na última década, as suas experiências envolvendo professores com prática lectiva têm sido um dos maiores contributos para a evolução das suas ideias sobre o ensino e a aprendizagem, e de significado fundamental para a investigação que levaram a cabo neste campo.

Segundo os autores que temos vindo a citar, há três questões com significado relevante na planificação de programas de formação inicial de professores e que eles pensam ser de considerar também na organização de programas de formação contínua de cariz construtivista. São elas:

.Os professores necessitam para construir as suas ideias, de dialogar com colegas, pois torna-se mais difícil, e frequentemente impossível construí-las

sozinhos. Isto implica a formação de grupos de trabalho durante o processo de formação contínua e fora dele. Esta opinião é também defendida por Pérez (1991), Ponte (1991), Nóvoa (1991), e Gunstone e outros (1993).

.Os colegas com quem o professor interage, no processo de formação, devem ser pessoas com quem ele se sinta à vontade. A existência de um clima de confiança entre os membros do grupo de trabalho, incluindo o orientador do programa, é uma questão importante para a formação e desenvolvimento do professor. Esta ideia é também corroborado por Gunstone e outros (1993), num outro trabalho realizado.

.Para muitos professores, a adopção das perspectivas defendidas em programas de formação que preconizam a teoria construtivista de aprendizagem e a mudança conceptual, são vistas como envolvendo altos riscos para o professor, por exemplo, a perda do controlo dos alunos, a diminuição do poder de orientar os trabalhos. Torna-se, por isso, difícil convencer o professor a enfrentá-los e a ultrapassá-los.

Numa perspectiva construtivista há ainda outros problemas a serem tomados em consideração, na planificação de acções de formação contínua de professores. Por exemplo (Gunstone e Northfield, 1988):

.Ter em conta que a mudança conceptual nos alunos e nos professores leva tempo a acontecer. Segundo (Tobin e Garnett, 1988) o conhecimento activo que conduz ao comportamento é difícil de mudar e de construir.

.As concepções dos alunos sobre o ensino e a aprendizagem entram muitas vezes em conflito com concepções valorizadas pela teoria construtivista. Para o professor as conseguir alterar, ele próprio tem de estar sensibilizado para o problema e compreender a natureza e a importância dessas concepções dos alunos.

# **CAPÍTULO 3**

## **METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO**

### **3.1. - INTRODUÇÃO**

A finalidade deste capítulo é descrever os procedimentos utilizados no estudo e fundamentar as opções tomadas, tendo por base os objectivos da investigação apresentados no capítulo 1.

Os principais aspectos em referência são:

- As diferentes fases do estudo e o trabalho realizado em cada uma.
- O modo de selecção da amostra envolvida no trabalho e sua caracterização.
- O processo de construção das actividades a desenvolver.
- Os instrumentos utilizados na recolha de dados.
- O modo de avaliação do curso.
- Os instrumentos utilizados, na análise dos dados.

## 3.2. - DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO ESTUDO

O estudo constou da planificação, organização, realização e avaliação de um curso para professores de Biologia. Destinou-se principalmente a delegados de grupo e/ou orientadores de estágio dos distritos de Aveiro, Porto, Coimbra e Viseu.

Foi seleccionado para o curso o tema " Energia nos sistemas biológicos: perspectivas didácticas para a sua abordagem", pelos motivos apresentados na secção 1.4.

O trabalho foi desenvolvido segundo as seguintes fases, cada uma delas com objectivos próprios (Fig 3.1):

- **Fase preliminar:** visou principalmente a definição do problema e dos princípios metodológicos da investigação. Também se procedeu à sensibilização e prospecção de eventuais interessados, e posterior selecção, e à recolha e análise de bibliografia adequada ao estudo.
- **Fase de planificação e organização:** procedeu-se à planificação e organização das actividades do curso.
- **Fase de aferição:** constou da realização e avaliação de um curso piloto.
- **Fase principal:** incluiu a realização e avaliação do curso com as alterações sugeridas pelas conclusões do curso piloto.

De cada uma destas fases se faz uma descrição detalhada, nas secções seguintes.

FASE  
PRELIMINAR

- DEFINIÇÃO:

- Problema
- Hipótese de trabalho
- Princípios metodológicos

- SENSIBILIZAÇÃO E PROSPECÇÃO DE EVENTUAIS INTERESSADOS E SUA SELECÇÃO

1ª  
FASE

PLANIFICAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DO CURSO E  
CONSTRUÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

2ª  
FASE

CURSO PILOTO  
(Realização e avaliação)  
N = 22

3ª  
FASE

CURSO PRINCIPAL  
(Realização e avaliação)  
N = 32

Fig. 3.1 - Fases do trabalho

### 3.3 - FASE PRELIMINAR

A fase preliminar decorreu de Fevereiro a Julho de 1991. Neste período tomaram-se algumas decisões e delinearão-se alguns percursos da presente investigação.

Inicialmente foi definido o problema, a hipótese a testar, a amostra e os princípios metodológico da investigação. Posteriormente, procedeu-se à elaboração e envio de documentos (cartas e questionários, Anexo I<sup>1</sup>), com vista à sensibilização e prospecção de eventuais interessados e posterior selecção.

Procedeu-se ainda a uma recolha e análise da bibliografia disponível, livros e revistas da especialidade, sobre os assuntos a abordar no curso.

#### 3.3.1 - Selecção dos professores

O curso de formação teve como destinatários professores profissionalizados de Biologia, entre os quais, orientadores de estágio e delegados de grupo/disciplina dos distritos de Aveiro, Porto, Coimbra e Viseu (tabelas 3.1 e 3.2)

Fases do estudo	Data	Nº de prof. contactados	Nº de prof. interessados (1)
Preliminar	Fev. a Julho de 1991	130	68
Curso Piloto	8 - 10 de Julho de 1992	30	22
Curso Principal	9-11 de Setembro de 1992	40	32

Tabela 3.1 -Número de professores contactados e número de professores interessados, em cada fase do estudo.

(1) Na fase preliminar, consideram-se professores interessados os que devolveram o questionário preenchido. No estudo piloto e principal, consideram-se aqueles que participaram no curso, i. e., de entre os convidados/seleccionados os que compareceram aos trabalhos.

---

<sup>1</sup> Neste documento escrito a designação "Workshop" utilizada na fase preliminar e durante a planificação e realização do curso piloto e do curso principal foi substituída pela designação "Curso".

<b>Situação Profissional</b>	<b>Fases do estudo</b>			
	<b>Orientador</b>	<b>Delegado</b>	<b>Orientador e delegado</b>	<b>Prof. efectivo com ou sem outros cargos</b>
<b>Preliminar</b>	42	26	-----	-----
<b>Curso Piloto</b>	5	6	-----	11
<b>Curso Principal</b>	5	9	1	17

**Tabela 3.2** - Categoria profissional dos professores envolvidos em cada fase do estudo.

Seguidamente indica-se o modo de recrutamento dos professores e os critérios utilizados na sua selecção, e caracteriza-se a amostra envolvida no estudo principal.

### **3.3.1.1 - Recrutamento dos professores**

À selecção do tema, do tipo de trabalho a levar a cabo e do tipo de professores-destinatários, seguiu-se o contacto com os mesmos, com vista, numa primeira fase, à sua sensibilização a à prospecção de eventuais interessados

Neste primeiro contacto, que se realizou em Junho de 1991, procedeu-se ao envio de cartas circulares (Anexo I), sempre que possível nominais, a 130 professores orientadores de estágio, delegados à profissionalização e de grupo/disciplina, de escolas dos distritos de Aveiro, Porto, Coimbra e Viseu, com vista a sensibilizá-los para o curso a desenvolver e convidando-os a participar. Referiram-se em particular a:

- Insuficiente articulação entre as áreas de Química e de Biologia, principalmente sentidas na abordagem de alguns assuntos incluídos nos programas de Biologia do ensino secundário.
- Dificuldades sentidas por professores de Biologia, para ensinar adequadamente conceitos químicos, necessários à compreensão de grande parte dos sistemas biológicos.

Em anexo às cartas foi enviado um questionário (Anexo I), que visava recolher elementos para uma posterior caracterização da amostra e conhecer a opinião dos potenciais participantes sobre:

- Possível interesse pelos assuntos propostos para desenvolvimento no curso.
- Preferência por períodos de realização e de duração do curso.
- Interesse em participar no curso.

Após o recebimento dos questionários preenchidos, procedeu-se à organização e planificação dos trabalhos.

Nesta fase, tiveram lugar vários contactos entre a organizadora e os professores. Um deles, foi realizado telefonicamente em Fevereiro de 1992, e um outro através de carta (Anexo I), em Março do mesmo ano. Tinham como objectivo informar sobre:

- A integração do curso num projecto de dissertação de Mestrado em Ciências da Educação, especialidade de Supervisão.
- Os períodos em que iria decorrer o curso ( 8-10 de Julho e de 9-11 de Setembro de 1992 )
- O número limitado de participantes por curso, devido a questões de funcionalidade.
- As condições logísticas oferecidas (frequência, refeições e alojamento gratuitos para os participantes )<sup>2</sup>.

Em anexo à carta, foi enviada uma ficha de inscrição (Anexo I), com a finalidade de ser preenchida e enviada pelos professores, efectivamente interessados em participar no curso.

A carta e a ficha de inscrição foram dirigidas aos 68 professores que devolveram o primeiro questionário (tabela 3.1). Para se assegurar um número suficiente de professores para o estudo, foi também dada a possibilidade de efectuarem a sua inscrição, embora provisória, a outros professores de Biologia interessados no curso, além dos orientadores e/ou delegados, obtendo-se assim um total de 118 inscrições.

---

<sup>2</sup> As condições logísticas mencionadas foram subsidiadas pelo PRODEP

A cada um destes professores, foi enviada um mês antes do começo do respectivo curso, a lista dos participantes e a calendarização das actividades.

Além dos contactos descritos, outros foram efectuados, mas de carácter mais pontual, os quais visavam principalmente, responder a pedidos de esclarecimento.

O atendimento dispensado aos potenciais participantes foi conduzido numa perspectiva personalizada, o que, no nosso entender, se repercutiu favoravelmente no desenvolvimento dos trabalhos.

### **3.3.1.2 - Critérios utilizados na selecção dos professores**

Como foi já referido na subsecção 3.3.1, foram inicialmente contactados, para prospecção de interessados para o curso a desenvolver, 130 professores de Biologia, (delegados e orientadores de estágio), do distrito de Aveiro (36), Porto (43), Coimbra (22) e Viseu (29). Os critérios que presidiram a esta selecção foram:

-A categoria profissional.

Devido à natureza do curso, o número de participantes foi limitado. Assim, foram contactados delegados de disciplina ou de grupo, orientadores de estágio e delegados à profissionalização, por se julgar estarem em situação privilegiada para divulgar aspectos desenvolvidos durante a acção, alargando-a a outros.

-A situação geográfica, do local de trabalho.

Foram contactados professores dos distritos de Aveiro, Porto, Coimbra e Viseu, por serem os distritos mais próximos da Universidade de Aveiro onde iria decorrer o curso. A distância poderia, eventualmente, condicionar a participação dos interessados.

Dos 130 professores contactados nesta fase, 68 reenviaram o questionário, devidamente preenchido e manifestando interesse em participar na acção. Destes 68, 42 eram à data do envio do questionário (Julho de 1991), orientadores de estágio e 26 delegados de grupo (tabela 3.2).

Estes professores foram contactados numa segunda fase (Março de 1992), para fazerem a sua inscrição definitiva. Na carta escrita, aquando deste contacto,

foi dada a possibilidade a outros colegas de grupo, eventualmente interessados no curso, poderem fazer uma inscrição provisória, obtendo-se assim, um total de 118 inscrições, para o curso piloto e principal. A decisão de alargar a inscrição a outros professores teve a ver com o pedido apresentado por muitos (através dos delegados e orientadores contactados) e em acautelar um número de participação que não inviabilizasse o estudo que se pretendia realizar.

Dos 118 professores, foram seleccionados e convidados, por questões de funcionalidade, 30 para participarem no curso piloto e 40 para o curso principal.

Os critérios que presidiram à selecção do grupo de professores para o curso piloto foram:

- 1º - Professores a desempenhar, no ano lectivo de 1991/92, as funções de orientadores e/ou delegados, contactados na primeira fase, e que indicaram o mês de Julho de 1992, como único período em que teriam possibilidade de frequentar o curso.
- 2º - Outros professores orientadores e delegados dos distritos referidos, que embora não tendo sido contactados inicialmente tiveram conhecimento da iniciativa através de outros colegas e indicaram o mês de Julho como única época possível para a participação nos trabalhos.
- 3º - Professores que à data do primeiro contacto (Julho de 1991), eram orientadores e/ou delegados e que, embora deixando de desempenhar estes cargos, enviaram a sua inscrição indicando como única preferência o mês de Julho.
- 4º - Outros professores efectivos, não contactados directamente e que manifestaram interesse pelo curso. Tentou-se, também neste caso, respeitar as preferências indicadas pelos professores.

Os critérios adoptados para seleccionar a amostra para o curso principal, foram idênticos aos adoptados para o curso piloto, sendo contudo de realçar os seguintes:

- 1º - Todos os professores inscritos, que no ano lectivo de 1991/92, ocupavam o cargo de orientadores e/ou delegados e que informaram

estar disponíveis em Julho e em Setembro, ou só em Setembro, para frequentar a acção.

2º - Professores que, à data do primeiro contacto (Junho de 1991), desempenhavam a função de orientadores ou/e delegados e que apesar de deixarem de exercer tais funções, demonstraram interesse em frequentar o curso, em Setembro ou em qualquer das épocas.

3º - Professores efectivos, sem qualquer dos cargos referidos, pertencentes a escolas ainda não representadas por outros professores. Também aqui se respeitou a preferência pela época assinalada na ficha de inscrição.

Para assegurar a participação no curso principal de, aproximadamente, 30 professores e dada a contingência na disponibilidade para a participação em trabalhos desta natureza na época do ano em que se realizou a acção (próximo do início do ano lectivo), foram, seleccionados e convidados 40 professores. Deste modo procurou-se garantir a presença de uma amostra adequada, mesmo com eventuais desistências.

A dimensão escolhida para a amostra prendeu-se principalmente com os objectivos e metodologia do trabalho, e o modelo de formação preconizado para o curso.

A selecção dos professores para o curso piloto e para o curso principal foi realizada conjuntamente tendo-se privilegiado a constituição deste último grupo. Tentou-se por isso que estivessem presentes o maior número possível de delegados de grupo e orientadores, e um total aproximadamente de 30 professores.

### **3.3.1.3 - Caracterização da amostra**

O curso principal envolveu 32 professores. Destes, somente 24 estiveram presentes em todas as sessões, constituindo assim a nossa amostra. Como o controlo de participação por sessão foi feito através de questionários, que se destinaram a avaliar o grau de interesse dos assuntos a abordar em cada sessão (Anexo II), e como estes eram anónimos, identificados por códigos escolhidos pelos participantes (ver subsecção 3.4.3), não foi possível identificar individualmente os 24 professores presentes em todo o trabalho, fazendo-se, por isso, a caracterização da amostra dos professores envolvidos (32).

Os dados para caracterização da amostra foram obtidos através de questionário anexo às cartas circulares enviadas aos professores no primeiro contacto escrito (ver subsecção 3.3.1.1). Nele eram pedidas informações sobre: idade, formação académica, formação pedagógica/profissional, situação profissional prevista no anos lectivo de 1991/92, tempo de serviço no 11º Grupo B e tempo de serviço (no total da actividade docente) como professor(a) orientador(a) e delegado(a) de grupo/disciplina.

As tabelas (tabelas 3.3 - 3.8) representam a caracterização da amostra relativamente a cada um destes aspectos.

De um modo geral, podemos dizer que no nosso estudo se salientam professores com:

- Idade compreendida entre os 30 e 40 anos (19)
- Licenciatura em Biologia (17)
- Estágio pedagógico (Licenciatura em ensino) (22)
- O cargo de delegados e/ou orientadores (no ano lectivo de 1991/1992) (15)
- Tempo de serviço entre os 10 e os 15 anos (12)

<b>Idade (anos)</b>	<b>Menos de 30</b>	<b>30 - 40</b>	<b>41 - 50</b>	<b>Mais de 50</b>
<b>Nº de professores</b>	13	9	6	4

**Tabela 3.3 - Caracterização da amostra em termos de Idade (anos)**

<b>Formação académica</b>	<b>Bacharelato em Biologia</b>	<b>Licenciatura em Ciências Biológicas</b>	<b>Licenciatura em Geologia</b>	<b>Licenciatura em Biologia</b>	<b>Licenciatura em Biologia e Geologia</b>	<b>Licenciatura em Ciências Geológicas</b>
<b>Nº de professores</b>	2	5	3	17	3	2

**Tabela 3.4 - Caracterização da amostra em termos de Formação Académica**

<b>Formação Pedagógico/ Profissional</b>	<b>Estágio Pedagógico (Lic. em ensino)</b>	<b>Estágio Pedagógico Clássico</b>	<b>Exame de Estado</b>	<b>Profissionalização em exercício</b>	<b>Curso de Ciências Pedagógicas</b>
<b>Nº de professores (1)</b>	22	7	5	1	5

**Tabela 3.5 -Caracterização da amostra em termos de Formação Pedagógico/Profissional**

(1) Vários professores possuíam mais que um tipo de formação pedagógica/profissional, pelo que o somatório é superior a 32.

<b>Situação Profissional</b>	<b>Prof. delegado de disciplina ou grupo</b>	<b>Prof. orientador (Lic. em ensino)</b>	<b>Prof. efectivo sem qualquer cargo</b>	<b>Prof. com outros cargos (2)</b>
<b>Ano</b>				
<b>1991/92</b>	10*	6*	9	8

**Tabela 3.6 -Caracterização da amostra em termos de Situação Profissional, no ano lectivo 1991/92**

\* Um professor ocupava simultaneamente a função de delegado de disciplina e de orientador

(2) Por exemplo: --Coordenador do Sistema de Unidades Capitalizáveis

-Delegado de Instalações

-Experimentador de Novos programas

-Membro da direcção da Associação de Biólogos

-Membro da direcção da Associação Portuguesa de Professores de Biologia e Geologia

<b>Tempo de serviço</b>	[1 , 5[	[5 , 10[	[10 , 15[	[15 , 20[	[20 , 25[	[25 , 30[	[30 , 35[
<b>Nº de professores</b>	4	3	12	3	5	3	2

**Tabela 3.7-** Caracterização da amostra em termos do **Tempo de Serviço**

<b>Tempo de Serviço na função (anos)</b>	[0 , 3[	[3 , 5[	[5 , 7[	[7 , 9[	[9 , 11[	[11, 13[
<b>Cargos</b>						
Prof. delegados de disciplina ou grupos	9	12	4	1	1	1
Prof. orientador (Lic. em ensino)	2	1	0	1	3	1
Prof. orientador (Estágio Clássico)	1	0	0	0	0	0
Prof. delegado à Profissionalização em Serviço	2	0	0	0	0	0

**Tabela 3.8-** Caracterização da amostra em termos de **Tempo de Serviço** dos diferentes cargos ocupados

Nota: 4 professores nunca tinham desempenhado qualquer dos cargos referidos.

## **3.4 - FASE DE PLANIFICAÇÃO E ORGANIZAÇÃO**

Esta fase decorreu entre Setembro de 1991 e Julho de 1992, nela escolheu-se o modelo de trabalho a utilizar e planificaram-se as actividades a realizar durante o curso. Procedeu-se ainda à elaboração dos instrumentos para posterior avaliação do mesmo.

### **3.4.1 - Modelo do curso**

O modelo de trabalho adoptado pretendia familiarizar os professores com a lógica de ensino construtivista, contribuir para sensibilizar os professores sobre dificuldades dos alunos e deles próprios a nível da formação de conceitos e eventualmente actualizar e complementar a formação científica e didáctica de professores de Biologia. Foi com base nestes objectivos e nos pressupostos e princípios orientadores definidos (ver secção 1.3), que se procedeu à organização do curso e dos seminários constituintes do mesmo.

#### **3.4.1.1- Modelo dos seminários**

O curso organizou-se em cinco seminários, distribuídos por três dias. O primeiro deles incidiu sobre a perspectiva Construtivista da Aprendizagem, com vista a explicitar os fundamentos teóricos subjacentes e a lógica de funcionamento do próprio curso. Nos restantes, abordou-se cada um dos assuntos científicos da especialidade (Energia e o Ensino da Biologia, o Ião ATP4-: estrutura e função, Respiração Celular e Fermentação e Fotossíntese), sob o ponto de vista científico e didáctico<sup>3</sup>.

De um modo geral os seminário foram organizados em quatro etapas: **1- Introdução; 2-Exploração; 3-Síntese; 4-Desenvolvimento** (Fig 3.2).

---

<sup>3</sup> Neste estudo designa-se de: "tema", ao tema do curso (Energia nos sistemas biológicos: perspectivas didácticas para a sua abordagem); "assuntos" aos temas abordados em cada seminário (ex: Construtivismo e Concepções Alternativas, Respiração Celular, Fotossíntese), "conteúdos ou tópicos", aos assuntos seleccionados para tratar em cada um dos seminários.

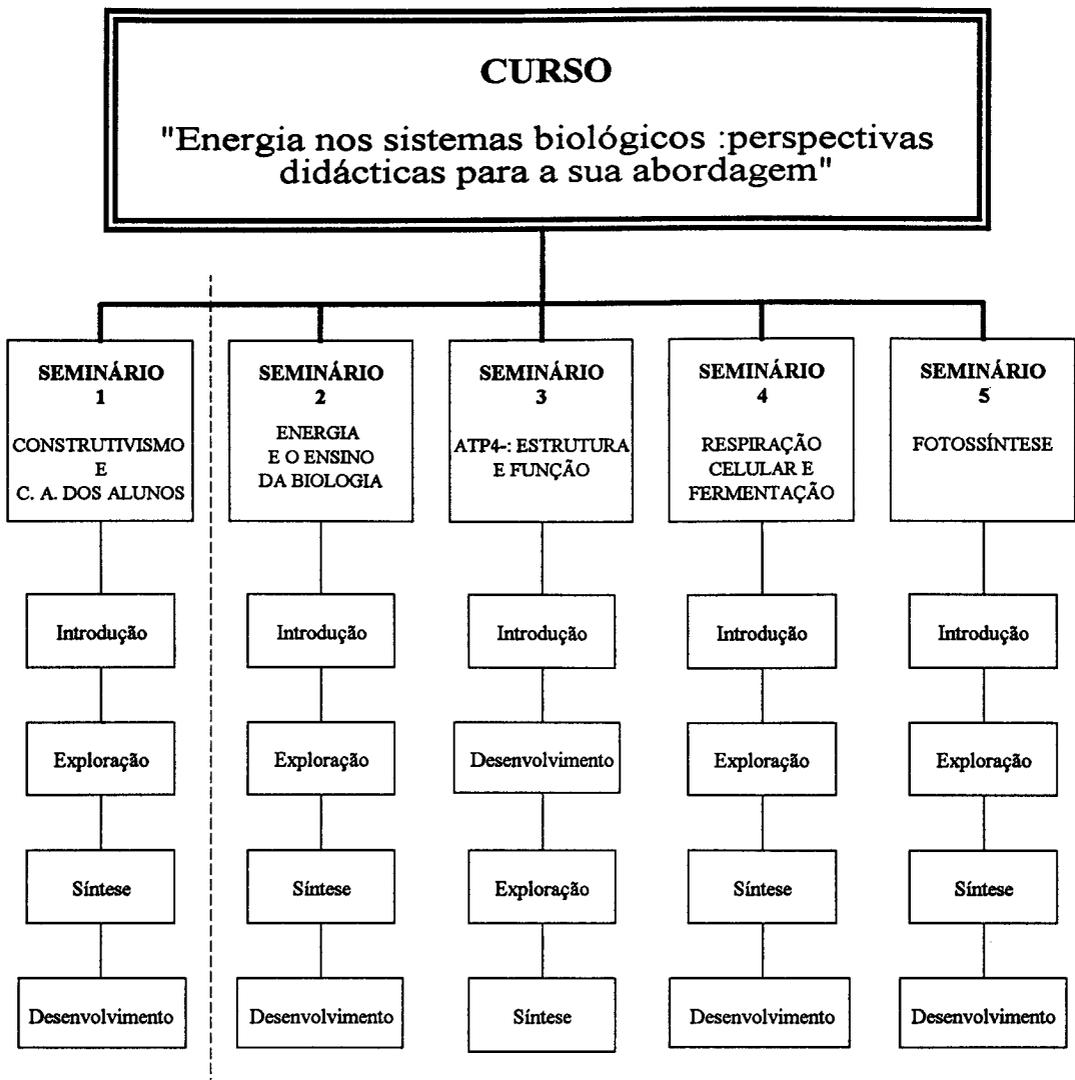


Fig. 3.2- Organização do curso

Apresenta-se a seguir o trabalho realizado em cada uma das etapas (i) e particularidades de alguns seminários (ii).

### (i) Trabalho realizado em cada etapa

#### 1 - Introdução

Incluiu-se nesta etapa a apresentação do assunto a abordar no seminário, do(s) objectivo(s) a atingir, de concepções alternativas sobre o assunto em estudo, de dados históricos sobre a evolução dos conceitos e da(s) actividade(s)

a desenvolver (Anexo III). Foram também distribuídos aos participantes, documentos vários de informação e apoio às actividades.

A apresentação de concepções alternativas dos alunos, principalmente do ensino secundário, sobre as temáticas em estudo, teve uma dupla função:

- Consciencializar os professores presentes nos trabalhos das eventuais dificuldades dos alunos na compreensão de determinados conceitos.
- Reconhecerem como suas, algumas das concepções alternativas apresentadas.

Os dados históricos sobre a evolução de conceitos foram apresentados para salientar o paralelismo que por vezes se pode estabelecer entre concepções alternativas e ideias históricas na Ciência. Este paralelismo poderá ser utilizado para uma melhor consciencialização e ultrapassagem de concepções alternativas.

## **2- Exploração**

Após consciencialização do grupo de professores, sobre algumas das concepções alternativas possíveis dos seus alunos e eventualmente das suas próprias, sobre a temática em estudo, procedeu-se à realização de actividades de grupo (Anexo III), eventualmente geradoras de conflito de conhecimentos e de práticas e por isso julgadas facilitadoras do processo de desestruturação (primeiro passo para a mudança conceptual). Para a realização das actividades foram organizados e distribuídos textos extraídos de livros e revistas da especialidade, extractos de manuais escolares, vários diagramas, grelhas de análise etc. Estas actividades visavam uma reflexão individual e conjunta e a confrontação dessa reflexão com o conteúdo de textos apropriados, para eventualmente contrastar o que o grupo defende com o que dizem hoje em dia os investigadores.

Algumas das actividades planificadas foram:

- "Analisar criticamente os conteúdos dos extractos de manuais escolares do 10º ano de escolaridade (sobre o ião  $ATP^{4-}$ ), tendo em consideração os seguintes aspectos:

.Incorrecções científicas

.Aspecto do texto e ilustrações que poderão ser um reforço de concepções alternativas

.Aspectos omissos ou ambíguos"

- "Reflectir sobre as implicações pedagógico-didáticas da utilização de diagramas no ensino/aprendizagem da Biologia, em geral, e da Respiração Celular em particular".

- "Analisar criticamente sob o ponto de vista científico e didático, um filme sobre as *Reacções da Fase Luminosa da Fotossíntese*"

Estas actividades foram realizadas em grupo, o que se revelou de grande importância neste modelo de trabalho, pois constituiu "um lugar que forneceu um espaço físico e mental para a reconstrução de ideias" (Constable e Long, 1991, p.415). Foi dada, por isso, especial atenção à constituição dos grupos de trabalho, tentando-se sempre que possível que fossem:

- Heterogénios ou seja, constituídos por professores de diferentes escolas, com diferentes anos de serviço e com diferente experiência profissional.
- Constituídos por seis a oito elementos, para todos poderem manifestar a sua opinião e poder surgir discussão e confronto entre as opiniões dos vários elementos do grupo. Grupos pequenos poderão evidenciar poucas ideias diferentes, grupos grandes poderão não permitir que todos exprimam a sua opinião, por falta de tempo.

O período de tempo destinado à realização de cada uma destas actividades foi em média, de 30 minutos. Este mostrou-se por vezes insuficiente, devido à complexidade dos assuntos a abordar e ao grande envolvimento dos participante nas tarefas. Não foi possível alongar mais este período de tempo, devido à quantidade de tarefas a realizar e aos assuntos a abordar.

### **3 - Síntese**

Os resultados das discussões realizadas em cada grupo, na fase anterior, foram nesta fase, apresentadas pelo porta-voz e discutidas em plenário entre todos. Foi uma etapa de muito interesse, devido à variedade de opiniões e ao confronto de ideias que fez surgir entre o grupo de participantes.

Seguiu-se, a síntese dos resultados apresentados feita pela coordenadora dos trabalhos.

Para uma melhor sistematização e organização das ideias e dadas as limitações de tempo que possuíamos, foi previamente preparado para cada actividade, uma síntese de eventuais opiniões a suscitar por esta. Esta síntese foi completada nesta etapa com ideias sugeridas pelos participantes e que não tinham sido previstas. A súmula apresentada foi discutida com os professores presentes.

### **4 - Desenvolvimento**

Numa perspectiva construtivista, actividades como as indicadas anteriormente poderão gerar conflito e fazer surgir a versão científica. No entanto nem sempre assim acontece, e dadas as limitações de tempo isso já era previsível. Assim foi prevista uma fase de formalização de conceitos consistindo numa dissertação sobre alguns tópicos do assunto em estudo em cada seminário.

Consistiu principalmente, na apresentação da versão científica em confronto com concepções mais frequentes e na abordagem de alguns conceitos considerados mais pertinentes e de mais difícil compreensão, para alunos e professores (Gayford, 1986 a).

Esta fase de trabalho, teve como objectivos principais proporcionar uma actualização científica no âmbito de alguns conteúdos programáticos, de grande centralidade curricular e procurar contribuir para a (re)estruturação do conhecimento do professor.

## **(ii)- Particularidades de alguns seminários**

Devido aos objectivos definidos para cada seminário e à especificidade dos assuntos a tratar houve, por vezes, necessidade de proceder à alteração da organização geral definida para os seminários. São estas alterações que vamos passar a descrever.

No seminários relativo ao Ião  $ATP^{4-}$ , ao contrário dos restantes, a etapa **desenvolvimento** antecedeu a etapa **exploração**. Isto aconteceu porque a realização da actividade planificada para este assunto (Anexo III) exigia conhecimento e compreensão de conceitos sobre estrutura e função do Ião  $ATP^{4-}$ , que os professores de um modo geral não possuem. Por isso pensamos proceder inicialmente ao desenvolvimento do assunto com vista à eventual clarificação desses conceitos e só posteriormente proceder à realização da actividade.

No seminário referente à "Energia e o ensino da Biologia", a etapa **introdução** incluiu além das tarefas próprias desta etapa, a abordagem, durante quatro horas, de conceitos relacionados com a "Energia nas Reacções Químicas". Este procedimento resultou do reconhecimento da importância do conhecimento de conceitos de Química na compreensão de muitos processos biológicos e da necessidade de promover à formação científica e pedagógico-didáctica dos professores de Biologia nesta área (ver secção 1.4).

A abordagem de conceitos sobre a "Energia nas Reacções Químicas" foi conduzida por uma professora de Ciências Físico-Químicas, com vinte anos de experiência de docência no ensino da Química, em particular nos últimos anos do Ensino Secundário. Tinha como principal objectivo clarificar alguns conceitos de Química necessários à compreensão de processos biológicos. No final da abordagem deste assunto procedeu-se à etapa **exploração**.

### **3.4.2 - Planificação de actividades**

Com vista à planificação das actividades a realizar no curso, procedeu-se numa primeira fase à análise dos programas de Ciências da Natureza, Ciências Naturais, Biologia, Ciências da Terra e da Vida, Noções Básicas de Saúde e de textos e diagramas de diferentes manuais escolares das respectivas disciplinas. Deu-se especial atenção aos programas e manuais escolares do 10º ano de

escolaridade, por ser neste ano, que os conteúdos e actividades a desenvolver no curso incidiram particularmente, como foi referido no capítulo 1.

Os principais critérios utilizados na análise dos programas do 10º ano de escolaridade de Biologia (currículo antigo) e de Ciências da Terra e da Vida (currículo novo) foram: a filosofia subjacente; actividades sugeridas e aspectos de linguagem. Os resultados desta análise revelaram que o programa referente ao currículo antigo tem por base perspectivas empiristas e o programa do currículo novo teorias construtivistas da aprendizagem e que os dois programas fornecem, de um modo geral, poucas orientações metodológicas e possuem, por vezes, inadequações de linguagem.

Para a selecção de manuais escolares e sua análise procedeu-se a contactos com entidades diversas:

-A Associação Portuguesa de Editores e Livreiros, em Outubro de 1991, para pedir informações sobre os manuais escolares mais adoptados, a nível nacional, em Ciências da Natureza (7º ano), Biologia (8º, 9º, 10º, 11º e 12º anos), Noções Básicas de Saúde (10º e 11º anos).

-Direcção Geral do Ensino Básico e Secundário e a Direcção Geral de Extensão Educativa, para obter informações sobre a existência de algum estudo sobre análise de manuais escolares de Ciências da Natureza/Biologia.

-Várias editoras, com vista à obtenção de manuais escolares, de publicação recente, de Ciências da Natureza, de Biologia dos vários níveis de escolaridade e de Noções Básicas de Saúde.

A Associação Portuguesa de Editores e Livreiros informou não possuir elementos para responder ao pedido que lhe foi formulado e a resposta da Direcção Geral do Ensino Básico e Secundário e Direcção Geral da Extensão Educativa foi negativa. Por isso, os manuais analisados, dos diferentes níveis de ensino, foram seleccionados de entre os editados pela Porto Editora (Roque e Castro, 1990; Silva, Gramaxo, Mesquita, Santos e Cruz, 1991) e pelas Edições Asa (Lima e Freitas, 1987) por pensarmos serem dos mais utilizados pelos professores de Biologia.

A análise realizada aos manuais escolares de Biologia consistiu principalmente na identificação de aspectos inadequados da linguagem escrita, simbólica e representacional, que podem eventualmente originar e/ou reforçar

concepções alternativas dos alunos (e mesmo de professores) identificadas e descritas na literatura sobre os assuntos abordados no curso. Foram muitas as inadequações encontradas o que é preocupante na medida em que é principalmente com base nas informações veiculadas nos manuais escolares que muitos alunos e alguns professores formulam os seus conceitos.

Paralelamente ao trabalho de análise de programas e de manuais escolares; foi consultada a bibliografia disponível, principalmente, revistas e livros didáticos e da especialidade de publicação recente, por referirem resultados de investigações, sobre várias temáticas das áreas da Didáctica das Ciências e da Biologia.

Na bibliografia consultada, não foi encontrada qualquer referência a actividades práticas diferentes das que vão sendo hábito realizar, a nível do 10º ano de escolaridade de Biologia e que pudessem ser levadas à prática com as condições laboratoriais existentes nas escolas e, muito menos, indicação de estratégias de mudança conceptual, devidamente testadas, sobre os assuntos em estudo.

Por isso, as actividades desenvolvidas durante o curso, resultaram no confronto do resultado da análise realizada sobre os manuais e os programas, com o tratamento científico e didáctico apresentado em livros e em revistas da especialidade e da Didáctica das Ciências, como por exemplo, Oliveira (1991), Smith e Wood (1991), Devlin (1992), Salisbury e Ross (1992), *The American Biology Teacher*, *Journal of Biological Education*, *Journal of Research in Science Teaching*. Também resultou deste confronto a selecção dos tópicos a abordar no curso e o desenvolvimento a dar a cada um deles.

Servindo-nos assim de materiais utilizados no dia a dia pelo professor, manuais, programas e material audiovisual, e da experiência profissional dos professores que constituíam a amostra, planificaram-se várias actividades que constaram, fundamentalmente, da análise do ponto de vista científico e didáctico de extractos e de diagramas de manuais escolares de Biologia do 10º ano de escolaridades, da análise crítica de um filme, de trocas de experiências quanto à abordagem dos assuntos em estudo, da reflexão sobre as possíveis causas da existência de determinadas concepções alternativas nos alunos e da reflexão crítica sobre uma proposta de abordagem de uma determinada área temática. (A descrição pormenorizada das propostas de actividade, encontra-se em Anexo III e uma síntese das mesmas em Anexo IV).

Para a realização das actividades foi construído e organizado material diverso, como por exemplo, grelhas de análise, traduções várias, extractos de manuais e programas, textos de apoio.

As actividades visavam principalmente:

- Consciencializar os participantes de eventuais concepções alternativas dos seus alunos e, eventualmente, das suas próprias.
- Provocar conflito conceptual.
- Consciencializar para os cuidados a ter a nível da linguagem e do material utilizado, de modo a não criar ou mesmo reforçar determinadas concepções alternativas.
- Desenvolver o espírito crítico dos professores, em relação a documentos, que mais frequentemente utilizam.
- Criar um espaço de reflexão sobre as suas práticas.
- Permitir uma troca de experiências no grupo de trabalho.

Simultaneamente com o trabalho de construção e organização das actividades, procedeu-se à selecção e preparação dos tópicos a desenvolver no curso na etapa "desenvolvimento". Para cada assunto abordado foi elaborado um texto, validado por professores universitários da especialidade, antes da realização do curso. Uma síntese do desenvolvimento teórico dado a cada um dos assuntos abordados no curso encontra-se em Anexo IV.

Também foi organizado uma exposição de livros e revistas da especialidade e da Didáctica das Ciências, durante os três dias de duração do curso. Esta iniciativa teve como objectivo principal divulgar livros e revistas de publicação recente.

### **3.4.3- Instrumentos de recolha de dados para a avaliação do curso principal**

Os instrumentos de recolha de dados utilizados no curso principal, foram construídos com base nos usados no curso piloto e nas conclusões tiradas da análise do processo de administração e conteúdos das respostas (subsecção, 3.5.3 e 3.5.4). Constaram de três tipos de questionários escritos, administrados individualmente, preenchidos anonimamente e referenciado através de um código escolhido pelo professor (Anexo II). Este último procedimento revelou-se de grande interesse por permitir que os professores se expressassem livremente, sobre as diferentes questões, sem qualquer tipo de constrangimento.

Os diferentes questionários diferiam entre si, no tipo e extensão das ideias que pretendiam medir e no momento em que foram administrados. Assim, uns destinavam-se a fazer uma avaliação diagnóstica (1), outros uma avaliação de consecução (2 e 3).

(1) Um dos tipos de questionários, visava recolher informações para avaliar o grau de interesse dos tópicos a abordar em cada um dos seminários. Era constituído por questões fechadas e foi preenchido no início de cada seminário. Dele faziam parte, uma listagem de conteúdos, que tentava ser o sumário dos tópicos a abordar no seminário e uma escala de graus de interesse.

(2) Um outro tipo de questionários, (pré-teste) foi administrado antes da realização do curso, e tinha como finalidade obter elementos sobre conhecimentos do professor sobre assuntos a abordar no curso. Deste questionário fizeram parte questões abertas de carácter científico e/ou pedagógico-didáctico. Os assuntos abordados nas várias questões foram seleccionados pelo seu grau de pertinência na abordagem de alguns aspectos relacionados com a energética celular, principalmente a nível do Ensino Secundário, pelo modo inadequado com que são abordados pelos manuais escolares e outras fontes de informação utilizadas normalmente por professores de Biologia e pelas concepções alternativas de alunos e por vezes de professores, identificadas na literatura sobre estes assuntos. A maioria das questões abordava aspectos de carácter científico e pedagógico-didáctico, por serem as duas componentes de formação definidas para o curso (secção 1.2) e por considerarmos que no processo de ensino-aprendizagem as duas componentes não devem estar dissociadas.

(3) Um outro tipo de questionário (pós-teste) foi administrado após a realização do curso. Destinava-se, principalmente, a recolher informações sobre aspectos relacionados com a organização do curso, eventuais benefícios posteriores para os participantes e possíveis contributos do curso para a clarificação de conceitos nele abordados. Era constituído por questões abertas e fechadas, consoante a natureza da ideia que se queria medir. Encontrava-se dividido em 4 secções A, B, C e D.

A secção A incluía questões fechadas relativas a aspectos organizacionais. Foram recolhidas informações sobre o ritmo da acção e sobre a duração prevista para o tratamento de cada um dos assuntos. A recolha destas informações foi considerada pertinente para a discussão e interpretação de alguns resultados da investigação e para propostas de futuras investigações no âmbito de programas de formação contínua de professores de Ciências.

A secção B era constituída por questões, também fechadas, destinadas a recolher informações relacionadas com eventuais benefícios posteriores do curso para os participantes.

Permitiu obter, para cada um dos assuntos abordados no curso (Construtivismo e Concepções Alternativas, Energia e o Ensino da Biologia, Ião ATP<sup>4-</sup>, Respiração Celular e Fermentação e a Fotossíntese), dados sobre:

- O grau de adequabilidade e utilidade dos conteúdos seleccionados para cada assunto, à função docente dos professores participantes.
- O grau de utilidade da documentação posta à disposição quer nas sessões de trabalho, quer na exposição de livros e revista de Didáctica das Ciências e da especialidade organizada no período de tempo de duração do curso.
- O grau de consecução das expectativas dos professores relativamente ao curso e dos objectivos definidos para o mesmo.
- O interesse da acção em termos globais.

Pareceu-nos importante a elaboração deste conjunto de questões por nos permitir medir o impacto, o interesse, a adequabilidade e a utilidade dos assuntos abordados para os professores.

A secção C era constituída, por questões abertas, destinadas à expressão de comentários sobre aspectos globais. Pedia-se aos professores que se

pronunciassem sobre aspectos do curso que os impressionaram mais favoravelmente e menos favoravelmente, e proferissem comentários adicionais e sugestões. A importância deste conjunto de questões foi a de eventualmente dar oportunidade aos participantes no curso de realçar aspectos, de especial interesse para si e que não puderam evidenciar nas outras secções, devido ao formato das questões. Criou-se assim, um espaço onde os professores puderam livremente expressar as suas ideias sobre vários aspectos do trabalho.

As questões da secção D do pós-teste foram iguais às formuladas no pré-teste, obedecendo, por isso, às preocupações e finalidades já descritas.

O facto do pré e do pós-teste conterem as mesmas questões de carácter científico e pedagógico-didáctico teve como base os objectivos e a hipótese formulada para a investigação e descritas no capítulo 1.

### **3.5 - FASE DE AFERIÇÃO - ESTUDO PILOTO**

#### **3.5.1 - Objectivos**

O estudo piloto teve os seguintes objectivos:

- Apreciar o impacto das actividades propostas e dos conteúdos seleccionados, nos participantes.
- Testar a adequabilidade das actividades planificadas, quanto ao tempo necessário para a sua realização.
- Treinar a coordenadora dos trabalhos, quanto ao modo de conduzir as diferentes actividades e de dinamizar o grupo.
- Testar a adequabilidade dos instrumentos colectores de opiniões dos participantes.
- Fundamentar a introdução de alterações no curso principal

### **3.5.2 - Caracterização do curso**

O estudo piloto constou da realização e avaliação de um curso, com extensão e formato equivalente aquele que se pretendia adoptar no curso principal. Constituiu uma tarefa exigente e arriscada, na medida em que a mensagem dos participantes no curso piloto, realizado em Julho, poderia condicionar a participação dos professores no estudo principal, a realizar em Setembro. Tal facto obrigou a um envolvimento da coordenadora nas várias tarefas de organização, realização e avaliação do curso, igual ao do estudo principal. A calendarização deste curso encontra-se em anexo (Anexo V).

O curso piloto foi frequentado por 22 professores de Biologia do Ensino Básico e Secundário, sendo 11 delegados de disciplina e/ou orientadores de estágio. Nada foi comunicado a estes professores sobre as intenções especiais do curso piloto com vista a aproximar o mais possível os dois cursos. As razões apresentadas aos participantes basearam-se no número de professores interessados em frequentar o curso.

### **3.5.3 - Avaliação do curso**

Os intervenientes na avaliação do curso piloto, foram:

- A) Os professores participantes.
- B) Dois observadores.
- C) A coordenadora do curso.

A) A avaliação realizada pelos participantes visava além de outros aspectos, recolher informações sobre as possíveis aprendizagens que o curso poderia proporcionar. Processou-se através do preenchimento anónimo, de questionários referenciados por um código. Aconteceu, em vários momentos:

- (1) No início da abordagem de cada assunto - Avaliação diagnóstica
- (2) No final do curso - Avaliação de consecução

(1) Os questionários destinados à avaliação diagnóstica tinham como objectivo recolher elementos para avaliar o possível interesse dos tópicos seleccionados para tratamento.

Foram distribuídos, no início de cada sessão de trabalho e visavam recolher as expectativas dos participantes com vista a confrontá-las, para cada um, com o impacto das mesmas após a abordagem de cada assunto.

(2) O questionário elaborado com vista à avaliação de consecução, visava recolher informações sobre:

- Aspectos relacionados com a organização (secção A).
- Aspectos relacionados com eventuais benefícios posteriores do curso, para os participantes (secção B).
- Aspectos da acção que impressionaram mais favoravelmente, e menos favoravelmente e sugestões para futuras investigações (secção C) .
- Aspectos particulares - Abordagens diferentes das habitualmente utilizadas que os professores participantes, pensassem vir a desenvolver após o curso, no tratamento dos assuntos em causa (secção D).

O questionário foi respondido no final dos trabalhos, no período reservado à avaliação. Após o seu preenchimento, foi dada aos participantes a oportunidade de se exprimirem oralmente sobre o curso, em especial, sobre aspectos não contemplados no questionário de avaliação.

B) Em todas as sessões de trabalho, estiveram presentes dois observadores, com experiência na formação de professores e em investigação sobre formação de professores. Um dos observadores possuía formação específica sobre os assuntos abordados. A presença de ambos nas sessões de trabalho destinava-se a recolher informações, com vista a uma posterior reflexão sobre o desenvolvimento do curso. Essa reflexão aconteceu alguns dias após a realização do curso, em reunião específica para tal fim, resultando daí sugestões úteis a introduzir no curso principal.

C) A avaliação realizada pela coordenadora (auto-avaliação), consistiu numa reflexão sobre o seu próprio trabalho. Os elementos de reflexão foram recolhidos durante a realização do curso e posteriormente, através da análise atenta do material vídeo e áudio gravado durante o mesmo. Este material foi produzido com a ajuda de um operador, com vista a uma posterior análise e avaliação dos trabalhos, principalmente por parte da coordenadora dos trabalhos e dos avaliadores<sup>4</sup>.

Os resultados da análise das respostas aos questionários, da auto-avaliação e da reunião com os observadores permitiram-nos chegar às conclusões sobre aspectos gerais e específicos do curso que a seguir se indicam.

Aspectos gerais:

- A selecção dos conteúdos e a metodologia de trabalho para o tratamento de cada assunto, foram consideradas adequadas.
- Os assuntos seleccionados, a documentação posta à disposição e a contribuição da acção para a clarificação de conceitos, foram consideradas muito úteis.
- Na opinião dos participantes, houve saliência dos observadores, o que poderia ter prejudicado o trabalho de coordenação .

Aspectos específicos:

- O construtivismo e as concepções alternativas dos alunos foram abordados numa perspectiva demasiado teórica, faltando exemplos práticos.
- Houve dificuldade de visualização de algum material usado na retro projecção e, por vezes, um mau posicionamento da coordenadora; relativamente ao retroprojector, o que prejudicou a visibilidade de alguns professores.
- Foi proposto pelos participantes que a fotossíntese fosse tratada, em parte, com trabalho experimental.

---

<sup>4</sup> Todo o material vídeo e áudio está disponível para consulta. Encontra-se na posse da autora deste estudo.

- Na opinião dos observadores e da coordenadora dos trabalhos o questionário para a avaliação de consecução revelou-se, em parte, desajustado para medir as eventuais alterações do grau de competência científica e pedagógica dos professores participantes relativamente aos assuntos abordados.

### **3.5.4 - Decisões tomadas**

Com base nos resultados da avaliação do curso piloto, tomaram-se as seguintes decisões de alteração a introduzir no curso principal:

- Os observadores passarão a ocupar uma posição de menor destaque na sala.
- A abordagem do construtivismo e das concepções alternativas far-se-á, em parte, com a visualização e posterior discussão de um filme de uma aula de Ciências da Natureza em que se põe em prática a perspectiva construtivista da aprendizagem.
- Algum material de retro projecção seria reescrito e alterada a sua apresentação. Também seria devidamente estudada a posição da coordenadora relativamente ao retroprojector, de modo a não afectar a visibilidade dos professores presentes.
- Além das consultas bibliográficas efectuadas na preparação da fotossíntese, foram posteriormente consultados docentes e investigadores universitários na área da especialidade. As informações que recolhemos foram de que não seria possível realizar experiências, com interesse para o tratamento dos curricula de Biologia do ensino secundário, diferentes das já habitualmente utilizadas pelos professores, com o material disponível nas nossas escolas. Por essa razão, decidimos não substituir a actividade planeada para o tratamento deste tema.
- A primeira parte do questionário de avaliação de consecução (secção A, B e C) que visava recolher informações sobre a organização, benefício do curso e aspectos que impressionaram os participantes, não sofrerá qualquer alteração. Decidiu-se incluir na segunda parte (secção D), questões de carácter científico e/ou pedagógico, sobre os assuntos abordados.

-Devido à hipótese de trabalho descrita no capítulo 1, considerou-se oportuno a existência de um pré e um pós-teste.

### **3.6 - ESTUDO PRINCIPAL**

O estudo principal decorreu dois meses após a realização do estudo piloto (9-11 de Setembro de 1992). No intervalo de tempo entre os dois cursos conduziram-se actividades de reflexão e reformulação de alguns aspectos menos adequados.

O estudo principal constou da realização e avaliação de um curso, igual ao realizado no estudo piloto e descrito na subsecção 3.5.2 . Alguns aspectos do curso sofreram ajustamentos e reformulações, sugeridas pelas conclusões do estudo piloto (ver subsecção 3.5.4 ).

A amostra utilizada encontra-se caracterizada na subsecção 3.3.1.3 .

#### **3.6.1 - Avaliação**

A avaliação do estudo principal foi realizada, tal como no estudo piloto, por:

- A) Os professores participantes
- B) Dois observadores
- C) A coordenadora

A) A avaliação realizada pelos participantes processou-se, através do preenchimento de questionários anónimos, nos seguintes momentos do curso:

- (1) Início (pré - teste) e final do curso (pós - teste) - Avaliação de consecução
- (2) Início da abordagem de cada assunto - Avaliação diagnóstica

(1) A avaliação de consecução foi realizada através do preenchimento de dois questionários (pré-teste e pós-teste). O pré-teste era constituído por um conjunto de questões de carácter científico e/ou pedagógico-didáctico, sobre alguns dos assuntos a abordar no curso, e o pós-teste por quatro conjuntos de questões - secções A, B, C e D (ver subsecção 3.4.3).

Nas três primeiras secções do pós-teste incluíram-se as questões já referidas na avaliação do curso piloto (subsecção 3.5.3). Na secção D formularam-se questões de carácter científico e/ou pedagógico-didáctico sobre os assuntos abordados. As questões incluídas nesta secção eram iguais às utilizadas no pré-teste.

No final do curso, no intervalo de tempo reservado à avaliação, os professores puderam ainda pronunciar-se oralmente sobre aspectos diversos do curso, por vezes não contemplados no pós-teste. Esta avaliação oral encontra-se registada em cassetes de vídeo e áudio.

(2) Os questionários destinados à avaliação diagnóstica, usados no curso piloto para avaliar o grau de interesse dos participantes pelos tópicos a tratar, revelaram-se adequados aos objectivos a que se destinavam. Por isso, o seu conteúdo e a sua metodologia de aplicação, foi a descrita na subsecção 3.5.3 .

B) No curso principal estiveram também presentes, dois observadores, um interno (observador A) e outro externo ao processo (observador B). O observador interno tinha acompanhado a planificação e organização do curso. O observador externo apenas conhecia em linhas gerais a finalidade do curso, e aceitou acompanhá-lo na perspectiva de vir a pronunciar-se sobre ele posteriormente.

Ambos os observadores eram especialistas em Ciências da Educação (grau de doutor), e com formação em Ciências a nível de licenciatura.

Tal como no curso piloto, a presença destes observadores destinou-se a recolher informações, para posterior avaliação, sobre o desenrolar do curso. A observação realizada foi do tipo não sistemático e a avaliação processou-se através do preenchimento de um questionário elaborado posteriormente para o efeito (Anexo VII) .

C) A avaliação efectuada pela coordenadora consistiu numa reflexão sobre os elementos recolhidos durante a realização do curso e posteriormente através da análise do material vídeo e audio gravado no decorrer do mesmo. Os resultados dessa reflexão encontram-se descritos na secção 4.5 .

O método de análise dos questionários e outros aspectos referentes à análise dos dados vão ser referidos na secção 3.7.

## **3.7 - ANÁLISE DOS DADOS**

### **3.7.1 - Análise dos dados da avaliação diagnóstica**

Os dados para a avaliação diagnóstica foram obtidos por resposta aos questionários, referidos na subsecção 3.4.3. Como se tratava de questões fechadas calculou-se para cada uma das opções fornecidas a percentagem de professores que a assinalaram.

Os professores que não assinalaram qualquer das opções indicadas, foram considerados como "não responderam".

### **3.7.2 - Análise dos dados da avaliação de consecução**

Os elementos destinados à avaliação de consecução foram obtidos através do preenchimento de questionários antes (pré-teste) e após (pós-teste) a realização do curso (ver subsecção 3.4.3). Do primeiro constavam questões abertas e do segundo questões fechadas (secções A e B) e abertas (secções C e D) .

O tratamento dado às respostas das questões fechadas foi idêntico ao descrito para os questionários de avaliação diagnóstica (subsecção 3.7.1). As respostas às questões abertas, constituíram no nosso estudo um conjunto de dados, que foram sujeitos de análise de conteúdo.

### **3.7.2.1 - Análise de conteúdo**

Uma análise de conteúdo é, por definição, uma tentativa de dar a conhecer algumas percepções dos dados, pelo menos para quem estiver envolvido ou sensibilizado com a investigação (Bliss, Monk e Ogborn, 1983).

O processo de análise de conteúdo tem na sua base dois aspectos distintos: 1) reconhecem-se os comportamentos, as respostas dos indivíduos envolvidos no estudo, neste caso os professores; 2) inferem-se as ideias que se pensa estarem na origem da exteriorização desses comportamentos.

Através de um método de análise de conteúdo das respostas, podem-se construir conceitos sobre aquilo que se julga serem as ideias dos professores - categorias de resposta (CR). São estas categorias de resposta que irão constituir alguns dos resultados desta investigação.

A perspectiva teórica em que se insere a análise dos dados desta investigação é do tipo ideográfico, ou seja, os dados são analisados segundo critérios e padrões propostos pelos professores, isto é, o analista tenta perceber as coisas como o próprio sujeito de investigação as percebe (Driver e Easley, 1978).

A análise de conteúdo realizada para as questões da secção C e D (pós teste), inclui-se nesta perspectiva teórica.

Para cada uma das questões da secção C analisaram-se as respostas de cada professor, procurando-se identificar e caracterizar as ideias relativas a aspectos do conteúdo das mesmas, para posterior construção de categorias de resposta a partir das ideias evidenciadas pelos professores (ver subsecção 4.3.3).

O método de análise de conteúdo utilizado no pré-teste e no pós-teste (secção D), foi o método dos "inventários conceptuais", categorias de resposta, proposto por Erickson (1979).

A utilização deste método pressupõe que se definam previamente os assuntos do tema a tratar. Para isso procedeu-se a uma análise atenta dos programas e manuais de Biologia, principalmente do 10º ano de escolaridade (ver subsecção 3.4.2).

Com base nesta análise foram construídas as categorias de conteúdo definidas na subsecção 3.7.3 .

O método dos "inventários conceptuais" consta de três fases:

1) Cada resposta é analisada cuidadosamente, com a finalidade de identificar expressões que possam ser consideradas tentativas de resposta à situação problema apresentada. Neste estudo não foram aceites como tentativas de explicação, respostas com contradições durante a sua descrição. Estas foram classificadas de "Não identificadas".

2) As expressões identificadas na fase anterior são listadas, tendo o cuidado de usar uma linguagem o mais próxima possível da utilizada pelo professor. Seguidamente são agrupadas de acordo com as categorias de conteúdo previamente definidas. Estas expressões constituem a unidade de análise.

3) Procede-se à construção de inferências- fase inferencial. Nela constroem-se as categorias de resposta para cada categoria de conteúdo, a partir dos atributos que distinguem a interpretação apresentada da resposta adequada. Por categoria de resposta entende-se a representação das ideias de mais de um indivíduo, relativamente a um determinado assunto e julgadas equivalentes por serem considerados idênticos os comportamentos observados (Martins, 1989).

Em seguida vão ser expostos e justificados alguns procedimentos considerados úteis à análise das respostas do pré-teste e da secção D do pós-teste: formação de categorias de conteúdo, construção das categorias de respostas e descrição das respostas adequadas.

### **3.7.3 - Construção de categorias de conteúdo**

Como foi referido na subsecção 3.4.2, foi da análise de programas e de manuais escolares que definimos os tópicos científicos mais relevantes para o tratamento do tema abordado no curso. Também foi da análise da literatura recente sobre os processos de aprendizagem, que seleccionamos o construtivismo para enquadrar epistemologicamente o curso. Esta análise foi fundamental na organização de toda a investigação e na análise dos resultados do pré-teste e do pós-teste (secção D).

De acordo com os objectivos definidos para o estudo e descritos na secção 1.6, os assuntos científicos abordados no curso, foram perspectivados em duas componentes: 1) **componente científica**; 2) **componente pedagógico-didáctica**<sup>5</sup>, com mais saliência para a primeira. Estas componentes constituíram as categorias designadas de conteúdo.

- 1) A categoria de conteúdo **componente científica** abrange aspectos relacionados com a compreensão científica dos conceitos seleccionados para o curso.
- 2) A categoria de conteúdo **componente pedagógico-didáctica** abrange aspectos relacionados com o modo de abordar os referidos conceitos.

Apesar das duas componentes terem estado presentes na abordagem dos tópicos, as questões 1 e 4 do pré-teste e da secção D do pós-teste foram dirigidas a uma das componentes, a componente pedagógico-didáctica e a componente científica, respectivamente.

### **3.7.4 - Construção das categorias de resposta**

O processo de construção das Categorias de Resposta (CR) tem como finalidade identificar e descrever as ideias dos professores, relativamente às questões formuladas no questionário. Trata-se de um processo indutivo, que permite obter descrições das ideias dos professores (CR) de modo a esclarecer as diferenças individuais dos professores envolvidos no estudo, quanto às explicações fornecidas.

À semelhança de outros estudos (Martins, 1989; Correia, 1990), a análise das respostas abertas do questionário, pressupõe que:

- 1- As expressões utilizadas, por cada professor, representam as suas ideias.
- 2- O professor procura traduzir o que pensa de uma forma sincera.
- 3- Tudo o que o professor escreve é relevante para a análise.

---

<sup>5</sup> Estas designações não querem significar que a Didáctica não é uma Ciência. O que pretendem é tornar mais claro os aspectos que estão sob referência.

Torna-se ainda necessário especificar a natureza dos procedimentos utilizados para interpretar as respostas e os critérios utilizados para formar as categorias de resposta.

Os procedimentos utilizados na interpretação das respostas foram os relacionados com o significado das palavras, expressões e frases. As respostas foram revistas e re-analisadas em momentos diferentes, de modo a se proceder a uma certificação da interpretação atribuída.

Admitiu-se, tal como Martins (1989), que as palavras expressões e frases são usadas com o significado próprio do contexto em que aparecem.

Os critérios utilizados para formar as categorias de resposta, articulam-se com dois princípios de análise: 1) contínua comparação; 2) saturação (Spector, 1984, citado por Martins, 1989)

A contínua comparação consiste na reflexão sobre os dados, tendo por objectivos a caracterização das ideias inferidas e a sua inclusão na categoria de resposta já identificada, ou então, na construção de uma categoria de resposta diferente.

A aplicação deste princípio - contínua comparação - quer entre as respostas dos professores classificados na mesma, quer em diferentes categorias de resposta tem como finalidade aprofundar a análise de conteúdo das respostas, em particular quanto ao grau de elaboração da análise e quanto à consistência dos atributos definicionais de cada CR (Martins, 1989).

Por fim, o processo é dado como terminado, quando após reinspecções sucessivas das respostas escritas e comparação constante entre elas não se obtêm informações pertinentes, considerando-se assim as CR saturadas.

As ideias dos professores, inferidas a partir dos comportamentos registados (respostas às perguntas abertas dos questionários) e a sua classificação em diferentes CR foram validadas por um juiz. A versão final destas CR possui as ideias e as sugestões fornecidas pelo mesmo.

### **3.7.5 - Descrição das respostas adequadas**

Dada a natureza do estudo e os seus objectivos (ver secção 1.6), a análise das respostas dos professores do pré-teste e da secção D do pós-teste deve ter em

conta o nível esperado de elaboração do conteúdo. Torna-se importante por isso definir a resposta adequada (R.A.) para cada questão formulada. O nível de elaboração do conteúdo de tais respostas adequadas define, por si, o nível de análise a efectuar (Martins, 1989).

É relativamente à R.A. para cada questão, que se pode indicar quais os principais atributos definicionais nelas incluídos. Por atributos definicionais entende-se os conceitos que num determinado contexto científico, e ao nível do estudo considerado, suportam cada uma das respostas adequadas previstas (Martins, 1989).

As respostas adequadas elaboradas para cada questão, foram validadas por uma professora da área da Química, especializada em Didáctica das Ciências e por uma professora efectiva de Biologia do ensino secundário com dez anos de experiência docente, alguns anos de delegada de grupo e formação científica e didáctica considerada muito boa. A versão final mereceu o consenso de todos os juizes.

Vamos seguidamente descrever as respostas consideradas adequadas às questões de carácter científico e/ou pedagógico-didáctico formuladas nos questionários de avaliação de consecução (pré e pós-teste).

## **Questão 1 - Assunto: Construtivismo e Concepções Alternativas dos Alunos**

### **Componente pedagógico-didáctica**

Os alunos têm concepções sobre determinados tópicos científicos mesmo antes de se processar o seu ensino formal. Os professores devem ter essa realidade em conta, na planificação e realização das suas aulas. Por isso, na abordagem de um determinado assunto como, por exemplo, a fotossíntese, devem constar as seguintes fases:

**-Motivação.** Fase fundamental para o reconhecimento por parte do aluno, da importância do assunto a estudar com vista à compreensão dos fenómenos do seu quotidiano.

**-Identificação e consciencialização de C. A.'s.** Tem por objectivo permitir aos alunos a explicitação das C. A.'s relativas ao assunto. Esta

explicitação fornecerá informações acerca da natureza da mudança conceptual a ser promovida e pistas para estratégia de ensino/aprendizagem para a conseguir. Será pois o ponto de partida para a construção de actividades que visem o conflito cognitivo.

**-Refutação das C.A.'s.** O objectivo desta fase é a desestruturação das C.A.'s. Para isso é necessário promover actividades que visem criar no aluno insatisfação com as suas próprias concepções e que sejam criadoras de conflito cognitivo.

**-Formalização do conceito.** Esta fase visa a reestruturação do conhecimento do aluno de forma à compreensão por este da versão cientificamente aceite do conceito em estudo. Os alunos devem ser envolvidos em actividades que lhes permitam verificar as vantagens da versão científica, em relação às suas C.A.'s.

## **Questão 2 - Assunto: A Energia e o Ensino da Biologia**

### **Componente científica**

A expressão "*os alimentos são fontes de energia*" embora frequentemente utilizada por professores de Biologia e muito difundida em manuais escolares, é inadequada porque sugere que:

-A energia pode ser armazenada o que lhe confere um estatuto equivalente ao da matéria.

-As moléculas contidas nos alimentos possuem energia, por exemplo, nas suas ligações, que pode ser transferida directamente. Ora essa energia só pode ser libertada e disponibilizada para o trabalho celular quando as moléculas forem envolvidas numa reacção química e não directamente.

-Todas as moléculas dos alimentos são utilizadas na formação de energia, o que poderá não ser verdade, como, por exemplo, as unidades estruturais da água e de alguns sais minerais.

### **Componente pedagógico-didáctica**

Esta expressão poderá ter implicações negativas na aprendizagem por originar ou/e reforçar concepções alternativas nos alunos como, por exemplo,

"os alimentos são depósitos de energia", "os alimentos fornecem directamente energia", "a energia tem propriedades idênticas às da matéria".

### **Questão 3 - Assunto: O Ião ATP<sup>4-</sup>: Estrutura e Função**

#### **Componente científica**

A afirmação *"O ATP é uma molécula com grande quantidade de energia armazenada nas ligações de alta energia".Essa energia é libertada,quando estas ligações químicas são quebradas"*, possui inadequações de várias ordens. Essas inadequações são:

-*"O ATP é uma molécula"*.

A adenosina trifosfato não é uma molécula mas sim um ião com carga eléctrica 4-.

-*"O ATP... tem grande quantidade de energia armazenada"*.

A expressão poderá levar a pensar que a energia é algo que se pode guardar e por isso, corresponderá a matéria, o que não é correcto.

-*"Ligações de alta energia"*.

A expressão refere-se às ligações fosfoanidrido dos grupos terminais do ião ATP<sup>4-</sup>. Pode sugerir que há uma grande quantidade de energia armazenada nestas ligações, o que não é verdade, pois é aquando da sua formação que a energia se liberta.

-*"Esta energia é libertada, quando estas ligações são quebradas"*.

A expressão sugere que a ruptura de ligações é um fenómeno exoenergético, quando na verdade é um fenómeno endoenergético. Sugere ainda que a energia livre de hidrólise é a energia que existe nas ligações fosfato terminais, quando é uma propriedade do sistema reaccional no seu conjunto e não somente das ligações de fosfato quebradas.

#### **Componente pedagógico-didáctica**

Pelos motivos anteriormente apresentados, a afirmação pode ter implicações muito negativas na aprendizagem dos alunos porque pode conduzir ao

aparecimento e/ou ao reforço de concepções alternativas, como por exemplo; "a energia livre de hidrólise é a energia libertada das ligações fosfato terminais", "a ruptura de ligações é um fenómeno exoenergético", "o ATP é uma molécula".

O perigo da afirmação é acentuado devido à sua proliferação em manuais escolares e até mesmo em livros e revistas da especialidade.

#### **Questão 4 - Assunto: Respiração Celular**

##### **Componente científica**

Para alunos do 10º ano de Biologia, a resposta deveria ser classificada de incompleta, por pensarmos que eles deveriam estar informados de que o ciclo de Krebs além de possuir a função de degradar moléculas, com consequente produção de CO<sub>2</sub>, FADH<sub>2</sub>, NADH + H<sup>+</sup> e ATP<sup>4-</sup> ou GTP<sup>4-</sup>, possui ainda as funções de:

- Sintetizar compostos que vão integrar vias biossintéticas.
- Regular algumas reacções quer do catabolismo quer do anabolismo.

Os manuais escolares e os programas de Biologia do 10º ano de escolaridade não dão grande destaque a estes últimos aspectos, mas consideramos que é importante referi-los, por darem uma visão mais integradora deste processo no metabolismo celular

#### **Questão 5 - Assunto: Fotossíntese**

##### **Componente científica**

Os professores devem clarificar com os alunos do 10º ano de escolaridade a designação "*fase escura*" e esclarecer que as reacções deste processo não podem ocorrer na ausência da luz por:

- Dependerem dos produtos (ATP<sup>4-</sup> e NADPH) formados na fase dependente de luz.

-O NADPH ter um período de duração muito curto, o que faz com que as reações subsequentes em que está implicado (reações "não dependentes da luz"), tenham de ocorrer imediatamente após a sua formação.

-Os estomas foliares, orifícios por onde entra o CO<sub>2</sub>, fecharem no escuro.

-Algumas enzimas que intervêm nestas reações, como por exemplo a RuBisCo, serem reguladas pela luz, ficando pouco activas e mesmo inactivas na sua ausência.

Pensamos também que se deve clarificar com os alunos a origem desta designação e levá-los a propor outras designações, com base no conhecimento do processo, como por exemplo, ciclo de Calvin, fase termoquímica ou fase não dependente da luz

### **Componente pedagógico-didáctica**

A designação de "*fase escura*" para uma das etapas da fotossíntese pode originar ou reforçar a concepção alternativa identificada e descrita na literatura: "A fase escura da fotossíntese é um processo que ocorre na ausência da luz".

# **CAPÍTULO 4**

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 - INTRODUÇÃO**

Neste capítulo apresentam-se os resultados obtidos da análise das respostas dos professores aos questionários de avaliação diagnóstica e de consecução. Os métodos de análise utilizados foram descritos na secção 3.7. Apresentam-se ainda os resultados da avaliação dos observadores do curso e da auto-avaliação.

Os resultados desta investigação são apresentados em quatro secções correspondentes à:

- Avaliação diagnóstica
- Avaliação de consecução
- Avaliação dos observadores
- Auto-avaliação

Nas duas primeiras secções são apresentados os resultados, em percentagem, da avaliação realizada pelos participantes. Nas duas últimas apresentam-se, de um modo descritivo, as opiniões dos restantes intervenientes na avaliação (observadores e coordenadora do curso).

Os resultados da avaliação diagnóstica são indicados em tabela, que apresenta os resultados da análise das respostas dos professores referentes ao grau de interesse dos conteúdos a abordar sobre: Construtivismo e Concepções Alternativas, Energia e o ensino da Biologia, Ião ATP<sup>4-</sup>, Respiração Celular e Fermentação e Fotossíntese.

Da secção referente à avaliação de consecução irão constar 4 subsecções respeitantes às secções A, B, C e D do pós-teste. Na subsecção correspondente à secção D serão ainda apresentados os resultados do pré-teste.

Para cada questão da secção A é indicada, num gráfico, a percentagem de professores que assinalou cada uma das opções fornecidas.

Os resultados da análise das respostas da secção B são apresentados, em duas tabelas. Uma, apresenta os resultados relativos aos assuntos abordados no curso. A outra, evidencia os resultados referentes a aspectos gerais.

A apresentação dos resultados da secção C faz-se por categorias de opiniões salientes nas respostas. Para cada categoria apresenta-se em tabela, uma listagem de opiniões com ela relacionada e a extensão da amostra de professores que as evidenciaram.

A apresentação dos resultados, categorias de resposta (CR), do pré-teste e da secção D do pós-teste, faz-se por categorias de conteúdo, à semelhança do que é realizado em estudos deste tipo (Martins,1989 e Correia, 1990). Para cada categoria de resposta, apresentam-se os atributos que a caracterizam, a extensão da amostra de professores e exemplos de evidências comportamentais utilizadas para inferir as suas ideias.

A designação da categoria de resposta, foi atribuída de modo a se aproximar tanto quanto possível do(s) atributo(s) definicional(is) relevante(s). Este procedimento tem como objectivo uma maior aproximação linguística entre a designação e o respectivo conteúdo da CR.

Nas CR designadas por "outras", incluem-se ideias idiossincráticas, por não pertencerem a nenhum outro grupo de ideias. Para este tipo de CR apresenta-se também a sua caracterização. Nas CR classificadas de "não identificadas", incluem-se as ideias dos professores que apresentaram ausência ou insuficiência de evidências ou ainda evidências que fizeram pressupor a existência de ideias contraditórias sem terem optado, justificadamente, por uma delas. Nas CR designadas "não resposta", incluem-se a não resposta dos professores ao problema em causa.

A ordem de apresentação das CR é arbitrária, não pretende traduzir maior ou menor afastamento em relação à resposta adequada.

Apresenta-se ainda a discussão dos resultados obtidos da análise das respostas dos professores às questões do pré e do pós-teste. Esta discussão é considerada no final da apresentação dos resultados das respostas às questões da secção A, B e C e da descrição da extensão das CR definidas para cada categoria de conteúdo relativas às questões do pré-teste e do pós-teste (secção D).

## **4.2 - AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA**

Os dados para a avaliação diagnóstica foram obtidos por resposta a questionários escritos, nos modos referidos na subsecção 3.6.1 .

A tabela 4.1 apresenta, em percentagem, os resultados das respostas dos professores, relativamente ao grau de interesse dos conteúdos a abordar sobre cada um dos assuntos a tratar no curso.

Os resultados apresentados na tabela indicam que:

-Todos os professores consideraram, de "muito interesse" ou de "bastante interesse", os conteúdos seleccionados para a abordagem do Ião ATP<sup>4-</sup> e alguns conteúdos relativos à Energia e o ensino da Biologia, Respiração Celular e Fermentação.

-Mais de 90,0% de professores declara de, "muito interesse" ou de "bastante interesse", os restantes conteúdos referentes aos vários assuntos a tratar.

### **4.2.1 - Discussão dos resultados**

O interesse revelado pelos professores relativamente à abordagem do Construtivismo e Concepções Alternativas, poderá advir deste ser a teoria de aprendizagem mais aceite actualmente, ser preconizado nos novos programas de Biologia e de muitos professores não terem tido ainda oportunidade de se familiarizarem com esta perspectiva de ensino-aprendizagem durante a sua formação inicial e contínua.

	Conteúdos a abordar	Muito interesse	Bastante interesse	Algum interesse	Nenhum interesse	Não responderam
<b>Construtivismo e Concepções Alternativas</b>	Concepções alternativas dos alunos.	58,3	33,3	4,2	—	4,2
	Concepções alternativas no domínio da Biologia	70,8	25,0	—	—	4,2
	Perspectiva construtivista do ensino/aprendizagem -Modelos de mudança conceptual.	66,6	29,2	—	—	4,2
<b>A Energia e o Ensino da Biologia</b>	Conceitos químicos Por exemplo: Ligação química Energia de ligação Termodinâmica (entropia, entalpia, energia livre de hidrólise, etc.)	37,5	58,3	4,2	—	—
	Alguns aspectos do problema do ensino da Biologia nas aulas de Biologia.	91,7	8,3	—	—	—
<b>O Ião ATP<sup>4-</sup></b>	Estrutura, propriedades e função do Ião ATP <sup>4-</sup> .	87,5	12,5	—	—	—
	Reacções de transferência do grupo fosfato.	87,5	12,5	—	—	—
<b>Respiração Celular e Fermentação</b>	Importância biológica da respiração celular.	75,0	20,8	4,2	—	—
	Relação entre as reacções de respiração celular e outros processos metabólicos.	79,2	20,8	—	—	—
	Alguns detalhes bioquímicos da respiração celular. Por exemplo: A via das pentoses fosfato O papel da água no ciclo de Krebs O mecanismo da fosforilação oxidativa	75,0	16,6	8,4	—	—
<b>Fotossíntese</b>	Reacções dependentes da luz: Fotofosforilação cíclica e não cíclica Fotossíntese bacterial Síntese do ATP <sup>4-</sup> Mecanismo hipotético da síntese do O <sub>2</sub>	83,3	12,5	—	—	4,2
	Reacções não dependentes da luz: Ciclo de Calvin (via C <sub>3</sub> ) Via C <sub>4</sub> Sistema CAM Fotorrespiração	79,1	12,5	4,2	—	4,2

**Tabela 4.1-** Resultados, em percentagem, das respostas dos professores relativas ao grau de interesse dos conteúdos a abordar sobre cada um dos assuntos tratados no curso.

O interesse demonstrado pelos professores relativamente aos vários conteúdos da especialidade a abordar no curso, pensamos ter resultado do reconhecimento da sua importância na compreensão de temas importantes da Biologia (ex: Fotossíntese e Respiração celular) e possivelmente, das dificuldades na sua compreensão e tratamento numa situação de ensino-aprendizagem.

### **4.3 - AVALIAÇÃO DE CONSECUÇÃO**

Os elementos destinados à avaliação de consecução foram obtidos através do preenchimento de questionários no início (pré-teste) e no final do curso (pós-teste). O conjunto de questões do pós-teste (secção D) eram iguais às utilizadas no pré-teste, por isso, os seus resultados são apresentados conjuntamente. Esta maneira de apresentar os resultados pareceu-nos vantajosa por permitir uma comparação das respostas dos professores às questões colocadas, antes e após a realização do curso.

Seguidamente apresenta-se os resultados da análise das respostas a estes questionários, nos modos referidos na secção 4.1 .

### 4.3.1 - Avaliação de aspectos relacionados com a organização (Secção A)

Os gráficos 4.1 e 4.2 indicam a distribuição das respostas dos professores, relativamente a aspectos relacionados com a organização do curso.

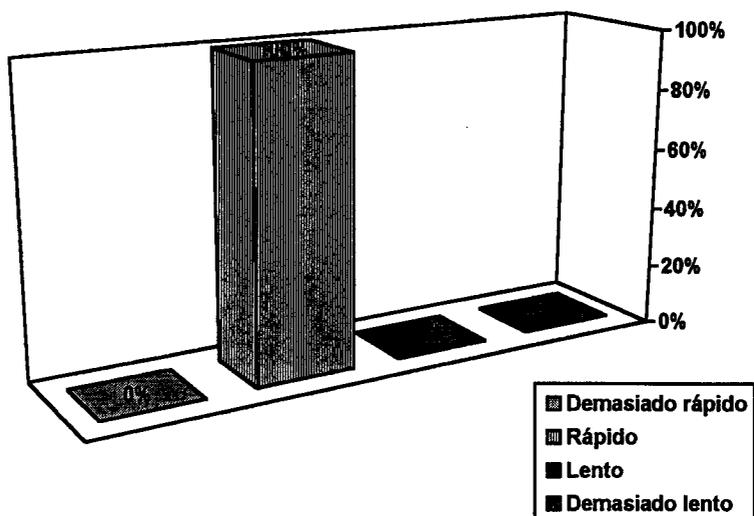


Gráfico 4.1- Distribuição das respostas dos professores relativamente a aspectos relacionados com o ritmo em que decorreu o curso

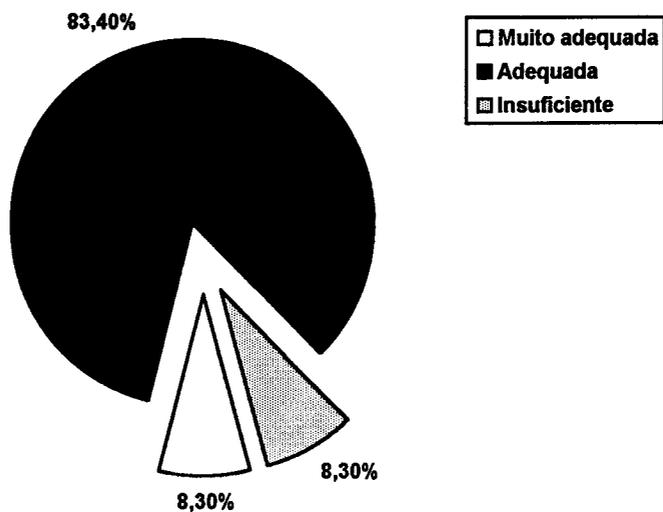


Gráfico 4.2 -Distribuição das respostas dos professores relativamente a aspectos relacionados com a duração prevista para o tratamento de cada um dos assuntos abordados no curso

A análise dos gráficos permite-nos concluir que:

-Todos os professores indicaram que a acção, no geral, se desenvolveu num "ritmo rápido".

-A duração prevista para a acção foi considerada, "adequada", pela maioria dos professores (83,4%).

#### **4.3.1.1 - Discussão dos resultados**

A quantidade de tarefas a realizar e de assuntos a abordar relativamente ao tempo previsto para a sua realização fizeram com que se imprimisse um ritmo rápido ao curso a fim de ser cumprida a planificação realizada. Esta foi também a opinião de todos os professores participantes.

Apesar do ritmo rápido de trabalho os professores consideraram, "adequada", a duração prevista para o curso. Pensamos contudo, que uma maior duração poderia trazer vantagens na realização de algumas tarefas e tratamento teórico de alguns assuntos. Uma menor duração poderia torná-lo pobre pelo menor número de assuntos possíveis de tratar ou superficialidade com que os mesmos poderiam ser abordados.

#### **4.3.2 - Avaliação de aspectos relacionados com eventuais benefícios posteriores, para os participantes (Secção B).**

Os resultados da análise efectuada às respostas desta secção, são apresentados em duas tabelas, conforme referido na secção 4.1.

##### **Assuntos abordados**

A tabela 4.2 indica, em percentagem, os resultados das respostas dos professores sobre aspectos relacionados com eventuais benefícios posteriores do curso, relativamente aos assuntos abordados no mesmo.

Ítems	Grau de adequação/utilidade																								
	Muito adequado					Adequado					Pouco adequado					Muito pouco adequado					Não responderam				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1- A selecção dos conteúdos tratados foi:	29,2	45,8	58,3	62,5	58,3	70,8	45,8	37,5	33,3	37,5	---	4,2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4,2	4,2	4,2	4,2
	Muito útil					Bastante útil					Pouco útil					Muito pouco útil					Não responderam				
2- Para a sua função docente, os assuntos seleccionados apresentavam-se como:	45,8	70,8	79,2	75,0	75,0	41,7	25,0	16,6	25,0	25,0	4,2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	8,3	4,2	4,2	---	---
3- Do ponto de vista científico, a documentação posta à disposição, foi:	58,3	50,0	62,5	54,1	54,1	33,3	41,7	29,2	41,7	41,7	4,2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4,2	8,3	8,3	4,2	4,2
4- Do ponto de vista pedagógico-didáctico a documentação, posta à disposição foi:	45,8	41,7	41,7	50,0	41,7	37,5	45,8	41,7	37,5	45,8	12,5	4,2	8,3	8,3	8,3	---	---	---	---	---	4,2	8,3	8,3	4,2	4,2
5- A contribuição para a clarificação de conceitos, foi:	62,5	50,0	58,3	58,3	50,0	33,3	41,6	37,5	37,5	45,8	4,2	4,2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4,2	4,2	4,2	4,2

Tabela 4.2- Resultados, em percentagem, das respostas dos professores a aspectos relacionados com eventuais benefícios posteriores do curso, relativamente aos temas abordados no curso.

A- O Construtivismo e Concepções Alternativas

B- A Energia e o Ensino da Biologia

C- O Ião ATP 4-

D- A Respiração Celular e a Fermentação

E- A Fotossíntese

Os resultados apresentados na tabela 4.2 indicam que:

- Mais de 90,0% dos professores considera, "muito adequada" ou "adequada", a selecção dos conteúdos realizada para o tratamento de todos os assuntos do curso.
- Os assuntos seleccionados, a documentação posta à disposição e a contribuição para a clarificação de conceitos, relativamente a cada um dos assuntos abordados, foram considerados, "muito úteis" ou "bastante úteis", por mais de 80,0% dos professores.

### Aspectos gerais

A tabela 4.3 indica os resultados, em percentagem, das respostas dos participantes referentes a aspectos gerais relacionados com eventuais benefícios posteriores do curso.

Ítems	Respostas			
	Plenamente	Razoavelmente	Insuficientemente	Minimamente
6-Os objectivos propostos para a acção, foram em geral atingidos:	58,3	41,7	-----	-----
7-As suas expectativas relativamente ao curso foram realizadas:	70,8	29,2	-----	-----
	Muito grande	Grande	Reduzido	Nulo
8-Em termos globais, o interesse da acção, para si, foi:	66,7	33,3	-----	-----

**Tabela 4.3** - Resultados, em percentagem, das respostas dos professores referentes a aspectos gerais relacionados com eventuais benefícios posteriores do curso.

Os resultados apresentados na tabela indicam que a maioria dos professores considera, "plenamente" atingidos (58,3%) os objectivos propostos para o curso, as suas expectativas, realizadas "plenamente" (70,8%) e o interesse do curso "muito grande" (66,7%).

### **4.3.2.1 - Discussão dos resultados**

Os assuntos e os conteúdos abordados no curso foram seleccionados por estarem relacionados com os programas de Biologia do ensino secundário, pelo modo por vezes inadequado com que são tratados em manuais escolares e outros meios de informação utilizados por professores e pelas dificuldades reconhecidas por muitos deles na sua abordagem. Esta situação terá contribuído eventualmente, para a maioria dos professores considerar a selecção dos conteúdos, "muito adequada" ou "adequada", os assuntos seleccionados, "muito úteis" ou "bastante úteis", para a sua função docente e igualmente "muito útil" ou "bastante útil" a contribuição do curso para a clarificação de conceitos.

Da documentação posta à disposição dos participantes, fizeram parte: documentos elaborados por nós de apoio às actividades; material audiovisual utilizado, principalmente, na etapa "desenvolvimento"; livros e revistas da especialidade e das Ciências da Educação, divulgados numa exposição levada a cabo para o efeito, durante o curso. A documentação referida foi considerada, "muito útil" ou "bastante útil", pela maioria dos professores. Pensamos que a sua utilidade resultou, principalmente, do apoio prestado à realização das várias tarefas do curso, da eventual clarificação de conceitos que proporcionou e da divulgação de novas perspectivas de abordagem científica e didáctica de assuntos da área das Ciências.

Eventualmente, pelo que foi exposto e por outros factores, como por exemplo, o método de trabalho utilizado, o modo como foram abordados os assuntos, as tarefas propostas e as discussões surgidas no grupo de trabalho, a maioria dos professores considerou o curso com "muito interesse" e os objectivos propostos e as suas expectativas realizados "plenamente".

### **4.3.3 - Avaliação sobre aspectos globais - comentários (Secção C)**

#### **4.3.3.1 - Aspectos do curso que impressionaram os professores mais favoravelmente**

A análise das opiniões, evidenciadas pelos professores sobre aspectos do curso, que impressionaram mais favoravelmente, permitiu agrupá-las nas

seguintes categorias: **preparação e desenvolvimento do tema; organização do trabalho e atitudes dos organizadores; modelo de trabalho; benefício da acção e todos os aspectos.**

A listagem de opiniões sobre cada categoria considerada e o valor percentual dos resultados, encontram-se registados na tabela 4.4.

Da análise das respostas podemos tirar as seguintes conclusões:

- Relativamente à **preparação e desenvolvimento do tema** as opiniões destacadas foram: a "clareza na exposição" dos assuntos (16,7%) e a "actualidade/pertinência" dos mesmos (12,5%). A "selecção dos assuntos", a "planificação rigorosa" e o "trabalho de consultas bibliográficas" foram ideias salientadas, mas em percentagem inferior. Opiniões, como por exemplo, o "rigor científico", "a abordagem aprofundada dos assuntos", "a novidade dos assuntos tratados", devido ao seu carácter idiossincrático, encontram-se incluídas no grupo de opiniões "outras".
- Sobre a **organização do trabalho e atitudes dos organizadores** foram apresentadas várias opiniões. A "simpatia" e a "disponibilidade" dos organizadores foram as mais referidas com uma percentagem de 25,0% cada. A "organização do trabalho em geral", e a "relação humana" foram, por exemplo, outras opiniões salientadas. A "exposição de livros", o "número restrito de participantes no curso", e a "eficiência dos organizadores" foram ideias incluídas no grupo "outras".
- Em relação ao **modelo de trabalho** foram principalmente realçadas duas opiniões: o "método de trabalho (em geral)" e os momentos de "reflexão/debate", com 33,3% e 20,8% respectivamente. A "interligação do construtivismo e as concepções alternativas dos alunos" foi incluída no grupo "outras".
- Opiniões sobre **benefícios da acção** foram salientadas por muitos dos professores. "Maior espírito crítico" foi a opinião mais emitida (12,5%). O grupo de opiniões designadas de "outras" incluem respostas, como por exemplo, "benefício pessoal, e "enriquecedor em todos os aspectos".

Um grupo de professores (14,7%) salientou que todos os aspectos do curso os impressionou muito favoravelmente.

<b>Preparação e desenvolvimento do tema</b>	<b>% *</b>
Clareza na exposição	16,7
Actualidade/pertinência dos assuntos	12,5
Seleccção dos assuntos	8,3
Planificação rigorosa	8,3
Trabalho de consultas bibliográficas	8,3
Outras	16,7
<b>Org. do trabalho e atitudes dos organizadores</b>	<b>%*</b>
Disponibilidade	25,0
Simpatia	25,0
Organização do trabalho (em geral)	16,7
Pontualidade	16,7
Relação humana	16,7
Atitudes (em geral)	12,5
Disponibilizar todo o material	12,5
Outras	29,2
<b>Modelo de trabalho</b>	<b>% *</b>
Método de trabalho (em geral)	33,3
Reflexão/Debate	20,8
Envolvimento no trabalho	16,7
Material distribuído (quantidade, qualidade, variedade)	16,7
Trabalho de grupo	8,3
Outra	4,2
<b>Benefício da acção</b>	<b>% *</b>
Maior espírito crítico	12,5
Actualização científica	8,3
Clarificação de conceitos	8,3
Aplicação de conhecimentos	8,3
Consciencialização das C A dos alunos	8,3
Outras	16,7
<b>Todos os aspectos</b>	<b>14,7</b>

**Tabela 4.4** - Resultados, em percentagem, das respostas dos professores relativas a aspectos do curso que os impressionaram mais favoravelmente .

\*Devido ao formato das respostas, o somatório das percentagens não é 100%

### 4.3.3.2 - Aspectos do curso que impressionaram os professores menos favoravelmente

Da análise das respostas dos professores sobre aspectos do curso que os impressionaram menos favoravelmente, foram inferidas as seguintes categorias: **organização do curso, exposição dos assuntos e outras.**

A listagem de opiniões sobre cada uma destas categorias e o valor percentual dos resultados, encontram-se registados na tabela 4.5.

<b>Organização do curso</b>	<b>%*</b>
Pouco tempo para a realização de algumas tarefas	8,3
Ritmo de trabalho intenso	8,3
Outra	4,2
<b>Exposição dos assuntos</b>	<b>%*</b>
Exposições longas	12,5
Exposições rápidas	8,3
Outra	4,2
<b>Outras</b>	<b>12,5</b>
<b>Não resposta</b>	<b>37,5</b>

**Tabela 4.5** - Resultados, em percentagem, das respostas dos professores relativas a aspectos do curso que os impressionaram menos favoravelmente

\*Devido ao formato das respostas a soma das percentagens não é 100%

A análise das respostas evidenciadas pelos professores permite-nos salientar que:

- Sobre a **organização do curso**, o "pouco tempo para a realização de algumas tarefas" e o "ritmo de trabalho intenso" foram aspectos que desagradaram a 8,3% dos participantes. A "formação dos grupos de trabalho" e "alguns problemas colocados pelos participantes" foram opiniões classificadas de "outras".

-Relativamente à **exposição dos assuntos**, "exposições longas" e "exposições rápidas" foram as opiniões mais salientes com uma percentagem de 12,5 e 8,3% respectivamente. "Dificuldade de visualização de algumas transparências", foi outra opinião manifestada e incluída no grupo, "outra".

-Na categoria **outras**, devido ao seu carácter idiossincrático, foram classificadas respostas, como por exemplo, "atitude de renúncia à mudança de alguns professores", "dificuldade em acompanhar a exposição pela minha falta de bases em química".

Não responderam a esta questão 37,5% dos professores sendo, por isso, incluídos na categoria, **não resposta**.

#### 4.3.3.3 - Comentários adicionais e sugestões

As respostas dos professores relativas a comentários e sugestões permitiram-nos construir as seguintes categorias: **organização do curso e sugestões para futuros trabalhos**.

A listagem de opiniões sobre estas categorias e o valor percentual dos resultados encontram-se registados na tabela 4.6.

<b>Organização do curso</b>	<b>% *</b>
Maior duração do curso	20,8
Outras	8,3
<b>Sugestões para futuros trabalhos</b>	<b>% *</b>
Organização de outros trabalhos no género	25,0
Outras	8,3
<b>Não resposta</b>	<b>37,5</b>

**Tabela 4.6** - Resultados, em percentagem, das respostas dos professores relativas a comentários adicionais e sugestões.

\*Dado o formato das respostas, o somatório das percentagem não é 100%

A análise das respostas dadas pelos professores permitem-nos afirmar que:

- Relativamente à **organização do curso**, a opinião mais referida foi "maior duração do curso", com uma percentagem de 20,8%. Opiniões como, "grupos de trabalho mais pequenos" e a "não ocupação dos espaços extremos do U da mesa de trabalho dos participantes" foram incluídas na classificação "outras".
- Em relação a **sugestões para futuros trabalhos**, a "organização de outros trabalhos no género" foi a sugestão fornecida por 25,0% dos professores. As opiniões "nada mais poderia ter sido acrescentado" e "rotação do porta-voz" foram incluídas na classificação "outras".

Não responderam a esta questão 37,5% dos professores, incluindo-se por isso na categoria **não resposta**.

#### **4.3.3.4 - Discussão dos resultados**

##### **Aspectos que impressionaram mais favoravelmente**

A **preparação e o desenvolvimento do tema** foram aspectos do curso que impressionaram muito favoravelmente alguns participantes (tabela 4.4). Os professores consideraram os assuntos bem seleccionados, bem preparados e pertinentes para a sua docência. Referiram-se, ainda, ao modo claro com que foram expostos e às perspectivas actuais com que foram abordados, ex: "Um dos aspectos que me impressionou foi a actualização científica proporcionada pelo curso sempre com referências bibliográficas actualizadas" P25

Outro aspecto referido foi a **organização do trabalho e atitudes dos organizadores**.

A organização do trabalho foi outro aspectos a que se deu especial atenção. Tentou-se planificar, com rigor, todas as tarefas e cumprir sempre que possível, a calendarização proposta, dentro dos horários previstos, o que por vezes imprimiu ao curso um ritmo bastante intenso. Eventualmente, por isso, opiniões como "organização do trabalho (em geral)" e a "pontualidade" foram várias vezes referidas.

A relação humana constituiu uma outra preocupação. Um curso é um processo de interação, onde as relações interpessoais devem constituir um elemento fundamental. Pensamos que, só deste modo, se poderá assegurar condições adequadas ao desenvolvimento do professor. Talvez, por essa razão, atitudes como a "disponibilidade", a "simpatia" e a "relação humana" foram salientadas com frequência pelos professores.

O **modelo de trabalho** foi outro aspecto que impressionou particularmente os professores. Ideias relacionadas com o "método de trabalho (em geral)", com os momentos de "reflexão/debate" no grupo de trabalho, com o "material distribuído", foram especialmente salientadas.

O modelo definido para o curso e para os seminários teve uma grande aceitação pelos participantes, por lhes ter permitido uma participação activa nas várias actividades propostas.

Os momentos de reflexão e de debate proporcionados, principalmente, através das actividades e do trabalho em grupo, impressionaram também muito favoravelmente, alguns participantes. Estes permitiram não só reflectir sobre problemas da prática lectiva do professor, mas também uma troca de saberes e de experiências: "Um dos aspectos que me impressionou foram os momentos de reflexão que o curso permitiu, quer sobre o aspecto científico quer sobre o aspecto didáctico" P4, "Foi bastante bom a troca de ideias com os colegas" P05.

O material de apoio às actividades foi outro aspecto do curso salientado. Teve como principais objectivos divulgar C.A. dos alunos sobre os assuntos em estudo, ajudar o professor a compreender eventuais causas do aparecimento dessas C.A. e contribuir para a actualização e clarificação de conceitos. Possivelmente, por isso, ideias relacionadas com a quantidade, a qualidade e a variedade do material distribuído nas diferentes sessões, foram frequentemente referidas, "Impressionou-me muito positivamente a quantidade de material fornecido" P34, "Todo o material de apoio fornecido foi muito útil" P27

Ideias relacionadas com os **benefícios da acção**, embora já explicitadas nas respostas às questões do pós-teste (secção B), foram também aqui referidas como impressionando mais favoravelmente. Uma maior consciencialização para a necessidade de se analisar criticamente os documentos de informação e uma actualização e clarificação de alguns assuntos foram ideias explicitadas: "Parece-me que o que se tornou mais interessante foi o facto de se ter aprendido a olhar com um

espírito mais crítico e ter sentido que aprendi muita coisa" P11, "Foi muito proveitoso cientificamente" P14.

Pelo que foi exposto, pensamos que o curso foi considerado pelos participantes inovador e muito proveitoso, para a sua prática lectiva.

### **Aspectos que impressionaram menos favoravelmente**

Foram poucas as ideias explicitadas sobre aspectos que impressionaram os participantes menos favoravelmente (tabela 4.5).

De entre essas ideias, há a salientar as relacionadas com a **organização do curso**. Opiniões relativas ao "ritmo de trabalho intenso" e ao "pouco tempo para a realização de algumas tarefas" foram as mais salientes, ex: "O que menos me agradou foi o facto de alguns aspectos de carácter científico terem sido facultados muito rapidamente e portanto não ter havido tempo suficiente para os aprender na sua totalidade" P20.

Ideias relacionadas com a **exposição dos assuntos** foram também apresentadas. Um referem que as exposições foram longas e outras, que foram demasiado rápidas.

Pelo que acabámos de referir, pela complexidade, abrangência e interesse dos assuntos e pelos conceitos, por vezes inadequados, que os professores possuem sobre os mesmos, pensamos que deveria ter havido mais tempo para a realização de algumas tarefas e para a abordagem dos assuntos.

### **Comentários adicionais e sugestões**

Os comentários explicitados pelos professores foram relacionados, quase exclusivamente, com a **organização do curso** (tabela 4.6). Consideraram que houve falta de tempo para realizar algumas tarefas e para aprofundar alguns assuntos e propuseram, por isso, uma maior duração do curso.

Relativamente a **sugestões**, a ideia dominante foi a "organização de outros trabalhos no género" sobre outros temas científicos, porque os "professores em geral recebem muito pouco apoio na sua formação, mas os aspectos científicos são ainda aqueles que são menos contemplados" P16.

#### **4.3.4 -Avaliação de aspectos particulares - Pré-teste e pós-teste (secção D) .**

##### **4.3.4.1 - Categorias de resposta para a questão 1**

###### **- Natureza das categorias de resposta**

Três professores (12,5%) evidenciaram, antes do curso, ideias de acordo com a resposta adequada, doze (50,0%) exibiram essas ideias, após o curso. Da análise de conteúdo realizada foi possível inferir além da resposta adequada, as seguintes categorias de resposta: A) abordagem empirista; B) Não identificadas; C) Não resposta.

Na resposta adequada (R.A.) pretendia-se que os professores referissem além da motivação, a identificação e consciencialização das C.A. dos alunos, a refutação das mesmas e eventualmente a formalização do conceito trata-se, por isso, de um processo de ensino-aprendizagem centrado no aluno (ver subsecção 3.7.5). Na categoria de resposta inferida, abordagem empirista, tal não é considerado. Assim o que distingue fundamentalmente cada uma destas CR é essencialmente o modo como encaram o processo de aprendizagem. A R.A. valoriza um sujeito que interpreta o saber de acordo com as suas ideias, crenças e sistemas de valores, relativamente a um sujeito receptor de saberes constituídos (Santos, 1991). Este último aspecto é salientado e valorizado na categoria de resposta inferida (abordagem empirista).

Define-se a seguir as categorias de resposta e apresentam-se exemplos de evidências comportamentais.

###### **A - Abordagem empirista**

O empirismo defende que o aluno não possui qualquer conhecimento sobre um determinado tópico científico antes do ensino formal. A mente do aluno poderá ser comparada a um "balde vazio" que vai sendo sucessivamente cheio com a Ciência do professor. O papel do professor é o de transmitir ideias pensadas por si próprio ou por outros (conteúdos) e o do aluno armazená-las sequencialmente no seu cérebro (receptáculo) tal como o professor as ensinou. O sucesso é avaliado através da reprodução das informações

comunicadas. Os professores que perfilham tais ideias dão grande importância ao conteúdos programáticos e à sua memorização, à justaposição de conceitos como modo de aprender um determinado tópico, à motivação extrínseca e ao facto do aluno atingir sequencialmente objectivos previamente definidos.

Ideias com as referidas encontram-se implícitas ou explícitas nas respostas dos professores incluídas nesta categoria.

**Exemplo:**

". Penso que se deve começar por lhes dar a noção de luz e relacionar o comprimento da luz com a energia transportada.

.Falar em cloroplastos e clorofila - proceder a algumas experiências neste sentido.

.Falar em mais do que uma clorofila. Chamar a atenção para que as plantas podem não ser verdes e realizar a fotossíntese.

.Dar a noção de fotossistemas e de reacções químicas. Terá de ser dado aos alunos conceitos básicos e depois então introduzir todo o processo tendo o cuidado de corrigir determinadas ideias que eles já possam ter adquirido como por exemplo: fase escura. Como síntese dar-lhes-ia o filme e pedia-lhe uma crítica, tentando esclarecer quaisquer dúvida que pudesse ter surgido."

P30 (a)

(a) - resposta obtida antes da realização do curso

**B - Não identificadas**

Algumas respostas foram classificadas de "não identificadas" por ausência de evidências.

**Exemplo:**

"-Introdução do tema fotossíntese

-Avaliação (oral ou escrita) dos conhecimentos que os alunos possuem sobre:

a) - o tema

b)- química (conceitos necessários ao desenvolvimento e aprofundamento do tema).

-Desenvolvimento do tema"

P36 (a)

**C - Não resposta**

Foram incluídas nesta categoria as respostas onde os professores declaram que não respondiam à questão e o motivo de tal procedimento.

### Exemplo:

"Não respondo a nenhuma das questões do bloco D por todas elas se reportarem a um nível de escolaridade com o qual até agora, tive muito pouco contacto..."

P22 (d)

(d) - Resposta obtida depois da realização do curso

### - Extensão das categorias de resposta

A tabela 4.7 indica a distribuição dos professores pelas diferentes CR identificadas, antes e depois da realização do curso.

Os resultados apresentados nessa tabela indicam que após a realização do curso:

- Aumentou 37,5%, a percentagem de professores a exibirem a resposta adequada.
- Diminuiu 37,5%, a percentagem de professores a salientar ideias de acordo com a CR "Abordagem empirista" .

CATEGORIAS DE RESPOSTA	ANTES DO CURSO		DEPOIS DO CURSO	
	IDENTIFICAÇÃO DE PROFESSORES	PERCENTAGENS DE PROFESSORES	IDENTIFICAÇÃO DE PROFESSORES	PERCENTAGENS DE PROFESSORES
R. A.	P021; P20; P32	12,5	P021; P34; P15; P36; P31; P35; P20; P23; P01; P6; P32; P19	50,0
Abordagem empirista	P22; P26; P34; P15; P27; P31; P05; P30; P23; P01; P7; P11; P6; P19	58,3	P28; P26; P4; P05; P7	20,8
Não identificadas	P28; P14; P25; P16; P4; P36; P35	29,2	P14; P25; P27; P30; P11	20,8
Não resposta	—	—	P22; P16	8,4

**Tabela 4.7** -Distribuição dos professores pelas categorias de resposta identificadas para a questão 1

## - Discussão dos resultados

Antes do curso, a CR dominante (58,3%) foi a designada por "Abordagem empirista" (tabela 4.7).

As respostas incluídas nesta categoria evidenciam práticas de ensino enquadradas por modelos de aquisição conceptual. Alguns professores revelaram centrar em si o processo de ensino/aprendizagem, considerando o aluno como um ser onde se vão acumulando conhecimentos, ex: "...Seguidamente explicava cada uma destas etapas. Apresentava a equação geral..." P26 (d). Outros professores demonstraram uma grande preocupação com os conteúdos e a sua sequência, esquecendo a maior parte das vezes as estratégias e os alunos ex: "1º-Explorar os conhecimentos obtidos durante o 7º e o 8º anos; 2º-Recapitulação destes conceitos e de outros necessários para a continuação do estudo da fotossíntese; 3º-Explorar os conceitos químicos necessários; 4º-Exploração do tema..." P05 (a).

O número de respostas inseridas nesta categoria vem, mais uma vez, comprovar que muitos professores ainda praticam formas de ensino que não estão de acordo com as novas perspectivas de aprendizagem das Ciências. Este, foi um dos pressupostos que esteve presente na selecção do "Construtivismo e as Concepções Alternativas dos Alunos", como assunto a abordar no curso e no modelo de formação adoptado para o mesmo (ver secção 1.3).

Após o curso, 50,0% dos professores participantes evidenciaram ideias de acordo com a perspectiva construtivista da aprendizagem. Verificou-se, nas suas respostas, uma maior preocupação com eventuais concepções alternativas dos alunos e com estratégias que possam originar conflito cognitivo. Pensamos, por isso, que o curso conseguiu consciencializar alguns professores para a perspectiva construtivista de ensino/aprendizagem e para a sua problemática, ex: "As concepções alternativas dos alunos continuarão (e agora talvez mais) a ser objecto de minhas estratégias par uma melhor compreensão do tema..." P15(d).

No entanto, alguns professores, após o curso, não revelaram ficar sensibilizados, para a perspectiva construtivista de aprendizagem. A título de exemplo, vamos transcrever as respostas de um professor, antes e após a realização do curso, "Quando se aborda a fotosíntese, gosto de iniciar o tema falando da origem da vida e conseqüentemente da produção de oxigénio pela fotossíntese. Se é produzido oxigénio é necessário então saber como é feita essa produção, iniciando assim o estudo das fases da fotossíntese..."P7 (a) .

"Para iniciar o tema fotossíntese, julgo necessário abordar o tema origem da vida, no sentido de relacionar a fotossíntese com a produção (mesmo que por mero acaso) de oxigénio. Depois abordar (breve abordagem) as diferentes fases da fotossíntese, tendo em atenção a sua simultaneidade e as reacções que dependem e não dependem da luz..." P7 (d).

Da análise dos resultados das respostas dos professores a esta questão, pensamos poder concluir que houve sensibilização e/ou consciencialização de alguns (50,0%) professores participantes à perspectiva construtivista de ensino/aprendizagem e à lógica do seu funcionamento.

Do ponto de vista do assunto científico em causa na questão (fotossíntese), a análise das respostas permite-nos afirmar que, após o curso, houve em alguns professores, um aumento de conhecimentos científicos nesta matéria e de perspectivas didácticas para a sua abordagem, ex: "...Dar a noção de fotossistemas e de reacções químicas. Terá de ser dado aos alunos conceitos básicos e depois então introduzir todo o processo tendo o cuidado de corrigir determinadas ideias que eles já possam ter adquirido como por ex: fase escura. Como síntese dar-lhes-ia o filme (utilizado no curso) e pedia-lhes uma crítica, tentando esclarecer qualquer dúvida que pudesse ter surgido.

Da maneira como o tema (fotossíntese) aqui foi abordado dá-nos a nós professores perspectivas novas de outro modo de ensinar" P28 (d)

#### **4.3.4.2 - Categorias de resposta para a questão 2**

##### **(i) - Categorias de resposta para a componente científica**

###### **-Natureza das categorias de resposta**

Antes da realização do curso, um professor (4,2%) evidenciou ideias de acordo com a resposta adequada, sete professores (29,2%) exibiram essas ideias, após o curso.

As categorias de resposta correspondentes às ideias dos professores foram, além da resposta adequada, as seguintes: A) Expressão correcta: A energia pode ser armazenada; B) Expressão incorrecta: A energia não é armazenada; C) Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente; D) Expressão incorrecta: Nem todas as moléculas dos alimentos são energéticas; E) Outras; F) Não Identificada; G) Não resposta.

Na R.A. pretendia-se que os professores se referissem à inadequação científica da expressão e aos motivos de tal inadequação (ver subsecção 3.7.5). Nas categorias de respostas inferidas tal não é considerado, ou na totalidade, ou em parte. O que distingue fundamentalmente as categorias de resposta inferidas da R.A. é o facto de considerarem a expressão adequada cientificamente ou considerarem-na inadequada, e na justificação da sua inadequação revelarem uma visão parcial do problema.

Define-se a seguir as categorias de resposta e apresentam-se exemplos de evidências comportamentais.

### **A - Expressão correcta: A energia pode ser armazenada**

Tal como a expressão em causa na questão, as respostas incluídas nesta categoria evidenciam ideias referidas no modelo depositário (modelo de concepção alternativa dos alunos sobre o tópico energia em Biologia). Segundo este modelo, "algumas coisas têm energia armazenada" (Clement, 1978 citado por Gayford, 1986b). Os alimentos são vistos neste contexto de armazéns de energia.

#### **Exemplo:**

"Esta afirmação é correcta tendo em conta que os alimentos são constituídos essencialmente por compostos orgânicos, ternários ou quaternários...

Quando estes alimentos assim constituídos são degradados nos organismos a energia que eles contêm é libertada e vai ser utilizada pelas células"

P28 (a)

### **B - Expressão incorrecta: A energia não é armazenada**

As respostas dos professores inseridas nesta categoria consideraram que a expressão é incorrecta porque sugere que a energia está armazenada nos alimentos. A energia não pode estar contida nos alimentos ou noutras moléculas, porque só a matéria é susceptível de ser armazenada.

#### **Exemplo:**

"Não está correcta, porque a energia não é armazenada. Esta afirmação leva os alunos a associar energia a matéria. ...."

P14 (d)

### **C - Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente**

Foram incluídas nesta categoria as respostas dos professores que consideraram a expressão incorrecta porque sugere que os alimentos fornecem directamente energia. O que se passa é que algumas moléculas que os constituem, ao participarem em processos químicos sequenciais e através de transformações sucessivas podem disponibilizar energia para a célula. Para isso acontecer, a energia consumida na ruptura de ligações dessas moléculas tem de ser inferior à energia libertada na formação de novas ligações das moléculas dos produtos.

#### **Exemplo:**

"Esta afirmação é cientificamente incorrecta. Pois a energia resulta das transformações, reacções químicas que sofrem os compostos químicos dos alimentos. A energia está contida no sistema reaccional"

P35 (d)

### **D - Expressão incorrecta: Nem todas as moléculas dos alimentos são energéticas**

Consideram-se incluídas nesta categoria, as respostas que declararam a expressão incorrecta, por sugerir que todas as moléculas contidas nos alimentos (nutrientes) têm função energética, o que não está de acordo com a versão científica. De um modo geral, os alimentos são constituídos por um número maior ou menor de moléculas. Algumas dessas moléculas, por exemplo, os hidratos de carbono e os lípidos têm função energética, mas por exemplo, as vitaminas e alguns sais minerais têm função reguladora.

#### **Exemplos:**

"Penso que a expressão não pode ser considerada correcta do ponto de vista científico, porque num alimento nem todos os nutrientes fornecem a mesma quantidade de energia (ou até nenhuma!).

P23 (a)

"...Concretamente esta expressão contém uma visão simplista e pouco rigorosa cientificamente. De facto, os alimentos são formados geralmente por nutrientes muitos dos quais não permite ao nosso organismo obter energia sob a forma de ATP"

P32 (a)

### **E - Outras**

As respostas incluídas nesta categoria são idiossincráticas. Consideram, por exemplo: a expressão correcta, embora tenha de ser devidamente desmontada e

esclarecida com os alunos; a expressão errada (não apontam qualquer justificação).

Exemplo:

"Considero que indirectamente a expressão é correcta, embora tenha de ser explicada aos alunos a razão ou modo de tal acontecer"

P05 (a)

"Esta afirmação está errada"

P34 (d)

### **F - Não identificada**

A resposta de um professor foi classificada de "não identificada" por ausência de evidências.

Exemplo:

"Penso ser mais correcta a frase "os nutrientes fornecem energia". Talvez prejudique a noção de que a energia tem a sua origem no sol e que é esta energia solar que irá ser armazenada"

P20 (a)

### **G - Não resposta**

Foram incluídas nesta categoria os professores que não responderam à questão ou se o fizeram não se referiram à correcção científica da expressão.

Exemplo:

"A energia contida nos alimentos pode ser transferida"

P6 (a)

### **-Extensão das categorias de resposta**

Na tabela 4.8 indica-se a distribuição dos professores pelas diferentes categorias de resposta identificadas para a componente científica.

Dos resultados apresentados na tabela 4.8 pode-se concluir que:

- Após o curso, houve um aumento de 25,0% de professores a evidenciarem a resposta adequada e 41,7% a exibiram respostas próximas da resposta adequada. Estas respostas estão incluídas nas CR "Expressão incorrecta: A energia não é armazenada" e "Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente".

CATEGORIAS DE RESPOSTA	ANTES DO CURSO		DEPOIS DO CURSO	
	IDENTIFICAÇÃO DE PROFESSORES	PERCENTAGENS DE PROFESSORES*	IDENTIFICAÇÃO DE PROFESSORES	PERCENTAGENS DE PROFESSORES
R. A.	P021	4,2	P4; P021; P05; P23; P11; P26; P25	29,2
Expressão correcta: A energia pode ser armazenada	P28; P14; P15; P25	16,7		
Expressão incorrecta: A energia não é armazenada			P14; P15; P7	12,5
Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente	P31; P27; P19; P34; P36; P4; P7; P11; P01	37,5	P31; P35; P30; P32; P36; P20; P01	29,2
Expressão incorrecta: Nem todas as moléculas dos alimentos são energéti- cas	P7; P32; P23	12,5		
Outras	P26; P05; P30	12,5	P19; P34	8,3
Não identificada	P20	4,2		
Não resposta	P22; P16; P35; P6	16,7	P22; P28; P16; P27; P6	20,8

**Tabela 4.8 - Distribuição dos professores pelas categorias de resposta identificadas para a componente científica da questão 2**

\*A resposta de um professores está incluída em duas CR pelo que a soma das percentagem não é 100%.

- Antes da realização do curso, 16,7% dos professores evidenciaram ideias de acordo com o modelo depositário de energia. Nenhum dos professores evidenciou tais ideias, após a realização do mesmo.

## **-Discussão dos resultados**

Antes do curso, 50,0% das respostas dos professores consideraram incorrecta a expressão "Os alimentos são fontes de energia" (tabela 4.8). Estas respostas inseriram-se nas categorias de resposta, "Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente" e/ou "Expressão incorrecta: Nem todas as moléculas dos alimentos são energéticas". Estas CR embora possuam ideias próximas da R.A. (ver subsecção 3.7.5 ) revelaram contudo uma visão parcial do problema.

Mas, mais afastadas ainda da resposta adequada revelaram-se as respostas inseridas na CR "Expressão correcta: A energia pode ser armazenada". Os professores incluídos nesta categoria (16,7%) revelaram concepções alternativas idênticas às identificadas para alunos, sobre o tema energia. Outros professores (P26 e P05), incluídos na CR "Outras" consideraram a expressão correcta mas apresentaram motivos diferentes entre si e diferentes dos apresentados na CR anteriormente referida.

Após o curso, 70,9% das respostas dos professores incluíram-se ou na R.A. (29,2%) ou nas CR "Expressão incorrecta: A energia não é armazenada" (12,5%) e "Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente" (29,2%). Assim, a maioria dos professores exibiu a R.A. ou respostas com algumas ideias próximas dela.

Torna-se relevante ainda salientar que, após o curso:

- Não se verificou nenhuma resposta de acordo com a CR "Expressão correcta: A energia pode ser armazenada", o que demonstra que a maioria dos professores reconheceu inadequações na expressão.
- A ideia de que a energia não é armazenada foi considerada nas respostas incluídas na RA (29,2%) e na CR "Expressão incorrecta: A energia não é armazenada" (12,5 %), num total de 41,7%. Esta ideia não foi referida, antes do curso, por nenhum professor.

Relativamente ao conteúdo científico, houve após o curso uma melhoria substancial nas respostas dos professores. Como exemplo, vamos transcrever as respostas de dois professores fornecidas antes e após o curso.

**Exemplo:**

"Está correcta, na minha opinião, a frase referida pois os alunos aprendem ao longo dos anos de ensino especialmente no nono ano em Biologia que sem alimentos os seres morrem porque lhes falta energia para realizarem todas as funções suas vitais..." P25 (a)

"A energia não é armazenada, a frase é incorrecta. Poderiam os alunos associar a energia a matéria. Os alimentos são transformados noutras substâncias libertando energia.... Ainda se pode deduzir da frase que todas as moléculas dos alimentos fornecem energia, o que não é verdade" P25 (d)

"Considero que indirectamente a expressão é correcta, embora tenha de ser explicada aos alunos a razão de tal acontecer...." P05 (a)

"Esta frase é uma concepção alternativa, já que não é possível armazenar energia, pois a energia não é matéria para poder ser armazenada. A energia é libertada quando há degradação das moléculas que constituem os alimentos e formação de outras e é essa energia que vai permitir a formação de ATP nas células. Por sua vez nem todas as moléculas dos alimentos fornecem energia" P05 (d)

Por tudo o que referimos, pensamos poder afirmar que houve um aumento e uma clarificação do conhecimento dos professores relativamente ao assunto em referência.

## **(ii) - Categorias de resposta para a componente pedagógico - didáctica**

### **-Natureza das categorias de resposta**

Nenhum professor evidenciou, antes da realização do curso, ideias de acordo com a resposta adequada, um professor (4,2%) evidenciou tais ideias, após a sua realização.

A análise de conteúdo das respostas levou à constituição, além da resposta adequada (ver subsecção 3.7.5), das seguintes categorias de resposta: A) A expressão auxilia a aprendizagem; B) A expressão origina/reforça a concepção alternativa: Os alimentos são depósitos de energia. C) A expressão origina a concepção alternativa: Os alimentos fornecem directamente energia; D) Outras; E) Não identificadas; F) Não resposta.

As respostas inseridas na CR "A expressão auxilia a aprendizagem" são as que mais se afastam da R.A. por explicitarem que a expressão pode facilitar a aprendizagem, quando na verdade, pode ser origem ou reforço de eventuais concepções alternativas. As respostas incluídas nas categorias de resposta, "A expressão origina/reforça a concepção alternativa: Os alimentos são depósitos de energia" e a "A expressão origina a concepção alternativa: Os alimentos fornecem directamente energia", evidenciam parte das ideias referidas na resposta adequada, estando por isso mais próximas dela.

Os aspectos que distinguem as categorias de resposta, localizam-se fundamentalmente ao nível das implicações na aprendizagem dos alunos que a expressão mencionada na questão pode originar.

Definem-se a seguir cada uma das categorias de resposta e apresentam-se exemplos de evidências comportamentais.

#### **A- A expressão auxilia a aprendizagem**

As respostas dos professores incluídas nesta categoria consideram a afirmação um auxiliar da aprendizagem .

Exemplos:

"... Com os conhecimentos adquiridos no 9º ano sobre compostos orgânicos e com alguns conceitos de química (átomos, moléculas, reacções químicas) parece-me esta frase ser acessível e bastante interessante e a utilizar com alunos do 10º ano"

P28 (a)

#### **B - A expressão origina/reforça a concepção alternativa: Os alimentos são depósitos de energia**

As respostas dos professores incluídas nesta categoria consideram que a frase poderá originar ou reforçar o modelo de concepção alternativa "os alimentos são depósitos de energia" (modelo depositário) e/ou a concepção de que "energia tem propriedades idênticas à da matéria".

### **Exemplos:**

" A afirmação reforça a ideia que os alunos têm de que os alimentos são depósitos de energia e de que energia é igual a matéria..."

P34 (d)

### **C - A expressão origina a concepção alternativa: Os alimentos fornecem directamente energia**

Os professores consideram que a expressão pode originar concepções alternativas nos alunos por sugerir que os alimentos fornecem directamente energia.

#### **Exemplo:**

"... A partir da expressão referida na questão os alunos poderão ficar com o conceito de que a partir dos alimentos se liberta directamente ATP utilizado para as várias actividades vitais"

P31(a)

### **D - Outras**

Nesta categoria estão incluídas respostas que consideram, por exemplo, que a expressão pode induzir os alunos em erro, ou que apesar de provocar algumas incorrecções na aprendizagem dos alunos poderá auxiliá-la quando servir como tópico de discussão.

#### **Exemplos:**

"A expressão utilizada induz os alunos em erro, levando-os a interpretar os fenómenos de obtenção de energia de uma maneira errada"

P27 (d)

"Esta frase poderá levar a algumas incorrecções na aprendizagem dos alunos, pois pode levá-los a pensar que é a única fonte de energia para os seres vivos são os alimentos, no entanto também os auxilia na sua aprendizagem, pois esta mesma frase pode servir de base para iniciar a discussão sobre o tema "Energia"... "

P35 (a)

### **E - Não identificadas**

Por falta de evidências, algumas respostas foram incluídas na categoria "Não identificadas".

**Exemplo:**

" Os alunos deverão compreender que a energia captada pelas plantas com clorofila poderá chegar a cada consumidor através do alimento"

P6 (a)

## **F- Não resposta**

Foram incluídas nesta categoria os professores que não responderam à questão, ou se o fizeram, não se referiram às implicações da frase na aprendizagem dos alunos.

**Exemplo:**

"Tendo em conta que uma "fonte de energia é o produto de onde se forma a energia, esta afirmação não está totalmente incorrecta, visto que são os alimentos que possuem nutrientes orgânicos, vão ser digeridos e algumas das suas moléculas orgânicas (glicose, aminoácidos e ácidos gordos) vão ser degradados em moléculas mais simples na respiração celular e/ou fermentação, sendo a energia existente nas suas moléculas transferidas para moléculas energéticas como o ATP"

P26 (a)

## **-Extensão das categorias de resposta**

Indica-se na tabela 4.9 a distribuição dos professores pelas diferentes CR identificadas para a componente pedagógico-didáctica.

Os resultados apresentados na tabela 4.9 indicam que:

-Após a realização do curso, um professor exibiu a resposta adequada e 41,7% sugeriu que a expressão poderia originar concepções alternativas nos alunos.

-Antes do curso, nenhum professor exibiu a resposta adequada e 12,5% considerou que a expressão poderia auxiliar a aprendizagem.

CATEGORIAS DE RESPOSTA	ANTES DO CURSO		DEPOIS DO CURSO	
	IDENTIFICAÇÃO DE PROFESSORES	PERCENTAGENS DE PROFESSORES	IDENTIFICAÇÃO DE PROFESSORES	PERCENTAGENS DE PROFESSORES
R. A.			P26	4,2
A expressão auxilia a aprendizagem	P28; P23; P05	12,5		
A expressão origina/reforça a concepção alternativa: Os alimentos são depósitos de energia			P34; P36; P14; P32; P25; P28; P30; P20; P7	37,5
A expressão origina a concepção alternativa: Os alimentos fornecem directamente energia	P4; P34; P36; P7; P31	20,8	P01	4,2
Outras	P021; P35; P32	12,5	P27	4,2
Não identificadas	P6; P16; P22	12,5		
Não resposta	P26; P14; P15; P25; P27; P20; P01; P19; P30; P11	41,7	P22; P4; P021; P15; P16; P31; P05; P23; P11; P35; P6; P19	50,0

**Tabela 4.9 - Distribuição dos professores pelas categorias de resposta identificadas para a componente pedagógico-didáctica da questão 2**

## **-Discussão dos resultados**

Antes do curso, nenhum professor exibiu ideias coincidentes com as da R.A. Alguns dos professores (20,8%) explicitaram ideias próximas destas e incluídas na CR "A expressão origina C.A.: Os alimentos fornecem directamente energia".

Outras concepções alternativas explicitadas na R.A. (ver subsecção 3.7.5) como, por exemplo, "os alimentos são depósitos de energia", "a energia tem propriedades idênticas às da matéria", não foram referidas por nenhum professor, antes do curso. Por sua vez, 12,5% dos professores consideraram que a expressão referida na questão "auxilia a aprendizagem", desconhecendo, por isso, as possíveis consequências da sua utilização na aprendizagem dos alunos.

As concepções alternativas referidas, como não explicitadas, antes do curso foram evidenciadas, após a sua realização e incluídas na CR "A expressão origina/reforça a C.A.: Os alimentos são depósitos de energia". Esta CR tornou-se dominante relativamente a todas as outras, com excepção da "Não resposta".

Deste modo, pensamos que os assuntos abordados no curso permitiram, a alguns professores, uma maior consciencialização das consequências na aprendizagem dos alunos da utilização da expressão, "Os alimentos são fontes de energia" .

A elevada percentagem de "Não resposta" pode ter, eventualmente, resultado da preocupação dos professores com a primeira parte da questão (comentar a correcção científica), esquecendo, a segunda parte do mesmo (discutir implicações pedagógico-didáticas). A apresentação gráfica da questão poderá ter contribuído também, para tal acontecer.

### **4.3.4.3 - Categorias de resposta para a questão 3**

#### **(i) - Categorias de respostas para a componente científica**

##### **-Natureza das categorias de resposta**

Antes da realização do curso, um professor (4,2%) exibiu ideias de acordo com a resposta adequada (ver secção 3.7.5). Após a sua realização, 50,0% dos professores evidenciaram tais ideias. As ideias inferidas e classificadas como categoria de resposta foram, além da resposta adequada, as seguintes: A) Afirmação correcta; B) Afirmação incorrecta C) Outras; D) Não identificadas e E) Não resposta.

As respostas incluídas na categoria A) consideram a expressão referida na questão, cientificamente adequada. As respostas da categoria B) contemplam ideias implícitas ou explícitas de inadequação de parte da expressão com a versão cientificamente aceite.

Definem-se a seguir cada uma das categorias de respostas e apresentam-se exemplos de evidências comportamentais.

##### **A -Afirmação correcta**

As respostas incluídas nesta categoria evidenciam concepções concordes com as referidas na afirmação.

Exemplo:

"Para já considero a resposta correcta, pelo menos é a noção que possuo e transmito.

ATP - adenosina trifosfato - três grupos fosfato, 2 ligações ricas em energia, quando se dá a quebra de uma ligação, liberta-se o grupo fosfato e energia, formando-se ADP"

P30 (a)

Entre essas concepções há a salientar, pela sua extensão, as seguintes:

1-O ATP é uma molécula

2-A energia armazena-se em ligações químicas especiais (ligações fosfo-anidrido)

3-A ruptura de ligações é um fenómeno exoenergético

### Exemplo:

"Na realidade o ATP é uma molécula que armazena energia nas ligações químicas que envolvem os fosfatos.

Seria necessário "explicar" aos alunos a constituição da molécula de ATP e assinalar as ligações com os fosfatos.

Não é necessário dar importância às "ligações de alta energia" mas pelo contrário, à energia que se liberta quando se quebram as ligações fosfato"

P7 (a)

## 4 - Existem ligações de "alta energia" e ligações "normais"

### Exemplo:

"Parece-me talvez necessário clarificar que as ligações ditas de alta energia são as que ocorrem com os grupos de fosfato e não todas as ligações da molécula. ..."

P11(a)

## B - Afirmação incorrecta.

As respostas inseridas nesta categoria consideram a expressão incorrecta por sugerir, que há ligações com grande quantidade de energia armazenada, "ligações de alta energia", e/ou que a ruptura de ligações químicas é um fenómeno exoenergético e/ou que a energia livre de hidrólise do ATP é a energia libertada das ligações de alta energia, quando na verdade é uma propriedade do sistema reaccional no seu conjunto.

### Exemplos:

"... ligações de alta energia" Esta afirmação cientificamente também não está correcta. Como vimos não há ligações de alta energia. A energia disponível resulta da energia inicial e final do sistema."

P34 (d)

"Penso que alunos do 10º ano de escolaridade já possuem conhecimento de química suficientes para perceberem que é necessário gastar energia para romper qualquer ligação química... , por isso a afirmação não é correcta."

P23 (a)

A afirmação não é correcta pois não há ligações químicas de alta energia e vai originar concepções alternativas nos alunos. A energia libertada resulta do saldo entre a energia consumida na ruptura de ligações e a energia libertada na formação de ligações e é inerente ao sistema de reacções"

P36 (d)

## C - Outras

Nesta categoria incluíram-se as respostas dos professores, diferentes entre si. Consideraram, por exemplo: que a afirmação não está totalmente correcta porque as ligações entre os três grupos fosfato do ião ATP<sup>4-</sup> não libertam a

mesma quantidade de energia; a afirmação incompleta porque não contempla o modo como se processa a ruptura de ligações e o modo de utilização da energia, após a sua libertação.

**Exemplos:**

"Parece-me que não estará totalmente correcta porque as ligações de adenosina aos três grupos fosfato não libertam a mesma quantidade de energia"

P25 (a)

"...No que se refere "essa energia é libertada, quando essas ligações químicas são quebradas" parece-me incompleta pois não fala da sua utilização e poderá levar a pensar que só há libertação de energia, não se referindo às condições necessárias para que se quebrem as ligações"

P4 (a)

## **D - Não identificadas**

A resposta de três professores foram classificados de "não identificadas", por ausência de evidências.

**Exemplo:**

"A expressão "ligações químicas quebradas" será uma forma simplificada de levar os alunos a imaginar que a energia que atrai determinados iões é transferida para outros iões ficando, portanto, separados os primeiros.

Assim, dever-se-á sempre apresentar a molécula de ATP como um "portador" de energia, a qual é sucessivamente transferida de umas moléculas para outras, ao longo dos diversos processos energéticos da célula"

P22 (a)

## **G - Não resposta**

Foram incluídas nesta categoria, as respostas dos professores, que não responderam à questão, ou se o fizeram não se referiram à correcção científica da mesma.

**Exemplo:**

"Considero que esta afirmação seja a forma mais fácil para os alunos entenderem a noção de ATP, pois para eles é extremamente difícil entenderem a formação do ATP, mesmo a nível do 10º ano"

P05 (a)

## -Extensão das categorias de resposta

Indica-se na tabela 4.10 a distribuição dos professores pelas diferentes CR identificadas para a componente científica.

Dos resultados da tabela 4.10 podemos tirar as seguintes conclusões:

- Após a realização do curso, houve um aumento de 45,8% de professores a evidenciarem a resposta adequada.
- Antes da realização do curso, 41,6% dos professores exibiram ideias concordantes com as expressas na afirmação. Após o curso, nenhum professor evidenciou tais ideias.

CATEGORIAS DE RESPOSTA	ANTES DO CURSO		DEPOIS DO CURSO	
	IDENTIFICAÇÃO DE PROFESSORES	PERCENTAGENS DE PROFESSORES	IDENTIFICAÇÃO DE PROFESSORES	PERCENTAGENS DE PROFESSORES
R. A.	P32	4,2	P32; P30; P26; P14; P35; P05; P31; P23; P7; P11; P4; P25	50,0
Afirmação correcta	P28; P26; P27; P35; P30; P11; P6; P19; P7; P34	41,6		
Afirmação incorrecta.	P021; P20; P23; P36; P31; P01	25,0	P021; P34; P27; P36; P01; P6; P19; P20	33,3
Outras	P14; P25; P4	12,5	P15	4,2
Não identificadas	P16; P22; P15	12,5		
Não resposta	P05	4,2	P22; P28; P16	12,5

**Tabela 4.10-** Distribuição dos professores pelas categorias de resposta identificadas para a componente científica da questão 3

## **-Discussão dos resultados**

Anteriormente ao curso, verificou-se que a CR mais saliente foi "Afirmção correcta" (41,6%) (tabela 4.10). Como foi referido anteriormente, as respostas dos professores incluídas nesta CR evidenciaram as seguintes concepções alternativas: o "ATP é uma molécula", existem ligações de "alta energia" e ligações "normais", a "ruptura de ligações é um fenómeno exoenergético" e a "energia armazena-se nas ligações fosfoanidrido (ligações químicas especiais)". Curiosamente, estas concepções alternativas são idênticas às identificadas em alunos de Biologia do ensino secundário, para este assunto. Antes da realização do curso, um professor exibiu a R.A., e 25,0% dos professores consideraram ideias próximas desta, revelando assim uma visão parcial do problema. Estes incluíram-se na CR designada "Afirmção incorrecta".

Após o curso, concepções como as referidas na CR "Afirmção correcta" deixaram de ser evidenciadas, na totalidade ou parcialmente, nas respostas de 83,3% dos professores.

Pelas razões apresentadas, pensamos poder afirmar que a abordagem no curso de conteúdos relacionados com a estrutura e função do ião ATP<sup>4-</sup> provocou, em alguns professores, aumento do conhecimentos e uma alteração de conceitos prévios sobre os mesmos. Para melhor concretizarmos o que acabamos de referir vamos transcrever as respostas de um professor, antes e após a realização do curso.

### **Exemplo:**

"... A molécula de ATP ao quebrar a sua ligação com o 3º fosfato liberta muita energia devido ao seu potencial redox" P26 (a)

"A expressão, é incorrecta, enganadora e origina concepções alternativas nos alunos, porque sugere que: o ATP é uma molécula quando é um ião: a ruptura de ligações é um fenómeno exoenergético; que as ligações fosfoanidrido têm uma grande quantidade de energia armazenada; a energia livre de hidrólise é a energia que existe nestas ligações. A energia livre de hidrólise é uma propriedade do sistema reaccional no seu conjunto.... . Resulta do balanço entre a energia consumida na ruptura de ligações e a energia libertada na formação de ligações" P26 (d)

## **(ii) - Categorias de resposta para a componente pedagógico-didáctica**

### **-Natureza das categorias de resposta**

Nenhum professor evidenciou, antes do curso, ideias de acordo com a resposta adequada (ver subsecção 3.7.5.). Após o curso, 16,7% dos professores exibiram tais ideias.

As ideias classificadas como categorias de resposta, além da resposta adequada, foram as seguintes: A) A afirmação favorece a aprendizagem; B) A afirmação induz em erro; C) A afirmação origina determinadas concepções alternativas; D) A afirmação origina/reforça concepções alternativas; E) Outras; F) Não resposta.

As CR (A, B, C e D) podem englobar-se em dois grupos. Um, considera que a utilização da frase não traz inconvenientes para a aprendizagem dos alunos, podendo eventualmente auxiliá-la. Está incluída neste grupo, a CR "A expressão favorece a aprendizagem" (A). O outro grupo, sugere que a utilização da frase pode induzir os alunos em erros ou originar concepções alternativas. Estão incluídas neste grupo, as restantes categorias (B, C e D).

As diferentes CR diferem entre si, pelas consequências que prevêm para a aprendizagem dos alunos da utilização da afirmação referida na questão.

As CR C e D aproximam-se da resposta adequada, mas não são consideradas como tal, por evidenciarem uma visão parcial das eventuais implicações da afirmação na aprendizagem dos alunos.

Seguidamente apresentam-se as definições de cada uma das CR identificadas e exemplos de evidências comportamentais.

#### **A - A afirmação favorece a aprendizagem**

Os professores incluídos nesta CR consideram que a afirmação pode eventualmente constituir uma forma simplificada de dar a conhecer a alunos do 10º ano de escolaridade, conceitos tão abstratos e complexos como, a estrutura e função do ATP e processos com ele relacionados

### Exemplos:

Considero que esta afirmação seja a forma mais fácil para os alunos entenderem a noção de ATP, pois para eles é extremamente difícil entenderem a formação do ATP, mesmo a nível do 10º ano"

P05 (a)

"... Esta expressão mesmo incorrecta transmite uma imagem que facilita a aligeirar do assunto sem o aprofundamento químico necessário"

P021 (a)

### **B - A afirmação induz em erro**

Incluíram-se nesta CR as respostas dos professores que consideram que a afirmação pode induzir os alunos em erro se não for devidamente desmontada e clarificada, devido às inadequações científicas que possui e sugere.

#### Exemplo:

" ... pode induzir os alunos em erro. Não há ligações de alta energia. Quando as ligações químicas se quebram há consumo de energia"

P6 (d)

### **C- A afirmação origina determinadas concepções alternativa**

As respostas dos professores incluídas nesta categoria evidenciaram que a afirmação pode levar os alunos a pensar, que a ruptura de ligações é um fenómeno exoenergético, resultando daí a energia livre de hidrólise e/ou que a energia pode ser armazenada tendo, por isso um estatuto equivalente ao da matéria.

#### Exemplos:

"... Os alunos a partir deste conceito poderão ficar com o conceito de que é da quebra das ligações fosfato que surge a energia de hidrólise, quando ela resulta do sistema reaccional"

P31 (d)

"Parece-me que os conceitos de "energia armazenada " e de "ligações de alta energia", não são correctos, uma vez que induzem os alunos a pensar que a energia é algo que se pode guardar e, por isso, corresponderá a matéria"

P11 (d)

### **D- A afirmação origina/reforça concepções alternativas**

As respostas dos profesoress incluídas nesta categoria, sustentam a ideia de que a afirmação pode originar ou reforçar concepções alternativas nos alunos. Neste conjunto de respostas essas concepções não são especificadas.

### **Exemplo:**

"...Estando esta energia no sistema reaccional e não nas ligações entre os fosfatos, daí a utilização desta afirmação poder levar a reforçar ou originar concepções alternativas nos alunos"

P35 (d)

### **E - Outras**

Nesta categoria estão incluídas respostas idiossincráticas evidenciando, por exemplo, as seguintes implicações da afirmação na aprendizagem dos alunos: transmitir a ideia de perda irreversível da energia; não ser facilmente entendida por alunos; não clarificar o processo de ruptura de ligações químicas; negativas.

### **Exemplos:**

"...Assim a ideia de energia libertada pode conduzir nos alunos à ideia de dissipação e como tal de perda total..."

P15 (a)

"Não tendo os alunos conhecimentos aprofundados de química, não lhe é fácil perceber porque motivo o ATP ao perder o grupo fosfato liberta tanta energia. A molécula de ATP ao quebrar a sua ligação com o terceiro fosfato liberta muita energia devido ao seu potencial redox"

P26 (a)

"Os alunos poderão ficar com o conceito que as ligações são quebradas de qualquer forma sem que seja necessário energia".

P31 (a)

"...Estas expressões pouco correctas cientificamente podem ter efeitos perversos na aprendizagem dos alunos, pelos seguintes motivos:

-Não criar neles um espírito aceitando os conhecimentos de qualquer modo estruturando os assuntos de qualquer modo mantendo-os se tiverem uma estrutura lógica.

-As estruturas são pouco profundas pois os conhecimentos são superficiais

-Impera a memória sobre a estruturação"

P32 (a)

### **G - Não resposta**

Foram incluídas nesta categoria as respostas dos professores, que não responderam à questão, ou se o fizeram, não se referiram às implicações da afirmação na aprendizagem dos alunos.

### **Exemplo:**

"... Quanto às implicações didácticas não tenho opinião"

P20 (a)

## - Extensão das categorias de resposta

A tabela 4.11 indica a distribuição dos professores pelas diferentes CR identificadas para a componente pedagógico-didáctica.

Os resultados da tabela indicam que:

- Após o curso, 16,7% das respostas dos professores inseriram-se na R.A., e 20,8% referiram o facto da afirmação poder originar concepções alternativas nos alunos.
- Antes do curso, 16,6% das respostas dos professores inseriram-se na CR "A afirmação favorece a aprendizagem". Após o curso, nenhum professor se inseriu nessa categoria.

CATEGORIAS DE RESPOSTA	ANTES DO CURSO		DEPOIS DO CURSO	
	IDENTIFICAÇÃO DE PROFESSORES	PERCENTAGENS DE PROFESSORES	IDENTIFICAÇÃO DE PROFESSORES	PERCENTAGENS DE PROFESSORES
R. A.			P32; P26; P30; P4	16,7
A afirmação favorece a aprendizagem	P28; P05; P22; P021	16,6		
A afirmação induz em erro	P19	4,2	P05; P6	8,3
A afirmação origina determinadas concepções alternativas	P36	4,2	P31; P11; P34	12,5
A afirmação origina/reforça concepções alternativas			P35; P36	8,3
Outras	P32; P34; P15; P31; P26; P4	25,0	P7	4,2
Não resposta	P20; P30; P14; P25; P16; P27; P35; P23; P01; P7; P6; P11	50,0	P19; P20; P22; P28; P021; P14; P25; P16; P15; P27; P23; P01	50,0

**Tabela 4.11-Distribuição dos professores pelas categorias de resposta identificadas para a componente pedagógico-didáctica da questão 3**

## **-Discussão dos resultados**

Antes do curso, a CR que mais se salientou além da "Não resposta" foi "A afirmação favorece a aprendizagem", com 16,7% (tabela 4.11 ). Ideias de que a afirmação pode ajudar a compreender conceitos como a estrutura e função do ião  $ATP^{4-}$ , são consideradas pelas respostas incluídas nesta categoria. Os professores, ao explicitarem tais ideias, revelaram não ter conhecimento das inadequações científicas que a afirmação contém e, portanto, das consequências perigosas da sua utilização na aprendizagem dos alunos. Também, antes do curso, não se registaram respostas de acordo com a R.A. e só um professor teve consciência de que a afirmação pode originar concepções alternativas nos alunos.

Após o curso, a CR que mais se salientou, além da "Não resposta", foi a R.A. com uma percentagem de 16,7%, seguida da CR "A afirmação origina determinadas concepções alternativas" com 12,5%. As concepções alternativas: "a ruptura de ligações é um fenómeno exoenergético"; "o ATP é uma molécula"; "a energia livre de hidrólise é a energia libertada das ligações fosfato terminais"; existem ligações de "alta energia" e ligações "normais" foram apontadas como podendo ter a sua origem e/ou reforço na afirmação referida na questão. Assim, todas ou parte destas concepções foram referidas, após o curso, por 37,5% dos professores .

As respostas incluídas na CR "Outras", diminuíram, após o curso. A análise das respostas e da tabela 4.11 permite-nos pensar que talvez este facto seja devido a alguns professores terem ficado com ideias mais claras e estruturadas sobre este assunto. A fim de comprovarmos o que acabamos de referir, vamos transcrever as respostas de um professor, incluídas nas CR "Outras" e R.A., respectivamente, antes e após a realização do curso.

### **Exemplo:**

"Penso que a afirmação que corresponde à existência de "ligações de alta energia na molécula do ATP" não traz problemas em termos de aprendizagem. No que se refere à "energia é libertada, quando essas ligações químicas são quebradas" parece-me incompleta, pois não fala na sua utilização e poderá levar a pensar que só há libertação de energia, não se referindo às condições necessárias para se quebrarem as ligações" P4 (a)

"Está incorrecta pois conduz à ideia (concepções alternativas) de que a energia contida naquelas ligações (ligações fosfoanidrido) é que é alta quando deveria falar antes na energia do sistema...Os alunos podem ainda pensar que o  $ATP^{4-}$  é uma molécula, quando é um ião e ainda que a ruptura de ligações é um fenómeno exoenergético" P4 (d).

Verificou-se, quer antes quer após o curso, uma elevada percentagem (50,0%) de "Não resposta". Pensamos que tal facto possa ter resultado de uma maior preocupação, por parte do professor, em comentar a correcção científica da afirmação e, ainda, do aspecto gráfico da questão.

Apesar disso, com base nos resultados das respostas dos professores que responderam à questão, pensamos poder concluir que houve uma maior consciencialização, por parte de alguns destes, das implicações pedagógico-didáticas da utilização da afirmação, mais concretamente, na possível origem e/ou reforço de C.A.

#### **4.3.4.4 - Categorias de resposta para a questão 4**

##### **-Natureza das categorias de resposta**

Nenhum professor evidenciou, antes do curso, ideias de acordo com a RA (ver subsecção 3.7.5). As categorias de resposta inferidas da análise das respostas dos professores foram: A) Resposta incompleta; B) Resposta incorrecta: Há transformação de moléculas; C) Resposta incorrecta: São outras as funções do ciclo de Krebs; D) Outras; E) Não identificadas; F) Não resposta.

Apenas a primeira categoria evidencia ideias próximas das salientadas na resposta adequada. As restantes duas categorias consideram a resposta cientificamente inadequada, por o ciclo de Krebs ter várias funções, mas nenhuma delas, a de degradar macromoléculas.

Definem-se a seguir cada uma das CR identificadas e apresentam-se exemplos de evidências comportamentais.

##### **A - Resposta incompleta**

Incluíram-se nesta categoria os professores que consideraram a resposta incompleta e apresentaram como justificação o facto do ciclo de Krebs possuir, além da função mencionada no enunciado da questão, algumas das seguintes funções: libertação de electrões e formação de ATP/ GTP e CO<sub>2</sub>.

## Exemplos:

" Incompleta,...pois esquece o ponto de vista energético deste processo e não realça os objectivos do mecanismo com sejam a libertação de electrões e a formação de GTP"

P20 (a)

"A resposta estaria incompleta, pois há degradação de macromoléculas mas também formam-se substâncias como o CO<sub>2</sub> e ATP"

P25 (a)

## **B - Resposta incorrecta: Há transformação de moléculas**

As respostas dos professores incluídas nesta categoria declararam a resposta incorrecta, por considerarem que no ciclo de Krebs não acontecem fenómenos de degradação de moléculas, mas transformações de umas moléculas em outras moléculas.

### Exemplo:

"Parece-me que a resposta não estaria correcta uma vez que as várias moléculas vão sendo transformadas umas nas outras..."

P11 (a)

## **C - Resposta incorrecta: São outras as funções do ciclo de Krebs**

Foram agrupadas nesta categoria as respostas que consideraram a resposta incorrecta, por o ciclo de Krebs não ter como função degradar macromoléculas, mas produzir FADH<sub>2</sub>, NADPH, ATP<sup>4-</sup> e/ou moléculas para a biossíntese.

### Exemplos:

"Errada. Esta funções seria um acidente, pois as funções do ciclo de Krebs são outras, nomeadamente:

-Produzir ATP<sup>4-</sup>

-Reduzir o NAD<sup>+</sup> e o FAD

-Formação de compostos para a biossíntese"

P32 (d)

"Penso que considerava a resposta incorrecta uma vez que o ciclo de Krebs tem como funções produzir NADPH, FADH, ATPs 4- etc., necessários à cadeia transportadors de electrões"

P11 (d)

## **D - Outras**

Nesta categoria estão incluídas respostas diferentes, que consideraram, por exemplo, ou a afirmação correcta, ou vaga, pouco precisa e muito incompleta ou ainda incorrecta, por o aluno não ter referido a produção do ATP4-.

Exemplos:

"Esta afirmação estaria correcta, pois durante o ciclo de Krebs nós verificamos que a molécula inicial vai sendo partida em moléculas mais simples..."

P26 (a)

"A resposta é muito vaga, pouco precisa, por isso classificaria a resposta de muito incompleta"

P34 (a)

"Incorrecta teria de referir a produção de ATP4-"

P 6 (d)

## **E - Não identificadas**

Por falta de evidências algumas respostas foram incluídas nesta categoria.

Exemplo:

O ciclo de Krebs permite degradar moléculas (oses) ou através de vias alternativas podem ser "desdobradas" moléculas de aminoácidos e ácidos gordos"

P21 (a)

## **E - Não resposta**

Foram incluídas nesta categoria, os professores que não responderam, e os que responderam, mas não à questão tal como ela tinha sido formulada.

Exemplo:

"Teria que discutir com o aluno o conceito de macromolécula. Apresentava-lhe as fórmulas químicas das moléculas que participam no ciclo de Krebs, pedia ao aluno para comparar o tamanho dessas moléculas com outras que vulgarmente são designadas por macromoléculas, levando o aluno a tirar as suas próprias conclusões"

P27 (a)

## -Extensão das categorias de resposta

A tabela 4.12 indica a distribuição dos professores pelas diferentes CR identificadas, antes e depois da realização do curso.

Dos resultados apresentados na tabela 4.12 podemos concluir que:

- Antes do curso, nenhum professor exibiu ideias de acordo com a resposta adequada, após o curso, 25,0% dos professores exibiram tais ideias.
- Após o curso, 58,3% dos professores incluíram-se nas categorias de resposta "Resposta incorrecta".

CATEGORIAS DE RESPOSTA	ANTES DO CURSO		DEPOIS DO CURSO	
	IDENTIFICAÇÃO DE PROFESSORES	PERCENTAGEN DE PROFESSORES	IDENTIFICAÇÃO DE PROFESSORES	PERCENTAGENS DE PROFESSORES *
R. A.			P19; P23; P20; P021; P28; P34	25,0
Resposta incompleta	P32; P23; P20; P25; P14; P6; P28; P22; P7; P36; P4	45,8		
Resposta incorrecta: Há transformação de moléculas	P11; P30; P01	12,5	P7; P05; P31	12,5
Resposta incorrecta: São outras as funções do ciclo de Krebs	P19; P31; P15; P05	16,7	P11; P32; P7; P05; P36; P25; P14; P26; P30; P35; P4	45,8
Outras	P26; P35; P34	12,5	P6	4,2
Não identificadas	P021	4,2	P01; P15	8,3
Não resposta	P27; P16	8,3	P27; P16; P22	12,5

**Tabela 4.12-**Distribuição dos professores pelas categorias de resposta identificadas para a questão 4

\* Algumas respostas foram incluídas em mais de uma CR pelo que a soma das percentagens não é 100%.

## **-Discussão dos resultados**

Anteriormente ao curso, a CR dominante foi "Resposta incompleta", com 45,8% (tabela 4.12). As respostas incluídas nesta CR consideraram que os alunos deveriam referir, além da função do ciclo de Krebs indicada na questão, outras, tais como, produção de ATP<sup>4-</sup>/GTP<sup>4-</sup>e/ou de electrões e/ou de CO<sub>2</sub>. Sintetizar compostos que vão integrar vias biossintéticas e regular algumas reacções quer do catabolismo quer do anabolismo são outras funções, igualmente importantes, do ciclo de Krebs e que não foram referidas por nenhum dos professores. Assim, antes do curso, não houve nenhuma resposta incluída na R.A. (ver subsecção 3.7.5).

Após o curso, 25,0% de professores exibiram ideias de acordo com a R.A.. A CR mais saliente, foi "Resposta incorrecta: São outras as funções do ciclo de Krebs", com 45,8%. Houve assim, após o curso, uma deslocação da mancha de professores da CR "Resposta incompleta" para esta última CR o que, em nosso entender, não se deveria verificar. Os professores incluídos nesta CR demonstraram ser conhecedores das várias funções do ciclo de Krebs mas não consideraram entre essas funções a de "degradar macromoléculas", ex: "Penso que considerava a resposta incorrecta, uma vez que o ciclo de Krebs tem como função produzir NADPH, FADH<sub>2</sub>, ATP<sup>4-</sup> etc., necessários à cadeia transportadora de electrões" P11 (d).

Pensamos que uma possível razão de tal acontecimento seja o facto de, na abordagem do ciclo de Krebs, se ter salientado o contributo e o posicionamento destas reacções relativamente a outras do metabolismo celular e de se ter referido as alterações configuracionais sofridas pelos compostos intermediários, durante o decorrer deste ciclo (Anexo IV). Com esta maneira de apresentar este assunto, quisemos dar uma visão mais integradora do processo da respiração celular nas reacções de metabolismo e contribuir para uma melhor compreensão das complexas reacções químicas que nele acontecem. A ênfase dada a estes aspectos teria, eventualmente, feito esquecer nas respostas dos professores, outros igualmente importantes, como por exemplo, a função de degradar macromoléculas (apresentada na questão).

Apesar disso, da análise dos resultados das respostas dos professores, pensamos poder deduzir que a abordagem deste assunto proporcionou, para alguns professores, um aumento de conhecimentos e uma visão mais integradora e completa do processo da respiração celular.

## Exemplo:

"O ciclo de Krebs permite degradar moléculas (oses) ou através das vias alternativas podem ser "desdobradas" moléculas de a.a. e ácidos gordos". P21 (a)

"Classificaria de incompleta. O ciclo de Krebs como terceira etapa da respiração aeróbica parece ter como objectivo inicial a degradação de oses, a.a. e ácidos gordos, mas não é uma etapa isolada do metabolismo celular e pode servir para a síntese de outros compostos que naturalmente integram as vias biossintese. As enzimas do ciclo de Krebs regulam as reacções permitindo "bloqueios" aumentando a concentração de substratos percursos das reacções de biossintese.... Serve ainda para produzir  $\text{CO}_2$ ,  $\text{ATP}^{4-}/\text{GTP}^{4-}$ ,  $\text{NADH}$  e  $\text{FADH}_2$ " P21 (d)

### 4.3.4.5 - Categorias de resposta para a questão 5

#### (i) - Categorias de resposta para a componente científica

##### - Natureza das categorias de resposta

Antes da realização do curso, nenhum professor evidenciou ideias de acordo com a R.A. Após o curso, 25,0% dos professores exibiram tais ideias.

As categorias de resposta correspondentes às ideias dos professores foram, além da R.A., as seguintes: A) Esclarecer a designação; B) Localização temporal e/ou proveniência dos reagentes; C) Tempo de duração do NADPH; D) Outras; E) Não identificada; F) Não resposta.

Na resposta adequada (ver subsecção 3.7.5), pretendia-se que os professores referissem, para alunos do 10º ano de escolaridade, factores que tornassem evidentes o facto das reacções da "fase escura" da fotossíntese, não puderem normalmente ocorrer na ausência de luz. Nas categorias de resposta identificadas foram salientados, parte desses factores.

Definem-se a seguir as categorias de resposta e apresentam-se exemplos de evidências comportamentais.

##### A - Esclarecer a designação

As respostas dos professores incluídos nesta categoria consideraram que se deve esclarecer com os alunos a origem da designação. Assim deve-lhes ser dito,

que as reacções da fase "escura" dão-se de dia mas para se processarem, não necessitam directamente de luz, mas de compostos formados na fase "dependente de luz". Eventualmente, por isso, alguns autores a designam de fase "escura".

**Exemplo:**

"... Deve chamar-se a atenção dos alunos que essa expressão resulta do facto dessa etapa ser independente da luz solar, mas só se realizar durante o dia por necessitar dos produtos resultantes da fase directamente dependente da luz, a que normalmente se dá o nome de fase luminosa"

P31 (d)

## **B - Localização temporal e/ou proveniência dos reagentes**

Nesta categoria de resposta foram incluídas as respostas dos professores que se referiram à simultaneidade ou à sequencialidade das duas fases da fotossíntese (fase "dependente da luz" e fase "escura"), e/ou as que evidenciaram a proveniência do NADPH e ATP, necessários à realização das reacções da "fase escura".

**Exemplos:**

"... . Mas é preciso chamar bem a atenção dos alunos para o facto de que as duas etapas ocorrem simultaneamente desde que haja os produtos necessário..."

P34 (d)

"... .Dar ideia de que as reacções se realizam em sequência. ... "

P27 (d)

" Os alunos muitas vezes são levados a pensar que este conjunto de reacções só se realiza na ausência da luz, é importante que eles se apercebam de que para a realização desta etapa é necessário energia (ATP) e hidrogénio; assim desde que haja ATP e NADPH (para cuja formação é necessário luz) os fenómenos podem ocorrer ..."

P36 (a)

## **C- Tempo de duração do NADPH**

As respostas dos professores incluídas nesta CR, contemplam a ideia de que o NADPH, necessário às reacções da fase "escura", forma-se nas reacções "dependentes de luz" e possui um período de duração muito curto. Por isso, a fase "dependente de luz" e a fase "escura" têm de estar temporalmente muito próximas.

### **Exemplo:**

"Deverá ser explicado aos alunos... que a coenzima reduzida (NADPH) produzida na fase luminosa não pode ser armazenada muito tempo, pelo que deve ser imediatamente utilizada."

P7 (d)

## **D - Outras**

Duas respostas incluíram-se nesta categoria. Uma resposta, salienta a ideia de numa primeira abordagem à fotossíntese se fornecer uma visão global do processo e só numa fase posterior, dividi-la em fases ou etapas evidenciando as particularidades de cada uma delas. A outra resposta, aponta como estratégia a apresentação aos alunos, da média de duração, em segundos, da fase "escura".

### **Exemplos:**

" Para clarificar os alunos, será necessário abordar a fotossíntese como um todo e só mais tarde distinguir as "necessidades" particulares de cada etapa da fotossíntese, salientando que a fotossíntese, é um processo contínuo"

P7 (a)

"... Há um manual de ensino que apresenta a média em segundos do tempo de duração da fase escura e naturalmente serve por exemplo para "desmontar" as pré-concepções que os alunos apresentam sobre a localização temporal desta fase à noite"

P021(a)

## **E - Não identificada**

A resposta de um professor foi classificada de "não identificada" por ausência de evidências.

### **Exemplo:**

"Fase escura. Muitas vezes, julgam que a fase escura, ocorre única e simplesmente à noite, e por isso a designação.

Começaria por saber se tinham ou não o conceito, e posteriormente corrigi-lo. A fotossíntese ocorre durante as 24 horas do dia. A fotossíntese engloba duas fases, uma luminosa, que é dependente da luz e outra escura independente, o que não quer dizer que esta última ocorra apenas na ausência da luz"

P30 (a)

## **F- Não resposta**

Foram incluídas nesta categoria os professores que não responderam à questão, ou se o fizeram não se referiram à clarificação a dar, a alunos do 10º ano, sobre a designação salientada .

**Exemplo:**

"1º- A designação "fase escura" leva os alunos a pensarem que é uma etapa isolada e não um conjunto de reacções associadas à fase inicial - fotoquímica (dependente da luz).

2º - Esta designação leva o aluno a pensar que esta etapa só se realiza às escuras ou de noite o que não é verdade"

P26 (d)

## **-Extensão das categorias de resposta**

Indica-se na tabela 4.13 a distribuição dos professores pelas diferentes CR identificadas para a componente científica.

Os resultados apresentados na tabela 4.13 indicam que:

- Após o curso, 25,0% de professores exibiram a resposta adequada.
- Antes e após o curso, salientaram-se as respostas dos professores incluídas na CR, "Esclarecer a designação" (54,2% e 50,0% respectivamente).
- A CR "Tempo de duração do NADPH" só teve representatividade, após o curso, com 16,7% de respostas.

CATEGORIAS DE RESPOSTA	ANTES DO CURSO		DEPOIS DO CURSO	
	IDENTIFICAÇÃO DE PROFESSORES	PERCENTAGENS DE PROFESSORES *	IDENTIFICAÇÃO DE PROFESSORES	PERCENTAGENS DE PROFESSORES*
R. A.			P35; P30; P23; P6; P32; P14	25,0
Esclarecer a designação	P22; P28; P34; P14; P27; P31; P35; P05; P23; P11; P32; P19; P26	54,2	P4; P28; P25; P31; P05; P7; P11; P15; P27; P36; P20; P19	50,0
Localização temporal e/ou proveniência dos reagentes	P021; P34; P25; P11; P28; P26; P36; P14	33,3	P34; P25; P27; P31; P01	20,8
Tempo de duração do NADPH			P4; P021; P20; P7	16,7
Outras	P7; P021	8,3		
Não identificada	P30	4,2		
Não resposta	P4; P16; P20; P01; P6; P15	25,0	P22; P26; P16	12,5

**Tabela 4.13** - Distribuição dos professores pelas categorias de resposta identificadas para a componente científica da questão 5.

\*As respostas de alguns professores foram incluídas em mais de uma CR, por isso, a soma das percentagens não é 100%

## **-Discussão dos resultados**

Antes do curso, a CR dominante para esta categoria de conteúdo foi "Esclarecer a designação", com uma percentagem de 54,2% (tabela 4.13).

O esclarecimento sobre a origem da designação fase "escura" pode impedir o aparecimento ou ajudar a desestruturar a C.A. "A fase escura da fotossíntese é um processo que ocorre na ausência da luz". Este esclarecimento já

é frequentemente realizado em manuais escolares de Biologia de publicação recente, talvez por isso, este aspecto tenha sido bastante referido pelos professores. Também, antes do curso, foram bastante salientes ideias incluídas na CR "Localização temporal e/ou proveniência dos reagentes", com 33,3%. As reacções da fase "dependente de luz" e da fase "escura" são sequenciais porque os produtos originados na primeira fase intervêm nas reacções da segunda fase, além disso têm um período de duração muito curto. Assim, as reacções da fase "escura" têm de se dar necessariamente durante o dia. Estes esclarecimentos e outros tais como: os estomas foliares, orifícios por onde entra o CO<sub>2</sub>, encontrarem-se fechados à noite, algumas enzimas que entram nas reacções da fase escura, serem reguladas pela luz, ficando inactivas, na ausência dela, e período pequeno de duração do NADPH, podem tornar-se um precioso auxiliar na desestruturação da concepção alternativa, atrás referida. Estes últimos aspectos não foram referidos por nenhum professor, antes do curso.

Após o curso a CR mais saliente foi também a designada "Esclarecer a designação", com 50,0% de respostas, seguida da R.A. com 25,0%. Esclarecimentos como: a localização temporal da fase escura em relação à fase dependente de luz e/ou origem e função do ATP<sup>4-</sup> e do NADPH e/ou tempo de duração do NADPH foram fornecidos por 37,5% dos professores.

A percentagem de "Não resposta" reduziu, após o curso, para 12,5%, por os professores estarem eventualmente mais sensibilizados com a problemática que envolve esta questão.

Por tudo o que acabámos de referir, parece-nos poder afirmar que, para alguns professores, houve um aumento de conhecimentos e uma melhor clarificação de conceitos, relativamente à fotossíntese. Para corroborar esta ideia apresentam-se as respostas de um professor a esta questão, antes e após a realização do curso.

#### Exemplo:

"Fase escura. Muitas vezes, julgam que a fase escura, ocorre única e simplesmente à noite, e por isso a designação.

Começaria por saber se tinham ou não o conceito, e posteriormente corrigi-lo. A fotossíntese ocorre durante as 24 horas do dia. A fotossíntese engloba duas fases, uma luminosa, que é dependente da luz, e outra escura independente, o que não quer dizer que este último ocorra apenas na ausência da luz" P30 (a)

"Como concepção alternativa, poderá levar os alunos a julgarem, por exemplo, que a fase escura só tem lugar à noite. Ora tal não se verifica. Existe uma fase dependente da energia luminosa, e outra fase que é independente. Na fase luminosa, verifica-se a formação de

NADPH + H<sup>+</sup> e de ATP, compostos que são utilizados na "fase escura", que é independente da luz... Por outro lado, o CO<sub>2</sub> necessário à ocorrência das reacções independentes da luz, e a sua entrada fica impossibilitada à noite, na mediada em que os estomas se encontram fechados neste período do dia. A acrescentar aos factos referidos a enzima, RuBisCo, reguladora de algumas destas reacções fica inactiva na ausência da luz" P30 (d)

Antes da realização do curso, a resposta deste professor, revelava algumas inadequações científicas, tais como: a fotossíntese ocorrer durante as 24 horas do dia e as reacções da fase "escura" poderem acontecer também à noite. Sabe-se, que a fotossíntese só se pode realizar durante o dia, devido à energia luminosa necessária às reacções da fase "dependente da luz". As reacções da fase "escura" não podem, habitualmente acontecer no escuro, pelos motivos apontados na R.A. (ver subsecção 3.7.5).

Após a realização do curso, o professor em causa não revelou as inedequações referidas na resposta inicial e mostrou possuir ideias coincidentes com as da R.A.

## **(ii) - Categorias de resposta para a componente pedagógico - didáctica**

### **-Natureza das categorias de resposta**

Antes da realização do curso, 87,5% dos professores evidenciaram ideias de acordo com a resposta adequada. Essas ideias foram exibidas por 75,0% dos professores, após a sua realização.

As ideias referidas e caracterizadas como categorias de resposta foram, além da resposta adequada, as seguintes: A) A designação origina conceitos errados; B) Não identificada; C) Não resposta.

Na resposta adequada pretendia-se que os professores se referissem à designação salientada na questão, como podendo originar ou reforçar a concepção alternativa "a fase escura da fotossíntese é um processo que ocorre na ausência da luz" (ver subsecção 3.7.5). Na categoria de resposta identificada tal não foi considerado. O que distingue a categoria de resposta inferida da resposta adequada, é basicamente a concepção de aprendizagem que lhe está implícita. A resposta adequada tem subjacente uma perspectiva de aprendizagem do tipo construtivista e a categoria de resposta inferida do tipo empirista.

Seguidamente, apresentam-se as definições de cada uma das categorias de resposta e exemplos de evidências comportamentais.

### **A -A designação origina conceitos errados**

As respostas dos professores incluídas nesta categoria consideram que a designação fase "escura" pode originar nos alunos conceitos errados.

Exemplo:

"Penso que mesmo no 3º ciclo o professor de Biologia deve esclarecer os alunos informando-os que a designação "fase escura" não é correcta do ponto de vista científico pois pode induzir em erro levando a concluir que as reacções que acontecem nesta fase ocorrem na ausência da luz"

P23 (a)

### **B - Não identificada**

A resposta de um professor foi incluída na CR "Não identificada" por apresentar insuficiência de evidências.

Exemplo:

" Esta questão de "fase escura" deve ser aquela que mais problemas tem trazido a nível da fotossíntese quando queremos corrigir conceito/termos, sobretudo quando no 7º ano os alunos trataram este assunto sem que tivesse havido um cuidado especial a abordar o tema.

Daqui podem advir as conclusões mais inesperadas (ou talvez não) sobre a referida frase e até sobre todo o processo fotossintético se não mesmo sobre os conceitos da fotossíntese e respiração dos organismos fotossintéticos"

P16 (a)

### **C - Não resposta**

Foram incluídas nesta categoria os professores que não responderam à questão ou se o fizeram, não se referiram às implicações da designação na aprendizagem dos alunos.

Exemplo:

"Está incorrecta pois a referida "fase" não pode ocorrer nem de noite, nem às escuras, esta fase ocorre independentemente da presença da luz - não deve ser utilizada nas aulas.

"Fase" não deve ser dito pelo facto das reacções ocorrerem simultaneamente"

P25 (d)

## **-Extensão das categorias de resposta**

A tabela 4.14 indica a distribuição dos professores pelas diferentes CR identificadas para a componente pedagógico-didáctica.

Os resultados apresentados na tabela indicam que:

- Após o curso, 75,0% dos professores exibiram ideias de acordo com a resposta adequada.
- Antes da realização do curso, 8,3% dos professor incluíram-se na CR " A designação origina conceitos errados"
- Após o curso, houve um aumento de 20,8% dos professores a incluírem-se na CR "Não resposta".

CATEGORIAS DE RESPOSTA	ANTES DO CURSO		DEPOIS DO CURSO	
	IDENTIFICAÇÃO DE PROFESSORES	PERCENTAGENS DE PROFESSORES	IDENTIFICAÇÃO DE PROFESSORES	PERCENTAGENS DE PROFESSORES
R.A.	P22; P4; P28; P021; P26; P25; P34; P14; P27; P36; P31; P35; P20; P01; P7; P11; P6; P32; P19; P05; P30	87,5	P4; P28; P26; P34; P14; P36; P31; P35; P05; P30; P20; P23; P01; P7; P11; P32; P19; P021	75,0
A designação origina conceitos errados	P15; P23	8,3	P6	4,2
Não identificada	P16	4,2		
Não resposta			P22; P15; P25; P16; P27	20,8

**Tabela 4.14** -Distribuição dos professores pelas categorias de resposta identificadas para a componente pedagógico-didáctico da questão 5

## **-Discussão dos resultados**

Anteriormente ao curso, a CR dominante foi a R.A. com 87,5% (tabela 4.14).

Após a realização do curso, salientou-se igualmente a dominância da R.A., com uma percentagem de 75,0%, mas verificou-se uma ligeira diminuição na percentagem das respostas nela incluídas. Este facto poderá ter ficado a dever-se, ao aumento (20,8%) de professores incluídos na CR "Não resposta".

Há, contudo, o caso particular, de um professor (P6), cuja resposta, antes do curso, se encontrava incluída na R.A. e que, após a realização do mesmo, passou a incluir-se na CR "A designação origina conceitos errados". Para esta situação não encontramos qualquer justificação.

Um outro caso particular mas por motivos diferentes do anterior, foi a do professor (P23) cuja resposta incluiu-se, antes do curso, na CR "A designação origina conceitos errados" e após a realização do mesmo, na R.A. Este professor revelou ter alterado a sua perspectiva de encarar o processo de aprendizagem.

### **Exemplo:**

"Penso que mesmo no 3º ciclo o professor de Biologia deve esclarecer os alunos informando-os que a designação "fase escura" não é correcta do ponto de vista científico, pois pode induzir em erro levando a concluir que as reacções que acontecem nesta fase ocorrem na ausência de luz..." P23 (a)

"...Esta designação pode induzir os alunos a concepções alternativas ou reforçar as já existentes sobre o assunto" P23 (d)

#### **4.3.4.6 - Discussão geral dos resultados do pré-teste e do pós-teste (secção D)**

Após a apresentação e discussão dos resultados, por questão, considerámos oportuno fazer uma análise geral dos resultados do pré-teste e do pós-teste (secção D). Para auxiliar, neste estudo, construímos um quadro que nos permite uma observação geral dos resultados (Quadro 1, Anexo VI).

Após o curso, verificou-se um número relevante de professores a evidenciarem mais conhecimento sobre a perspectiva construtivista do ensino e da aprendizagem e maior consciencialização das concepções alternativas dos alunos e das suas implicações na aprendizagem. Pensamos que para isso terá contribuído a reflexão dos professores sobre as suas práticas, o confronto dos resultados dessa reflexão com as novas propostas para o ensino e aprendizagem das Ciências, a visualização de um videograma sobre a implementação de um modelo de mudança conceptual, mas principalmente, termos tentado, na medida do possível, conduzir os trabalhos na perspectiva de ensino-aprendizagem que pretendíamos incrementar - perspectiva construtivista. Esta ideia de não só dar a conhecer mas, também de praticar as perspectivas preconizadas no curso é defendida por Gunstone e Northfield (1988) para programas de formação contínua de professores de Ciências e por Gunstone e outros (1993) para programas de formação inicial de professores de Ciências.

De um modo geral para os assuntos da especialidade, verificou-se também, após o curso, uma evolução das respostas, no sentido de uma maior aproximação à resposta adequada. O assunto para a qual essa evolução foi mais saliente foi o Ião ATP4-: Estrutura e Função. Foi também para este assunto que se verificou, antes do curso, um maior número de inadequações científicas, na linguagem dos professores, nos manuais escolares e noutros materiais utilizados habitualmente por estes. Assim, as ideias realçadas no curso durante a abordagem deste assunto foram, com frequência, diferentes das habitualmente utilizadas pelos professores nas suas aulas.

Constable e Long (1991) após a avaliação de um curso intensivo de formação contínua de professores, com duração de dois dias, concluíram que as ideias salientadas no curso, muito diferentes das utilizadas previamente pelos professores, são as que captam mais atenção destes e eventualmente, por isso, as mais realçadas nas suas respostas; as ideias, vistas como aparentemente familiares, podem eventualmente, ser recebidas com uma menor atenção crítica.

O que acabamos de referir pode justificar, em parte, os resultados obtidos após a realização do curso, sobre o Ião ATP4- e sobre os restantes assuntos (A Energia e o ensino da Biologia, a Respiração Celular e a Fotossíntese).

Analisando as respostas de cada professor às questões formuladas no pré-teste e no pós-teste, verificámos que, de um modo geral, em quase todos eles se verificou, após o curso, um maior número de respostas adequadas ou de categorias de resposta mais próximas desta. Em alguns casos essa evolução foi maior (ex: P23; P26; P32), noutros casos a evolução foi menor (ex: P27; P36; P15) (ver Quadro 1, Anexo VI).

Tratava-se de professores, com largos anos de experiência (ver subsecção 3.3.1.3), possuindo eventualmente por isso, uma estrutura cognitiva bem organizada com concepções bastante enraizadas sobre os conceitos científicos e sua didáctica. Se, após o curso, demonstraram alterar nas respostas apresentadas nos questionários escritos, algumas das suas perspectivas sobre o ensino e a aprendizagem das Ciências e sobre os conceitos científicos em estudo é porque consideraram as perspectivas abordadas mais intelegíveis, mais plausíveis e mais fecundas ( Posner et al., 1982; Gunstone e Northfield, 1988).

Não possuímos dados sobre as repercussões destas inovações na sala de aula, só temos promessas de alguns professores que vão tentar melhorar "Pessoalmente senti-me muito mal por estas falhas, mas vou melhorar" P11(d), escreveu um professor no final da resposta à questão sobre o Ião ATP4-(questão 3), após se ter consciencializado das inadequações científicas que possuía e que apresentava aos alunos, sobre este assunto. Por isso, pensamos, que conseguimos consciencializar os professores para esta problemática e proporcionar informações e propostas de trabalho que poderão ser objecto de análise e de reflexão mais profunda, posteriormente. Um curso não se esgota em si. Quando termina ficam ideias, registos, conclusões, propostas de trabalho que, depois de devidamente analisados e reflectidos, podem auxiliar a adoptar novas atitudes, a ajustar e a utilizar novas estratégias.

Temos esperança que isso, realmente aconteça mas também temos consciência que a mudança não é um processo fácil. Segundo Constable e Long (1991), os processos de mudança envolvem três etapas: a primeira consiste, essencialmente, em planear a mudança; a segunda, num esforço para pôr a mudança em prática; a terceira, na incorporação da mudança na instituição ou no sistema. A planificação, a concretização e a incorporação da inovação exigem

uma compreensão crítica da proposta de mudança e essa compreensão é mais facilmente criada através da reflexão e da acção Schön (1987). Trata-se pois de um paradoxo. Há necessidade de compreender a situação em ordem a actuar e há necessidade de actuar como meio de compreender a situação.

Nem sempre é possível, em cursos intensivos de formação contínua de professores de curta duração, superar este paradoxo, porque as etapas anteriormente referidas acontecem geralmente mais tarde, fora do período de duração do curso. Pensamos, pois, ser necessário, depois da realização do curso, acompanhar e dar apoio aos professores que queiram implementar a inovação, na sua prática lectiva. É uma ideia que desenvolveremos na secção 5.5.

#### **4.4 - AVALIAÇÃO DOS OBSERVADORES**

A avaliação realizada pelos dois observadores teve por base a observação não sistemática, realizada durante todo o curso (ver subsecção 3.6.1). Esta avaliação processou-se através da resposta a um questionário elaborado para o efeito (Anexo VII). Globalmente a avaliação feita foi de que o curso decorreu bem e teve impacto nos professores envolvidos e que nele se mostraram empenhados. No entanto, há aspectos que foram destacados diferentemente pelos observadores. A transcrição das respostas fornecidas por cada observador (A e B) encontram-se, em anexo (Anexo VII).

#### **4.5 - AUTO-AVALIAÇÃO**

A avaliação realizada pela coordenadora (auto-avaliação) teve por base uma reflexão crítica sobre o modo como se desenvolveu o curso. Os elementos destinados à reflexão foram recolhidos, durante a realização do curso (reflexão na acção) e após a sua realização (reflexão sobre a acção). No último caso, a recolha de elementos resultou principalmente da análise do material vídeo e audio gravado, durante o curso.

Nesta auto-avaliação, vão ser objecto de análise a organização do curso, os assuntos abordados, as actividades propostas, a documentação posta à disposição e o modelo de trabalho.

Os aspectos relacionados com a organização do curso foram bastante cuidados, pois poderiam condicionar, o êxito destas actividades. Assim, houve preocupação em proceder a uma planificação rigorosa de todas as tarefas do curso e de cuidar os aspectos logísticos (pastas, senhas de café, alojamentos, etc.) de modo a proporcionar aos participantes um ambiente o mais agradável possível. Conseguiu-se, cumprir, quase sempre com êxito, o horário previstos na calendarização, o que imprimiu ao curso um ritmo bastante intenso. A relação humana foi também objecto de preocupação, por isso, houve o cuidado de se criar um clima de empatia e de camaradagem de modo a que todos se sentissem bem.

Os assuntos tratados no curso pareceram ser pertinentes, adequados e com muito interesse para os participantes, por serem assuntos em que os professores reconheceram carências e pela perspectiva actual em que foram abordados. Dada a complexidade e abrangência destes assuntos considera-se que deveriam ter sido tratados sem as limitações de tempo impostas a trabalhos desta natureza.

As actividades propostas revelaram-se motivadoras para discussão, reflexão e conflito cognitivo. Eventualmente, por isso, o tempo previsto para algumas actividades foi curto o que provocou por vezes, descontentamento de alguns professores. O mérito das actividades desenvolvidas residiu no facto de estarem directamente ligadas aos problemas e às práticas diárias dos professores de Biologia. Seria esta a razão do grande envolvimento dos participantes nas tarefas. Apesar disso, tem-se consciência de que faltaram actividades de carácter experimental, no tratamento de alguns assuntos como, por exemplo, a Fotossíntese e de divulgação de actividades, diferentes das habitualmente utilizadas que se pudessem levar à prática com alunos de Biologia do Ensino Secundário.

Os grupos de trabalho revelaram por vezes algumas insuficiências no seu funcionamento, porque não se quis impor os critérios sugeridos inicialmente para a formação e organização dos mesmos.

A documentação fornecida aos professores, durante os seminários, como meio auxiliar de realização das actividades e de divulgação de aspectos não adequados dos conceitos em estudo e possível origem dos mesmos, considera-se ajustada.

A exposição de livros e revistas, de publicação recente, dos domínios da Didáctica das Ciências e da Biologia teve muita aceitação junto dos professores.

Permitiu divulgar meios de informação diferentes dos habitualmente utilizados; contribuindo assim, para diminuir o fosso entre os centros produtores do saber e os seus consumidores mais directos - os professores.

O modelo de trabalho utilizado foi inovador para este tipo de iniciativas. Foi muito bem aceite pelos professores por permitir, numa primeira fase, uma discussão aberta dos problemas no grupo de trabalho, seguida do desenvolvimento oral de alguns tópicos dos assuntos em estudo.

Considera-se que um possível obstáculo à eficácia deste curso poderia ser o programa ambicioso e o curto período de tempo em que ele se desenvolveu.

Este trabalho constituiu uma tarefa exigente e arriscada, mas por todas as experiências que proporcionou e pelo modo como decorreu considera-se gratificante .

Apesar da satisfação sentida, satisfação que advém da auto-avaliação crítica e do "feedback" dos professores, tem-se consciência das suas limitações. Pensa-se, contudo aproveitar esta experiência para otimizar a planificação e realização de futuros trabalhos/cursos de formação contínua de professores de Ciências.

# **CAPÍTULO 5**

## **CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS E SUGESTÕES**

### **5.1 - INTRODUÇÃO**

A finalidade deste capítulo é apresentar as conclusões do estudo realizado, tendo por base os objectivos definidos no capítulo 1, e discutir implicações delas decorrentes para o processo de formação contínua de professores de Ciências, particularmente de professores de Biologia. Por fim, apresentam-se algumas sugestões para futuras investigações, tendo por base a análise efectuada sobre os resultados obtidos, a reflexão realizada no decorrer do estudo e a bibliografia consultada para a elaboração do mesmo.

### **5.2 - PRINCIPAIS CONCLUSÕES**

Dada a natureza do trabalho desenvolvido não é possível qualquer generalização a partir dos dados obtidos. As conclusões são encaradas como perspectivas susceptíveis de constituírem linhas orientadoras para trabalhos futuros no âmbito da formação contínua de professores de Ciências.

A análise dos resultados permite-nos chegar às seguintes conclusões:

1-Poderá ser pertinente e relevante para complemento/actualização da formação científica e pedagógico-didáctica de professores de Biologia a abordagem em programas de formação contínua dos seguintes assuntos: Construtivismo e Concepções Alternativas dos Alunos; Energia e o ensino da Biologia; O Ião ATP<sup>4-</sup>: Estrutura e Função; Respiração Celular; Fermentação e Fotossíntese.

Pensamos poder fundamentar o que acabamos de afirmar pelo(s):

-Número elevado de professores interessados no curso, em Julho (curso piloto) e em Setembro (curso principal) (ver subsecção 3.3.1). Tratava-se de um curso intensivo de três dias, realizado no final do ano lectivo ou uma semana antes do início de outro, épocas particularmente difíceis para os professores, a frequentar em regime de voluntariado, não remunerado nem creditado. Pensamos, por isso, que o interesse manifestado pelos professores de Biologia em frequentar um dos referidos cursos se ficou a dever ao reconhecimento da necessidade de formação científica e didáctica sobre aqueles assuntos.

-Assuntos seleccionados terem sido considerados por mais de 87,5% dos professores, "muito úteis" ou "bastante úteis", para a sua função docente. Acrescente-se ainda o facto de alguns professores terem salientado, como aspecto que os impressionou mais favoravelmente, a importância dos assuntos tratados para a sua prática pedagógica:" O que mais me impressionou foi a importância de todos os assuntos tratados por terem a ver com os assuntos tratados por nós nas aulas" P27.

2-Os conteúdos seleccionados para a abordagem de cada um dos assuntos foram considerados de "muito interesse" ou de "bastante interesse", por mais de 90% dos professores presentes.

A selecção dos conteúdos a abordar sobre cada um dos assuntos constituiu para nós motivo de grande reflexão. Defendemos na secção 1.3 que o reconhecimento, por parte dos professores, da importância da abordagem desses conteúdos para a sua prática lectiva seria de fundamental importância para uma aprendizagem significativa. Assim, os conteúdos foram seleccionados, com base na sua saliência e centralidade no programa de Ciências da Terra e da Vida, nos problemas sentidos pelos professores na sua prática pedagógica e, ainda, em aspectos não adequados, existentes nos manuais escolares, e em outros recursos didácticos. Deu-se especial destaque aos conteúdos com aspectos que fazem parte do "senso comum" dos professores e que são questionados pela comunidade científica. Eventualmente, por isso, a selecção dos conteúdos tratados foi considerada, pela maioria dos professores, "muito adequada" ou "adequada" e o interesse da acção, "muito grande".

### 3-O curso talvez devesse ter tido uma duração maior.

Embora a maioria dos professores considerasse adequada a duração prevista para o tratamento dos assuntos abordados no curso todos indicaram que este, no geral, se desenvolveu num "ritmo rápido". Alguns professores referiram ainda no pós-teste, secção C (Comentários sobre aspectos globais), a falta de tempo para concluir algumas actividades e para aprofundar alguns assuntos: "Alguns aspectos científicos foram facultados muito rapidamente e portanto não houve tempo suficiente para os apreender na sua totalidade " P20; "Nem sempre conseguimos terminar as tarefas propostas no tempo determinado..." P021; "O ideal seria que o tempo fosse mais longo para a cimentação e consolidação das ideias ou a repetição noutros contextos destes assuntos..."P32

Pensamos, por isso, que deveria ter sido dado mais tempo para o tratamento da maioria dos assuntos, o que poderia proporcionar mais facilmente o conflito cognitivo e eventualmente a reestruturação de conceitos. Poderíamos também ter optado por uma redução do número de assuntos a abordar, mas como o nosso principal objectivo era a consciencialização para a perspectiva construtivista e para aspectos cientificamente inadequados da linguagem do professor e do material didáctico que ele utiliza, optámos pela abordagem de uma maior variedade de assuntos científicos.

4-As atitudes de todos quantos se envolvem na organização do curso, pode ser um contributo importante para o bom funcionamento do mesmo.

A "disponibilidade" e a "simpatia" dos organizadores, e a "relação humana" estabelecida foram aspectos referidos como muito positivos. É fundamental em qualquer relação pedagógica um bom clima de trabalho, particularmente quando se utilizam perspectivas construtivistas de ensino-aprendizagem. Esta condição é necessária para que haja explicitação das ideias, de problemas e de dificuldades por parte do professor em formação, fase fundamental no processo de mudança. Por isso, Gunstone e Northfield (1988) e Gunstone e outros (1993), consideram a criação de um clima de confiança, entre os membros de um grupo de trabalho e entre estes e o formador, um factor importante num processo de formação de índole construtivista. Pensamos que este aspecto foi conseguido, porque vários professores referiram que se sentiram "como colegas relativamente às organizadoras e promotora da acção" P15.

5-O modelo de trabalho utilizado neste estudo foi adequado aos princípios e objectivos definidos para o curso e teve impacto nos professores que nele participaram .

Com efeito, um terço dos participantes destacaram-no como o aspecto que os impressionou mais favoravelmente e 25,0% indicaram-no como modelo para a organização e realização de futuros trabalhos, sobre outros assuntos, no âmbito da formação contínua de professores de Biologia .

As estratégias de mudança conceptual utilizadas no curso, à semelhança das estratégias defendidas por Champagne, Gunstone e Klopfer (1985 citado por Smith, 1993), basearam-se essencialmente no "confronto ideacional". Destas destacamos:

5.1-As actividades propostas, por terem proporcionado uma análise crítica das práticas e do material didáctico utilizado habitualmente pelos professores e uma consciencialização e reflexão sobre concepções alternativas dos alunos e por vezes sobre as suas próprias concepções. Pérez (1991) afirma que é necessário analisar a docência do "senso comum", para que se promova uma mudança conceptual.

5.2-Os trabalhos de grupo, por terem permitido uma reflexão, um confronto e um debate de ideias entre colegas constituíram assim momentos de trabalho de extrema importância. Essa importância é reconhecida pelos professores participantes: "...O trabalho de grupo foi bastante proveitoso", P20 "...Foi bastante bom a troca de ideias com os diferentes colegas" P05. Também alguns investigadores como, por exemplo, Constable e Long (1991), Pérez (1991), Wheatly (1991), Gunstone e outros (1993), vêem no trabalho de grupo um óptimo auxiliar para gerar conflito cognitivo necessário ao processo de mudança conceptual.

5.3-As exposições orais, realizadas geralmente no final dos seminários, por apresentarem resultados de investigações recentes sobre os assuntos a abordar proporcionaram o confronto entre as perspectivas dos professores sobre os assuntos em causa e a versão cientificamente aceite.

5.4-A variedade, a quantidade e a qualidade do material distribuído foram importantes pelo apoio à realização das actividades, pelas propostas didácticas veiculadas e pelo eventual confronto gerado entre as ideias dos professores e a versão aceite pela comunidade científica.

6-A dimensão da amostra e o tamanho dos grupos de trabalho pareceu-nos apropriados à metodologia e ao modelo de formação utilizados no curso.

7-O curso proporcionou, a alguns professores, uma maior consciencialização sobre a perspectiva construtivista de ensino-aprendizagem e a sua problemática. O que acabamos de afirmar baseia-se no facto de, após o curso, as respostas dos professores revelarem maiores preocupações com:

-A existência de eventuais concepções alternativas nos alunos e com as suas implicações no processo ensino- aprendizagem.

-As possíveis origens das concepções alternativas.

-A planificação de estratégias que eventualmente possam vir a originar conflito cognitivo nos alunos.

Muitos professores revelaram ainda nas suas respostas, um maior conhecimento de concepções alternativas de alunos identificadas e descritas na literatura sobre os assuntos abordados.

8-Relativamente aos assuntos científicos da especialidade o curso poderá ter proporcionado: actualização na formação científica dos professores; clarificação de conceitos sobre os assuntos abordados; sensibilização sobre aspectos inadequados, utilizados frequentemente por alguns professores de Biologia e por alguns materiais didácticos.

Esta afirmação baseia-se nos seguintes factos:

-Após o curso ter-se verificado nas respostas fornecidas, um maior número de professores a evidenciar a R.A. ou versões próximas dela. Houve realmente modificações nas respostas de alguns professores, como se pode verificar nas tabelas apresentadas na subsecção 4.3.4 (tabelas 4.8, 4.10, 4.12, 4.13) e no quadro 1 do anexo VI, aproximando-se mais da versão aceite pela comunidade científica. Mas nem sempre as respostas evoluíram para o ponto que se queria. Este tema "Energia nos Sistemas Biológicos", era apontado como difícil para os professores (ver secção 1.4) e o desenrolar dos trabalhos tornou este aspecto

saliente. Daí em parte a pertinência da sua abordagem num curso de formação contínua de professores de Biologia.

-O curso ter sido considerado, por mais de 90% dos professores participantes, "muito útil" ou "bastante útil", para a clarificação de conceitos sobre os assuntos em referência.

-Opiniões referentes aos benefícios da acção, como por exemplo, "a actualização científica" e a "clarificação de conceitos" terem sido salientadas por alguns professores como aspectos do curso que os impressionaram mais favoravelmente. Ex: "...A abordagem dos assuntos trouxe-me conhecimentos completamente novos" P28; "...O curso proporcionou-me clarificação de aspectos relacionados com os temas tratados" P07; "Alertou-me para a correcção da linguagem e nova formalização de conceitos..." P021; "Trouxe benefícios na medida em que veio ampliar conhecimentos e favorecer uma maior abertura de espírito" P30; "Como participante verifiquei que pouco "sei" sobre os assuntos tratados, pois foram levantadas questões que nunca me passaria pela cabeça e agora leva-me a estudar e a reflectir de outra maneira" P05.

Pensamos que o curso forneceu algumas informações relevantes que poderão ser sementes de mudança e contribuiu para consciencializar os professores para a necessidade de uma actualização contínua. Este aspecto é reconhecido por alguns professores, que afirmaram: "Julgo este trabalho muito importante e quero apenas expressar a pena (e FALTA) que sinto de acções deste tipo para apoio científico. Os professores em geral recebem muito pouco apoio na sua formação, mas os aspectos científicos são ainda aqueles que são menos contemplados" P07.

9- Muitos dos relatos dos professores presentes no curso eram indicadores de que estes praticavam formas de ensino que não estão enquadradas em novas perspectivas de ensino-aprendizagem das Ciências.

10-Alguns professores manifestaram sobre alguns dos assuntos abordados no curso, concepções alternativas semelhantes às identificadas em alunos de Biologia. Por exemplo: "a ruptura de ligações é um fenómeno exoenergético", ex: "...Não é necessário dar importância às ligações de "alta energia" mas pelo contrário à energia que se liberta quando se quebram as ligações fosfato" P07 (a); "existem ligações químicas de alta energia e normais", ex: "... Parece-me talvez necessário clarificar que as

ligações ditas de alta energia são as que ocorrem com os grupos de fosfato e não todas as ligações da molécula" P11(a).

11-A exposição de livros e revistas da especialidade e da Didáctica das Ciências constituiu uma iniciativa interessante de divulgação de novas fontes de informação e de apoio aos professores .

São muitos os livros e revistas da especialidade e da Didáctica das Ciências, que os professores desconhecem por não terem acesso a eles, e que divulgam resultados de importantes investigações. Como muitas das vezes não são postos à venda em Portugal, nem é divulgada a sua publicação nas escolas, os professores não conhecem a sua existência e, conseqüentemente, os resultados das investigações que divulgam. Assim sendo, a divulgação destas fontes de informação deve ser encarada como uma tarefa muito séria e esta exposição pretendeu dar um contributo nesse sentido.

12- Foi especialmente saliente, antes da realização do curso (respostas às questões do pré-teste) e durante a realização do mesmo, as dificuldades e as inadequações científicas que, de um modo geral, os professores possuíam sobre conceitos químicos necessários à compreensão dos fenómenos biológicos. Pensamos que esta situação não será muito diferente para outros professores de Biologia.

O curso pretendeu contribuir, embora modestamente, para ultrapassar algumas dessas dificuldades. Por isso, foi destinado parte do seminário, "Energia e o ensino da Biologia", à clarificação de conceitos químicos considerados fundamentais à compreensão de processos biológicos. No entanto, temos consciência de que muito ficou por fazer. Pensamos, por isso, que seria interessante a abordagem desses assuntos em outros cursos de formação contínua de professores de Biologia.

### 5.3- LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Este estudo possui as seguintes limitações:

-Talvez a duração do curso tenha sido pequena para mudar conhecimentos e atitudes nos professores. Numa perspectiva construtivista da aprendizagem a formação deve processar-se, principalmente por mudança conceptual. Este processo é moroso e difícil de acontecer, principalmente em indivíduos com esquemas conceptuais bem estruturados, como seria o caso de muitos professores que constituíram a nossa amostra.

Para se dar a mudança conceptual é necessário dar tempo e oportunidade para actividades de reflexão, discussão e conflito cognitivo. Estas oportunidades foram dadas, o tempo é que pensamos poder não ter sido sempre suficiente para a realização de uma aprendizagem efectiva por todos.

-Os instrumentos que permitiram a recolha de dados para avaliação (questionários) do curso possuem determinadas limitações, por exemplo, são discutível as perguntas que se colocaram.

- O formato da apresentação de algumas questões do pré-teste e do pós-teste (seccção D) poderá ter tido alguma relação com a não resposta a alguma componente da questão (científica e/ou pedagógico-didáctica). Tratava-se de questões com um enunciado extenso e em que por vezes não se deu o devido destaque às duas componentes do problema em causa.

- O instrumento que permitiu medir o impacto da acção foi administrado no final do curso e não afastado dele temporalmente. Embora estejamos conscientes desta limitação optámos por não correr o risco de numa data posterior não conseguir obter quaisquer dados.

-Uma vez que não existe um método único para realizar uma análise de conteúdo, a análise realizada neste estudo constitui um modo possível de interpretar as respostas dos professores.

-O estudo considera globalmente os professores e analisa a relação entre os resultados globais do pré-teste e do pós-teste. No entanto, temos consciência que a análise dos dados obtidos não se esgota com a apresentação deste trabalho escrito. Por exemplo, seria também muito interessante considerar a evolução

individual de cada professor. Neste trabalho tal não foi realizado devido a limitações de tempo.

-Não possuímos qualquer tipo de dados sobre o impacto das ideias divulgadas, na sala de aula. Este é por certo, um aspecto importante, a ser avaliado, porque qualquer acção de formação contínua de professores deve ter como principal objectivo a melhoria da qualidade de ensino com vista à melhoria das aprendizagens. Dada a natureza exploratória deste trabalho e as limitações de tempo, não foi possível avaliarmos tal impacto.

## **5.4- IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS**

A visão contrutivista do conhecimento implica para os professores de Ciência uma mudança de atitudes relativamente à aprendizagem e ao ensino. O professor tem de conceptualizar os alunos como construtores do seu conhecimento, pelo que tem de tornar-se algo mais do que um "apresentador da informação" e dedicar-se, por exemplo, ao diagnóstico das concepções prévias dos alunos, algumas já concepções alternativas e à planificação e implementação de estratégias de ensino/aprendizagem que visem a mudança conceptual.

Mas para isso os professores têm de estar preparados porque a perspectiva construtivista de ensino-aprendizagem, exige que estes possuam conhecimentos teóricos sobre esta problemática e um conhecimento profundo da matéria a ensinar e da sua didáctica.

O curso, objecto desta investigação, pretendeu dar um contributo nesse sentido ao tentar consciencializar os professores com a perspectiva construtivista da aprendizagem e a problemática das concepções alternativas, actualizar a formação científica dos professores e clarificar conceitos sobre os assuntos em estudo. Tinha como objectivo último melhorar as práticas dos professores com vista a uma aprendizagem mais eficaz.

A amostra envolvida no curso foi seleccionada de modo a permitir participar nela o maior número possível de orientadores de estágio e de delegados de grupo. Ao adoptar este procedimento foi nossa intenção que estes, dada a sua situação privilegiada, pudessem posteriormente contribuir para a divulgação da acção junto de outros professores.

A proposta de estratégia de formação contínua de professores de Ciências preconizada neste estudo pareceu ser inovadora, apropriada à consecução dos objectivos definidos e ter impacto nos participantes. Por isso, não obstante as suas limitações, demonstrou ter mérito suficiente para ser considerada como possível ponto de partida para estratégias mais elaboradas de formação contínua de professores de Ciências.

## **5.5 - SUGESTÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES**

Apesar da análise dos resultados nos ter permitido concluir que o modelo do curso foi apropriado à consecução dos objectivos definidos temos consciência das suas limitações (ver secção 5.4), por isso, pensamos estar em condições de poder fazer sugestões no sentido de o tornar mais eficaz. Sugerimos portanto:

1-Sessões de formação espaçadas no tempo, em vez sessões contínuas durante dias seguidos. É importante dar tempo e oportunidade para os professores reflectirem e se possível porem em prática as idéias e perspectivas preconizadas no curso com vista a uma posterior reflexão e discussão no grupo de trabalho.

2-Mais tempo para a realização de actividades de grupo, pois proporcionam "aprendizagens directas e fazem circular muito mais informação" (Ponte, 1991, p.132). Além disso "o diálogo entre os professores é fundamental para consolidar saberes emergentes" (Nóvoa, 1991, p.30).

3-Mais momentos de avaliação do curso.

A proposta de avaliação que se segue baseia-se na reflexão crítica sobre a avaliação realizada no curso, objecto desta investigação, e num trabalho de avaliação de um curso intensivo de formação contínua de professores de Ciências, com duração de 2 dias, realizado por Constable e Long (1989).

A avaliação de um pequeno curso intensivo de formação contínua de professores deve visar principalmente: apreciar a evolução cognitiva destes sobre aspectos pedagógico-didácticos e científicos que o curso proporcionou; conhecer a praticabilidade das ideias e estratégias defendidas no curso; conhecer o grau de utilização das perspectivas abordadas na sala de aula e a sua divulgação junto de outros professores.

Assim, advogamos quatro momentos de avaliação: (i) no início do curso; (ii) no final de cada seminário; (iii) no final do curso e (iv) posteriormente

(i) No início do curso, a avaliação poderá ser realizada através de um questionário (pré-teste) com questões de carácter pedagógico-didáctico e científico que visem a caracterização das práticas e uma avaliação dos conhecimentos científicos da sua área disciplinar respeitante aos assuntos a abordar no mesmo.

(ii) No final de cada seminário, os participantes devem emitir a sua opinião sobre: a qualidade da sessão; a sua adequação aos objectivos propostos; a praticabilidade das ideias divulgadas, na sala de aula; a disponibilidade dos participantes em se envolverem em experiências pessoais que ponham em prática as ideias e perspectivas defendidas no curso.

(iii) No final do curso devem-se fornecer questionários (pós-teste) iguais aos distribuídos no início do curso (pré-teste). Do pós-teste devem constar ainda questões referentes a aspectos organizacionais.

(iv) Na nossa perspectiva a avaliação posterior deve-se realizar após se ter dado tempo e oportunidade aos professores de poderem por em prática as ideias e estratégias preconizadas. Esta avaliação deve ter como principal objectivo conhecer o impacto do curso nas práticas do professor e na aprendizagem dos alunos. Assim, os professores devem ser inquiridos sobre: a utilização com os alunos das ideias e estratégias defendidas nas sessões; as dificuldades sentidas na sua implementação; o aprofundamento realizado das ideias tratadas; as abordagens dessas ideias em acções de formação e/ou conversas e reuniões com colegas.

Consideramos, tal como Constable e Long (1991) que os cursos intensivos de formação contínua de professores de pequena duração (2-3 dias) fornecem uma boa base de reflexão sobre alguns aspectos da mudança. Mas também estamos conscientes, tal como Tobin e Garnett (1988) que as mudanças na prática não são simples, porque envolvem perspectivas sobre o ensino e a aprendizagem, métodos de ensino, conhecimento da matéria da especialidade e recursos resultantes de uma larga experiência. Além disso, as mudanças que este género de curso promove, têm lugar praticamente fora do período de funcionamento do curso. Assim, apesar de ser importante conseguir um modelo de formação eficaz, pensamos que se torna ainda mais importante fazer com que

os conhecimentos construídos pelo professor sejam postos em prática na sala de aula e dessa forma contribuam, para melhorar a qualidade da educação.

Uma maneira possível de fomentar tal processo será através do posterior acompanhamento de professores presentes no curso com vista a desenvolverem, adoptarem e a implementarem as mudanças propostas. Na impossibilidade de apoiar posteriormente todos os professores participantes, sugerimos para um futuro trabalho de investigação, o acompanhamento de três professores. Estes deverão:

-Aprofundar aspectos relacionados com a perspectiva construtivista da aprendizagem e com os assuntos científicos em causa.

-Utilizar na prática pedagógica a perspectiva construtivista de ensino/aprendizagem, e novos conhecimentos e estratégias sobre os assuntos científicos em referência.

-Desenvolver uma "inteligência profissional" ou seja, uma forma de pensar que orienta a acção e lhe atribui sentido, uma capacidade de actuação flexível, contextualizada, baseada em decisões concretas, fruto de um saber que não é apenas teórico mas assume uma dimensão de uso ou aplicação (Rubin, 1989 citado por Alarcão, 1993, p.20).

As estratégias de formação destes professores deverão ser orientadas numa perspectiva de "investigação-acção" em que o processo de pesquisa e o conhecimento produzido deverão visar o aperfeiçoamento e a inovação nas práticas (Canário, 1991; Cachapuz, 1993). Por isso, as estratégias de formação deverão permitir aos professores em formação:

-Um desenvolvimento pessoal e profissional tendo por base a experiência de cada um.

-Uma reflexão sobre o seu ensino e princípios epistemológicos subjacentes.

-Uma reflexão sobre a compreensão de conceitos relacionados com os assuntos científicos em causa e uma confrontação dessa compreensão com as ideias de outros colegas e com as divulgadas em livros e revistas da especialidade, de publicação recente.

-Desenvolver e apoiar o trabalho de grupo do tipo "colaborativo" (Gunstone et al., 1993) e reflexivo. Deve tentar-se, sempre que possível, desenvolver no professor a capacidade de "reflexão na acção", de "reflexão sobre a acção" e de "reflexão sobre a reflexão na acção" e confrontar os resultados destas reflexões com os dos colegas.

-Utilizar métodos e instrumentos básicos de pesquisa com os quais não estejam familiarizados.

As fases deste projecto de formação encontram-se salientadas na fig 5.1.

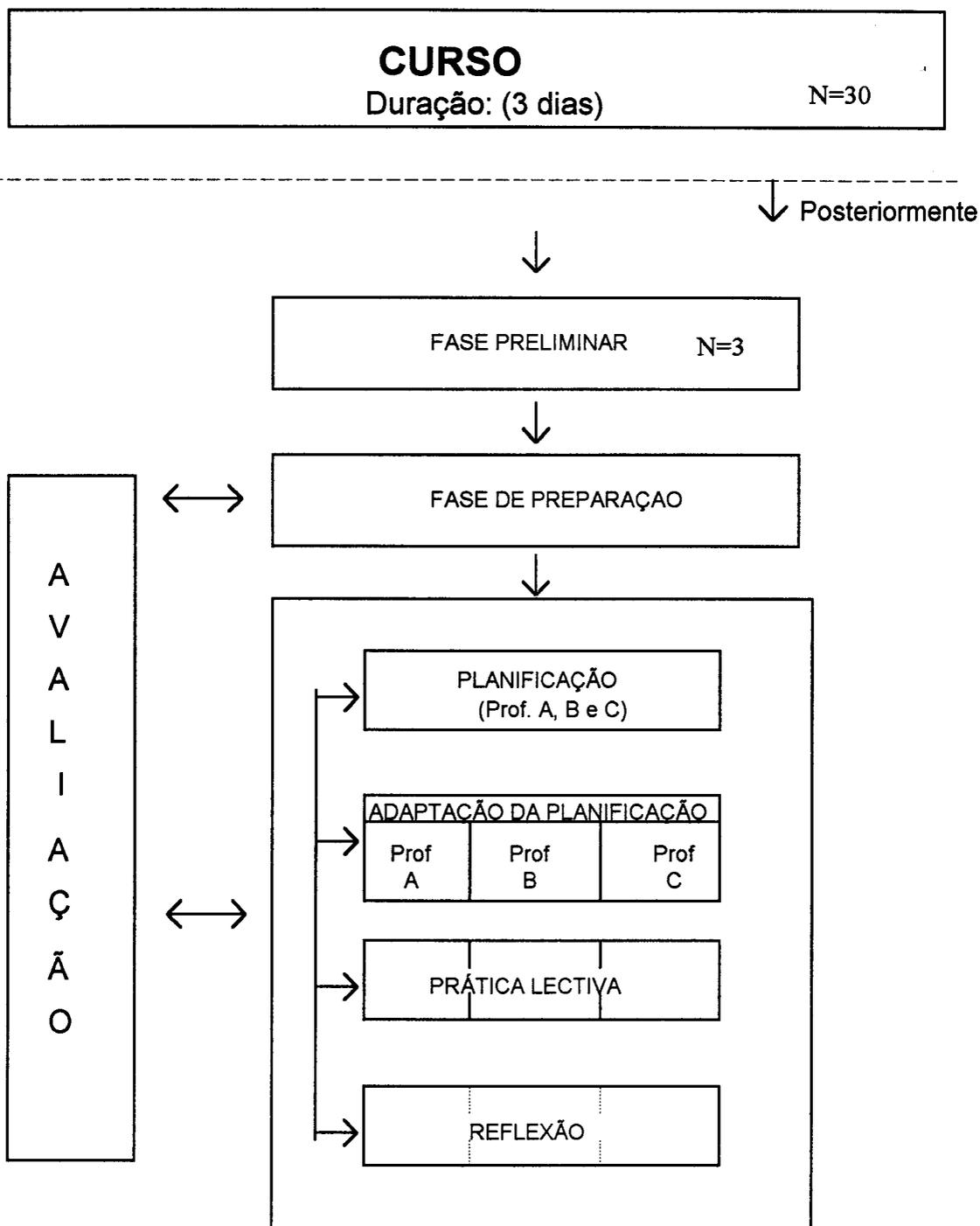
1-A **fase preliminar** constará da selecção de eventuais interessados.

Na nossa perspectiva, os professores seleccionados para este trabalho deveriam ser aqueles que evidenciaram no final do curso, um maior número de respostas adequadas, por se julgar tal comportamento poder demonstrar uma maior consciencialização sobre as ideias e perspectivas veiculadas no curso e, eventualmente, uma maior receptividade à mudança. Com o formato de anonimato usado neste curso este critério não poderia ser utilizado.

2-A **fase de preparação** dos professores para o trabalho a desenvolver será constituída de duas etapas:

2.1-A de levantamento de factores que eventualmente facilitem e/ou dificultem a implementação pelos professores de Biologia de ideias e estratégias preconizadas no curso.

Tal estudo só se deverá processar algum tempo após a realização do curso, que temos vindo a descrever. Pensamos, por isso, que seria fundamental conhecer se os professores envolvidos neste projecto puseram em prática ideias e estratégias apresentadas no curso. No caso afirmativo, identificar através de entrevista dificuldades encontradas e factores que facilitaram a sua implementação. No caso negativo, tentar saber os motivos porque tal não aconteceu.



**Fig. 5.1-**Modelo de implementação de mudanças incrementadas num curso intensivo de formação contínua de professores de Ciências.

2.2-A de aprofundamento a nível científico e didáctico dos assuntos abordados no curso. Após o levantamento de possíveis obstáculos e/ou de factores que facilitem a implementação das ideias, proceder-se-ia a um aprofundamento sobre os assuntos científicos e pedagógicos em referência, com base principalmente em bibliografia adequada e na confrontação de ideias e experiências no grupo de trabalho. Esta fase teria como objectivos um aprofundamento e clarificação de conceitos e uma melhor compreensão das práticas.

3.1-Na **fase de planificação** proceder-se-á em colaboração com todos os intervenientes no projecto, ao desenvolvimento de uma planificação de actividades/estratégias de ensino, sobre os tópicos científicos abordados no curso, tendo em vista a mudança conceptual dos alunos.

3.2-Na **fase de adaptação da planificação** cada professor tentará, com base na planificação realizada, adequar as actividades/estratégias ao seu grupo turma, numa tentativa de maior eficácia na aprendizagem.

3.3-Segue-se a **fase de prática lectiva** em que os professores irão implementar e validar na sala de aula a planificação realizada.

3.4-Na **fase de reflexão** dar-se-á especial atenção à reflexão individual e em grupo e ainda à avaliação crítica do trabalho realizado.

A reflexão individual deverá processar-se no desenrolar da acção e após a sua realização. Poderá ser ajudada pelo formador que, sempre que considere necessário ou quando os professores o solicitarem, poderá observar aulas, analisar, reflectir e interpretar os dados recolhidos e procurar soluções para as dificuldades e problemas que vão surgindo. Periodicamente haverá reuniões com todos os professores envolvidos no projecto e com o formador, com o objectivo de reflectirem sobre o trabalho realizado, confrontarem ideias e experiências, tentarem arranjar solução para problemas e ajustarem a planificação, a realização e a avaliação do trabalho numa perspectiva de investigação-acção. O formador em todo este processo deverá ter como função "informar, apoiar" mas também "desafiar" (Alarcão, 1993).

A **avaliação** desta investigação processar-se-á no decorrer e no final da mesma, principalmente, através do auto-relato diário das práticas lectivas dos professores, de um relatório crítico apresentado no final do projecto e de entrevistas para a identificação e compreensão de aspectos críticos. Esta avaliação terá como objectivo melhorar a planificação, a realização e a avaliação do projecto.

Pensamos que os professores após esta formação estarão eventualmente preparados para dar formação nesta área a outros professores pois: possuirão conhecimentos teóricos e práticos; conhecerão dificuldades manifestadas por alunos na sala de aula; terão desenvolvido mecanismos conceptuais para as ultrapassar e possuirão "inteligência profissional". Deste modo, o curso de formação contínua de professores poderá ser desmultiplicado e ter assim um maior impacto no ensino e na aprendizagem dos alunos podendo, eventualmente, contribuir para a melhoria da qualidade da educação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- AKERROYD, F. M. (1983) Teaching the Krebs cycle. *Journal of Biological Education*, 17 (3), p. 245-246.
- ALARCÃO, I. (1991) Reflexão crítica sobre o pensamento de D. Schön e os programas de formação de professores. *Cadernos Cidine* 1, p.5-22.
- ALARCÃO, I. (1992) Continuar a formar-se, renovar e inovar. A formação contínua de professores. *Revista ESE de Santarém*, 3, p. 24-35.
- ALARCÃO, I. (1993) Formar-se para formar. *Revista ESE de Portalegre*, 15, p.19-25.
- ALVES, M. (1991) A formação contínua dos professores. *Revista Portuguesa de Pedagogia*, Ano XXV (2), p.25-42.
- AMEH, C.O. e GUNSTONE, R. F. (1986) Science teachers' concepts in Nigeria and Australia. *Research in Science Education*, 16, p. 73-81.
- AMEH, C. O. e GUNSTONE, R. F. (1988) *The understand held by nigerian Science teachers of some Science concepts*. Paper Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans.
- ANDERSON, C. W. e SHELDON, T. (1985) *The effects of instruction on college non-majors' conceptions of respiration and photosynthesis*. Paper Presented at the Annual Meeting of A. E. R. A., Chicago.
- ARZI, H. J., WHITE, R.T. e FENSHAM, P. J. (1987) *Teachers knowledge of Science: An account of a longitudinal study in progress*. Paper Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Washington.
- AUSUBEL, D. P. (1968) *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt Rinehart and Winston.
- BARGELLINI, A. e RIANI, P. (1991) Children's conceptions in chemistry at elementary school level and some implications for inservice

- training of teachers. *European Journal of Teacher Education*, **14** (1), p. 9-18.
- BARKER, M. e CARR, M. (1989) Teaching and learning about photosynthesis. Part 2: A generative learning strategy. *International Journal of Science Education*, **11** (2), p. 141-152.
- BARRASS, R. (1984) Some misconceptions and misunderstandings perpetuated by teachers and textbooks of Biology. *Journal of Biological Education*, **18** (3), p.201-206
- BELL, B. (1985) Students' ideas about plant nutrition. What are they ?. *Journal of Biological Education*, **19** (3), p. 213-218.
- BELL, B. e BROOK, A. (1984) Aspects of secondary students' understanding of plant nutrition: Full Report. *CLIS Project*, Leeds:The University.
- BERING, C. L. (1985) Energy interconversions in photosynthesis. *Chem I Supplement*, **62** (8), p.659-664.
- BICAK, C. J. (1987) Relevancy in the Biology classroom: A perspective on energy in plants. *The American Biology Teacher*, **49** (2), p. 84-89.
- BIERMAN, C. A. (1988) Hot potatoes - high energy electrons: An analogy. *The American Biology Teacher*, **50** (7), p. 451-452
- BLISS, J., MONK, M. e OGBORN, J. (1983) *Qualitative data analysis for educational research - A guide to uses of systemic networks*. London and Canberra: Croom Helm.
- BOYES, E. (1990) Pupils' ideas concerning energy sources. *International Journal of Science Education*, **12** (5), p. 513-529.
- BROADFOOT, P. (1992) Teaching and the challenge of change: Educational research in relation to teacher education. *European Journal of Teacher Education*, **15** (1/2), p. 45-52.
- BURROWS, J. (1983) An experiment to illustrated the significance of aerobic respiration in yeast. *The School Science Review*, **64** (229), p. 697-699.

- CACHAPUZ, A. (1987) Modelos interpretativos dos alunos sobre energia e reacções químicas: Implicações educacionais. In *Actas do I Encontro sobre Educação em Ciência*, Universidade do Minho, p.51-62.
- CACHAPUZ, A. (1991) De como a aprendizagem da Química na formação inicial de professores pode constituir uma barreira à inovação. In, PESTANA, M. E. e PEREIRA, M. P. (eds) *Química encruzilhada de disciplinas. Actas do colóquio*, vol.1, Lisboa: SPQ, p. 114-126.
- CACHAPUZ, A. e MARTINS, I. P. (1991) Formação em Química dos professores e ensino para a mudança conceptual - Uma estratégia inovadora. *Boletim SPQ*, 46 (série II), p.13-18.
- CACHAPUZ, A., MALAQUIAS, I., MARTINS, I. P., PEDROSA, M. A., LOUREIRO, M. J., THOMAZ, M. F. e COSTA, N. (1991) Problemática das concepções alternativas na formação inicial de professores de Física e Química. In *Actas do 2º Encontro Nacional de Didáctica e Metodologia de Ensino*, Universidade de Aveiro, p.173-183.
- CACHAPUZ, A. (1993) Ensino das Ciências e mudança conceptual: Estratégias inovadoras de formação de professores. *Rev.Inovação*, 6, p. 47-54.
- CAMPOS, B. P. (1993) Perspectivas de formação contínua de professores. *Rev Educação*, 6, p. 19-23.
- CANAL, P. e RASTILLA, C. (1986) Une étude sur le niveau de structuration des concepts "Photosynthesis" et "Respiration" des étudiants de l' école normale. In, GIORDAN, A. e MARTINAND, J. L. (eds): *Feuilles d'Epistemologie Appliqué e de Didactique de Sciences*. Paris: Instaprint, p. 39-44.
- CANÁRIO, R. (1991) Dimensão investigativa na formação contínua de professores. In *Actas do 1º Congresso Nacional de Formação Contínua de Professores: Realidades e Perspectivas*, Universidade de Aveiro, p. 217-225.
- CARDOSO, A., REIS, M., VERDELHO, T. e VIEIRA, J. (1991) Dimensão de formação do domínio da especialidade. In *Actas do 1º Congresso*

*Nacional de Formação Contínua de Professores: Realidades e Perspectivas*, Universidade de Aveiro, p.113-127.

- CLERMONT, C. P., KRAJCIK, J. S. e BORKO, H. (1993) The influence of an intensive in-service Workshop on pedagogical content knowledge growth among novice chemical demonstrator. *Journal of Research in Science Teaching*, **30** (1), p. 21-43.
- COHEN, N. (1991) *Cell structure, function and metabolism*. Milton Keynes: Open University.
- CONSTABLE, H. e LONG, A. F. (1989) Creating professional vocabulary: issues in evaluating and running a short in-service course. *Studies in Science Education*, **16**, p.195-208.
- CONSTABLE, H. e LONG, A. F. (1991) Changing Science teaching: Lessons from a long-term evaluation of a short in-service course. *International Journal of Science Education*, **13** (4), p. 405-419.
- CORREIA, J. A. (1989) *Inovação pedagógica e formação de professores*. Porto: Edições Asa.
- CORREIA, M. R. (1990) *Persistência das ideias alternativas sobre permeabilidade à água em sistemas biológicos*. Tese de Mestrado, não publicada. Braga, Universidade de Braga, Instituto de Educação .
- DAVIS, G. R. (1990) Energy for the planet earth. *Scientific American*, **263** (3), p.21-27.
- DEMAILLY, L. (1990) Modeles de formation continue et stratégies de changement. *Inovations*, **19-20**, p.7-25.
- DEVLIN, T. M. (1992) *Textbook of Biochemistry with clinical correlations*. 3<sup>rd</sup> Edition, N. Y.: Wiley-Liss.
- DRIVER, R. (1983) *The pupil as scientist?*. Milton Keys: Open Univ. Press.
- DRIVER, R. e BELL, B. (1986) Student thinking and learning of Science: A construtivist view. *School Science Review*, **67**, p. 443-456

- DRIVER, R. e EASLEY, J. (1978) Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, **5**, p. 61-84
- DUIT, R. (1987a) Research on students' alternative frameworks in Science-topics, theoretical frameworks, consequences for Science teaching. In, NOVAK, J. (ed.) *Proceedings of The Second International Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, vol.I, Ithaca, N. Y. : Cornell University.
- DUIT, R. (1987 b) Should energy be illustrated as something quasi-material?. *International Journal Science Education*, **9** (2), p. 139-145.
- EISEN, Y. e STAVY, R. (1988) Students' understanding of photosynthesis. *The American Biology Teacher*, **50** (4), p. 208-212.
- ERAUT, M. R. (1985) In-service teacher education. In, HUDSEN T. e POSTLETHWAITE, T. N. (eds) *The International Encyclopedia of Education*, vol.5, Oxford: Pergamon Press, p. 2511-26.
- ERICKSON, G. L. (1979) Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, **63** (2), p. 221-230.
- ESTEVES, M. (1991) Perspectivas de formação contínua de professores em Portugal. In Ciências da Educação em Portugal: Situação Actual e Perspectivas. *Actas do Congresso*, Porto: Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação, p.569-573.
- FENSHAM, P.J. e NORTHFIELD, J. R. (1993) Pre-service Science teacher education. An obvious but difficult arena for research. *Studies in Science Education*, **22**, p. 67-84.
- FERREIRA, J. (1991) O passado/presente; Expectativas de futuro. In *Actas do 1º Congresso Nacional de Formação Contínua de Professores: Realidades e Perspectivas*, Universidade de Aveiro, p. 61-66.
- FERRY, G. (1983) *Le trajet de la formation: Les enseignants entre la théorie et la pratique*. Paris: Dunod.
- FLANNERY, M. C. (1990) Biology today: Thinking chemically about Biology. *The American Biology Teacher*, **52** (6), p. 379-382.

- FRAÚSTO DA SILVA, J. (1985) *Introdução à Química da vida*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- FRIEND, D. J. C. (1990) Plant eco-physiology: Experiments of Crassulacean Acid Metabolism, using minimal equipment. *The American Biology Teacher*, **52** (6), p.358-363
- FURIÓ, C. J. (1993) *Modelos actuales de formación del profesorado de Ciencias*. Comunicação Oral Apresentada ao IV Congresso International sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas, Universitat Autònoma de Barcelona.
- GAYFORD, C. G. (1986 a) *Energy and cells*. London: Mcmillan .
- GAYFORD, C. G. (1986 b) Some aspects of the problems of teaching about energy in school Biology. *European Journal Science Education*, **8** (4), p. 443-450.
- GENET, M. F. e GAGLIARDI, R. (1986) Représentation spontanée sur l'énergie des élèves de 1ère (16-18 ans). In, GIORDAN, A. e MARTINAND, J. L. (eds) *FEADS*, **8**, p.51-58.
- GESS-NEWSOME, J. e LEDERMAN, N. (1993) Preservice Biology teachers' knowledge structures as a function of professional teacher education: A year-long assessment. *Science Education*, **77** (1), p.25-45.
- GIL, V. (1988) O Conceito de energia em Química. *Boletim SPQ*, **32/33**, p.15-31.
- GILBERT, J. K., OSBORNE, R. J. e FENSHAM, P. J. (1982) Children's Science and its consequences for teaching. *Science Education*, **66** (4), p.623-633.
- GIORDAN, A. (1987) Premodels et modèles (personnels et historiques) a propos du champ conceptuel de respiration. In, GIORDAN, A. e MARTINAND, J. L. (eds) *Modeles et simulation. Actes de 9. Journées International sur l'Education Scientific*. Chamonix: Centre Jean Franco, p. 143-149.

- GIORDAN, A. e MARTINAND, J. L. (1988) Etat des recherches sur les conceptions des apprenants a propos de la Biologie. *Annales de Didactiques des Sciences*, **2**, p. 11-63.
- GIORDAN, A. e DE VECCHI, G. (1987) *Les Origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concept scientifiques*. Neuchâtel-Paris: Delachaux & Niestlé.
- GOSZ, J. R., HOLMES, R. T., LIKENS, G. E. e BORMANN, F. H. (1978) The flow of energy in a florest ecossystem. *Scientific American*, **238** (3), p. 93-102.
- GOVINDJEE e COLEMAN, W .J. (1990) How plants make oxigen. *Scientific American*, **262**, (2), p. 42-51.
- GUNSTONE, R. F. (1990) "Children Science ": A decade of developments in construtivist views of Science teaching and learning. *The Australian Science Teachers Journal*, **36** (4), p. 9-19.
- GUNSTONE, R. F. e NORTFFIELD, J. R. (1988) *Inservice education: Some construtivist perspectives and examples*. Paper Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans.
- GUNSTONE, R. F., WHITE, R. T. e FENSHAM, P. J. (1988) Developments in style and purpose of research on the learning of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, **25** (7), p. 513-529.
- GUNSTONE, R. F., SLATTERY, M. BAIRD, J. R. e NORTHFIELD, J. R. (1993) A case study exploration of development in preservice Science teachers. *Science Education*, **77** (1), p. 47-73.
- HAMILTON, R. D. e HOLM-HANSEN, O. (1967) Adenosine Triphosphate content of marine bacteria. *Limnol. and Oceanog.* **12** (2), p.319-324.
- HEWSON, P. W. e HEWSON, M. G. A`B.(1988) An appropriate conception of teaching Science: A view from studies of Science learning. *Science Education*, **72** (5), p.597-614.
- HILL, G. e HOLMAN, J. (1986 a) *Science 1*. Hong Kong: Nelson.

- HILL, G. e HOLMAN. J. (1986 b) *Science 2*. Hong Kong: Nelson.
- HINCKLE, P. C. e McCARTY, R. E. (1978) How cells make ATP. *Scientific American*, **238**, (3), p.104-123.
- HINDER, A. W. (1982) Biological-reduction-oxidation reactions. *The School Science Review*, **64** (227), p. 278-280.
- HONEY, J. N. (1988) Models in Biology: form and function. *Journal of Biological Education*, **22** (4), p. 295-300.
- IGELSRUD, D. E. (1989) How living things obtain energy: A simples explanation. *The American Biology Teacher*, **51** (2), p. 89 -93
- INGLE, M. R. (1983) Cytochromes, chemiosmosis and the synthesis of ATP. *The School Science Review*, **65** (230), p. 67-73.
- JACKSON, P. W. (1971) Old dogs and new tricks: Observations on the continuing education of teachers. In, RUBIN, L.D. (ed) *Improving in Science Education: Proposals and procedures for change.*, Boston, M.A.: Allyn and Bacon Inc., p. 19-36.
- JONES, C. W. (1981) *Biology energy conservation: oxidative phosphorylation*. 2<sup>nd</sup> edition, London: Chapman and Hall.
- KOEVERING, T. E. e SELL, N. J. (1983) An analysis of the effectiveness of energy education Worksops for teachers. *Science Education*, **67** (2), p.151-158
- LEAR, B. (1986) Autumn Leaves. *Chematters*, October, p. 7-10
- LEDERMAN, N. et al. (1993) Summary of research in Science Education: Science teacher education. *Science Education*, **77** (5), p. 492-496
- LEHNINGER, A. (1976) *Bioquímica*. Vol. 1 e 2, São Paulo: Edgard Blücher.
- LESNE, M. (1977) *Trabalho pedagógico e formação de adultos*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- LIMA, J. e FREITAS, M. (1987) *Biologia, o Estudo da Vida*. 10<sup>o</sup> Ano de Escolaridade. 3<sup>a</sup> ed., Porto: Edições Asa.

- LINN, M. C. (1987) Establishing a research base for Science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, **24** (3), p.191-216.
- LOUDEN, W. e WALLACE, J. (1990) The constructivist paradox: Teachers' knowledge and constructivist Science teaching. *Research in Science Education*, **20**, p. 181-190.
- MARQUES, L. E PRAIA, J. (1991) Ensino-aprendizagem das Ciências: possíveis contributos para reflexão. *Revista ESE de Portalegre*, **14**, p. 11-18
- MARTINS, A. C. (1988) Problemática da formação contínua de professores no contexto da reforma do sistema educativo. *Revista Portuguesa de Educação*, **1** (3), p. 99-107.
- MARTINS, A. C. (1991) Formação contínua de professores: Problemática e perspectivas. In Ciências da Educação em Portugal: Situação Actual e Perspectivas. *Actas do Congresso*, Porto: Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação, p.559-568.
- MARTINS, I. P. (1989) *A energia nas reacções químicas: Modelos interpretativos usados por alunos do Ensino Secundário*. Dissertação de Doutoramento, não publicada, Universidade de Aveiro.
- MARTINEZ LOSADA, C. L., GARCÍA BARROS, S. E MONDELO ALONSO, M. (1993) Las ideas de los profesores de Ciencias sobre la formación docente. *Rev. Enseñanza de las Ciencias*, **11** (1), p. 26-32.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, DIRECÇÃO GERAL DO ENSINO BÁSICO E SECUNDÁRIO (1982/83) *Programa de Biologia do 10º ano de escolaridade*. Lisboa: ME, DGEBS.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, DIRECÇÃO GERAL DO ENSINO BÁSICO E SECUNDÁRIO (1991) Programa de Ciências da Terra e da Vida: 10º ano de escolaridade. In *Ciências da Terra e da Vida, Biologia Geologia. Organização Curricular e Programas*. Lisboa: ME, DGEBS, p. 19-50.

- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, GABINETE DE ESTUDOS E PLANEAMENTO (1990a) *Necessidades e iniciativas de formação contínua nos estabelecimentos de ensino Preparatório e Secundário 1987/88*. Lisboa: ME, GEP.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, GABINETE DE ESTUDOS E PLANEAMENTO (1990b) *Caracterização das actividades de formação contínua dos docentes do ensino não Superior 1987/88*. Lisboa: ME, GEP.
- NOGUEIRA, A., RODRIGUES, C. e FERREIRA, J. (1990) *Formar Hoje, Educar Amanhã*. Coimbra: Livraria Almedina.
- NORTHFIELD, J. e GUNSTONE, R. (1983) Research on alternative frameworks: Implications for science teacher education. *Research in Science Education*, **13**, p. 185-191.
- NOVAK, J. D. (1987) *Proceedings of The Second International Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science Mathematics*, July 26-29, 1987, vol.I, II, III, Ithaca, N. Y.: : Cornell University.
- NÓVOA, A. (1991) Concepções e práticas de formação contínua de professores. In *Actas do 1º Congresso Nacional de Formação Contínua de Professores: Realidades e Perspectivas*, Universidade de Aveiro, p. 15-38.
- NÓVOA, A., ALARCÃO, I. e FORMOSINHO, J. (1991) Conclusões do Congresso. In *Actas do 1º Congresso Nacional de Formação Contínua de Professores: Realidades e Perspectivas*, Universidade de Aveiro, p. 323-326..
- OBERG, A. (1986) Using construt theory as a basis for research into teacher professional development. *Journal Curriculum Studies*, **19** (1), p. 55-65.
- OLIVEIRA, M. L. e SANTIAGO, R. A. (1989) Algumas propostas para reflectir sobre a formação contínua. *Revista Aprender*, **3**, p. 34-39.
- OLIVEIRA, M. T. (1991) *Didáctica da Biologia*. Lisboa: Universidade Aberta.

- OSBORNE, R. J. e WITTRICK, M. C. (1985) The generative learning model and its implications for Science education. *Studies in Science Education*, **12**, p.59-87.
- PATRÍCIO, M. F. (1988) A formação de professores à Luz da Lei de Bases do Sistema Educativo. 2ª ed., Lisboa: Texto Editora.
- PEREIRA, D. C. e RIBEIRO, M. G. (1989) Concepções erradas sobre energia, entropia e conceitos afins em alunos do ensino terciário. *Revista Portuguesa de Educação*, **2** (3), p. 7-12.
- PEREIRA, M. (1992) *Didáctica das Ciências da Natureza*. Lisboa: Universidade Aberta.
- PÉREZ, G. D. (1991) Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de Ciencias? (Intento de síntesis de las aportaciones de la investigación didáctica). *Enseñanza de las Ciencias*, **9** (1), p.69-77.
- PÉREZ, G. D. e CARRASCOSA, A. J. (1987) What to do for Science misconceptions? In, NOVAK, J. (ed) *Proceedings of The Second International Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science Mathematics*, vol.I, Ithaca, N. Y. : Cornell University, p.149-157.
- PFUNDT, H. e DUIT, R. (1988) *Bibliography students' alternative frameworks and Science Education*. 2<sup>nd</sup> edition, Kiel: IPN.
- PONTE, J. P. (1991) A Formação contínua na estaca zero? In *Actas do 1º Congresso Nacional de Formação Contínua de Professores: Realidades e Perspectivas*, Universidade de Aveiro, p.129-132.
- POSNER, G. J. (1983) A model of conceptual change: Present status and prospect. In, HELM, H. e NOVAK, J. (eds) *Proceedings of The International Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science Mathematics*, Ithaca, N. Y.: Cornell University, p. 53-56.
- POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. e GERTZOG, W. A. (1982) Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, **66** (2), p.211-227.

- PRAIA, J. F. (1991) Dificuldades intrínsecas da formação inicial. Formação contínua como resposta. In Ciências da Educação em Portugal: Situação Actual e Perspectivas. *Actas do Congresso*. Porto: Soc. Port. de Ciências da Educação, p. 543-550.
- RIBEIRO, A. C. (1990) *Formar professores. Elementos para uma teoria e prática de formação*. 2ª ed., Lisboa: Texto Editora.
- RICARDO, C. P. e TEIXEIRA, A. N. (s.d.) *Moléculas biológicas - estrutura e propriedades*. Lisboa: Didáctica Editora.
- ROBERTS, M. B. (1986 a) *Biology for Life*. 2<sup>nd</sup> edition, Hong Kong: Nelson .
- ROBERTS, M. B. (1986 b) *Biology: a Funcional approach*. 4<sup>th</sup> edition, Hong Kong: Nelson.
- ROBERTS, M. B. e KING, T. J. (1987) *Biology: A funcional approach. Students` Manual*. 2<sup>nd</sup> edition, Hong Kong: Nelson.
- RODRIGUES-LOPES, A. (1991) Modelos de formação de professores e desenvolvimento de competências: Perspectivas e problemática de uma mudança urgente. *Revista Portuguesa de Pedagogia*, 2, p. 46-68.
- ROQUE, M. e CASTRO, A. (1990) *Biologia*. 10º Ano de Escolaridade. 5ª edição, Porto: Porto Editora.
- SALISBURY, F. B. e ROSS, C. W. (1992) *Plant physiology*. 4<sup>th</sup> edition, Belmont, California: Wadsworth Publishing Co.
- SANTOS, E. (1991) *Mudança Conceptual na Sala de Aula - Um Desafio Pedagógico*. Lisboa: Livros Horizonte.
- SCHAEFER, G. (1988) O conceito de energia no ensino das Ciências-com referência especial à Biologia. In, PEREIRA, M. (ed) Formação de professores de Química/Ciências. Desafios para um mundo em mudança. *Actas do Simpósio SPQ e CTC-IUPAC*, p. 14-28.
- SCHERMER, A. K. F. e ACHTERSTRAAT, J. A. (1991) Oriëntatie op de natuur. Paper presented at the 16th ATEE Conference 2-6 September, Amsterdam.

- SCHÖN, D. (1987) *Educating the reflective practitioner toward a new design for teaching and learning in the professions*. San Francisco: Jossey Bass.
- SHULMAN, L. S. (1986) Paradigms and research programs in the study of teaching: A contemporary perspective. In, WITTROCK, M. C. (ed.) *Handbook of Research on Teaching*. 3<sup>rd</sup> edition, N. Y.: Macmillan Publishing Company, p.3-36.
- SHYMANSKY, J. A. e KYLE, W. C. (1988) A summary of research in science education-1986:Teaching and the teachers. *Science Education*, **72** (3), p. 254-275.
- SILVA, A. D., GRAMAXO, F., MESQUITA, J., SANTOS, M. E. e CRUZ, O. (1991) *Biologia, Ciências da Vida*.10º Ano de Escolaridade. Porto: Porto Editora.
- SMITH, C. A. e WOOD, E. J. (1991) *Energy in biology systems*. London: Chapman & Hall.
- SMITH, C. A. e WOOD, E. J. (1992) *Biosynthesis*. London: Chapman & Hall.
- SMITH, E. L., BLAKESLEE, T. D. e ANDERSON, C. W. (1993)Teaching strategies associated with conceptual change learning in Science. *Journal of Research in Science Teaching*, **30** (2), p.111-126.
- SOLOMON, J. (1982) How children learn about energy or does the first law come first?. *The School Science Review*, **63** (224), p.415-422.
- SOLOMON, J. (1983) Learning about energy: How pupils think in two domains. *European Journal of Science Education*, **5** (1), p. 49-59.
- STAVY, R. EISEN, Y. e YAAKOBI, D. (1987) How students' aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, **9** (1), p.105-115.
- STOREY, R. D. (1989) Textbook Errors & Misconceptions in Biology: Photosynthesis.*The American Biology Teacher*, **51** (5), p.271-274.
- STOREY, R. D. (1991) Textbook errors & misconceptions in Biology: Cell metabolism. *The American Biology Teacher*, **53** (6), p.339-343.

- STOREY, R. D. (1992 a) Textbook errors & misconceptions in Biology: Cell energetics. *The American Biology Teacher*, **54** (3), p. 161-166.
- STOREY, R. D. (1992 b) Textbook errors & misconceptions in Biology: Cell physiology. *The American Biology Teacher*, **54** (4), p. 200-203.
- STRIKE, K. (1983) Misconceptions and conceptual change: Philosophical reflections on the research paradigms. In, HELM, H. e NOVAK, J. (eds) *Proceedings of The International Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science Mathematics*, Ithaca, N. Y.: Cornell University, p. 53-56.
- STRYER, L. (1988) *Biochemistry*. 3<sup>rd</sup> edition, New York: W. H. Freeman and Company.
- TABER, K. (1989) Energy - by many other names. *The School Science Review*, **70** (252), p. 57-62.
- TEIXEIRA, A. R. e RICARDO, C. P. (1988) *Mitocôndrio e Metabolismo Respiratório*. 2<sup>a</sup> ed., Lisboa: Didáctica Editora.
- THOMAZ, M. (1987) Uma perspectiva construtivista para o ensino da Física. I- «Psicologia da construção pessoal» de George Kelly. *Gazeta da Física*, **10** (4), p. 121-128.
- THOMAZ, M. (1988) Uma perspectiva construtivista para o ensino da Física. II- Objectivos para o ensino da Física. *Gazeta da Física*, **11** (1), p.19-27.
- THOMAZ, M. (1990) Um modelo construtivista para formação de professores. In, TAVARES, J. e MOREIRA, A. (eds) *Desenvolvimento, Aprendizagem, Currículo e Supervisão*, Universidade de Aveiro, p. 165-177.
- TOBIN, K. e ESPINET, M. (1989) Impediments to change: Applications of coaching in high-school science teaching. *Journal of Resarch in Science Teaching*, **26** (2), p.105-120.
- TOBIN, K. e FRASER, B. J. (1990) What does it mean to be an exemplary Science teacher?. *Journal of Resarch in Science Teaching*, **27** (1), p. 3-25.

- TOBIN, K. e GARNET P. (1988) Exemplary practice in Science classrooms. *Science Education*, **72** (2), p.197-208.
- TRUMPER, R. (1990) Being constructive: An alternative approach to the teaching of the energy concept - Part one. *International Journal of Science Education*, **12** (4), p. 343-354.
- TRUMPER, R. (1991) Being constructive: An alternative approach to the teaching of the energy concept - Part two. *International Journal of Science Education*, **13** (1), p. 1-10.
- VALENTE, M. e PEREIRA, D. (1990) Algumas considerações sobre a Didáctica do conceito de energia. *Gazeta da Física*, **13**, (4), p. 176-182.
- VASCONCELOS, N. e LOUREIRO, M. (1988) Conceitos alternativos em Física: Sua importância na formação de professores. In *Actas do 1º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*, Universidade de Aveiro, p.104-123.
- VEIGA, L. (1991) Formar para investigar e investigar para formar. In *Actas do 1º Congresso Nacional de Formação Contínua de Professores: Realidades e Perspectivas*, Universidade de Aveiro, p. 207-215.
- VIEIRA, F. (1993) *Supervisão. Uma prática reflexiva de formação*. Porto: Edições Asa.
- WALLACE, J. e LOUDEN, W. (1992) Science teaching and teachers' knowledge: Prospects for reform of elementary classrooms. *Science Education*, **76** (5), p. 507-521.
- WANDERSEE, J. H. (1983) Students' misconceptions about photosynthesis: A cross-age study. In, HELM, H., NOVAK, J. D. (eds) *Proceedings of the International Seminar Misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca, N. Y.: Cornell University, p. 441-466.
- WANDERSEE, J. MINTZES, J. e ARNAUDIN, M. (1987) Childrens Biology: A content analysis of conceptual development in the life sciences. In, NOVAK, J. (ed) *Proceedings of the Sec. International Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Vol. II, Ithaca, N. Y.: Cornell University, p. 441-465.

- WHEATLEY, G. H. (1991) Construtivist perspectives on Science and Mathematics learning. *Science Education*, **75** (1), p. 9-21.
- YARGER, S. J. (1982) Inservice teacher education. In *Encyclopedia of Educational Research*. 5<sup>th</sup> edition, vol II, New York: H.E. Mintzel, p. 883-889.
- YOUVAN, D. C. e MARRS, B. L. (1987) Molecular mechanisms of photosynthesis. *Scientific American*, **7**, p. 42-48
- ZEICHENER, K. (1983) Alternative pardigms of teacher education. *Journal of Teacher Education*, **XXXIV** (3), p.3-9.

#### LEGISLAÇÃO:

DECRETO-LEI nº 18 de 21 de Janeiro de 1988.

DECRETO-LEI nº 287 de 19 de Agosto se 1988

DECRETO-LEI nº 444 de 2 de Dezembro de 1988

DECRETO-LEI nº 139-A de 28 de Abril de 1990.

DECRETO-LEI nº 249 de 9 de Novembro de 1992.

LEI DE BASES DO SISTEMA EDUCATIVO nº 46 de 14 de Outubro de 1986

## **ANEXO I**

**CARTAS, QUESTIONÁRIO E FICHA DE INSCRIÇÃO NO CURSO**

Caro(a) colega

A insuficiente interdisciplinaridade nas áreas de química e Biologia, a nível dos Ensinos Básicos (3 ciclo) e Secundário, tem constituído para mim, professora de Biologia um motivo de preocupação pelas consequências que isso implica no processo ensino/aprendizagem. O mesmo tem acontecido com muitos colegas com que tenho contactado.

Esta preocupação resulta da constatação do não conhecimento por parte dos alunos de determinados conceitos químicos necessários à compreensão de grande parte dos sistemas biológicos. Para o estudo, por exemplo, da estrutura e função da molécula do ATP, os alunos deverão conhecer conceitos como "ligações químicas", "energia nas reacções químicas", "tipos de reacções químicas", entre outros.

Estaremos nós, professores de Biologia, preparados para ensinar com correcção científico-didáctica, esses conceitos químicos já que os mesmos não são abordados em programas de Química com a antecedência necessária ?

Consciente das dificuldades sentidas nesta área por muitos de nós e na tentativa de contribuir para as ultrapassar, proponho-me planificar e executar no próximo ano lectivo, um Workshop, no âmbito da Formação Contínua de professores de Biologia, em particular para professores com responsabilidades de formação de outros professores ou a coordenar grupos disciplinares, sobre "Energia nos sistemas biológicos: perspectivas didácticas para a sua abordagem".

Esta acção terá lugar na Universidade de Aveiro, em data que posteriormente será dada a conhecer, sem encargos de frequência para os participantes. Tentar-se-á obter autorização especial do Ministério da Educação para que a dispensa das actividades lectivas se faça sem o recurso aos dias previstos no Despacho 38/EAE/82, e serão passados certificados de participação.

Com vista à organização do Workshop, solicito o preenchimento do questionário em anexo e a sua devolução, até 25 de Julho, para a direcção abaixo indicada.

As suas respostas serão da maior importância para mim e, em particular para a, planificação da acção.

Logo que possua elementos relevantes informá-lo(a)-ei.

Com os melhores cumprimentos

---

Maria Fernandes Pereira

Aveiro, 5 Julho 1991

Dr. Maria Fernandes Pereira  
ao c/ Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa  
Universidade de Aveiro  
3800 Aveiro

## Questionário

**Workshop: "Energia nos sistemas biológicos: perspectivas didácticas para a sua abordagem".**

O questionário que se segue, destina-se a recolher informações e opiniões de colegas, que serão de grande utilidade na planificação deste Workshop a realizar no ano lectivo de 1991/92. Solicito por isso que responda a todos os itens que lhe são propostos, assinalando a situação que lhe corresponde.

Nome: \_\_\_\_\_

Escola: \_\_\_\_\_

Telef. \_\_\_\_\_

Morada: \_\_\_\_\_

Telef. \_\_\_\_\_

### I

1- Idade (anos) (assinale com uma cruz)

Menos de 30

31 a 40

41 a 50

Mais de 50

2- Formação

2.1- Formação Académica

Bacharelato  em \_\_\_\_\_

Licenciatura  em \_\_\_\_\_

Mestrado  em \_\_\_\_\_

Outra  Indique qual \_\_\_\_\_

2.2- Formação pedagógico-profissional

Estágio Pedagógico (Lic. em ensino)

Estágio Pedagógico Clássico

Exame de Estado

Curso de Ciências Pedagógicas

Mestrado em Ciências da Educação

Outro  Indique qual \_\_\_\_\_

**3- Situação profissional prevista para o ano lectivo de 1991/92**

Prof. delegado de disciplina

Prof. orientador (Lic. em ensino)

Prof. delegado à Profissionalização em Serviço

- Tempo de Serviço no 1.º Grupo B  anos

- Tempo de Serviço (no total da actividade docente) como:

Prof. delegado de disciplina  anos

Prof. orientador (Lic. em ensino)  anos

Prof. orientador (Estágio Clássico)  anos

Prof. delegado à Profissionalização em Serviço  anos

**4- Pensa que poderá vir a participar neste Workshop ?**

Sim  Não

**4.1- No caso de não poder participar é por: (pode assinalar mais do que uma)**

1.1- O tema não tem interesse para si

1.2- não ter disponibilidade de tempo

1.3- Não lhe pagarem as despesas de transporte e as ajudas de custo

1.4- Ter dificuldade de transporte

Outra(s)  Indique qual(is) \_\_\_\_\_

**4.1.1- Se a razão 1.3 for a apontada para a sua não participação, pensa que poderia vir a participar no Workshop se ele for alterado?**

Sim  Não

Se respondeu afirmativamente à questão 4, preencha o grupo II do questionário.

## II

1 - Numere os temas a seguir apresentados, por ordem decrescente do interesse da sua abordagem (1 para o de maior interesse, 7 para o de menor interesse).

- Estrutura atómica e molecular
- Ligações químicas
- Tipos de reacções químicas
- Energia nas reacções químicas
- O ATP e a fotossíntese
- O ATP e a respiração celular
- O ATP e o transporte activo através da membrana
- Outros : Quais? \_\_\_\_\_

2 - Realização do Workshop - Calendarização. Assinale a sua preferência (pode assinalar mais do que uma)

-Caso ocorra em tempo lectivo;

- 1º Período
- 2º Período
- 3º Período

-Caso ocorra em tempo de férias;

- Final das férias do Natal
- Final das férias da Páscoa
- Início das férias do Verão
- Final das férias do Verão

3 - Duração da acção. Indique qual a sua preferência

- 3 dias
- 4 dias
- 5 dias

**4 - No caso de ter já frequentado/participado em acções de formação específicas para professores de Biologia, indique quais, e, se possível, especifique organização, orientadores, data e local.**

---

---

---

---

---

---

**5 - Observações que julgue pertinentes.**

---

---

---

---

---

---

Caro(a) Colega:

Estou a contactá-la no seguimento da carta que lhe enviei em Julho do ano passado, relativo à realização da Workshop "**Energia nos sistemas biológicos: perspectivas didácticas para a sua abordagem**".

Com este contacto, pretendo saber se mantém disponibilidade e interesse em frequentar a Workshop e dar-lhe algumas informações sobre a calendarização e organização da mesma.

Sobre este segundo ponto passo a informar o seguinte:

-Esta Workshop insere-se no meu projecto de dissertação de Mestrado em Ciências da Educação, especialidade de Supervisão, o qual decorre no Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro, desde Outubro de 1990.

-A Workshop irá realizar-se de 8 a 10 de Julho e de 9 a 11 de Setembro. Os colegas poderão optar, por um destes períodos conforme as suas conveniências, tendo em conta, por questões de funcionalidade, um número limite de participantes por Workshop.

-A frequência é gratuita. Estão também a ser mobilizados esforços para haver fornecimento gratuito de almoços e jantares na cantina dos Serviços Sociais da Universidade de Aveiro.

-Os participantes poderão ficar alojados gratuitamente, em quartos duplos, nas instalações da residência universitária, em Aveiro, caso o pretendam.

-Serão passados certificados de presença.

-O programa de trabalho está a ser preparado e dele se dará conhecimento a todos os participantes.

Para uma melhor planificação e organização da Workshop agradeçia que completasse a ficha de inscrição em anexo e a enviasse, até ao dia 6 de Abril para a direcção abaixo indicada.

Agradeço toda a atenção e interesse demonstrados por este assunto.

Com os melhores cumprimentos

**Aveiro, 16 de Março de 1992**

---

**Maria Fernandes Pereira**

**P.S.** Outros colegas de grupo, que manifestem interesse em frequentar a Workshop poderão fazer a inscrição provisória, preenchendo e enviando a ficha de inscrição em anexo. Posteriormente ser-lhe-á comunicada a possibilidade da sua participação.

**Dr<sup>a</sup> Maria Fernandes Pereira**

**ao c/ Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa**

**Universidade de Aveiro**

**3800 AVEIRO**

# FICHA DE INSCRIÇÃO

## WORKSHOP

### "Energia nos Sistemas Biológicos: perspectivas didáticas para a sua abordagem"

Nome: \_\_\_\_\_

Situação profissional no ano lectivo de 91/92 (orientador, delegado de disciplina, etc.): \_\_\_\_\_

Escola: \_\_\_\_\_ Telf. \_\_\_\_\_

Morada: \_\_\_\_\_ Telef. \_\_\_\_\_

1-Indique a sua preferência sobre os períodos propostos, para frequentar a Workshop (1- 1ª preferência; 2 - 2ª preferência: 0 - impossível participar).

De 8 a 10 de Julho

De 9 a 11 de Setembro

2-Está interessado que lhe seja reservado quarto nas instalações da residência universitária.

Sim

Não

2.1-No caso afirmativo indique, se desejar, e caso conheça outros participantes nas mesmas condições, o nome de um colega para compartilhar o quarto. \_\_\_\_\_

Observações que entender convenientes: \_\_\_\_\_

Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Assinatura

\_\_\_\_\_

## **ANEXO II**

### **QUESTIONÁRIOS:**

**-Pré-teste**

**-Avaliação do "grau de interesse"**

**-Pós-teste**

# UNIVERSIDADE DE AVEIRO

DEPARTAMENTO de DIDÁCTICA E TECNOLOGIA EDUCATIVA

9-10-11 Setembro 1992

## WORKSHOP

**"Energia nos sistemas biológicos: perspectivas didácticas para a sua abordagem".**

CÓDIGO

## QUESTIONÁRIO

Esta Workshop, integra-se numa investigação em curso, no âmbito do Mestrado em Supervisão da Prática Pedagógica. Apesar de conscientes das limitações de trabalhos desta natureza, pensamos que possa trazer contributos para melhorar a competência científica e pedagógico-didáctica dos colegas que nela vão participar.

A fim de recolhermos elementos que permitam avaliar a nossa hipótese de trabalho, solicitamos-lhe que responda às questões que se seguem.

As suas respostas só serão utilizadas no âmbito da presente investigação e são um contributo indispensável para a mesma.

### **Questão 1**

Relativamente a uma abordagem do tema fotossíntese para alunos do 10º ano de escolaridade, que considere adequada, explicita tão claramente quanto possível, as fases de iniciação dessa abordagem.

### **Questão 2**

Uma expressão de uso corrente e também muito utilizada em aulas de Biologia e em manuais escolares é "os alimentos são fontes de energia".

Comente a correcção científica da referida expressão, e discuta as implicações que ela possa trazer na aprendizagem de alunos do 10º ano de escolaridade.

### **Questão 3**

Considere a afirmação:

O ATP é uma molécula com grande quantidade de energia armazenada nas "ligações de alta energia". Essa energia é libertada, quando estas ligações químicas são quebradas.

Discuta a correcção científica e as implicações didácticas em termos de aprendizagem, da afirmação, para alunos do 10º ano de escolaridade.

### **Questão 4**

Se num teste dirigido a alunos do 10º ano de escolaridade perguntasse "quais as funções do ciclo de Krebs" e uma das respostas fosse "para degradar macromoléculas", como classificaria essa resposta?

Justifique a sua posição.

## Questão 5

Uma das etapas da fotossíntese é designada em muitos livros da especialidade e em muitos manuais escolares de "fase escura".

Discuta eventuais implicações na aprendizagem dos alunos, que poderão advir da utilização desta designação e explicita a clarificação, que sobre ela deve ser dada, para alunos do 10º ano de escolaridade.

CÓDIGO

**Workshop; "A energia nos sistemas biológicos: perspectivas didáticas para a sua abordagem"**

**TEMA: O CONSTRUTIVISMO E AS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DOS ALUNOS**

**QUESTIONÁRIO**

Para cada assunto a tratar nesta sessão de trabalho, indique o **grau de interesse** na sua abordagem.

1- Concepções alternativas dos alunos.

Nenhum interesse  Algum interesse  Bastante interesse  Muito interesse

2- Concepções alternativas no domínio da Biologia.

Nenhum interesse  Algum interesse  Bastante interesse  Muito interesse

3- Perspectiva construtivista do ensino/aprendizagem - Modelos de mudança conceptual.

Nenhum interesse  Algum interesse  Bastante interesse  Muito interesse

CÓDIGO

**Workshop; "A energia nos sistemas biológicos: perspectivas didáticas para a sua abordagem"**

**TEMA: A ENERGIA E O ENSINO DA BIOLOGIA**

**QUESTIONÁRIO**

Para cada assunto a tratar, nesta sessão de trabalho, indique o **grau de interesse** na sua abordagem.

1- Conceitos químicos, como por exemplo:

- Ligação química.
- Energia de ligação.
- Termodinâmica (entropia, entalpia, energia livre de hidrólise, etc).

Nenhum interesse  Algum interesse  Bastante interesse  Muito interesse

2- Alguns aspectos do problema do ensino da Biologia nas aulas de Biologia

Nenhum interesse  Algum interesse  Bastante interesse  Muito interesse

CÓDIGO

**Workshop; "A energia nos sistemas biológicos: perspectivas didáticas para a sua abordagem"**

**TEMA: O IÃO  $ATP^{4-}$ : ESTRUTURA E FUNÇÃO**

**QUESTIONÁRIO**

Para cada assunto a tratar nesta sessão de trabalho, indique o **grau de interesse** na sua abordagem.

1- Estrutura, propriedades e função do ião  $ATP^{4-}$ .

Nenhum interesse  Algum interesse  Bastante interesse  Muito interesse

2- Reacções de transferência do grupo fosfato.

Nenhum interesse  Algum interesse  Bastante interesse  Muito interesse

CÓDIGO

**Workshop; "A energia nos sistemas biológicos: perspectivas didáticas para a sua abordagem"**

**TEMA: A RESPIRAÇÃO CELULAR E A FERMENTAÇÃO**

### QUESTIONÁRIO

Para cada assunto a tratar nesta sessão de trabalho, indique o **grau de interesse** na sua abordagem.

1- Importância biológica da respiração celular.

Nenhum interesse  Algum interesse  Bastante interesse  Muito interesse

2- Relação entre as reacções de respiração celular e outros processos metabólicos.

Nenhum interesse  Algum interesse  Bastante interesse  Muito interesse

3-Alguns detalhes bioquímicos da respiração celular, por exemplo:

- A via das pentoses fosfato
- O papel da água no ciclo de Krebs
- O mecanismo da fosforilação oxidativa.

Nenhum interesse  Algum interesse  Bastante interesse  Muito interesse

**Workshop; "A energia nos sistemas biológicos: perspectivas didáticas para a sua abordagem"**

**TEMA: A FOTOSSÍNTESE**

**QUESTIONÁRIO**

Para cada assunto a tratar nesta sessão de trabalho, indique o **grau de interesse** na sua abordagem.

1- Reacções dependentes da luz:

- Fotofosforilação cíclica e não cíclica.
- Fotossíntese bacterial.
- Síntese do ATP<sup>4-</sup>.
- Mecanismo hipotético da síntese do O<sub>2</sub>.

Nenhum interesse  Algum interesse  Bastante interesse  Muito interesse

2- Reacções não dependentes da luz, nomeadamente:

- Ciclo de Calvin (via C3)
- Via C4
- Sistema CAM
- Fotorrespiração

Nenhum interesse  Algum interesse  Bastante interesse  Muito interesse

# UNIVERSIDADE DE AVEIRO

## DEPARTAMENTO de DIDÁCTICA E TECNOLOGIA EDUCATIVA

9-10-11 Setembro 1992

### WORKSHOP

**Energia nos sistemas biológicos: perspectivas didácticas para a sua abordagem.**

CÓDIGO

### QUESTIONÁRIO

Com a finalidade de avaliar esta Workshop, solicitamos-lhe que assinale a alternativa que melhor traduz a sua opinião, nas secções A e B e que responda às questões da secção C e D.

#### A -Aspectos relacionados com a organização

1 -Na globalidade a acção desenvolveu-se num ritmo:

Demasiado rápido

Rápido

Lento

Demasiado lento

2 -Em geral, a duração prevista para o tratamento de cada um dos temas foi:

Muito adequada

Adequada

Insuficiente

Muito insuficiente

**B -Aspectos relacionados em eventuais benefícios posteriores como participante**

**Tema 1:** Construtivismo e Concepções Alternativas

**Tema 2:** Energia e ensino da Biologia

**Tema 3:** O íão ATP<sup>4-</sup>

**Tema 4:** Respiração Celular e Fermentação

**Tema 5:** Fotossíntese

1 -A selecção dos conteúdos tratados foi:

	Muito adequada	Adequada	Pouco adequada	Muito pouco adequada
Tema 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2 -Para a sua função docente, os temas seleccionados apresentavam-se como:

	Muito útil	Bastante útil	Pouco útil	Muito pouco útil
Tema 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3 -Do ponto de vista científico a documentação posta à distribuição foi:

	Muito útil	Bastante útil	Pouco útil	Muito pouco útil
Tema 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4 -Do ponto de vista pedagógico-didático a documentação posta à distribuição foi:

	Muito útil	Bastante útil	Pouco útil	Muito pouco útil
Tema 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5 -A contribuição para a clarificação do conceito foi:

	Muito útil	Bastante útil	Pouco útil	Muito pouco útil
Tema 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6 -Os objectivos propostos para a acção, foram em geral atingidos:

Plenamente

Razoavelmente

Insuficientemente

Minimamente

7 -As suas expectativas relativamente à Workshop foram realizadas:

Plenamente

Razoavelmente

Insuficientemente

Minimamente

8 -Em termos globais, o interesse da acção para si foi:

Muito grande

Grande

Reduzido

Nulo

### **C -Comentários sobre aspectos globais**

1 -Em relação à realização da Workshop (métodos de trabalho, atitudes dos organizadores, benefício que eventualmente possa ter trazido para si como participante, etc.) indique:

1.1 -O(s) aspecto(s) que a/o impressionaram mais favoravelmente

1.2 -O(s) aspecto(s) que a/o impressionaram menos favoravelmente

2 -Comentários adicionais e sugestões (Por favor sinta-se à vontade de fazer quaisquer outros comentários que ache pertinentes; isso ajudará a melhorar o nosso trabalho!):

## **D -Aspectos particulares**

### **Questão 1**

Relativamente à abordagem do tema fotossíntese, para alunos do 10º ano de escolaridade, explicita tão claramente quanto possível, as fases iniciais que julgue adequadas.

### **Questão 2**

Uma expressão de uso corrente e também muito utilizada em aulas de Biologia e em manuais escolares é "os alimentos são fontes de energia".

Comente a correcção científica da referida expressão, e discuta as implicações que ela possa trazer na aprendizagem de alunos do 10º ano de escolaridade.

### **Questão 3**

Considere a afirmação:

O ATP é uma molécula com grande quantidade de energia armazenada nas "ligações de alta energia". Essa energia é libertada, quando estas ligações químicas são quebradas.

Discuta a correcção científica e as implicações didácticas em termos de aprendizagem, da afirmação, para alunos do 10º ano de escolaridade.

### **Questão 4**

Se num teste dirigido a alunos do 10º ano de escolaridade perguntasse "quais as funções do ciclo de Krebs" e uma das respostas fosse "para degradar macromoléculas", como classificaria essa resposta?

Justifique a sua posição.

### **Questão 5**

Uma das etapas da fotossíntese é designada em muitos livros da especialidade e em muitos manuais escolares de "fase escura".

Discuta eventuais implicações na aprendizagem dos alunos, que poderão advir da utilização desta designação e explicita a clarificação, que sobre ela deve ser dada, para alunos do 10º ano de escolaridade.

## **ANEXO III**

**ALGUNS DOCUMENTOS ELABORADOS E FORNECIDOS NOS  
SEMINÁRIOS**

# WORKSHOP

"Energia nos sistemas biológicos: perspectivas didáticas para a sua abordagem"

## TEMA: CONSTRUTIVISMO E AS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DOS ALUNOS

### OBJECTIVOS

- Reflectir sobre os fundamentos epistemológicos subjacentes:
  - Às práticas de ensino correntemente utilizado por professores.
  - Aos novos programas de Ciências da Terra e da Vida.
- Aprofundar conhecimentos sobre:
  - O movimento da concepções alternativas.
  - A perspectiva construtivista da aprendizagem.

### ASSUNTOS

- Concepções alternativas dos alunos
  - Estado actual das investigações sobre C.A.
  - O estudo em C.A. no domínio da Biologia
  - Importância e limitações dos estudos sobre concepções alternativa
  - Origem das concepções alternativas.
- Perspectiva construtivista do ensino/aprendizagem -Modelos de mudança conceptual.
  - Modelo de captura conceptual.
  - Modelo de troca conceptual.

## **ACTIVIDADES**

### **1.Trabalho de grupo**

Com base na grelha de análise (Fig.1) e noutros documentos fornecidos, deverão:

- a) Tentar enquadrar, nos Modos de Trabalho Pedagógico (MTP<sub>1</sub>, MTP<sub>2</sub> e MTP<sub>3</sub>):
- As práticas de ensino correntemente utilizadas por professores.
  - A filosofia subjacente aos novos programas de Ciências da Terra e da Vida.
- b) Dar a vossa opinião, sobre as práticas pedagógicas orientadas pelos princípios do MTP<sub>3</sub>.

Tempos recomendados: Leitura/Debate/Conclusão 30 min

Apresentação ao plenário 30 min

### **2.Desenvolvimento teórico do tema: As Concepções Alternativas dos Alunos e a Perspectiva Construtivista da Aprendizagem.**

Tempo 60 min

	MODO DE TRABALHO PEDAGÓGICO DE TIPO TRANSMISSIVO, DE ORIENTAÇÃO NORMATIVA  (MTP1)	MODO DE TRABALHO DE TIPO INICIATIVO, DE ORIENTAÇÃO PESSOAL  (MTP2)	MODO DE TRABALHO PEDAGÓGICO, CENTRADO NA INSERÇÃO SOCIAL ACTIVA  (MTP3)
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	Modo de trabalho pedagógico de <b>tipo transmissivo</b> , de orientação normativa, pelo qual se transmitem saberes, valores, normas, modos de pensamento, de entendimento e de acção.	Modo de trabalho pedagógico de <b>tipo iniciativo</b> , de orientação pessoal, procurando desenvolver uma aprendizagem pessoal dos saberes, tornando os indivíduos autodidactas e autónomos.	Modo de trabalho pedagógico de <b>tipo apropriativo</b> , centrado na inserção social activa do indivíduo. Este é considerado um agente social capaz de intervir sobre o funcionamento da sociedade.
<b>LÓGICA DO TRABALHO PEDAGÓGICO</b>	O indivíduo/aluno é considerado <b>objecto</b> de formação modelado e controlado é constituído pelo saber do professor.	O indivíduo/aluno é considerado <b>sujeito</b> da sua própria formação, adaptando-se aos diferentes papéis sociais.	O indivíduo/aluno é considerado <b>agente</b> determinado e determinante da sua própria formação.
<b>TEORIAS QUE SERVEM DE BASE À FORMAÇÃO</b>	Behaviorista	Racionalista	Racionalista - Construtivista
<b>RELAÇÃO COM O SABER</b>	Relação dissimétrica professor-aluno. O saber existe no(s) primeiro(s) e o não saber no(s) segundo(s). O saber é cumulativo e objectivo.  <b>SABER</b>	Existem diferentes formas de saber; uma delas é o saber do professor e outra é a do aluno. Dá-se um grande relevo às motivações individuais e ao acesso às fontes de informação.  <b>SABER - SER</b>	O saber é entendido numa perspectiva da relação do homem com o mundo exterior natural e social, tendo um duplo estatuto científico e social.  <b>SABER INTERVIR</b>
<b>EFEITOS SOCIAIS</b>	Reprodução Social e Cultural	Adaptação Social	Produção Social

Fig.1-Instrumento adaptado do instrumento proposto por Lesne (1977).

# WORKSHOP

**"Energia nos sistemas biológicos: perspectivas didáticas para a sua abordagem"**

**TEMA: A ENERGIA E O ENSINO DA BIOLOGIA**

## **OBJECTIVO**

-Reflectir sobre a relação entre as concepções alternativas mais frequentemente encontradas nos alunos de Biologia, e as práticas de ensino.

## **ASSUNTOS**

-As concepções dos alunos de Biologia sobre o conceito de energia.

-Alguns aspectos do problema de ensino da energia, nas aulas de Biologia.

# **ENERGIA EM BIOLOGIA**

## **CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS**

- A energia é uma espécie de combustível necessário ao funcionamento dos objectos e dos seres vivos
- A energia gasta-se durante o funcionamento
- Os seres vivos têm energia enquanto que alguns corpos precisam de receber energia
- Há corpos como o carvão e os alimentos que têm energia armazenada
- Energia é sinónimo de força

# **EVOLUÇÃO DE CONCEITOS SOBRE ENERGIA:**

## **Alguns dados históricos**

<b>1687</b> <b>Newton</b>	-Estabeleceu e divulgou o conceito de força na sua obra "Princípios Matemáticos da Filosofia Natural".
<b>1782</b> <b>Carnot</b>	-Apresenta a noção de trabalho.
<b>1786-1787</b> <b>D'Alembert e</b> <b>Young</b>	-Introduziram o conceito de energia associado ao movimento.
<b>1849</b> <b>Kelvin</b>	-Introduziu pela primeira vez o termo energia em Ciência.
<b>1850</b> <b>Clausius</b>	-Criou a termodinâmica ao estabelecer o princípio da conservação da energia

# **ACTIVIDADES**

## **1-Trabalho de grupo.**

As afirmações, que se seguem, baseiam-se em modelos de concepções dos alunos sobre o tema **energia em Biologia**.

### **Afirmações:**

1-A energia é capaz de ser armazenada, nos seres vivos. Esta energia armazenada precisa de ser recarregada quando é utilizada.

2-A energia é produzida por um conjunto de reacções químicas que têm lugar nos seres vivos. Esta energia fica disponível para ser utilizada e, depois disso, mais energia deverá ser formada.

3-A energia é capaz de fluir ou de se mover de tal maneira que pode ser transferida de um lugar para o outro.

4-A energia contida nos compostos químicos, requer uma espécie de reacção para ser libertada.

1.1-Propomos que estabeleçam a correspondência mais provável feita pelos alunos (10º ano de escolaridade), entre os processos biológicos e as afirmações anteriormente indicadas.

**Processos biológicos:**

- Respiração celular
- Fotossíntese
- O papel do ATP<sup>4-</sup> nas células
- Energia nos ecossistemas

Nota: Para cada processo biológico poderão escolher uma, mais que uma ou nenhuma das afirmações

Tempo recomendado:Leitura/Debate/Conclusão 30 min

Discussão em plenário: 30 min

**2- Apresentação e desenvolvimento teórico do tema: Alguns Aspectos do Problema do Ensino da Energia, nas aulas de Biologia.**

Tempo 30 min

# WORKSHOP

**"Energia nos sistemas biológicos: perspectivas didáticas para a sua abordagem"**

## **TEMA: O IÃO $ATP^{4-}$ : ESTRUTURA E FUNÇÃO**

### **OBJECTIVOS**

- Aprofundar os conhecimentos sobre a estrutura, propriedades e função do ião  $ATP^{4-}$ , no metabolismo celular.
- Analisar criticamente, sobre o ponto de vista científico e didático, alguns manuais escolares do 10º ano de escolaridade, no que respeita a este assunto.

### **ASSUNTOS**

- Concepções alternativas identificadas e discutidas na literatura sobre o tema.
- Alguns marcos históricos sobre os conceitos, envolvendo o ião  $ATP^{4-}$ .
- Estrutura, propriedades e função do  $ATP^{4-}$ :
  - Relação entre  $AMP^{2-}$ ,  $ADP^{3-}$  e  $ATP^{4-}$ .
  - Ciclo do  $ATP^{4-}$ .
  - Reacções de transferência do grupo fosfato, nas reacções metabólicas.

# ATP<sup>4-</sup>

## CONCEPÇÃO ALTERNATIVA

## POPULAÇÃO

- O ATP<sup>4-</sup> é um composto químico, que possui uma grande quantidade de energia nas ligações de alta energia. Esta energia é libertada quando estas ligações são quebradas.

Ensino Secundário

# EVOLUÇÃO DE CONCEITOS SOBRE O IÃO ATP 4-:

## Alguns dados históricos

<b>1929</b> <b>Fiske</b> <b>Subbarow</b> <b>K. Lohmann</b>	-Descobriram o ATP, pela primeira vez em extractos de músculos.
<b>1930</b> <b>K. Lohmann</b>	-Propôs, pela primeira vez, uma estrutura química para o ATP.
<b>1931</b> <b>Engelhardt</b>	-Descobriu que a fosforilação é acoplada com a respiração.
<b>1932</b> <b>K. Lohmann</b>	-Descobriu a reacção ATP - fosfocreatina.
<b>1937-38</b> <b>Warburg</b>	-Mostrou como a formação de ATP se acopla à desidrogenação do gliceraldeído-3-fosfato.
<b>Ainda</b> <b>na</b> <b>década</b> <b>de</b> <b>30</b>	<b>- Otto Warburg e Otto Meyerhof</b> descobriram que o ATP se formava, no músculo, a partir de ADP, durante a degradação anaeróbica da glicose a ácido láctico. <b>- H. Kalckar e V. Belitser</b> demonstraram que o ATP também era gerado, a partir do ADP, durante oxidações aeróbicas em tecidos animais (fosforilação oxidativa). <b>- Engelhardt e M. N. Lyubimova</b> observaram a hidrólise do ATP a ADP e fosfato pela miosina (proteína do músculo). <b>- C. F. Cori e G. T. Cori</b> nos Estados Unidos admitiram o papel do ATP na energização da glicose, fosforilando-a, durante a biossíntese do glicogénio.

- 1939-41**  
**Lipman** -Postulou o papel central do ATP no ciclo de transferência de energia.
- 1948**  
**Alexander Todd** -E colaboradores confirmaram a estrutura do ATP que tinha sido deduzida pela primeira vez por Lohmann.
- 1960**  
**Efraim Racker,**  
**Maynard E.**  
**Pullman e**  
**Harvey**  
**Penerfsky** -Isolaram a unidade F1 da ATPase.
- 1961-68**  
**Racker** -E seus colegas isolaram a F1 ATPase das mitocôndrias e reconstruíram subsequentemente a fosforilação oxidativa, em vesículas submitocondriais.

## **ACTIVIDADES**

### **1.Desenvolvimento teórico do tema: Ião ATP<sup>4-</sup>: Estrutura e função**

Tempo: 30 min

### **2.Trabalho de grupo**

a)Propomos-lhe uma análise crítica aos conteúdos dos extractos dos manuais escolares que lhes foram distribuídos, sobre o ião ATP<sup>4-</sup>, tendo em consideração os seguintes aspectos:

- in correcções científicas.
- aspectos do texto e ilustrações que poderão ser um reforço de concepções alternativas.
- aspectos omissos e ambíguos.

b)Com base no trabalho de análise anterior, redijam recomendações a dirigir aos autores dos novos manuais escolares do 10º ano de escolaridade, sobre o desenvolvimento do tema ATP<sup>4-</sup>.

Tempo recomendado: Leituras/Debate/Conclusão: 60 min

Apresentação em plenário: 30 min

# WORKSHOP

**"Energia nos sistemas biológicos: perspectivas didáticas para a sua abordagem"**

## **TEMA: A RESPIRAÇÃO CELULAR E A FERMENTAÇÃO**

### **OBJECTIVOS**

-Aprofundar conhecimentos sobre:

- A bioquímica da respiração celular e da fermentação.
- Relação entre as reacções da respiração celular e outros processos metabólicos.
- Importância biológica da respiração celular e da fermentação.

-Reflectir sobre algumas metodologias utilizadas no ensino deste tema.

### **ASSUNTOS**

-Concepções alternativas dos alunos, identificadas e descritas na literatura.

-Alguns marcos históricos da evolução de conceitos envolvendo a respiração celular.

-Importância biológica da respiração celular e da fermentação.

- Alguns detalhes bioquímicos da respiração celular e da fermentação.
- Relação entre as reacções da respiração celular e outros processos metabólicos.

# RESPIRAÇÃO CELULAR

## CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

## POPULAÇÃO

- O objectivo da respiração é levar o oxigénio às células.
- A fotossíntese e a respiração são processos não simultâneos. A fotossíntese ocorre de dia e a respiração à noite.  
Ex: "As plantas só respiram à noite"
- A respiração tal como a fotossíntese só se realiza nas partes verdes das plantas.  
Ex: "As plantas não respiram senão pelas folhas"  
"As sementes não respiram"
- A respiração é uma combustão em que o  $O_2$  é o principal reagente.  
Ex: "A respiração existe somente quando há oxigénio"  
"A respiração é uma combustão autêntica mas lenta e controlada"
- A respiração ocorre nos animais e a fotossíntese nas plantas verdes

Escola  
Normal  
de  
Sevilha

Alguns  
professores e  
alguns manuais

## **EVOLUÇÃO DE CONCEITOS SOBRE RESPIRAÇÃO CELULAR:**

### **Alguns dados históricos**

- 80-1789**  
**Lavoisier** -Demonstrou que os animais precisam de oxigénio. Mediu pela primeira vez o consumo de O<sub>2</sub> por um ser humano e reconheceu que a fermentação alcoólica é, fundamentalmente um, processo químico.
- 1850**  
**Kolliker** -Descreveu pela primeira vez, a presença das mitocôndrias em tecidos musculares.
- 1850-1855**  
**Bernards** -Isolou o glicogénio a partir do fígado. Mostrou que ele era transformado em glicose sanguínea e descobriu o processo de gliconeogénese.
- 1912**  
**Warburg** -Postulou a existência de uma enzima respiratória para activação do oxigénio, descobriu a sua inibição pelo cianeto e mostrou a necessidade de ferro para a respiração celular.
- 1923**  
**Kelvin** -Redescobriu as histoematinas (citocromos) e demonstrou modificações no seu estado de oxidação durante a actividade respiratória.
- 1931**  
**Engelhardt** -Descobriu que a fosforilação é acoplada à respiração.
- 1933**  
**Kelvin** -Isolou o citocromo C e reconstituiu o transporte de electrões em preparações do coração.
- 1933**  
**Emden e Meyerhof** -Demonstraram a existência de intermediários fundamentais na via da glicólise e da fermentação.
- 1935**  
**Szent -Gyorgyi** -Mostrou o efeito catalítico dos ácidos dicarboxílicos sobre a respiração
- 1937**  
**Krebs** -Postulou o ciclo do ácido cítrico.

- 1937-1939**  
**C. Cori G. Cori** -Realizaram vários estudos sobre o glicogénio - fosforilase, demonstrando a sua acção reversível.
- 1937-41**  
**Kalckar e Belitser** -Realizaram independentemente os primeiros estudos quantitativos de fosforilação oxidativa.
- 1943**  
**Ocho** -Demonstrou que a relação P:O da fosforilação oxidativa do ciclo de Krebs é de 3,0.
- 1948-50**  
**Kennedy e Lehninger** -Demonstrou que o ciclo de Krebs, a cadeia transportada de electrões e a fosforilação oxidativa ocorrem nas mitocôndrias.
- 1951**  
**Lehninger** -Mostrou que o transporte de electrões do NADH para O<sub>2</sub> era a fonte imediata de energia para a fosforilação oxidativa.
- 1954**  
**Lynen** -Postulou o papel da CoA na oxidação dos ácidos gordos. Pouco depois, no laboratório de Lynen, green e Ochoa isolaram as enzimas da oxidação dos ácidos gordos.
- 1960**  
**Efraim Racker, Mayanard E. Pullman e Harvey Penefsky** -Isolaram a unidade F<sub>1</sub> da ATPase e estudaram a sua constituição.
- 1961**  
**Peter Michell** -Propôs o mecanismo hipotético sobre a síntese do ATP acoplada à transferência de electrões -teoria quimiosmótica.

# EVOLUÇÃO DE CONCEITOS SOBRE FERMENTAÇÃO:

## Alguns dados históricos

- 1780-89**  
**Lavoisier** -Reconheceu que a fermentação alcoólica, é fundamentalmente um processo químico.
- 1810**  
**Gay-Lussac** -Deduziu a equação da fermentação alcoólica.
- 1837**  
**Berzelius** -Postulou a natureza catalítica da fermentação. Identificou mais tarde o ácido láctico como um produto da actividade muscular.
- 1854-86**  
**Pasteur** -Provou que a fermentação era causada por microorganismos (demoliu assim a hipótese da geração espontânea).
- 1905**  
**Harden e Young** -Mostraram a necessidade de fosfato na fermentação alcoólica e isolaram a primeira coenzima (cozimase), que se mostrou mais tarde ser o NAD.
- 1907**  
**Fletcher e Hopkins** -Mostraram que o ácido láctico é formado quantitativamente a partir da glicose durante a contracção anaeróbica do músculo.
- 1912**  
**Neuberg** -Propôs uma via química para a fermentação.
- 1933**  
**Embden e Meyerhof** -Demonstraram a existência de intermediários fundamentais na via da glicose e da fermentação.

## **ACTIVIDADES**

### **1. Trabalho de grupo**

Para os assuntos glicólise e ciclo de Krebs, propomos-lhe que:

- a) Reflectam sobre as metodologias que costumam utilizar com mais frequência, e os aspectos científicos que habitualmente dão mais realce.
- b) Indiquem justificando, a metodologia que considerem mais adequada, e os aspectos científicos mais relevantes, para a abordagem daqueles assuntos.

Tempo recomendado: Debate/Conclusão 30 min

Discussão em plenário: 30 min

### **2. Trabalho de grupo**

Algumas vias químicas, utilizadas para descrever o modo das células obter energia, podem ser compreendidas através de 5 tipos de reacções químicas, denominadas de reacções básicas de Vilee. Com base nestas reacções e no documento que lhes foi distribuído (Fig.2) deverão:

- a) Descrever globalmente o conjunto de reacções, esquematizadas na figura do referido documento.
- b) Indicar o possível interesse da sua utilização no ensino-aprendizagem deste tema.
- c) Discutir o modo de abordar o tema respiração celular, com alunos do 10º ano de escolaridade, utilizando as reacções básicas de Vilee.

Tempo recomendado: Leitura/Debate/Conclusão 30 min

Discussão em plenário: 30 min

# The Simple Chemistry of Respiration

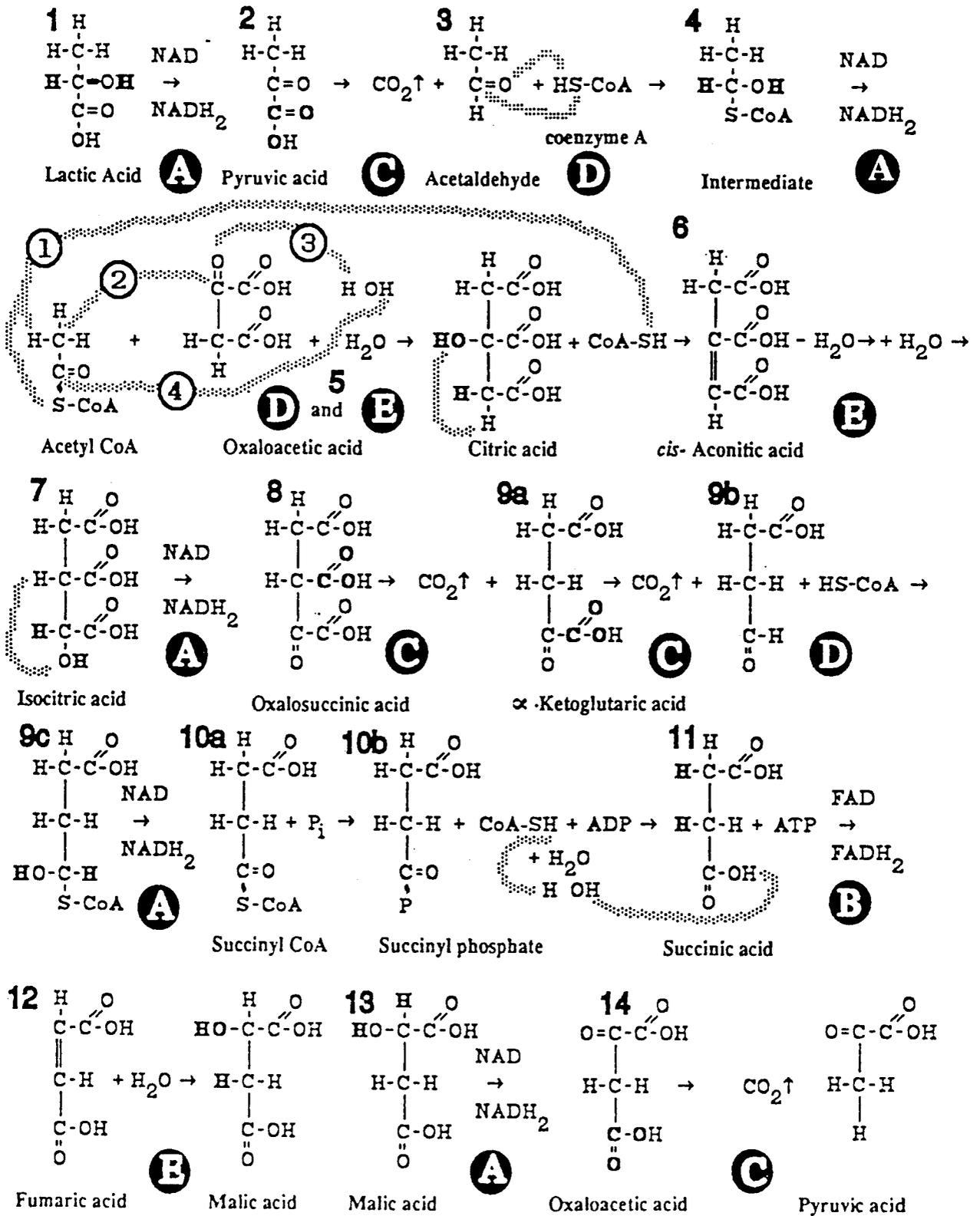


Fig. 2 - Reacções de transformação do ácido láctico em acetil coenzima A e do ciclo de Krebs (Igelsrud, 1989, p.92)

### **3. Trabalho de grupo**

A respiração celular, a fermentação e tantos outros temas biológicos, são apresentados na literatura através de diagramas que traduzem modelos de vias e de ciclos.

Propomos que:

- a) Discutam possíveis implicações pedagógico-didáticas da utilização de diagramas.
- b) Apresentem sugestões para a sua utilização, no ensino/aprendizagem da Biologia em geral e de respiração celular em particular.

Tempo recomendado: Debate/Conclusão 30 min

Discussão em plenário: 30 min

### **4-Desenvolvimento teórico dos assuntos anteriormente indicados.**

Tempo: 90 min

# WORKSHOP

**"Energia nos sistemas biológicos: perspectivas didáticas para a sua abordagem"**

## **TEMA: FOTOSSÍNTESE**

### **OBJECTIVOS**

-Reflectir sobre:

- a energética das reacções dependentes da luz.
- algumas vias de assimilação do carbono.

### **ASSUNTOS**

-Concepções alternativas dos alunos, identificadas e descritas na literatura. -  
Alguns marcos históricos da evolução do conceito de fotossíntese.

-Reacções dependentes da luz:

- Fosforilação cíclica e não cíclica.
- Fotossíntese bacterial.
- Síntese do ATP<sup>4-</sup>.
- Mecanismo hipotético de formação de O<sub>2</sub>.

-Reacções não dependentes da luz:

- Ciclo de Calvin (via C<sub>3</sub>)
- Via C<sub>4</sub>
- Sistema CAM
- Fotorrespiração

# FOTOSSÍNTESE

## CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

## POPULAÇÃO

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• A energia do sol é um "material" que a planta absorve para construir o seu corpo. Assim, a planta converte a energia do sol directamente em matéria.</li></ul>   | Ensino Secundário e Superior                   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• O papel da luz é formar a clorofila e o papel do CO<sub>2</sub> é provocar a libertação de O<sub>2</sub> - troca gasosa.</li></ul>   | 2º e 3º Ciclo Ens. Básico Ens. Sec. e Superior |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Os principais intervenientes no processo fotossintético são o sol e a água. A água absorvida, e não o CO<sub>2</sub>, é a principal fonte do material que constitui o corpo da planta.</li></ul>               | 2º e 3º Ciclo Ens. Básico Ens. Sec. e Superior |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• A fase escura da fotossíntese é um processo que só ocorre à noite.</li></ul>   | Escola Normal de Sevilha                       |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• A fotossíntese é uma função que se destina a produzir oxigénio e a purificar o ar que nós respiramos.<br/>Ex: "A clorofila é qualquer coisa que aspira as impurezas do ar e liberta um ar mais puro.</li></ul> | 2º e 3º Ciclo Ens. Básico Ens. Sec. e Superior |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Fotossíntese = alimentação</li></ul>   | Escola Normal de Sevilha                       |

# EVOLUÇÃO DE CONCEITOS SOBRE FOTOSSÍNTESE:

## Alguns dados históricos

- 1577-1644**  
**Van Helmont** -Concluiu que as plantas de salgueiro cresciam e aumentavam de peso, produzindo madeira a partir da água com que eram regadas.
- 1727**  
**Stephen Hales** -Sugeriu num livro que publicou, que as plantas usavam o ar com nutriente e a luz estava envolvida no processo.
- 1770-77**  
**Priestley** -Descobriu o O<sub>2</sub> e demonstrou que ele é consumido pelos animais e produzido pelas plantas.
- 1976-79**  
**Jan Ingehouz** -Demonstrou que a luz é necessária para a produção de O<sub>2</sub> pelas plantas. Provou também que as plantas utilizavam CO<sub>2</sub>, transformando o ar "impuro" em "ar puro" por acção da luz.
- 1804**  
**Saussure** -Realizou o primeiro balanço quantitativo da estequiometria da troca de gases na fotossíntese, demonstrou também que a água tomava parte nesta actividade das plantas verdes.
- 1817**  
**Pelleter e Caventou** -Isolaram a substância verde contida nas plantas e denominaram-na de clorofila.
- 1862**  
**Sachs** -Provou que o amido é um produto da fotossíntese.
- 1880**  
**Engelman** -Reconheceu o cloroplasto como local da fotossíntese e sugeriu que a fotossíntese podia ser dividida em 2 fases, uma directamente dependente da luz e outra não directamente dependente.
- 1913**  
**Wilstatter e Skoll** -Isolaram e estudaram a clorofila.

- 1922**  
**Warburg e Negelein** -Realizaram as primeiras medidas de eficiência quântica da fotossíntese.
- 1930-31**  
**Van Niel** -Realizou um estudo comparado entre a fotossíntese das plantas superiores e a fotossíntese bacteriana e propôs uma fórmula geral para a fotossíntese. Sugeriu que o O<sub>2</sub> libertado na fotossíntese provinha da água.
- 1938**  
**Robert Hill** -Em experiências com cloroplastos isolados, verificou que apesar destes não serem capazes de fixar CO<sub>2</sub>, eram, no entanto, capazes de produzir O<sub>2</sub>, quando em presença de aceitadores de electrões adequados. Estas experiências permitiu-lhes concluir que a libertação de O<sub>2</sub> pode ser separada da redução de CO<sub>2</sub>.
- 1941**  
**Ruben e Kamen** -Em experiências realizadas com um isótopo do oxigénio <sup>18</sup>O, concluíram que o oxigénio libertado pelas plantas à luz não provém do CO<sub>2</sub>, mas sim da água.
- 1948-1953**  
**Calvin e Benson** -Identificaram os compostos intermediários do ciclo que se designa de Calvin (em homenagem àquele investigador), assim como a sua relação com as fontes de energia química gerada durante a fase luminosa.
- 1958**  
**Arnon e colegas** -Mostraram que os cloroplastos isolados e expostos à luz podem sintetizar ATP a partir do ADP e reduzir a molécula de NADP<sup>+</sup> a NADPH, libertando ao mesmo tempo O<sub>2</sub>.
- 1961**  
**Peter Michell** -Postulou a hipótese quimiosmótica para o mecanismo da fosforilação oxidativa e fotossintética.
- 1966**  
**Hatch e Slack** -Descobriram que em determinadas plantas tropicais o CO<sub>2</sub> é fixado num composto em C<sub>4</sub>, segundo uma via diferente do ciclo de Calvin -via Hatch-Slack.
- 1970**  
**Bessel Kok** -Propôs uma hipótese, "o ciclo oxidativo da água", para justificar a produção de oxigénio, durante a fase dependente da luz.

**1988**

**Bridgette A.**

**Barny**

**Richard J.**

**Debus**

**Willem F.**

**Vermuas**

-Identificam o intermediário Z (aceitador de electrões da água, que os transfere para o fotossistema II) como sendo um aminoácido (tirosina), contido no polipeptídeo D<sub>1</sub>.

## **ACTIVIDADES**

### **1.Trabalho de grupo**

Após o visionamento do filme, "Reacções da fase luminosa da fotossíntese", propomos que:

- a)Façam a sua análise crítica, sob o ponto de vista científico e pedagógico-didáctico.
- b)Elaborem uma lista de recomendações, com vista à sua utilização por outros professores.

Tempo recomendado: Debate/Conclusão 30 min

Discussão em plenário 30 min

### **2.Desenvolvimento teórico dos assuntos anteriormente indicados.**

Tempo: 60 min

## **ANEXO IV**

**SÍNTESE DAS ACTIVIDADES REALIZADAS**

**E DO**

**DESENVOLVIMENTO TEÓRICO DOS ASSUNTOS**

## **SÍNTESE DAS ACTIVIDADES REALIZADAS**

# CONSTRUTIVISMO E AS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DOS ALUNOS

## 1- SÍNTESE DAS ACTIVIDADES

Os novos programas de Ciências Naturais, Ciências da Natureza, Biologia e de Ciências da Terra e da Vida preconizam a implementação de estratégias de ensino, de matriz construtivista. Há, no entanto, um desajustamento entre as competências requeridas por estes programas e as competências adquiridas pelos professores de Biologia, durante a sua formação inicial e contínua. Este desajustamento leva à necessidade de formar professores, capazes de pôr em prática estratégias que reflectam esta nova maneira de estar no ensino. Por isso, esta actividade e as restantes do curso visaram fazer passar os professores por experiências significativas, que os consciencializassem das potencialidades de um processo de ensino-aprendizagem construtivista. Foi, nesta lógica, que se inseriu a actividade planeada e realizada sobre este assunto (Anexo III).

Para a realização da actividade, adaptou-se uma grelha proposta por Lesne (1977), a propósito da formação de adultos sobre a análise do Modo de Trabalho Pedagógico (MTP) (Fig. 1, Anexo III). Esta grelha serviu de base de reflexão sobre as atitudes e modos de trabalho implícitos, desenvolvidos pelos professores, no seu quotidiano, e sobre a epistemologia dos novos programas, em particular, o de Ciências da Terra e da Vida.

Os resultados da reflexão foram apresentados em plenário, chegando-se à conclusão que os novos programa preconizam uma perspectiva construtivista de ensino/aprendizagem, muitos professores de Biologia ainda praticam formas de ensino que não se enquadram nesta perspectiva, tornando-se, por isso, pertinente e relevante a sua abordagem em programas de formação contínua de professores de Biologia.

Após a realização da actividade e da sua discussão em plenário, procedeu-se ao desenvolvimento teórico do assunto: " O construtivismo e as concepções alternativas dos alunos".

Após o desenvolvimento teórico, foi fornecido aos participantes um documento com o levantamento de traços salientes de algumas concepções alternativas sobre vários tópicos da Biologia. Foi, ainda visualizado um filme,

realizado com alunos portugueses, em aulas de Ciências da Natureza, sobre um modelo de mudança conceptual.

# ENERGIA E O ENSINO DA BIOLOGIA

## 1-SÍNTESE DA ACTIVIDADE

Procedeu-se, no início deste seminário, à abordagem de conceitos relacionados com a "Energia nas Reacções Químicas", por uma professora de Ciências Físico-Químicas, com experiência de docência no ensino da Química, em particular nos últimos anos do Ensino Secundário. Os motivos de tal abordagem encontram-se evidenciados no cap. 1. Após o tratamento destes conceitos deu-se continuação ao seminário, com a realização da actividade planificada para este assunto.

A actividade proposta teve origem, principalmente, na análise de manuais escolares de Biologia e de documentos relativos a concepções alternativas dos alunos sobre, "Energia Aplicada a Conceitos Biológicos". Esta análise permitiu verificar as muitas inadequações científicas que possuem os manuais escolares sobre este assunto e a correspondência entre essas inadequações e os diferentes modelos de concepções alternativas de alunos identificadas e descritas na literatura sobre o mesmo.

Quisemos, por isso, construir uma actividade que contribuisse para: consciencializar os professores sobre as concepções alternativas dos alunos neste domínio, e eventualmente sobre as suas próprias concepções; proporcionar um espaço de reflexão sobre as práticas dos professores e a sua eventual relação com a origem dessas concepções; aumentar o espírito crítico relativamente aos materiais utilizados pelos professores. Assim, com base nestes objectivos e num estudo realizado por Gayford (1986 b), planificámos a actividade descrita em anexo III .

Os resultados desta actividade foram discutidos, em plenário, chegando-se à conclusão que: muitos alunos de Biologia possuem modelos de concepções alternativas descritos na proposta de actividade: alguns professores também os possuem e transmitem aos alunos; uma das principais causas dessas concepções alternativas é a informação veiculada pelos manuais escolares.

Após esta discussão seguiu-se a fase "desenvolvimento", em que foram apresentados sobre o assunto em referência, alguns extractos de manuais escolares e de livros e revistas da especialidade e discussão da sua eventual

contribuição no aparecimento e/ou reforço dos modelos de concepções alternativas referente à "Energia Aplicada a Conceitos Biológicos".

# O IÃO ATP4-: ESTRUTURA E FUNÇÃO

## 1.1-SÍNTESE DA ACTIVIDADE

Neste seminário, ao contrário das restantes, realizou-se primeiro a fase "desenvolvimento" e só depois teve lugar a fase "exploração". Esta metodologia relacionou-se com a especificidade do assunto a tratar e da actividade a desenvolver, como foi referido na subsecção 3.4.1.1.

A actividade proposta sobre o ião ATP4- (Anexo III) resultou do confronto dos resultados da análise realizada sobre aspectos científico e didáctico de manuais escolares de Biologia e de livros e revistas da especialidade. Esta análise permitiu verificar inadequações científicas e didácticas de muitos manuais escolares de Biologia, que poderão contribuir para originar e/ou reforçar concepções alternativas sobre este assunto.

Assim, quisemos com esta actividade, chamar a atenção para a eventualidade de alguns manuais escolares poderem conter algumas incorrecções científicas e didácticas e alguns aspectos pouco clarificados. Visou, também, contribuir para o desenvolvimento do espírito crítico dos professores para com documentos que utilizam no seu dia-a-dia, como são os manuais escolares e provocar, eventualmente, conflito cognitivo em alguns professores.

Para a realização da actividade, foram distribuídos sobre esta temática, extractos, de três manuais escolares de Biologia do 10º ano de escolaridade que pensamos serem os mais adoptados<sup>6</sup>. Foi, igualmente, distribuído um extracto sobre o mesmo assunto, de um livro da especialidade (Jones,1981), para confronto das ideias aí divulgadas com as dos manuais escolares.

Após o trabalho de reflexão e discussão, em grupo, foram apresentados ao plenário os resultados do mesmo, chegando-se à conclusão que: os manuais escolares de Biologia possuem frequentemente várias inadequações científicas sobre o ião ATP4- quer em aspectos do texto quer nas ilustrações; estas inadequações são por vezes a causa de concepções alternativas dos alunos e dos professores sobre o assunto em causa.

---

<sup>6</sup>Apesar dos contactos realizados, com a Associação Portuguesa de Editores e Livreiros e com o Ministério da Educação (GEP), não obtivemos qualquer informação, sobre os manuais mais adoptados para este ou outro nível de ensino.

# A RESPIRAÇÃO CELULAR E A FERMENTAÇÃO

## 1-SÍNTESE DAS ACTIVIDADES

### 1.1- 1ª ACTIVIDADE

Esta actividade de grupo (Anexo III) teve origem, principalmente, nas poucas directrizes fornecidas pelos programas de Biologia e de Ciências da Terra e da Vida do 10º ano de escolaridade sobre a abordagem da glicólise e o ciclo de Krebs, no modo como se encontram elaborados os manuais escolares desta área e deste nível de ensino e, ainda, na experiência profissional dos participantes.

As indicações fornecidas pelo programa de Biologia e de Ciências da Terra e da Vida do 10º ano de escolaridade, quanto aos assuntos glicólise e ciclo de Krebs, são imprecisas e superficiais. Na tabela 1, encontra-se transcrito, o conteúdo do programa de Biologia do 10º ano de escolaridade relativamente, à glicólise.

<b>Rub. Programática</b>	<b>Objectivos e Conceitos Básicos</b>	<b>Sugestões e actividades</b>
Glicólise	Glicólise: conjunto de reacções, desde a glicose até ao ácido pirúvico, com referência à hexoquinase, oxidação pelo NAD <sup>+</sup> , formação de ATP e balanço global em termos quantitativos dos produtos resultantes	

**Tabela 1-** Programa de Biologia do 10º ano de escolaridade, em vigor a partir do ano lectivo 1982/83 , pag.13.

Sobre o mesmo assunto glicólise, o programa de Ciências da Terra e da Vida possui as indicações que se encontram transcritas na tabela 2.

Conteúdos	Objectivos	Nº de aulas	Sugestões de actividades/comentários	Termos/conceitos
-Respiração e Fermentação  -Glicólise uma etapa comum	Nenhum (directamente ligado a este assunto)	—	Exploração de diagramas relativos às reacções da série glicolítica a fim de localizar, por ex. reacções de oxi-redução, fosforilação a nível do substracto ... De evitar todo o desenvolvimento sobre reacções bioquímicas intermédias.	—

**Tabela 2** - Programa de Ciências da Terra e da Vida - 10º ano de escolaridade (1991, pag. 48 e 49)

Pela análise da tabela 1 verifica-se que o programa de Biologia do 10º ano de escolaridade, só faz referência a conceitos básicos sobre glicólise, o mesmo acontece com o ciclo de Krebs e tantos outros assuntos. O programa de Ciências da Terra e da Vida-10º ano de escolaridade fornece mais algumas indicações, sugere algumas actividades (ex: exploração de diagramas onde se encontram implícitos alguns conceitos básicos), embora, no nosso entender, ainda muito insuficientes.

Sendo os manuais escolares de Biologia elaborados com base nos programas e, por isso, com pouca ou nenhuma informação quanto a objectivos, conteúdos (conceitos básicos), metodologias, actividades etc, não é de estranhar que apareçam, relativamente ao mesmo assunto, manuais com abordagens muito diferentes, consoante as interpretações do programa, feitas pelos autores. Se pensarmos, ainda, que a maioria dos professores das nossas escolas, baseiam o seu ensino quase unicamente em manuais, vamos ter, com certeza, para o mesmo assunto, diferentes tipos de abordagem, consoante os manuais adoptados.

O tipo de participantes foi outro factor tido em consideração, na selecção e planificação desta actividade. Estes eram professores com uma larga experiência profissional, por isso, a actividade foi planificada de modo a provocar trocas de experiências e de saberes.

Por tudo o que foi referido, pensamos planificar uma actividade em que cada professor, no seu grupo e, posteriormente, em plenário pudesse não só reflectir sobre o modo de abordar estes assuntos, mas também confrontar o seu modo de trabalho com a dos outros colegas.

Os resultados da reflexão e discussão dos diferentes grupos foram apresentados e discutidos em plenário concluindo-se que são variadas as metodologias que os professores habitualmente utilizam na abordagem da glicólise e do ciclo de Krebs e que são por vezes diferentes os aspectos científicos realçados. Seguiu-se a indicação e discussão, pela dinamizadora, de algumas metodologias e de aspectos científicos, considerados importantes na abordagem daqueles assuntos e não referidos na discussão em plenário.

## **1.2- 2ª ACTIVIDADE**

É um processo complexo para professores e alunos de Biologia o conhecimento e a compreensão das reacções que se processam na Respiração Celular, particularmente as que acontecem desde a oxidação do piruvato até ao final do ciclo de Krebs. No entanto, segundo Igelsrud (1989) este conjunto complexo de reacções pode ser compreendido em termos de 5 reacções básicas, denominadas reacções básicas de Villet. Estas reacções são desconhecidas da maioria dos professores, por isso, pensámos com esta actividade atingir um duplo objectivo: levar ao conhecimento dos colegas as reacções básicas de Villet, com vista a uma melhor compreensão de algumas mudanças moleculares que ocorrem nas células, durante os mecanismos de obtenção de energia, e analisar o seu possível interesse como estratégia de ensino-aprendizagem.

Assim, após a apresentação e a explicação pela coordenadora do curso das reacções básicas de Villet, foi proposto a cada grupo de trabalho a actividade descrita em anexo III.

No fim de cada grupo ter descrito, com base nas reacções básicas de Villet, as reacções esquematizadas na fig.2 do anexo III, e ter reflectido sobre a sua utilização numa situação de ensino-aprendizagem, entregou-se aos professores um documento escrito com a descrição pormenorizada das reacções da figura.

Os resultados da actividade foram apresentados e discutidos em plenário tendo-se concluído que a utilização das reacções básicas de Villet são um bom auxiliar no ensino e na aprendizagem das reacções que decorrem desde a oxidação do piruvato até ao final do ciclo de Krebs. Esta actividade teve um grande impacto nos participantes e revelou-se de grande interesse científico e pedagógico-didáctico.

### 1.3- 3ª ACTIVIDADE

Esta actividade dizia respeito a diagramas, representações muito utilizadas no ensino da Biologia, em geral, e da Respiração Celular e Fermentação, em particular (Anexo III).

Resultou da análise de diagramas utilizados para ilustrar vários temas biológicos, especialmente os da Respiração Celular e da Fermentação.

Os diagramas existentes sobre estes assuntos, traduzem geralmente modelos de vias e de ciclos e apresentam para o mesmo assunto, quase sempre o mesmo aspecto gráfico. Por exemplo, a glicólise é representada em muitos manuais escolares, livros e revistas da especialidade com os diferentes intermediários metodicamente organizados, em posição vertical. Já no ciclo de Krebs os intermediários encontram-se organizados em círculo, operando no sentido dos ponteiros do relógio.

Mas porque é que estes (e outros diagramas) possuem um determinado aspecto gráfico e não outro? Porque é que, por exemplo, os compostos intermediários da glicólise se encontram organizados verticalmente em vez de horizontalmente?

Esta actividade foi planeada com o objectivo de reflectir sobre a forma, complexidade, utilidade e modo de utilização de diagramas, especialmente, os habitualmente utilizados no estudo dos assuntos que temos vindo a referir.

A sua pertinência resultou: da grande frequência de utilização de diagramas pelos professores de Biologia e de não existirem estudos realizados sobre as implicações pedagógico-didácticas e o modo da sua utilização.

Os resultados da actividade foram discutidos em plenário, tendo-se concluído que os diagramas são de extrema utilidade na ilustração de conceitos, mas devem ser alvo de uma atenção crítica por possuírem, por vezes, inadequações científicas e poderem originar concepções alternativas. Concluiu-se ainda que sobre os assuntos em referência se devem mostrar diagramas diferentes para o alunos não ficarem com conceitos inadequados sobre os mesmos.

Esta actividade revelou-se de muito interesse pelos momentos de reflexão que proporcionou e pelo objecto dessa reflexão.

# FOTOSSÍNTESE

## 1- SÍNTESE DA ACTIVIDADE

Inicialmente, foi nossa intenção propormos, para o tratamento desta temática, actividades de carácter experimental. Estas, em nosso entender, deveriam ser inovadoras, realizáveis nas condições materiais existentes no laboratório de Biologia do Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro e poderem posteriormente ser levadas à prática nas diferentes escolas, com alunos do 10º ano de escolaridade.

Na tentativa de encontrarmos sugestões de actividades que reunissem estes requisitos, foi consultada uma vasta bibliografia, principalmente livros e revistas da especialidade de publicação recente, e realizados alguns contactos com investigadores desta área do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro.

Após este trabalho de pesquisa, deparamo-nos com a seguinte situação:

.As experiências que, de algum modo, poderiam ser consideradas interessantes e inovadoras, não podiam ser realizadas com o material existente no laboratório de Biologia do Departamento de Didáctica e muito menos nas escolas do Ensino Secundário com alunos do 10º ano.

.As restantes, já eram conhecidas da maioria dos professores de Biologia, sendo por vezes até indicadas nos diferentes manuais escolares, por isso sem grande interesse a sua realização.

.Não foram encontradas actividades experimentais que pudessem constituir nesta área estratégia de mudança conceptual.

Por tudo o que acabamos de descrever, a ideia da realização da actividade experimental foi abandonada e substituída pela visualização de um filme sobre "Reacções da fase luminosa da fotossíntese" (Anexo III).

Os critérios subjacentes à opção da visualização do filme como estratégia de actividade foram:

.Mostrar experiências integradas nas reacções da fase luminosa que muitos professores nunca realizaram como, por exemplo, experiências que demonstram a fluorescência da clorofila, a queda do vermelho, a produção do poder de redução da fase luminosa da fotossíntese.

.Os professores de Biologia, utilizarem frequentemente, filmes, como estratégia didáctica sem fazerem, a maior parte das vezes, uma análise prévia ao seu conteúdo e ao modo de o utilizarem.

Como o filme era de origem inglesa, foi inicialmente distribuída, por escrito, a sua tradução. Seguiu-se a visualização e a discussão em grupo dos itens propostos na actividade.

Foi opinião dos grupos de trabalho que o filme visualizado constituía um bom recurso didáctico a utilizar com alunos de Biologia. Realçaram a necessidade do professor se consciencializar, antes da utilização de um filme, de algumas incorreções científicas que este veicule, de aspectos tratados de modo pouco claro e de algumas situações que possam ser reforço de concepções alternativas.

Após a realização da actividade e da sua discussão em plenário, procedeu-se à fase "desenvolvimento".

**SÍNTESE DO DESENVOLVIMENTO TEÓRICO DE CADA ASSUNTO  
ABORDADO NO CURSO**

# **CONSTRUTIVISMO E AS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DOS ALUNOS**

## **1-O CONSTRUTIVISMO E AS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DOS ALUNOS**

Pensou-se, durante muito tempo, que o conhecimento do aluno sobre um determinado tema científico só apareceria, após o ensino formal. Assim sendo, a "mente vazia" do aluno podia ser preenchida, a pouco e pouco, pela ciência do professor. Segundo esta teoria, o professor é o transmissor dos conhecimentos e o aluno, um ser passivo que não intervém, senão, como receptor, na construção do conhecimento. Os dados da investigação, nesta área, revelam que o conhecimento produzido por esta abordagem ao ensino não dura muito tempo (Thomaz, 1987)

Os modelos de aprendizagem por aquisição conceptual (pedagogia transmissiva, aprendizagem por descoberta e pedagogia por objectivos), baseiam-se nestes princípios. Têm origem na perspectiva epistemológica empírico-indutivista e na psicologia behaviorista.

Os alunos que se formam segundo este tipo de ensino/aprendizagem, são passivos e consumidores de verdades feitas, incapazes de se adaptarem às mudanças da Ciência e da Sociedade.

A ineficácia destes modelos e o desenvolvimento da psicologia educativa levaram ao aparecimento de um novo paradigma de aprendizagem - os modelos de mudança conceptual.

Segundo estes modelos, a apropriação de conceitos científicos é determinada por um conjunto de ideias ou esquemas, por vezes, bastante complexos que permitem ao aluno interpretar e dar sentido às suas experiências. Nesta perspectiva, a aprendizagem não é simplesmente uma adição de conhecimentos mas uma mudança ou reestruturação das ideias ou esquemas que o aluno já possui.

Na literatura, estas ideias aparecem com designações diversas (pré-concepções, concepções erradas, ciências das crianças, concepções alternativas

etc.), correspondendo a diferentes conotações e conseqüentemente a diferentes concepções epistemológicas.

O movimento das concepções alternativas, assenta na epistemologia racionalista, na psicologia cognitivista e na teoria construtivista da aprendizagem. Defende que o indivíduo constrói, de um modo activo e criativo, o seu conhecimento, usando para isso o seu saber prévio. Este conhecimento faz sentido para o indivíduo, independentemente das concepções científicas aceites, constituindo, por isso, uma visão alternativa. Segundo Cachapuz e Martins (1991, p.14), esta visão alternativa não deve ser "confundida com simples "erros primeiros" resultantes por exemplo de simples distrações, respostas precipitadas, lapsos de memória, ou erros de cálculo, mas sim como potenciais modelos explicativos frequentemente utilizados com referenciais intuitivos, podendo unificar mais do que um tipo de fenómenos e resultando de um esforço consciente de teorização".

Estudos realizados sobre este assunto, em diversas áreas de temas científicos, levaram à conclusão que as principais características das concepções alternativas dos alunos, são a natureza pessoal, a incoerência, a estabilidade e a generalidade.

## **2- ORIGENS DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS**

As razões que poderão estar na origem das concepções alternativas são, essencialmente, de dois tipos (Martins, 1989, p.18):

### **(1) A nível individual e social**

.Crenças

.Opiniões permitidas e até encorajadas, na sociedade

.Linguagem de uso corrente, em particular, a linguagem metafórica

.Experiências do dia-a-dia (Sutton 1982)

### **(2) A nível do ensino formal**

.As ideias veiculadas pelos professores e pelos manuais escolares

.O tratamento didáctico dos temas

.O recurso a determinado método de abordagem dos temas

.A ausência de conhecimentos do professor sobre a possível existência de concepções alternativas nos alunos.

### **3-ESTUDO EM CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS NO DOMÍNIO DA BIOLOGIA**

Os trabalhos de Piaget tiveram um grande impacto no aparecimento de publicações relacionadas com as concepções alternativas dos alunos embora, durante muito tempo, a Didáctica não lhe tenha reconhecido grande importância, no processo de aprendizagem.

Actualmente, sobre esta temática, existe já publicada uma enorme quantidade de livros, artigos em revistas, actas, simpósios e conferências. Os temas abordados dizem mais respeito ao domínio da Física, existindo contudo trabalhos, já relativamente abundantes, em áreas de Química, de Biologia e em Ciências da Terra e do Universo. A maioria dos estudos centra-se ao nível do ensino básico obrigatório e do ensino secundário embora existam trabalhos realizados com alunos de todos os níveis de escolaridade, desde o pré-primário ao ensino universitário.

A quantidade de estudos realizados sobre a área das concepções alternativas, levou à necessidade de se proceder a uma classificação desses estudos. Segundo Hashweh (1988, citado por Martins, 1989), existem 3 tipos de trabalhos fundamentais: descritivos, explanatórios e os que pretendem induzir mudança conceptual nos alunos.

Os trabalhos referentes à área da Biologia encontram-se publicados em várias revistas da especialidade, espalhadas por todo o mundo, tornando-se, por vezes, difíceis de encontrar e adquirir. Estudos de síntese nesta área são escassos, sendo contudo de salientar o trabalho de Wandersee, Mintzes e Arnaudin (1987), que elaboraram um sumário de investigação, evidenciando os esforços feitos nos estudos relativos ao desenvolvimento conceptual dos alunos, no domínio das Ciências da Vida.

As principais fontes de publicação onde se encontram artigos, relacionados com o desenvolvimento conceptual dos alunos, na área das Ciências da Vida são: *Journal of Biological Education*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Journal of Genetic Psychology*, *Science Education* (Correia, 1990).

Segundo dados extraídos de Wandersee, Mintzes e Arnaudin (1987), a maioria das investigações tratam conceitos, na área da continuidade biológica (reprodução, genética e evolução). Há, contudo já bastantes trabalhos realizados sobre plantas e animais, vida e morte, corpo humano, DNA etc.

#### **4-IMPORTÂNCIA DO ESTUDO SOBRE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS**

As razões para o estudo das concepções alternativas dos alunos podem classificar-se, segundo Martins (1989), em 3 níveis de intervenção; (1) a aprendizagem (ponto de vista psicológico), (2) a formação de professores e (3) a organização curricular.

Os aspectos mais relevantes para cada um destes níveis discriminam-se, resumidamente, a seguir.

##### **(1) Ponto de vista psicológico - a aprendizagem.**

-É importante conhecer a natureza e o porquê das ideias dos alunos, como ponto de partida para a intervenção pedagógica.

-O aluno deve ser o sujeito das acções educativas e não um seu objecto.

-O conhecimento das dificuldades dos alunos deve ser feito, através dos próprios alunos (Hodson e Reid 1988b; Shaibu 1988, citados por Martins, 1989).

##### **(2) A formação de professores**

Numa perspectiva construtivista, é importante que a formação de professores, quer inicial quer contínua, se organize de modo a que estes :

-Tomem consciência da existência de ideias alternativas pois tais ideias são, para o aluno, parte sensível e valiosa do seu conhecimento

-Possam prever a interferência de determinadas ideias alternativas, em outros temas/domínios

-Consigam promover a mudança conceptual pelo que necessitam de conhecer tais ideias

-Procurem não subestimar as dificuldades dos alunos, i.e., deixem de ver as dificuldades dos temas na perspectiva do ensino, mas antes na da aprendizagem (Shaibu 1988, citado por Martins,1989)

-Sejam capazes de reconhecer, respeitar e dar resposta a todas as perspectivas dos alunos sobre os fenómenos científicos (Linn 1987).

### (3) A organização curricular

O ensino deve ser:

-Sobre, ou estar relacionado com as ideias e experiências dos alunos

-Estruturado, com vista a contemplar as ideias alternativas e novos recursos didácticos (manuais escolares, experiências e programas de computador, etc.) devem ser construídos, incorporando o que é conhecido sobre mudança conceptual.

## **5- MODELOS DE MUDANÇA CONCEPTUAL**

Enquanto os modelos de aquisição conceptual ignoram ou subestimam as concepções alternativas dos alunos, os modelos de mudança conceptual atribuem-lhes grande importância, ao defenderem que a apropriação dos conceitos científicos é estreitamente determinada por aquelas concepções.

Os modelos de mudança conceptual podem subdividir-se em: modelos de captura conceptual e modelos de troca conceptual.

Os modelos de captura conceptual dão especial atenção às concepções dos alunos, conciliáveis com aspectos científicos a aprender. Preconizam que o novo é sempre construído no prolongamento do familiar, por incorporação de novos elementos e que no processo de aprendizagem se devem evidenciar, logo de início, pontes entre os dois tipos de conhecimentos (privado e o público) de forma a conciliarem ideias que, à partida pareciam opor-se (Santos, 1991).

Os modelos de troca conceptual focalizam a sua atenção nas representações dos alunos que, à partida, são inconsistentes e logo inconciliáveis com os conceitos científicos a aprender (Santos,1991).Para tais modelos, é necessário provocar o conflito cognitivo para haver troca das concepções pessoais do aluno por conceitos científicos.

Há certas estratégias metodológicas que se coadunam melhor com situações de congruência (trabalhos laboratoriais para confirmar ideias prévias, analogias e metáforas, em continuidade com as representações dos alunos etc.), enquanto outras se coadunam melhor com situações de conflito cognitivo (actividades de *brainstorming*, trabalhos laboratoriais para infirmar ideias prévias, etc.) (Santos,1991).

Em qualquer dos casos, captura ou troca conceptual, os professores na preparação das suas actividades não se podem esquecer de que:

-O que o aluno aprende, depende não só das experiências na sala de aula, mas também do que já sabe, das suas atitudes e dos seus objectivos - É importante aquilo que já está na mente do aluno.

-Aprender envolve a construção activa da compreensão, através da experiência com o meio físico envolvente e através de interacção social - Os indivíduos constroem o seu próprio conhecimento.

-A construção de pontes com o conhecimento anterior do aluno é um processo activo que envolve a formação, avaliação e reestruturação de ideias ou hipóteses - A construção do conhecimento é um processo activo e contínuo.

-Aprender Ciência não é apenas uma questão de juntar ou expandir os conceitos existentes. Pode envolver uma reorganização radical - Aprender pode envolver mudança conceptual

-A compreensão que cada aluno constrói pode ser aceite ou rejeitada - A construção do conhecimento nem sempre leva ao acreditar.

-Aprender não é um processo passivo. Os alunos são seres actuantes que estabelecem os seus próprios objectivos e controlam a sua própria aprendizagem - O aluno tem a responsabilidade final da sua aprendizagem.

-Os alunos têm normalmente ideias semelhantes sobre determinado fenómeno. De facto, isso não é nada de surpreendente, se considerarmos que eles têm diversas experiências comuns, na escola, na televisão, nas revistas, na música etc. - Algumas compreensões construídas são partilhadas.

Nestes modelos, os desafios que se põem ao professor, são grandes porque não só terá de conhecer as concepções alternativas dos alunos sobre os temas a estudar, como terá de os orientar, na selecção de estratégias apropriadas para os resolver. O professor deixa de ser o transmissor de conhecimentos para passar a ser o facilitador do desenvolvimento das capacidades e atitudes científicas.

Mas o que realmente ainda se passa é que os alunos continuam a ser os presentes/ausentes, no acto educativo. Uma das razões apontadas, é segundo Giordan (1987), a falta de formação de professores nesta área e de meios para integrar o aluno, no processo educativo.

Na tentativa de contribuirmos para minimizar esta falta de formação, o primeiro seminário do curso foi dedicado ao tratamento da perspectiva construtivista da aprendizagem.

# ENERGIA E O ENSINO DA BIOLOGIA

## 1-ALGUNS EXTRACTOS DE MANUAIS ESCOLARES E DE LIVROS E REVISTAS QUE "ALIMENTAM" MODELOS DE C.A. SOBRE O TÓPICO ENERGIA EM BIOLOGIA

**MODELO DEPOSITÁRIO** - Considera que algumas coisas possuem energia armazenada.

"Os compostos orgânicos de que os seres vivos se servem como alimento são verdadeiros depósitos concentrados de energia química"

Roque e Castro (1990, p. 169)

"Muitos lípidos constituem uma importante fonte de reserva de energia biológica "

Silva e outros (1991, p.120)

"Os ácidos gordos são depósitos de energia altamente concentrados"

Lima e Freitas (1987, p. 111)

**MODELO DO PRODUTO** - A energia é um produto ou mais especificamente um subproduto de uma situação ou processo.

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 687\,000\text{ cal}$

Roque e Castro (1990, p.169)

$ATP + H_2O \rightarrow ADP + P + 7,3\text{ Kcal}$

Silva e outros (1991, p. 120)

"ATP + H<sub>2</sub>O ↔ ADP + PPi + Energia"

Lima e Freitas (1987, p.111)

"ATP + H<sub>2</sub>O → AMP + PPi + 7,3 Kcal"

Teixeira e Ricardo (1988, p.14).

**MODELO DO FLUXO** - A energia é considerada como um fluido capaz de se transferir de um lugar para outro.

"A energia dos fótons, ou seja a energia luminosa, é transferida na fase luminosa da fotossíntese, para moléculas do ATP e, na fase escura, é transferida dessas moléculas, para as moléculas orgânicas, que resultam da fotossíntese"

Roque e Castro (1990, p.214)

"A mitocôndria transfere energia química do alimento para moléculas do ATP"

Silva e outros (1991, p. 297)

"The flow of energy in a forest ecosystem"

Gosz, Holmes, Likens e Bormann (1978, p.93)

**MODELO DO INGREDIENTE** - A energia é um ingrediente das coisas reactivas. É inactiva e precisa de um mecanismo para a sua libertação.

"Quais os mecanismos que permitem os seres vivos a libertação da energia acumulada nas substâncias orgânicas que lhes servem de alimento?"

"Sabemos que por combustão dessas substâncias na presença do oxigénio, a energia nelas acumuladas é libertada facilmente"

Roque e Castro (1990, p. 169)

# IÃO ATP<sup>4-</sup>: ESTRUTURA E FUNÇÃO

## 1-ESTRUTURA DOS IÕES ATP<sup>4-</sup>; ADP<sup>3-</sup> e AMP<sup>2-</sup>

ATP<sup>4-</sup>, ADP<sup>3-</sup> e AMP<sup>2-</sup> são siglas, que representam ribonucleósidos, constituídos por uma molécula de adenina e por uma molécula de açúcar a D-ribofuranose, à qual estão unidos, por uma ligação éster, 3, 2 ou 1 grupos fosfato, respectivamente (Fig.1). Estes grupos fosfato ou resíduos de ácido fosfórico, segundo alguns autores, são designados pelos símbolos  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  e estão ligados, entre si, por ligações fosfoanidrido (P-O-P)

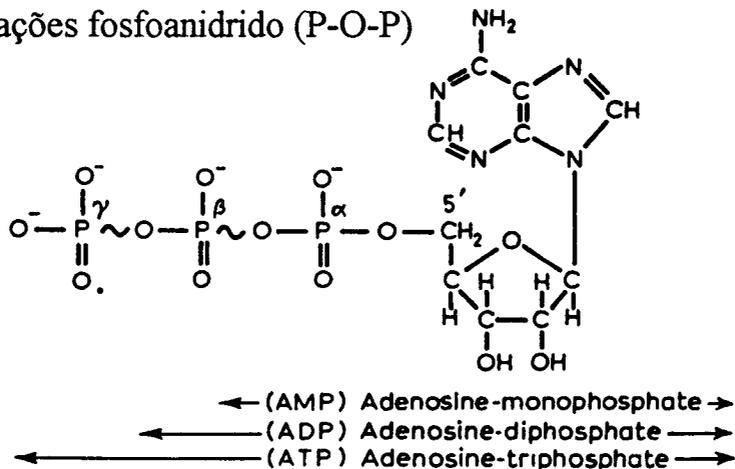


Fig. 1- Estrutura do ião ATP<sup>4-</sup>, ADP<sup>3-</sup> e AMP<sup>2-</sup> (Jones, 1981, p. 10)

## 2-PROPRIEDADES DOS IÕES ATP<sup>4-</sup>; ADP<sup>3-</sup> e AMP<sup>2-</sup>

É importante realçar as seguintes propriedades destes iões: em pH 7 são aniões altamente carregados; o ATP<sup>4-</sup> e o ADP<sup>3-</sup> formam nas células intactas, complexos com catiões divalentes, tais como Mg<sup>2+</sup> e Ca<sup>2+</sup>, originando nas proporções de 1:1 o complexo MgATP<sup>2-</sup> e MgADP<sup>-</sup> (Fig. 2); apresentam duas partes funcionais, uma parte, o nucleósido, capaz de reconhecer e se ligar à enzima específica, a outra parte, a unidade fosfatada, que confere ao ião uma grande reactividade química.

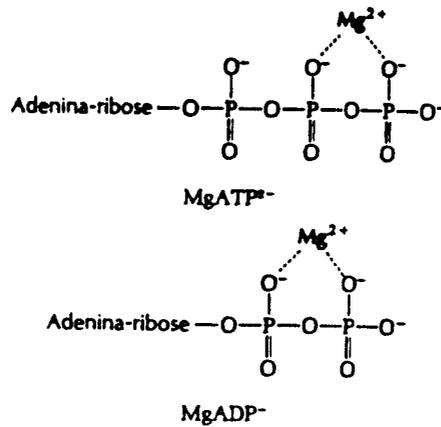


Fig. 2 -Complexos metálicos do ATP<sup>4-</sup> e do ADP<sup>3-</sup> (Lenhinger, 1976, p.284).

Na maioria das reacções enzimáticas, que se realizam no organismo, em que o ATP<sup>4-</sup> participa como dador de fosfato, a sua forma activa é o complexo MgATP<sup>2-</sup>.

### 3-O MITO DAS LIGAÇÕES FOSFATO "DE ALTA ENERGIA"

A expressão "ligação fosfato de alta energia" é incorrecta, enganadora e pode originar concepções alternativas nos alunos, porque sugere que a energia de hidrólise é a energia que existe nas ligações dos fosfatos terminais do ião ATP<sup>4-</sup>. Para tal acontecer a energia teria de ser "armazenada" em ligações particulares, o que é incorrecto, porque a energia de reacção é uma propriedade do sistema reaccional no seu conjunto, não estando só confinada às ligações de fosfato quebradas na hidrólise. Além do mais, a ruptura de ligações é um fenómeno endoenergético e a formação de ligações um processo exoenergético. Do balanço entre as parcelas é que resultará consumo ou libertação de energia na reacção em causa.

### 4-HIDRÓLISE DO ATP<sup>4-</sup>

As reacções químicas, que traduzem a hidrólise das ligações fosfoanidrido  $\gamma$  e  $\beta$  do ATP<sup>4-</sup>, podem ser representadas por:





Se considerássemos o processo de hidrólise do ião  $\text{AMP}^{2-}$ , a energia livre de hidrólise ( $\Delta G^\circ$ ) seria mais pequena, por a ligação entre o ácido fosfórico e a ribose, ser do tipo éster (Lehninger, 1976 ; Stryer, 1988).

O valor de  $\Delta G^\circ$  para as ligações fosfoanidrido pode variar consideravelmente conforme as condições existentes na célula, uma vez que este valor depende da temperatura, pH, concentração de  $\text{Mg}^{2+}$  do meio e da concentração do  $\text{ATP}^{4-}$ ,  $\text{ADP}^{3-}$  e  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . O valor de  $-30 \text{ KJ mol}^{-1}$  foi calculado para pH 7, à temperatura de  $25^\circ\text{C}$  e em presença de  $\text{Mg}^{2+}$  na concentração de 20 mM.

- O que acontece nas reações de hidrólise do  $\text{ATP}^{4-}$  ?

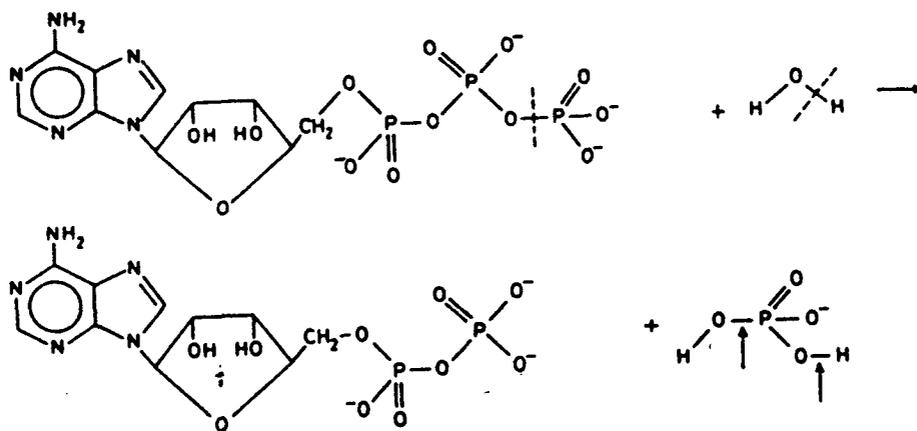


Fig. 3- Reacção de hidrólise do ião  $\text{ATP}^{4-}$  (Gil, 1988, p. 16 )

Na hidrólise do ião  $\text{ATP}^{4-}$ , o grupo fosfato terminal é removido por quebra da ligação fosfoanidrido  $\gamma$ , havendo consumo de energia, não só na ruptura desta ligação como na ruptura da ligação da molécula da água. Na reacção de hidrólise, formam-se outros compostos ( $\text{ADP}^{3-}$  e  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), estabelecendo-se assim, novas ligações (Fig. 3). A energia que se liberta, após a formação das ligações e que formam  $\text{ADP}^{3-}$  e  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  é superior à energia que é gasta, para provocar a ruptura das ligações do  $\text{ATP}^{4-}$  e da água. Esta reacção é por isso exotérmica e em condições especiais é uma fonte de trabalho útil de valor máximo teórico  $-\Delta G^\circ = 30 \text{ KJ mol}^{-1}$ . É, neste sentido, que se diz que o  $\text{ATP}^{4-}$  é um "armazém de energia na célula viva".

- Por que é que a energia livre padrão de hidrólise do  $\text{ATP}^{4-}$  é mais negativa que a maioria dos compostos fosforilados existentes nas células?

Em pH fisiológico, o  $\text{ATP}^{4-}$  é capaz de transferir menos energia livre que o fosfoenolpiruvato, o 1,3 difosfoglicerato ou a creatina fosfato, mas mais que a glicose-1-fosfato, glicose-6-fosfato ou o glicerol-1-fosfato, por exemplo. Ocupa assim, uma posição intermédia na escala termodinâmica (Lehninger, 1976; Stryer, 1988).

As razões por que as reacções de hidrólise do  $\text{ATP}^{4-}$  tem um  $\Delta G^\circ$  mais negativo que outras reacções de hidrólise (envolvendo compostos situados abaixo, na escala termodinâmica) são:

- Em pH próximo de 7 o ião fosfato é um híbrido de ressonância.
- Em pH 7, os iões  $\text{ATP}^{4-}$  possuem 4 cargas negativas próximas entre si e que se repelem fortemente. Quando a ligação de fosfato é hidrolisada, uma parte da tensão é removida pela separação de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e de  $\text{ADP}^{3-}$ . Estes, como são negativamente carregados, sofrerão repulsão, não se recombinando facilmente para formar  $\text{ATP}^{4-}$ .
- Os dois átomos de fósforo terminais do  $\text{ATP}^{4-}$  possuem forte tendência a remover electrões, tornando, portanto, a ligação fosfoanidrido mais apta para a hidrólise.
- Nos organismos vivos, a concentração do ião  $\text{H}^+$  é baixa ( $\sim 10^{-7}$  mol  $\text{dm}^{-3}$ ), por isso a reacção de hidrólise,  $\text{ATP}^{4-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ADP}^{3-} + \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}^+$ , ocorre, em grande extensão.

## 5-O IÃO $\text{ATP}^{4-}$ PODE SER ARMAZENADO NAS CÉLULAS?

O  $\text{ATP}^{4-}$  não deve ser visto como um composto, que possa ser armazenado em quantidades significativas nas células. É demasiado reactivo para ser armazenado durante longos períodos de tempo (Storey, 1992a). Dez milhões de  $\text{ATP}^{4-}$  são formados e consumidos por segundo, estando por isso constantemente a serem formados e consumidos (Campbell, 1990 citado por Storey, 1992a)

Dados, extraídos de Stryer (1988), indicam que um indivíduo em descanso consome cerca de 40 Kg de ATP<sup>4-</sup> em 24 horas e durante um exercício físico intenso, pode atingir 0,5 Kg por minuto.

É oportuno realçar que, o que atrás foi dito, sobre os nucleótidos AMP<sup>2-</sup>, ADP<sup>3-</sup> e ATP<sup>4-</sup> é aplicável aos nucleótidos trifosfatados (NTP<sup>4-</sup>): GTP<sup>4-</sup>; UTP<sup>4-</sup>; CTP<sup>4-</sup>, aos nucleótidos difosfatados (NDP<sup>3-</sup>): GDP<sup>3-</sup>; UDP<sup>3-</sup>; CDP<sup>3-</sup> e ainda aos nucleótidos monofosfatados (NMP<sup>2-</sup>): GMP<sup>2-</sup>; UMP<sup>2-</sup>; CMP<sup>2-</sup>.

## 6-FUNÇÕES DO NTP<sup>4-</sup> E DO NDP<sup>3-</sup>

Se todos os nucleótidos possuem características estruturais e propriedades idênticas também serão idênticas as suas funções. Os nucleótidos, em geral, são caracterizados por servirem de:

- Transportadores de fosfato e de pirofosfato em várias reacções enzimáticas envolvidas na transferência de energia química.

Embora o sistema ATP<sup>4-</sup> - ADP<sup>3-</sup> seja o sistema primário ou principal de transferência de grupos de fosfato na célula, os NTPs, tais como, GTP<sup>4-</sup>, UTP<sup>4-</sup> e CTP<sup>4-</sup>, também fornecem energia química em percursos biossintéticos específicos.

- Transportadores de tipos específicos de moléculas monoméricas (Ex: UDP<sup>3-</sup>, é um transportador específico de resíduos de açúcar durante a síntese de polissacarídeos).

- Percussores, durante a síntese enzimática de DNA e RNA de nucleósidos monofosfato.

- Reguladores de muitas vias catabólicas e anabólicas.

## 7-ALGUNS MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO ATP<sup>4-</sup>

Há vários métodos de determinar a concentração de nucleótidos ATP<sup>4-</sup>, ADP<sup>3-</sup> e AMP<sup>2-</sup>. Smith e Wood (1991) indicam, por exemplo, o espectro de

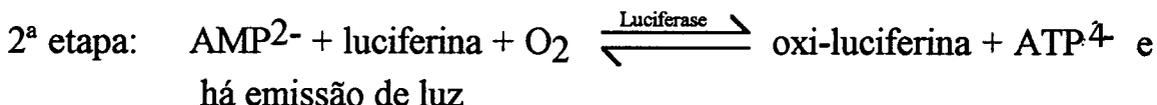
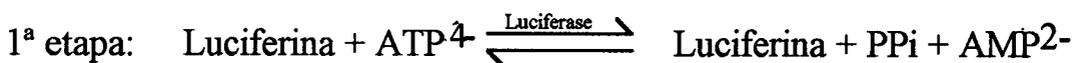
ressonância magnética nuclear (NMR), a cromatografia (HPLC) e o método da bioluminescência.

### 7.1-A bioluminescência e o ATP<sup>4-</sup>

A bioluminescência é um fenómeno interessante da natureza. É um exemplo deste fenómeno a luz emitida pelo pirilampo (*Photinus Sp*), para efeitos de acasalamento.

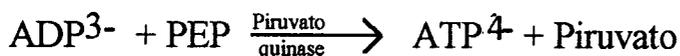
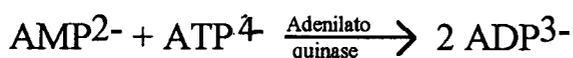
Um grande número de experiências baseadas neste fenómeno têm sido desenvolvidas para determinar a concentração do ATP<sup>4-</sup>. Um dos métodos utiliza as reacções catalisadas por a enzima luciferase, extraída dos pirilampos. Destes, também se pode extrair um composto chamado luciferina, que pode ser oxidado na dependência do ião ATP<sup>4-</sup>. A oxi-luciferina obtida, num estado excitado, fluoresce.

Segundo Smith e Wood (1991), estas reacções decorrem em 2 etapas:



A quantidade de luz emitida é proporcional à concentração do ATP<sup>4-</sup> e pode ser calculada através do luminómetro.

As concentrações de ADP<sup>3-</sup> e AMP<sup>2-</sup> também podem ser determinadas. Estes, terão inicialmente de se transformar em ATP<sup>4-</sup>, segundo as reacções abaixo indicadas:



Após este conjunto de reacções, a nova concentração do ATP<sup>4-</sup> pode ser calculada através do luminómetro.

# **A RESPIRAÇÃO CELULAR E A FERMENTAÇÃO**

## **1- CONCEITO DE RESPIRAÇÃO CELULAR**

O processo de respiração celular é definido, de diferentes maneiras, por diferentes autores. Storey (1991, p.339 ) sugere que a respiração celular seja definida, como "o fluir de electrões através de uma membrana que conduza à síntese quimiosmótica do ATP". Segundo o mesmo autor, esta definição engloba as células eucarióticas e procarióticas. Convém, no entanto, acrescentar que a membrana a que se refere a definição é a membrana interna da mitocôndria, nas células eucarióticas e a membrana plasmática, nas células procarióticas.

### **1.1- Conceito de respiração aeróbica, anaeróbica e fermentação**

Se os electrões fluem em direcção ao O<sub>2</sub> molecular, que é o último acceptor de electrões, a respiração denomina-se de respiração aeróbica (Stryer, 1988; Smith e Wood, 1991; Storey, 1991).

Se os electrões fluem para outros aceptores, diferentes do oxigénio, como por exemplo, o nitrato, o sulfato, o fumarato e o CO<sub>2</sub> , reduzindo-os, a respiração designa-se de anaeróbica (Smith e Wood, 1991; Storey, 1991).

Se os electrões forem aceites por um acceptor integrado, no próprio processo, como, por exemplo, o piruvato o processo denomina-se de fermentação. As moléculas iniciais (glicose, ácidos gordos, aminoácidos, etc.) são reduzidas, geralmente a duas espécies de produtos, originando-se uma forma reduzida de carbono (etanol, lactato ou succinato) e uma forma oxidada, normalmente o CO<sub>2</sub> (Smith e Wood, 1991).

Pelo que acabámos de referir, a fermentação não deve ser chamada respiração anaeróbica (o que acontece em muitos artigos e manuais escolares) mas sim via anaeróbica.

## **2-FUNÇÕES DA RESPIRAÇÃO CELULAR E DA FERMENTAÇÃO**

Muitos manuais escolares descrevem, com algum pormenor, as transformações de energia, que ocorrem durante as reacções de respiração celular.

Na descrição da glicólise, do ciclo de Krebs e da cadeia respiratória é dada muita ênfase ao fluxo de energia e ao número de "moléculas" de ATP<sup>4-</sup> sintetizadas durante a reacção. É, contudo negligenciada uma função, igualmente importante, da glicólise e do ciclo de Krebs - a formação de unidades construtoras de muitas das moléculas funcionais, sintetizadas pelas células (Stryer, 1988; Storey, 1991; Salisbury e Ross, 1992).

Assim sendo, a respiração celular através da glicólise e do ciclo de Krebs, possui duas funções importantes: conversão de energia e formação de moléculas para a biossíntese.

A fermentação, através da glicólise, pode também formar moléculas para a biossíntese.

### **3 - GLICÓLISE**

O conjunto de reacções químicas que acontecem na via glicolítica são descritas com mais ou menos pormenor em Lehninger (1976), Stryer (1988), Smith e Wood (1991), Devlin (1992) e Salisbury e Ross (1992) entre outros.

Segundo Devlin (1992), as reacções da glicólise podem dividir-se em 3 estádios: a) o estádio de preparação; b) o estádio de divisão; c) o estádio de oxirredução-fosforilação.

a) O estádio de preparação, engloba o conjunto de reacções de fosforilação do substrato e de isomeração que acontecem entre a molécula inicial, por exemplo, a glicose e a formação de frutose 1,6 difosfato.

b) O estádio de divisão é constituído pela decomposição da frutose 1,6 difosfato em didroxiacetona-fosfato e gliceraldeído-3-fosfato

c) O estádio de oxirredução-fosforilação compreende o conjunto de reacções que transformam o gliceraldeído-3-fosfato em piruvato ou lactato. Nestas

reacções estão incluídas as reacções de oxidação-redução, fosforilação do  $\text{ADP}^{3-}$  com consequente desfosforilação do substrato, reacções de isomeração e reacções de desidratação.

Podemos ainda agrupar as reacções da glicólise em 3 tipos, mas com percursos interligados:

-A sequência de reacções pelas quais as cadeias de carbono são degradadas para formar piruvato ou lactato, isto é, o percurso dos átomos de carbono.

-A sequência de reacções pelas quais o fosfato inorgânico se torna o grupo de fosfato terminal do ATP, isto é, o percurso do fosfato.

-A sequência das oxirreduções, isto é, o percurso dos electrões.

Um aspecto importante a realçar é o facto de todos os intermediários da glicólise serem fosforilados. Segundo Lehninger (1976), os grupos fosfatos desses compostos parecem ter 3 funções:

-Fornecerem à molécula um grupo polar carregado negativamente, impedindo a sua passagem através de membrana celular.

-Servirem, como grupos ligantes ou de reconhecimento, na formação dos complexos enzima-substrato.

-Conservarem energia, uma vez que os agrupamentos de fosfato se tornam grupos de fosfato do  $\text{ATP}^{4-}$ , no decorrer da glicólise.

### **3.1- Significado biológico da via Glicolítica**

A via glicolítica permite a oxidação aeróbica e anaeróbica de moléculas orgânicas com produção do  $\text{ATP}^{4-}$  e a regulação destes processos (efeito de Pasteur). Além destas funções e devido à versatilidade dos seus intermediários, pode ainda servir de via anabólica, em vários reacções de biossíntese (ex: o piruvato pode transformar-se em alanina, a frutose-6-fosfato pode originar glucosamina-6-fosfato, a glicose-6-fosfato pode formar glicogénio e galactose).

#### 4- VIA DA PENTOSE FOSFATO OU DO FOSFOGLICONATO

Muitas células utilizam na oxidação de hidratos de carbono simples como, por exemplo, a glicose três vias; a glicólise, a mais conhecida e apresentada nos manuais escolares de Biologia, a via de Entner Doudoroff e a via das pentoses fosfato. Estas duas últimas são, raramente, descritas em textos introdutórios, mas os professores de Biologia deverão saber que elas existem e conhecer as suas funções. Neste estudo, vamos somente descrever alguns aspectos da via das pentoses fosfato por ser a seguir à glicólise a mais importante nos seres vivos. Salisbury e Ross (1992) considera-a mesmo tão importante nas células sem cloroplastos como a glicólise ou ciclo de Krebs.

Segundo Storey (1991) 10 a 20% da glicose consumida pela célula é feita por a via das pentoses fosfato sabe-se, no entanto, que este consumo varia com o tipo de célula e com o seu estado de desenvolvimento. Assim, a via das pentoses fosfato é particularmente importante nos vegetais em fase de crescimento, no tecido cerebral, nas células que executam activamente a síntese das gorduras (ex: glândulas mamárias) e nos eritrócitos aos quais falta mitocôndrias (Lehninger, 1982 citado por Storey, 1991).

Quimicamente, a via das pentoses fosfato não é um percurso bem definido que leve a um único produto final, mas um conjunto de percursos divergentes capazes de grande flexibilidade metabólica (Fig. 1)

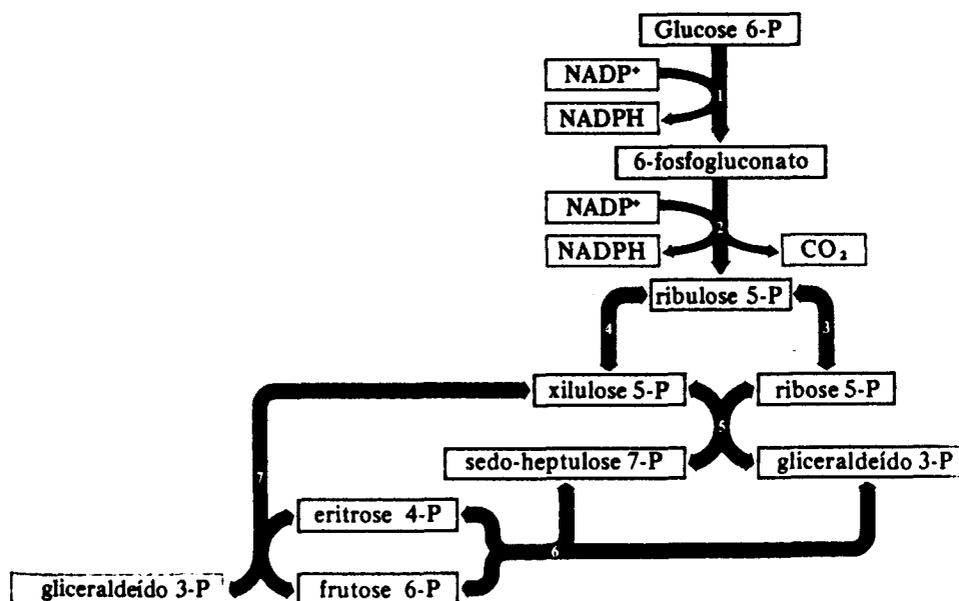


Fig. 1- Esquema geral simplificado da via das pentoses fosfato (Teixeira e Ricardo, 1988, p. 83)

Stryer (1988) considera como passo importante desta via, a transformação da glicose-6-fosfato em 6-fosfogliconato com redução do  $\text{NADP}^+$  a  $\text{NADPH}$ .

O facto da glicose-6-fosfato continuar, através da glicólise ou entrar na via das pentoses fosfato depende da necessidade da célula de  $\text{NADPH}$  comparada com a de  $\text{NADH}$  e  $\text{ATP}^{4-}$  e, ainda, do nível celular do  $\text{NADP}^+$  e ribose (Stryer, 1988; Salisbury e Ross, 1992)

#### **4.1- Função da via das Pentoses Fosfato**

Esta via é especializada em executar principalmente 4 actividades, dependendo do organismo e do seu estado metabólico.

Estas actividades são:

-Produzir  $\text{NADPH}$ . Esta é a função principal e é principalmente importante em algumas células como, por exemplo, nas células do fígado e do cortex adrenal.

-Converter hexoses em pentoses, especialmente a D ribose-5-fosfato, necessária à síntese dos ácidos nucleicos.

-Proporcionar a degradação oxidativa completa das pentoses, pela conversão a hexoses, que poderão por sua vez entrar na via glicolítica.

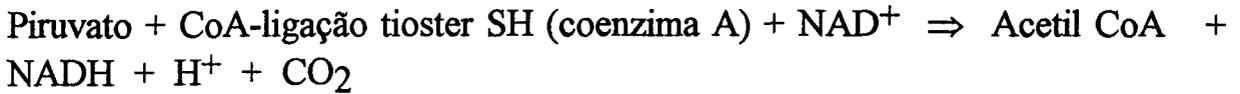
-Produzir eritrose-4-fosfato necessária à formação de compostos fenólicos, tais como a lenhina e a antocianina.

#### **5- PRODUÇÃO AERÓBICA DO $\text{ATP}^{4-}$**

Em condições anaeróbicas, o piruvato é reduzido a lactato, no músculo, ou convertido em álcool, nas leveduras. Em condições aeróbicas, oxida-se completamente originando  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , durante os processos de formação da acetil CoA, do ciclo de Krebs e da cadeia transportadora de electrões.

## 5.1- Oxidação do piruvato a acetil CoA

A transformação do piruvato a acetil CoA envolve uma complexa série de reacções, catalisadas pelo complexo piruvato desidrogenase. Este complexo é constituído por 3 enzimas e 5 coenzimas diferentes (Gayford, 1986 a). Segundo o mesmo autor, a reacção global pode ser representada de seguinte maneira.



$$\Delta G^\circ = -33,44 \text{ KJ mol}^{-1}$$

No global, a reacção é exotérmica, sendo alguma energia "conservada" na ligação tioéster. Esta ligação é utilizada para ligar o acetato ao resto da molécula e possui uma energia livre de hidrólise muito alta. Este facto é explorado biologicamente como, por exemplo, na transformação do succinil CoA a succinato, nas reacções do ciclo de Krebs.

Segundo Lehninger (1976), Gayford (1986 a) e Stryer (1988), a reacção de oxidação do piruvato a acetil CoA, não faz parte do ciclo de Krebs, mas é obrigatória para a entrada de todos os hidratos de carbono no mesmo ciclo. Outros investigadores, como por exemplo, Salisbury e Ross (1992), consideram estas reacções como parte integrante do ciclo de Krebs.

## 5.2- Ciclo de Krebs

Em 1930, Hans Krebs descreveu este ciclo como a via do catabolismo aeróbico da glicose e do glicogénio. Hoje, sabe-se também que este ciclo é necessário para completar o catabolismo dos lípidos e dos aminoácidos.

O ciclo de Krebs é um processo mitocondrial nas células eucarióticas e é dele que provem a maioria das enzimas reduzidas para a cadeia transportadora de electrões. Muitos dos seus intermediários são também pontos de partida para processos anabólicos, incluindo a biossíntese dos hidratos de carbono, porfirinas, lípidos, aminoácidos. etc. (Fig. 2)

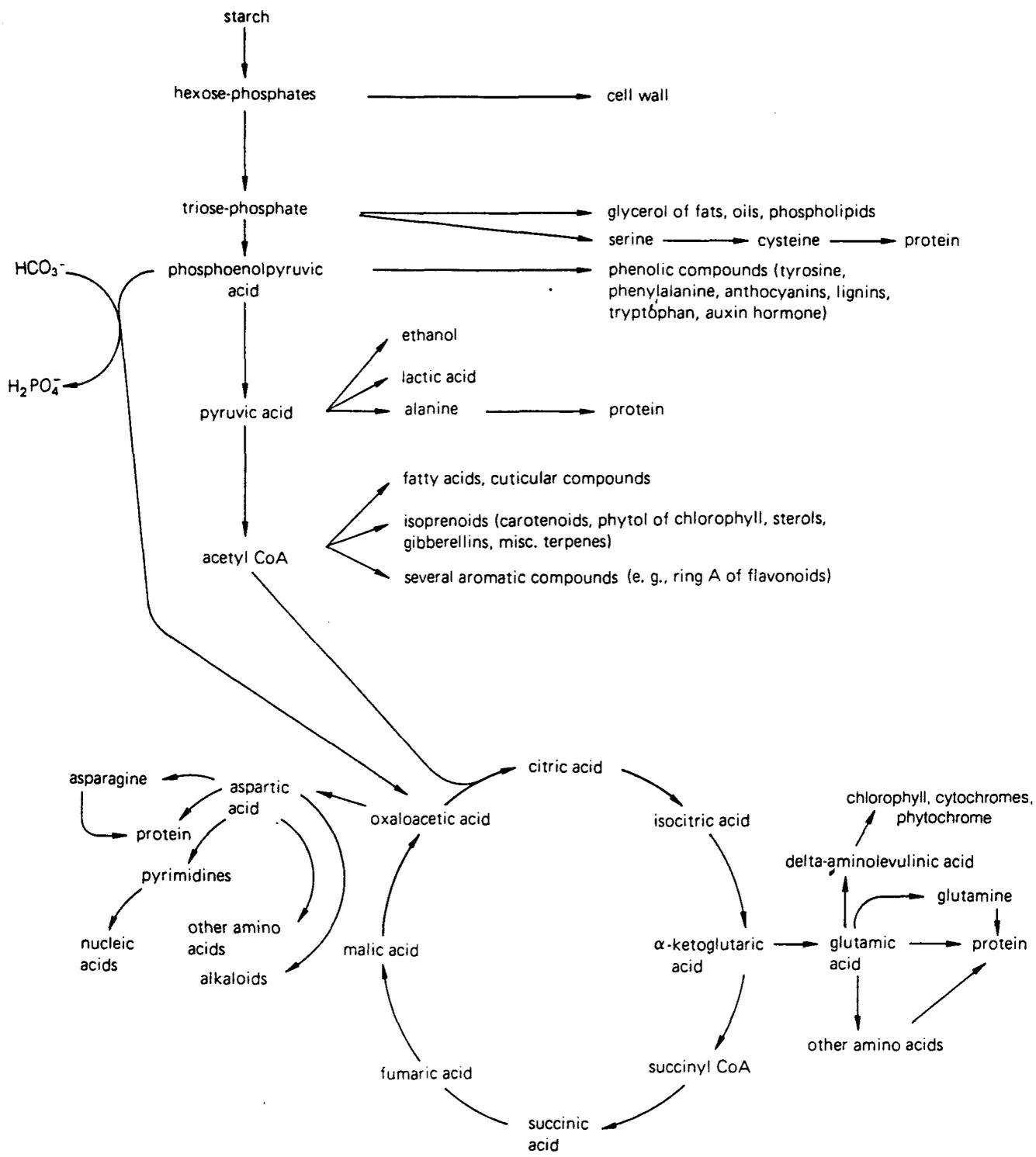


Fig. 2- Relação da glicólise e do ciclo de Krebs com outros processos metabólicos (Salisbury e Ross, 1992, p.281)

## 5.2.1- Reacções do ciclo de Krebs

O ciclo de Krebs é uma maneira directa e eficiente de assegurar uma oxidação completa das moléculas, por isso, há uma sequência apropriada de desidrogenação e descarboxilações. Nesta síntese vamos somente realçar alguns aspectos relativos às reacções deste ciclo que consideramos importantes e que se encontram, na maior parte das vezes, omissos em manuais escolares de Biologia e por vezes em livros e revistas da especialidade.

### 5.2.1.1- Alguns aspectos particulares

-O NADH e o FADH<sub>2</sub> , são, a maioria das vezes considerados como produtos do ciclo de Krebs. Esta designação é apropriada para o NADH, que não é uma coenzima, mas sim o produto de uma reacção catalisada por enzimas. Nas reacções redox em que o NADH é um produto, o NAD<sup>+</sup> é um substrato.

O FADH<sub>2</sub> é uma flavina covalentemente ligada ao succinato desidrogenase. A metade da flavina oxidada da desidrogenase é reduzida e reoxidada, durante cada ciclo catalítico. Por isso, Lammack (1987 citado por Storey, 1991), refere que o FADH<sub>2</sub> deve ser indicado como um intermediário e não como um produto de reacções catalisadas por enzimas.

-No ciclo de Krebs forma-se directamente ATP<sup>4-</sup> ou GTP<sup>4-</sup> conforme se trata respectivamente de uma célula vegetal ou animal.

-O papel da água é principalmente transformar moléculas dificilmente oxidáveis em moléculas facilmente oxidáveis.

## 5.2.2- Funções do ciclo de Krebs

Do que atrás foi descrito, podemos indicar como funções do ciclo de Krebs as seguintes:

-Reduzir o NAD<sup>+</sup> e o FAD a NADH e FADH<sub>2</sub>, para serem posteriormente oxidadas, na cadeia transportadora de electrões (função catabólica)

-Produzir directamente ATP<sup>4-</sup> ou GTP<sup>4-</sup>

-Formar precursores de outros compostos celulares (função anabólica)

### **5.3- Cadeia transportadora de electrões mitocondrial**

Através da aplicação de métodos tais como, comparação do potencial redox e dos espectros de redução versus oxidação dos diferentes transportadores e a utilização de inibidores, foi possível determinar a sequência dos vários transportadores de electrões.

Os transportadores de electrões da cadeia transportadora encontram-se organizados em 4 complexos, ordenados segundo o seu potencial de oxidação-redução.

Para Cohen (1991), esses complexos são: Complexo I - NADH - Q redutase; Complexo II - QH<sub>2</sub> - citocromo c redutase; Complexo III - Citocromo c oxidase; Complexo IV - Succinato - Q redutase.

A transferência de um par de electrões do NADH até ao O<sub>2</sub> ocorre através dos complexos I, II e III e de um par de electrões do FADH<sub>2</sub> através dos complexos, IV, II e III (Fig. 3) conduzindo a um movimento de 6 ou 4 protões, respectivamente, da matriz mitocondrial para o espaço intermembranar.

A sequência de transportadores, da cadeia transportadora de electrões, é variável, dependendo do organismo em estudo. Por exemplo, nas bactérias é ramificada, possuindo por vezes alternativas.

A descrição pormenorizada do mecanismo da cadeia transportadora de electrões mitocondrial encontra-se, por exemplo, em Lenhinger (1976), Stryer (1988), Smith e Wood (1991), Cohen (1991) e Salisbury e Ross (1992).

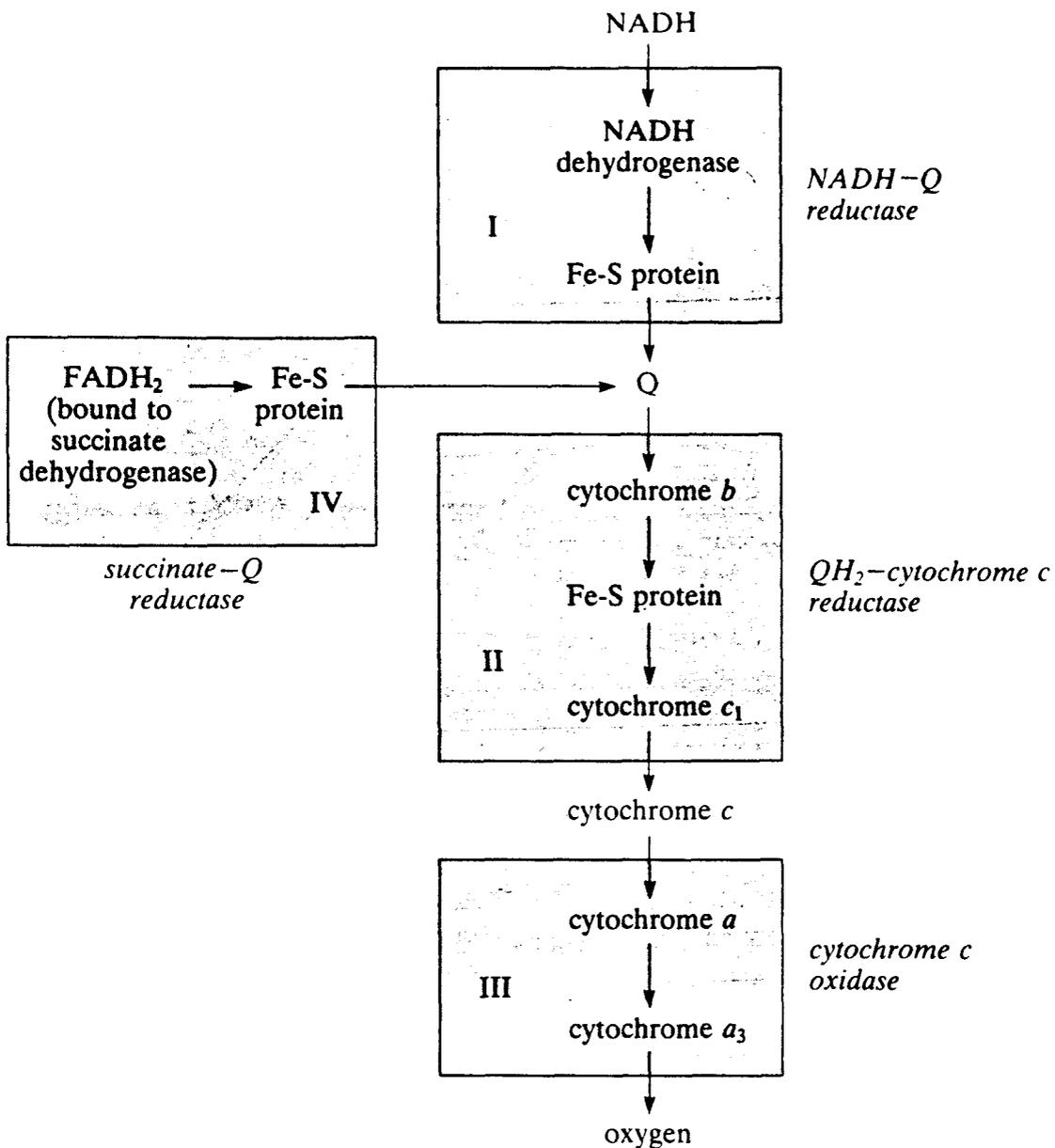


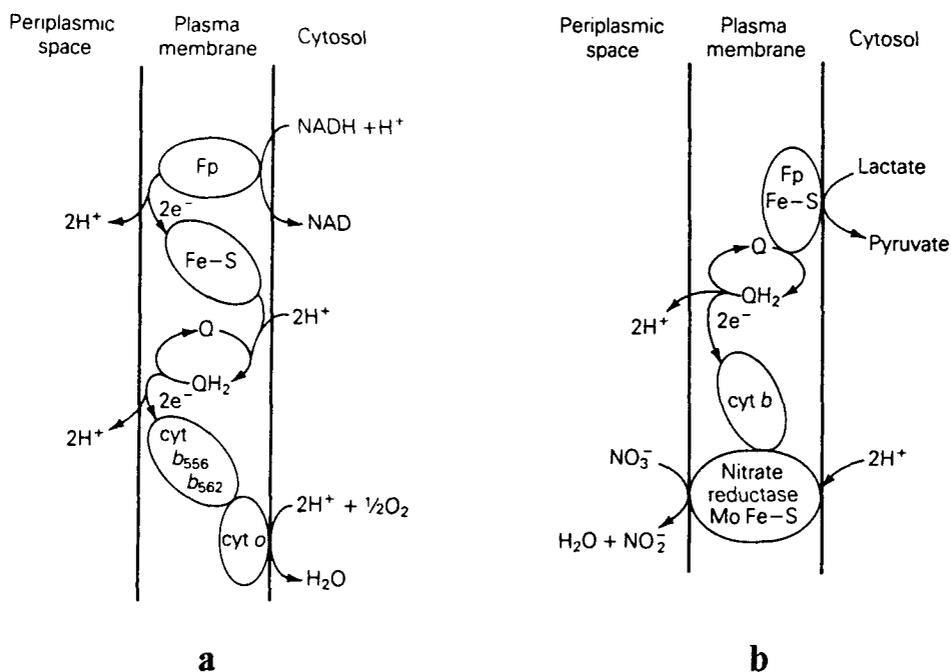
Fig. 3- Sequência de transportadores de electrões da cadeia transportadora de electrões mitocondrial (Cohen, 1991, p.226)

### 5.3.1 - Transporte de electrões bacterial (*Escherichia coli*)

A cadeia transportadora de electrões de *E. coli*, possui muitos componentes semelhantes aos encontrados na membrana mitocondrial e opera, segundo o mesmo princípio (Fig.4). Há, contudo, uma grande diferença, por cada par de electrões que passa na cadeia transportadora de electrões, somente 4 protões (em vez de 6) são transportados. O número de protões transportados varia, contudo, com as condições de crescimento da bactéria e com a ausência de O<sub>2</sub>.

Se a cadeia transportadora de electrões bacterial tiver citocromo c, a razão  $H^+/O$  é de 8, se não possuírem este citocromo é de 4. A razão  $H^+/O$  determina a eficiência da produção do  $ATP^{4-}$ .

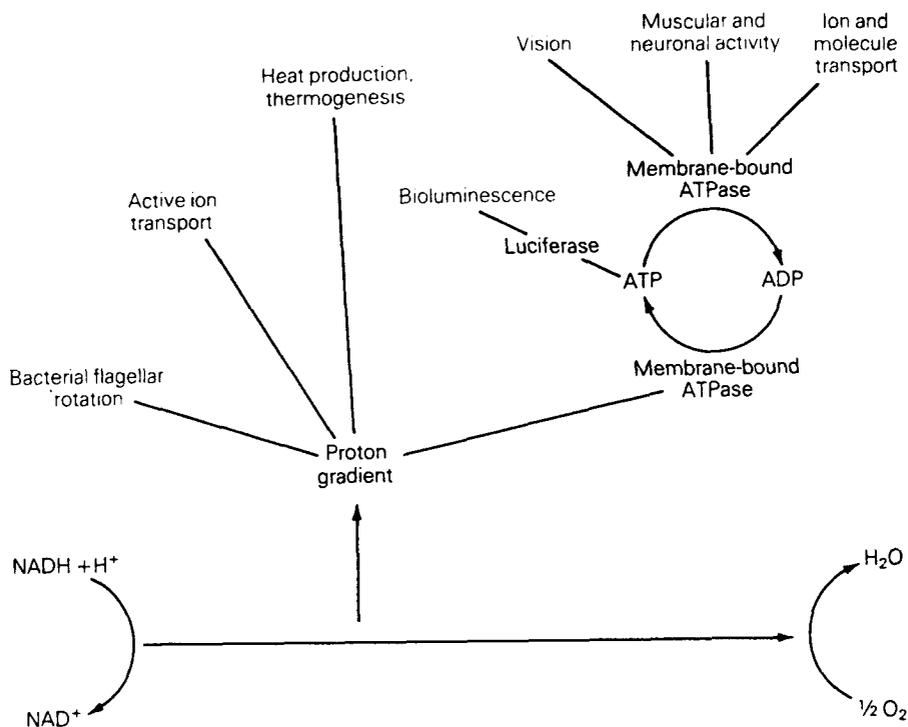
Em outras bactérias, a cadeia transportadora de electrões pode apresentar outras formas, sendo por vezes, algumas parecidas com a cadeia transportadora de electrões mitocondrial.



**Fig. 4-** Cadeia transportadora de electrões da *Escherichia coli*, durante a respiração aeróbica a) e a respiração anaeróbica b) (Smith e Wood, 1991, p.65)

### 5.3.2 - Síntese do $ATP^{4-}$

O fluir de electrões através do sistema de moléculas transportadoras, conduz a um movimento dos iões de hidrogénio ou protões, através da membrana da mitocôndria ou das células bacteriais, originando um gradiente de protões. Este gradiente representa um "armazém" de energia livre, podendo originar a fosforilação do  $ADP^{3-}$ , fenómenos de bioluminescência, transporte activo de iões etc. (Fig. 5).



**Fig. 5** - O gradiente de prótons e a ligação entre processos físicos e químicos da célula (Smith e Wood, 1991, p.28).

O gradiente de prótons tem duas componentes. Uma componente é a diferença na concentração ou actividade química de prótons, em lados opostos da membrana. A segunda componente é a carga eléctrica transportada pelos prótons. O movimento líquido das cargas, através da membrana, cria uma diferença de potencial eléctrico.

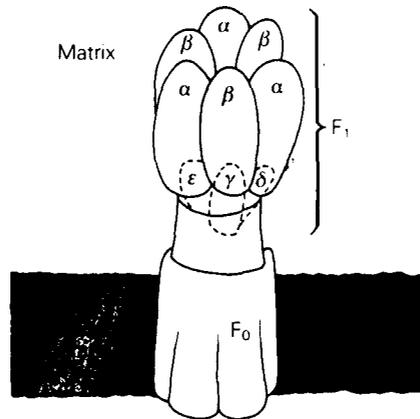
A energia total do gradiente de prótons é a soma da componente concentração e da componente eléctrica.

A diferença da concentração de prótons e do potencial eléctrico gera uma força que tende a conduzi-los através da membrana o que faz com que haja produção de trabalho, tal como o trabalho de fosforilação.

Segundo a teoria quimiosmótica a passagem de prótons através da membrana faz-se através de uma ATPase ligada a ela.

### 5.3.2.1- Constituição da ATPase

A constituição desta enzima é muito parecida nas mitocôndrias, nas bactérias e nos cloroplastos. Tem um corpo globular que forma uma protuberância na superfície da membrana, que se designa por F<sub>1</sub>. Este é constituído por 5 subunidades  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  e  $\epsilon$  (Fig. 6).



**Fig. 6-** Estrutura da ATPase mitocondrial (Smith e Wood, 1991, p.61)

As subunidades  $\alpha$  e  $\beta$ , ligam-se ao nucleótido  $\text{ADP}^{3-}$  ou ao  $\text{ATP}^{4-}$ . A subunidade  $\gamma$  permite a entrada do  $\text{H}^+$ , a subunidade  $\delta$  liga a porção F<sub>1</sub> à porção F<sub>0</sub> da ATPase e a subunidade  $\epsilon$  pensa-se que tem função reguladora.

A porção F<sub>0</sub> é hidrofóbica e está ligada à membrana interna. Actua como um canal de protões, tornando a membrana, especialmente permeável a estes.

Nas mitocôndrias e nas bactérias, o complexo F<sub>1</sub>-F<sub>0</sub> está orientado com a parte F<sub>1</sub> para o interior da matriz. Por cada 2 protões que passam através do complexo, um ião  $\text{ADP}^{3-}$  combina-se com o grupo fosfato para formar  $\text{ATP}^{4-}$ . A reacção é reversível, sob condições apropriadas. O complexo F<sub>1</sub>-F<sub>0</sub> pode decompor o ião  $\text{ATP}^{4-}$  e a energia produzida pode servir para bombear protões para fora da mitocôndria ou da célula bacterial.

Como em todas as enzimas, o complexo F<sub>1</sub>-F<sub>0</sub> controla a razão da reacção, mas não a direcção da mesma, esta é determinada pelo balanço da energia livre (Smith e Wood, 1991).

### **5.3.2.2- Mecanismos de síntese do ATP<sup>4-</sup>**

O mecanismo de síntese do ATP<sup>4-</sup>, através do complexo F1-Fo, ainda não está bem compreendido. Muitas hipóteses têm sido formuladas mas não há estudos suficientes para se optar por uma delas. Neste trabalho vamos descrever de uma maneira sintética o modelo de Mitchell e o de Boyer.

#### **-Modelo de Mitchell**

O modelo proposto por Mitchell, para explicar o mecanismo de síntese do ATP<sup>4-</sup>, está representado na fig. 7 a. Como se pode verificar, o grupo fosfato liga-se à enzima ATPase, no centro activo, dentro da porção F1 do complexo mas, perto da extremidade do canal de protões que atravessa Fo. Por cada 2 protões conduzidos por este canal devido ao potencial da membrana e ao potencial do pH, um átomo do oxigénio do fosfato separa-se, para formar a molécula da água. Devido à saída do oxigénio, o grupo fosfato fica altamente reactivo e pode ligar-se directamente ao ADP<sup>3-</sup> formando ATP<sup>4-</sup>.

#### **-Modelo de Boyer**

Noutras hipóteses alternativas, os protões têm um papel mais indirecto. A ideia comum a todas elas é que a passagem de protões, através de F1, poderia mudar a configuração da enzima (Fig. 7 b).

O modelo de Boyer, baseia-se nesta ideia, explicando a formação do ATP<sup>4-</sup> através da alteração da enzima ATPase como resultado de interacções eléctricas.

Segundo Boyer, inicialmente o ADP<sup>3-</sup> e o Pi estavam ligados à zona catalítica de F1. Fo ao aceitar protões do espaço intermembranar, altera a configuração da enzima o que provoca uma maior afinidade desta para o ATP<sup>4-</sup>, sintetizando-o.

As mudanças configuracionais da ATPase movem os protões para a matriz onde são libertados. Quando isto acontece, a configuração da enzima retorna à configuração inicial e o ATP<sup>4-</sup> é libertado. A energia requerida para este processo não é para sintetizar ATP<sup>4-</sup> mas para libertar o ATP<sup>4-</sup> da enzima.

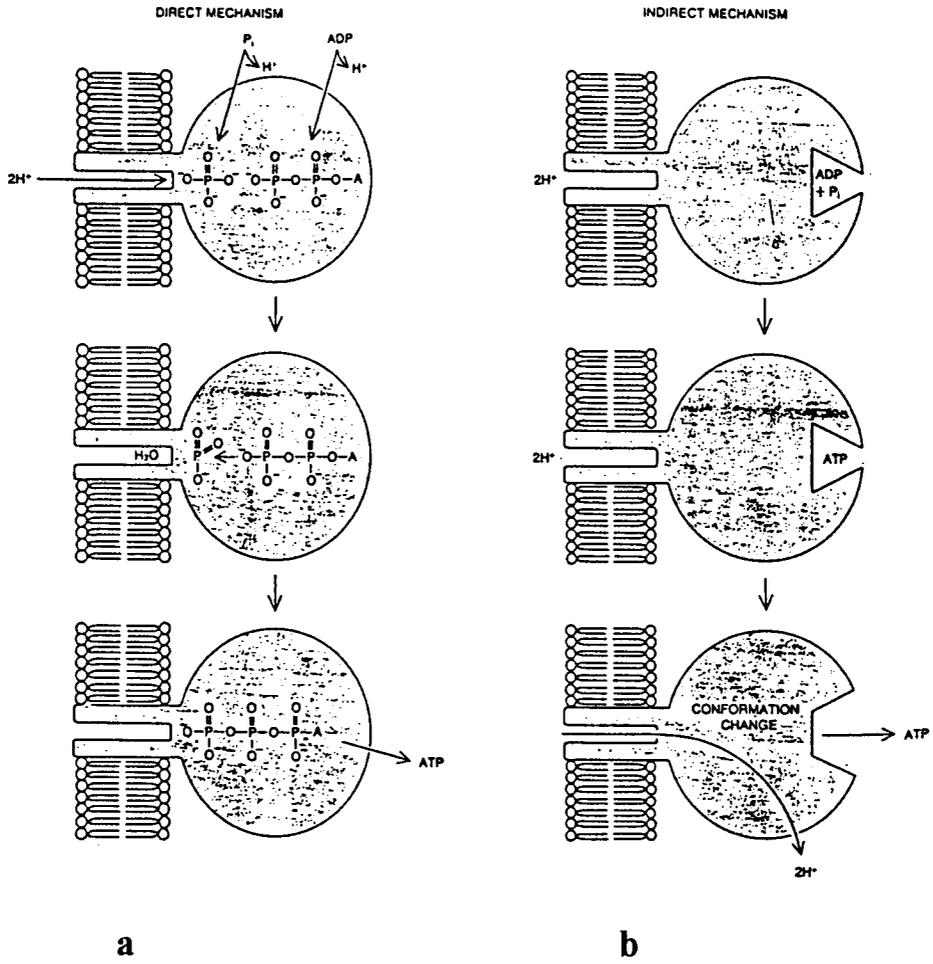


Fig. 7 - Mecanismos hipotéticos da fosforilação (Hinckle e McCarty, 1978, p.11)

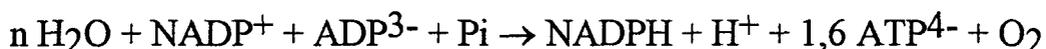
# FOTOSSÍNTESE

## 1 - CONCEITO DE FOTOSSÍNTESE

A fotossíntese é um processo metabólico fundamental em todos os organismos vivos. Podemos defini-la em "senso lato" e em "senso estrito".

Em "senso lato", a fotossíntese é considerada como sendo a produção de ATP<sup>4-</sup> e de NADPH num ratio de aproximadamente 1,6, isto porque, somente, uma percentagem de 70 a 90% de ATP<sup>4-</sup> e de NADP<sup>+</sup> são utilizados na fixação de CO<sub>2</sub> no período estável de funcionamento foliar. Os restantes 10 a 30% são usados na redução de, por exemplo, nitritos, nitratos e sulfatos, e na biossíntese de diversos compostos, especialmente da via isoprenogénica.

Neste sentido podemos representar a equação geral da fotossíntese, da seguinte maneira:



Em "senso estrito" a fotossíntese é definida como sendo a fixação e redução do CO<sub>2</sub>.

Através do que vem sendo dito, não podemos encarar a fotossíntese exclusivamente, como um mecanismo para a produção de hidratos de carbono, a partir do CO<sub>2</sub>. O que acontece de facto é que os produtos da fase luminosa (ATP<sup>4-</sup> e NADP<sup>+</sup>) são utilizados para realizar a biossíntese de muitos compostos celulares, incluindo os hidratos de carbono.

## 2 - ORGANISMOS FOTOSSINTETIZANTES

A capacidade de realizar fotossíntese é encontrada numa grande variedade de organismos tanto procarióticos como eucarióticos.

Os eucarióticos fotossintetizantes são: as plantas superiores, as algas verdes, castanhas e vermelhas, os euglenóides, os dinoflagelados, as diatomáceas, etc. Os procarióticos embora menos familiares, são muito importantes como seres

fotossintetizantes, são eles: as cianobactérias, as bactérias verdes sulfurosas e não sulfurosas e as bactérias púrpuras.

Pensa-se, por vezes, erradamente que a fotossíntese ocorre quase unicamente nas plantas superiores. Estudos recentes revelaram que 10 a 30% de toda a fotossíntese realiza-se nos oceanos através do fitoplâncton (diatomáceas, euglenóide, algas microscópicas etc.).

### **3 - REACÇÕES DA FASE DEPENDENTE DA LUZ**

A fotossíntese processa-se em duas fases: a fase dependente da luz, chamada por muitos autores de fase luminosa ou fase da luz e a fase não dependente da luz (química), também denominada frequentemente de fase escura.

As reacções dependentes da luz, são responsáveis pela conversão da energia luminosa em energia química na forma de  $ATP^{4-}$  e de NADPH, enquanto que as reacções da fase não dependente da luz, reduzem o  $CO_2$  a hidratos de carbono e outros compostos.

Esta fase não deve ser chamada de escura, porque pode levar os alunos a pensar que a reacção só se dá à noite ou no escuro (concepção alternativa já identificada e descrita na literatura) e isto não pode acontecer pelo menos por 3 razões (Storey, 1989):

- As reacções dependentes da luz que fornecem  $ATP^{4-}$  e NADPH necessárias à redução do  $CO_2$  no cloroplasto só se efectuam de dia.
- Os estomas foliares fecham no escuro, não havendo assim fornecimento de  $CO_2$  atmosférico (excepto nas plantas que possuem Metabolismo do Ácido Crassulácico (CAM)).
- Muitas enzimas do ciclo fotossintético de redução do carbono, incluindo a RuBisCo (ribulose 1,5 difosfato carboxilase/oxigenase, enzima que catalisa a reacção inicial de fixação do  $CO_2$  no ácido 3-fosfoglicérico), são reguladas pela luz. Estas enzimas são activas na luz e muito menos activas, ou mesmo inactivas no escuro.

### **3.1- Reacções dependentes da luz**

#### **3.1.1 - Pigmentos fotossintéticos**

Os pigmentos fotossintéticos são moléculas que absorvem luz na zona visível do espectro (400 - 700 nm). Podem dividir-se em clorofilas, carotenóides e ficobilinas.

##### **- Clorofilas**

Existem 5 tipos de clorofilas, a clorofila a, b, c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub> e d. São todas constituídas por um complexo magnésio porfirínico e diferem entre si nos radicais que entram na constituição da molécula. Absorvem eficientemente a luz devido a uma rede de ligações simples e duplas que se alternam.

A clorofila a apresenta um máximo de absorção em comprimentos de onda mais longos, tipicamente 660, 670, 678 e 685 nm. Estes máximos, não se devem a diferente formas moleculares da clorofila a, mas a diferentes estados de agregação ou ligação das moléculas de clorofila a com proteínas específicas da célula vegetal (Lehninger, 1976).

A luz que não é sensivelmente absorvida pela clorofila a, em 460 nm é capturada, por exemplo, pela clorofila b, que tem intensa absorção neste comprimento de onda, por isso, estas duas espécies de clorofila complementam-se na absorção de luz.

As células fotossintetizantes, produtoras de O<sub>2</sub>, contêm duas espécies de clorofila, das quais uma é sempre a a. Nas plantas verdes a segunda clorofila é a b. As algas castanhas, as diatomáceas e os dinoflageladas possuem clorofila c e as algas vermelhas, clorofila d.

As células procarióticas fotossintetizantes que não produzem O<sub>2</sub> não contêm clorofila a, mas bacterioclorofila a ou b.

##### **- Pigmentos acessórios: carotenóides e ficobilinas**

Os carotenóides e as ficobilinas são também receptores da energia luminosa. Possuem máximos de absorção em comprimento de onda diferentes dos da clorofila, servindo, por isso, como receptores de luz suplementar para zonas do espectro visível não cobertas pela esta. Além desta função possuem outra igualmente importante, a de impedir a fotoxidação das clorofilas.

### **3.1.2 - Absorção da luz**

Nos cloroplastos das plantas, os pigmentos fotossintéticos estão organizados em dois grupos ou conjuntos funcionais, onde estão ligadas cadeias transportadoras de electrões. Estas unidades funcionais, denominam-se de fotossistema I e II.

Cada fotossistema tem um conjunto de moléculas de pigmentos fotossintéticos que funcionam como antena para absorver e transmitir luz. Salisbury e Ross (1992), denomina estas moléculas de LHC (Light harvesting complex), ou seja o complexo de colheita de luz.

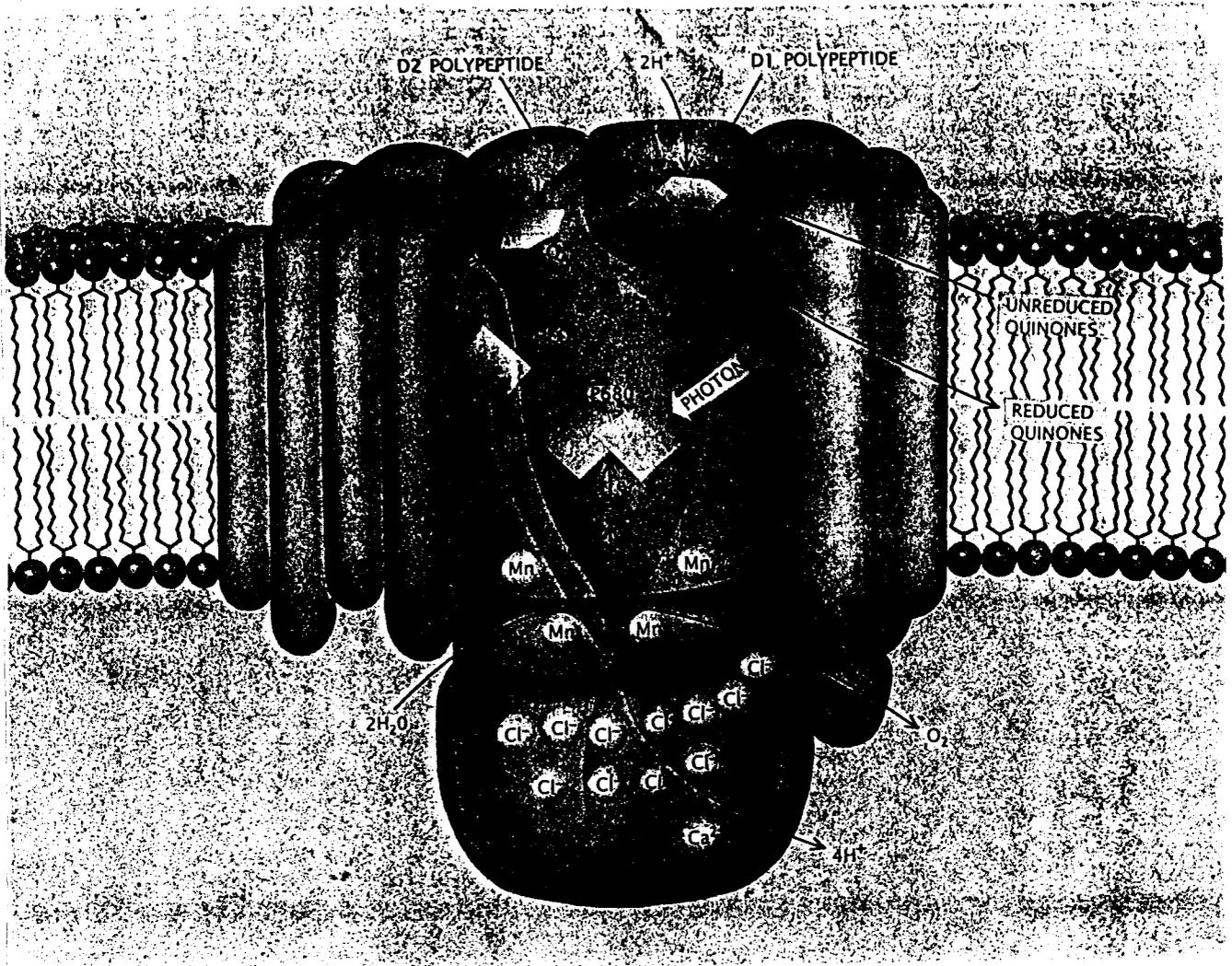
Um quantum de energia luminosa absorvida em qualquer ponto desta unidade fotossintética é transferido por ressonância indutiva de umas moléculas às outras (Stryer, 1988), até alcançar os complexos clorofila-proteína P700 ou P680 (que fazem parte respectivamente do fotossistema I e II). Estes aceitam essa energia e em consequência perdem um electrão.

### **3.1.3 - O fotossistema I e II e o sistema de transporte de electrões**

O fotossistema I está relacionado com a redução do  $\text{NADP}^+$  e o fotossistema II, com a formação de  $\text{O}_2$ . As células que libertam  $\text{O}_2$ , contêm tanto o fotossistema I como o II e as que não libertam  $\text{O}_2$ , como por exemplo as bactérias fotossintetizantes, têm somente um único fotossistema, semelhante ao fotossistema II das plantas superiores.

#### **- Fotofosforilação acíclica**

No transporte de electrões do fotossistema II, intervêm segundo Govindjee e Coleman (1990) cinco moléculas (Fig. 1):



**Fig. 1-Fluxo de elétrons no fotossistema II (Govindjee e Coleman, 1990, p. 44)**

- Um dador primário de elétrons, constituído pela molécula de clorofila a (P680)
- Um dador secundário, designado de Z, que reduz a clorofila quando lhe fornece o electrão que ele perdeu.
- Um pigmento que aceita um electrão da clorofila a, a feofitina (Ph).
- Um acceptor primário de elétrons, a plastoquinona (QA).
- Um acceptor secundário de elétrons, a quinona (QB).

Estão também envolvidos na transferência de elétrons, mantendo a estrutura da proteína ou regulando a actividade fotossintética, muitos iões orgânicos e átomos carregados, como por exemplo, o manganésio, o cloro e o cálcio.

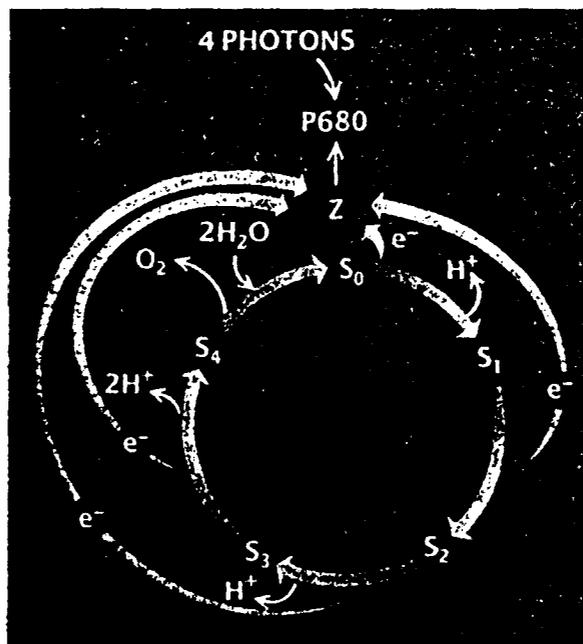
O componente Z foi identificado em 1988 por investigadores da Universidade de Michigan e do Arizona, como um aminoácido constituinte do polipéptido D<sub>1</sub>.

As quinomas QA e QB estão diferentemente ligadas ao fotossistema II. A quinona QA está fortemente ligada a este complexo, a QB pode difundir-se entre os complexos proteicos da membrana quando aceita dois electrões.

Quando um fotão é captado pelo P<sub>680</sub> um átomo de mangnésio da clorofila fica no estado excitado e passa um electrão à molécula de feofitina. Seguidamente esse electrão passa para a molécula QA e depois para QB.

O ciclo fotossintético do fotossistema II, só estará completo quando todos os componentes deste mecanismo de reacção ficarem electricamente neutros. Para que tal aconteça, o QB terá de eliminar a carga eléctrica negativa e o Z adquirir o electrão perdido.

O Z, obtém o electrão que necessita da oxidação da molécula da água. O mecanismo hipotético de oxidação desta molécula foi sugerido por Bessel Kok em 1970 e passou a ser conhecido pelo relógio oxidante da água ou ciclo da água (Fig. 2).



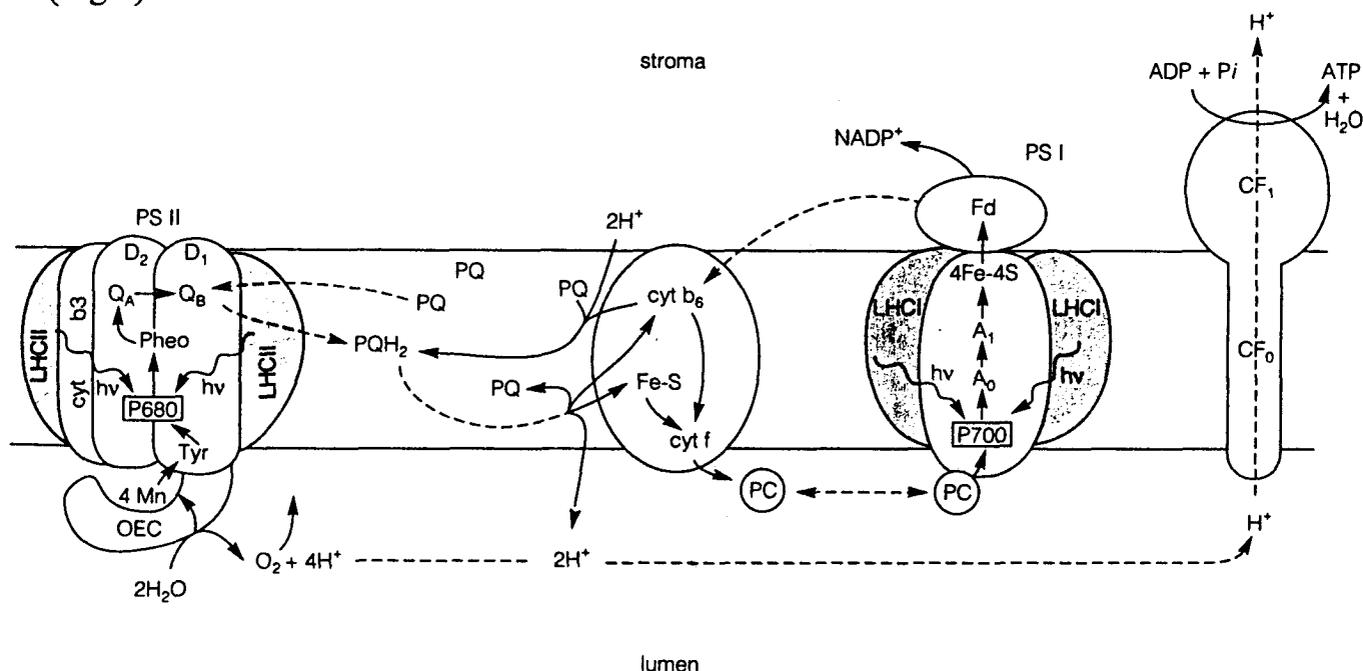
**Fig. 2-**Representação esquemática do relógio oxidante da água (Govindjee e Coleman, 1990, p.50)

Neste ciclo, por cada fotão absorvido pelo P<sub>680</sub>, o relógio avança um estadio S ou estado de oxidação, por exemplo, passa de S<sub>0</sub> a S<sub>1</sub>, libertando um

electrão. Quando o relógio alcança S<sub>4</sub> liberta-se uma molécula de O<sub>2</sub> e o ciclo volta ao estágio S<sub>0</sub>. Na passagem de S<sub>0</sub> a S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> a S<sub>3</sub>, S<sub>3</sub> a S<sub>4</sub> libertam-se também prótons. Os electrões libertados por este mecanismo, vão sendo recebidos por o composto Z passando depois ao P<sub>680</sub>.

Não se conhece ainda muito bem a composição dos estádios S, pensa-se que serão constituídos por proteínas ligadas a átomos de metal de transição, provavelmente o manganésio, por este poder assumir estados de oxidação que vão de +2 a +7.

Quanto à molécula de QB, depois de ficar duplamente reduzida, sai do complexo do fotossistema II e é substituída por uma molécula de QB não reduzida. Os electrões e os prótons que transporta, são transferidos para a plastoquinona (PQ) reduzindo-a. Os electrões passam à proteína ferro sulfurosa (Fe -S) e os prótons são libertados no espaço intratilacoidal. O trajecto dos electrões continua via citocromo f , plastocianina (PC) e finalmente o P<sub>700</sub> (Fig.3).



**Fig. 3-** Transporte de electrões na membrana dos tilacóides (Salisbury e Ross, 1992, p.218)

Quando o P<sub>700</sub> é excitado por absorção de luz, um electrão do átomo de clorofila é libertado e aceite por um composto denominado A<sub>0</sub>. Este electrão passa para outro composto A<sub>1</sub> e seguidamente para uma proteína ferro-sulfurosa (Fe -S), situada no exterior da membrana do tilacóide. O vazio electrónico deixado no P<sub>700</sub> é preenchido por electrões fornecidos pela plastocianina.

O trajecto dos electrões continua através da superfície exterior da membrana, passando da proteína ferro sulfurosa (Fe-S) para a ferredoxina (Fd), daqui passam ao FAD que capta dois protões do meio para formar FADH<sub>2</sub>. Finalmente o NADP<sup>+</sup> adquire dois electrões e um protão do FADH<sub>2</sub> para formar NADPH.

Quando a passagem de dois electrões se completa, três protões desaparecem do lado de fora da membrana e quatro aparecem dentro do tilacóide .

### **- Fotofosforilação cíclica**

Neste caso, os electrões libertados do P<sub>700</sub> passam para os vários aceptores do fotossistema I (A<sub>0</sub>, A<sub>1</sub> e Fe-S) e posteriormente para a ferredoxina. Desta são transferidos para o citocromo b<sub>6</sub> e seguidamente para a plastoquinona, que capta dois protões do estroma transferindo-os para o espaço intratilacoidal, para posteriormente ser utilizados na síntese de moléculas de ATP<sup>4-</sup>. A plastoquinona reduzida transfere os electrões para a proteína ferro sulfurosa, seguidamente para o citocromo f e plastocianina e por último ao P<sub>700</sub> (Fig.3).

Nestas reacções só intervém um único fotossistema, o fotossistema I, e há um trajecto cíclico de electrões daí a designação de fotofosforilação cíclica.

## **3.2 - Fotossíntese bacterial**

A fotossíntese bacterial difere em alguns aspectos do processo descrito para as plantas verdes.

Excepto as cianobactérias e as halobactérias, as bactérias realizam uma fotossíntese anaeróbica, utilizando substratos, como por exemplo, o sulfureto de hidrogénio, o tiosulfito e compostos orgânicos como dadores de electrões. Não possuem o componente Z, por isso os electrões provenientes da oxidação destes compostos, são transportados por uma proteína citocrómica para o fotossistema.

Os componentes da cadeia transportadora de electrões tal como nas plantas verdes, dispõem-se assimetricamente na membrana bacterial. Os protões deslocam-se para o interior do citoplasma, provocando uma diferença de gradiente e levando à formação de ATP<sup>4-</sup>.

### 3.3- Síntese do ATP<sup>4-</sup>

Tal como acontece na mitocôndria, também aqui há um gradiente electroquímico estabelecido através da membrana do tilacóide. O gradiente é devido à passagem de protões para o interior desta estrutura.

A ATPase tem constituição idêntica à ATPase mitocondrial, diferindo contudo na sua orientação. O complexo F<sub>1</sub>, aqui designado cF<sub>1</sub> está virado para a parte exterior do tilacóide e o cF<sub>0</sub> está ligado à membrana (Fig.3).

O mecanismo da síntese do ATP<sup>4-</sup> também é idêntico ao mecanismo exposto para a respiração celular, sendo necessário no cloroplasto que três protões fluam do interior do tilacóide para o seu exterior para se formar um ião ATP<sup>4-</sup>.

## 4- REACÇÕES DA FASE NÃO DEPENDENTE DA LUZ

Todo o carbono fotossintético provém da carboxilação da ribulose 1,5 difosfato. Nas "plantas C<sub>3</sub>" este composto é o acceptor inicial do CO<sub>2</sub>. Nas "plantas C<sub>4</sub>" esse acceptor é o fosfoenolpiruvato, que se transforma em oxaloacetato, sendo posteriormente reduzido a malato. Este é oxidado, produzindo-se CO<sub>2</sub> que se vai por sua vez combinar com a ribulose 1,5 difosfato. Há no entanto outras plantas, as chamadas "Metabolismo do Ácido Crassulácico" ou "plantas CAM" que também captam o CO<sub>2</sub> produzindo inicialmente o oxaloacetato, mas há algumas diferenças nas reacções posteriores de libertação do CO<sub>2</sub> (Tabela 1).

Tipos de fixação	Aceptores de CO <sub>2</sub>	Primeiro acceptor formado	Exemplos de plantas
C <sub>3</sub>	Ribulose 1,5 difosfato	3-Fosfoglicerato	Espinafres, trigo
C <sub>4</sub>	Fosfoenolpiruvato	Oxaloacetato	Arroz, cana do açúcar
CAM	Fosfoenolpiruvato	Oxaloacetato	Ananás, cacto

**Tabela 1-** Tipos de fixação do CO<sub>2</sub>

#### 4.1 - Fixação de CO<sub>2</sub> em plantas C<sub>3</sub> - Ciclo de Calvin

Investigações sugerem que o 3-fosfoglicerato é um dos primeiros intermediários do ciclo de Calvin, formado a partir da ribulose 1,5 difosfato e do CO<sub>2</sub>.

Dois processos podem acontecer após a assimilação do CO<sub>2</sub> em 3-fosfoglicerato: a transformação de algumas moléculas de 3-fosfoglicerato em frutose-6-fosfato pela reversão da via glicolítica e a regeneração da ribulose 1,5 difosfato (acceptor inicial de CO<sub>2</sub>).

Embora estas vias metabólicas possam ser descritas separadamente, estão intimamente ligadas, porque é necessário duas moléculas de frutose-6-fosfato para produzir ribulose 1,5 difosfato. O conjunto destas reacções denomina-se de ciclo de Calvin ou via C<sub>3</sub>, em homenagem a Melvin Calvin que em 1946 descobriu alguns detalhes das reacções iniciais de fixação do CO<sub>2</sub>.

Este ciclo envolve compostos orgânicos com três a sete átomos de carbono e o consumo de ATP<sup>4-</sup> e NADPH provenientes de fotofosforilação. Por cada molécula de CO<sub>2</sub> reduzida há o consumo de três iões ATP<sup>4-</sup> e de duas moléculas de NADPH regenerando-se uma molécula de ribulose 1,5 difosfato.

O esquema geral destas reacções encontram-se na fig. 4. A seguir, descrevem-se a representação das várias reacções químicas, Gayford (1986a):

- a)  $6 \text{ ribulose } 1,5 \text{ difosfato} + 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 12 \text{ 3-fosfoglicerato}$
- b)  $12 \text{ 3-fosfoglicerato} + 12 \text{ ATP} \rightarrow 12 \text{ 1,3 difosfoglicerato} + 12 \text{ ADP}$
- c)  $12 \text{ 1,3 difosfoglicerato} + 12 \text{ NADPH} \rightarrow 12 \text{ gliceraldeído-3-fosfato} + \text{NADP}^+ + 12 \text{ Pi}$
- d)  $5 \text{ gliceraldeído-3-fosfato} \rightarrow 5 \text{ diidroxiacetona fosfato}$
- e)  $3 \text{ gliceraldeído-3-fosfato} + 3 \text{ diidroxiacetona fosfato} \rightarrow 3 \text{ frutose } 1,6 \text{ difosfato}$
- f)  $3 \text{ frutose } 1,6 \text{ difosfato} \rightarrow 3 \text{ frutose-6-fosfato} + 3 \text{ Pi}$
- g)  $2 \text{ frutose-6-fosfato} + 2 \text{ gliceraldeído-3-fosfato} \rightarrow 2 \text{ eritrose-4-fosfato} + 2 \text{ xilulose-5-fosfato}$

- h) 2 eritrose-4-fosfato + 2 diidroxiacetona fosfato → sedoheptulose 1,7 difosfato
- i) 2 sedoheptulose 1,7 difosfato + 2 H<sub>2</sub>O → 2 sedoheptulose-7-fosfato + 2 Pi
- j) 2 sedoheptulose-7-fosfato + 2 gliceraldeído-3-fosfato → 2 ribose-5-fosfato + 2 xilulose-5-fosfato
- k) 2 ribose-5-fosfato → 2 ribulose-5-fosfato
- l) 4 xilulose-5-fosfato → 4 ribulose-5-fosfato
- m) 6 ribulose-5-fosfato + 6 ATP → 6 ribulose 1,5 difosfato + 6 ADP

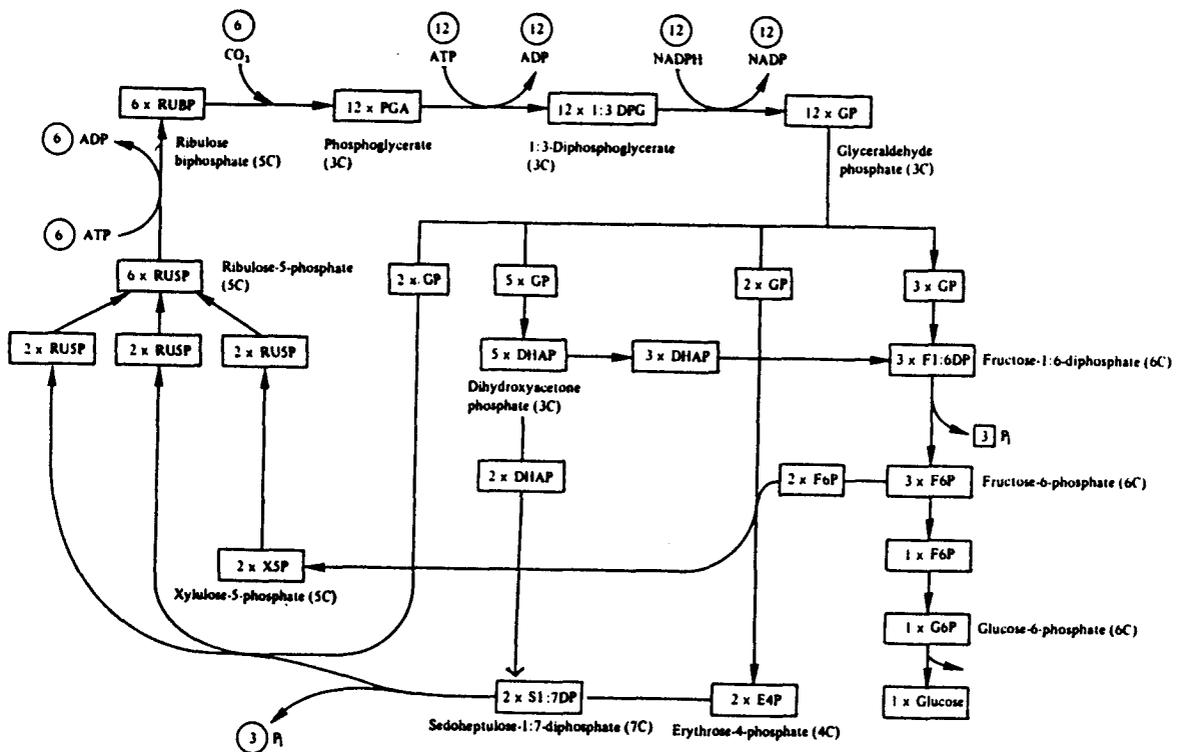


Fig.4- Ciclo de Calvin (Adaptado de Gayford, 1986a)

## 4.2 - Via C<sub>4</sub> ou de Hatch-Slack de formação de glicose

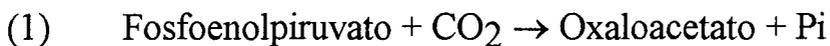
Em meados da década de 60, descobriu-se que em algumas plantas verdes (cana do açúcar, milho, etc), o 3-fosfoglicerato não era o primeiro intermediário no qual o CO<sub>2</sub> radioactivo se incorporava.

H. Kortschak e depois M. D. Hatch e C. L. Slack, descobriram que em tais plantas os ácidos dicarboxílicos de 4 átomos de carbono (ácido oxaloacético, málico e aspártico) eram os primeiros produtos de fixação de CO<sub>2</sub>.

As plantas deste tipo chamadas "plantas C<sub>4</sub>" possuem características anatómicas que as distinguem das plantas C<sub>3</sub>.

Nas "plantas C<sub>3</sub>" as células do mesófilo encontram-se irregularmente distribuídas no tecido foliar, enquanto nas "plantas C<sub>4</sub>" situam-se à volta das células da bainha que por sua vez circundam estruturas vasculares.

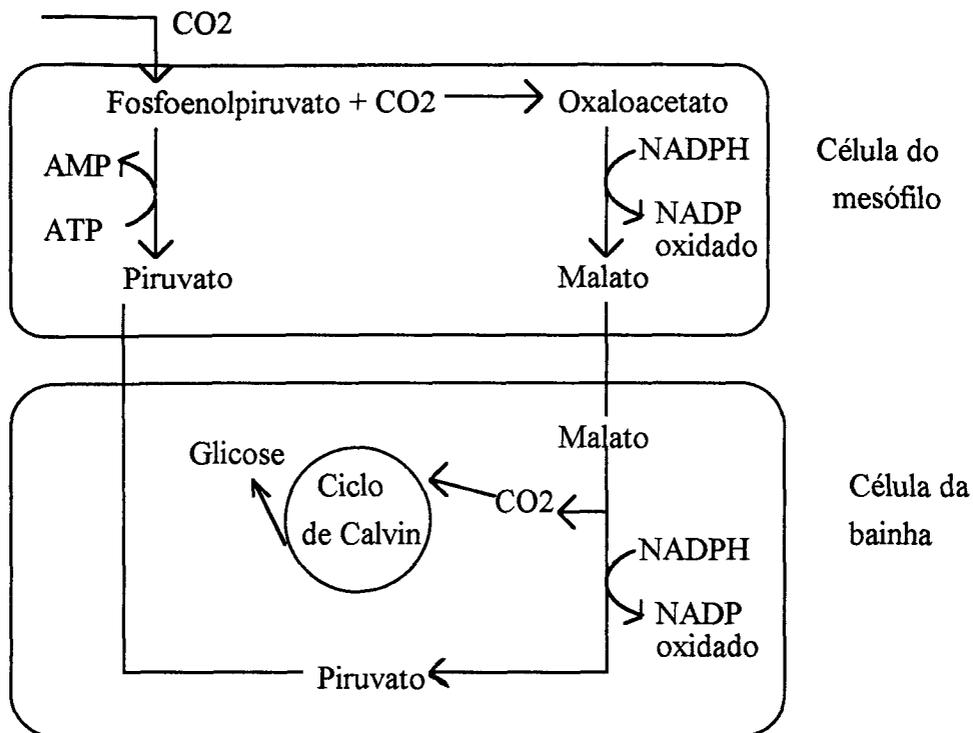
As células do mesófilo das "plantas C<sub>4</sub>" são especializadas em fixar CO<sub>2</sub> em ácidos dicarboxílicos (C<sub>4</sub>), como por exemplo, o oxaloacetato, numa reacção catalisada pela fosfoenolpiruvato carboxilase (1) que tem uma maior afinidade para o CO<sub>2</sub> que a RuBisCo.



Em algumas espécies, o oxaloacetato é reduzido a malato nos cloroplastos do mesófilo (2), sendo seguidamente transportado para os cloroplastos das células da bainha onde sofrem uma descarboxilação originando NADPH, CO<sub>2</sub> e piruvato (3).



O CO<sub>2</sub> é fixado tal como nas "plantas C<sub>3</sub>" pela ribulose difosfato carboxilase e entra no ciclo de Calvin. O piruvato volta às células do mesófilo para ser transformado novamente em fosfoenolpiruvato (Fig. 5)



**Fig. 5** -Percurso de Hatch-Slack para a fixação de CO<sub>2</sub> (Gayford, 1986a, p.119)

Do que acabamos de descrever, pode-se concluir que as células do mesófilo, servem para captar em grande quantidade o CO<sub>2</sub> e transferi-lo para as células da bainha a fim de originar uma concentração local de CO<sub>2</sub> o que possibilita a RuBisCo fixá-lo muito eficientemente.

Este ciclo acarreta um maior consumo de energia metabólica, porque em cada volta do ciclo é hidrolisada um ião ATP<sup>4-</sup> a AMP<sup>2-</sup> e PP<sub>i</sub>. As "plantas C<sub>4</sub>" requerem por isso uma maior quantidade de iões ATP<sup>4-</sup> (30) para sintetizar uma unidade de hexose do que as "plantas C<sub>3</sub>" (18). Apesar disso, podem sintetizá-lo muito mais rapidamente por unidade de área foliar, crescer mais rapidamente e funcionar eficientemente em intensidade luminosa muito mais alta, o que lhes é vantajoso visto serem plantas principalmente de zonas tropicais.

### 4.3 - Metabolismo do Ácido Crassulácico ou Sistema CAM

O metabolismo do Ácido Crassulácico (CAM), é uma das três vias fotossintéticas para a assimilação de carbono. O mecanismo destas reacções é

muito semelhante ao enunciado para a via  $C_4$ , mas nestas, as duas carboxilações não estão separadas espacialmente. Ocorrem nas mesmas células, mas estão separadas temporalmente ao longo das 24 horas, com a primeira carboxilação a efectuar-se à noite e a segunda durante o dia.

As plantas com este metabolismo, designam-se de "plantas CAM" e encontram-se principalmente em regiões áridas e tropicais. A fixação de  $CO_2$  é nocturna, por estas plantas possuírem os estomas abertos à noite e fechados durante o dia, para evitar excessivas perdas de água.

Inicialmente o  $CO_2$  é fixado em oxaloacetato por carboxilação do fosfoenolpiruvato. Esta reacção ocorre no citoplasma e é catalisada por a enzima fosfoenolpiruvato carboxilase que possui à noite um máximo de actividade. O oxaloacetato assim formado é reduzido a malato pelo  $NADP^+$  e pela intervenção da desidrogenase málica. O malato forma-se em grande quantidade e produziria efeitos deletérios para a célula, caso permanecesse no citoplasma, por isso é armazenado no vacúolo, onde permanece até haver luz (Fig. 6).

No começo do dia, a fixação do  $CO_2$  ocorre utilizando o  $CO_2$  atmosférico, que é incorporado no malato por acção do fosfoenolpiruvato carboxilase e em 3-fosfoglicerato por acção da RuBisCo. À medida que a intensidade luminosa e a temperatura aumentam, os estomas fecham, por isso o malato sai do vacúolo, sofrendo uma descarboxilação. O  $CO_2$  produzido é refixado com a intervenção da RuBisCo, dando início ao ciclo de Calvin.

Este conjunto de reacções ocorrem em plantas carnudas, típicas do deserto e apresentam um conjunto peculiar de características, que podem ser utilizadas para a sua identificação. Assim são plantas que apresentam:

- Flutuação diurna do ácido orgânico com acumulação durante a noite e desaparecimento durante o dia
- Flutuação diurna recíproca do teor de amido ou hexoses solúveis
- Captação do  $CO_2$  durante a noite
- Estomas fechados durante o dia e abertos de noite

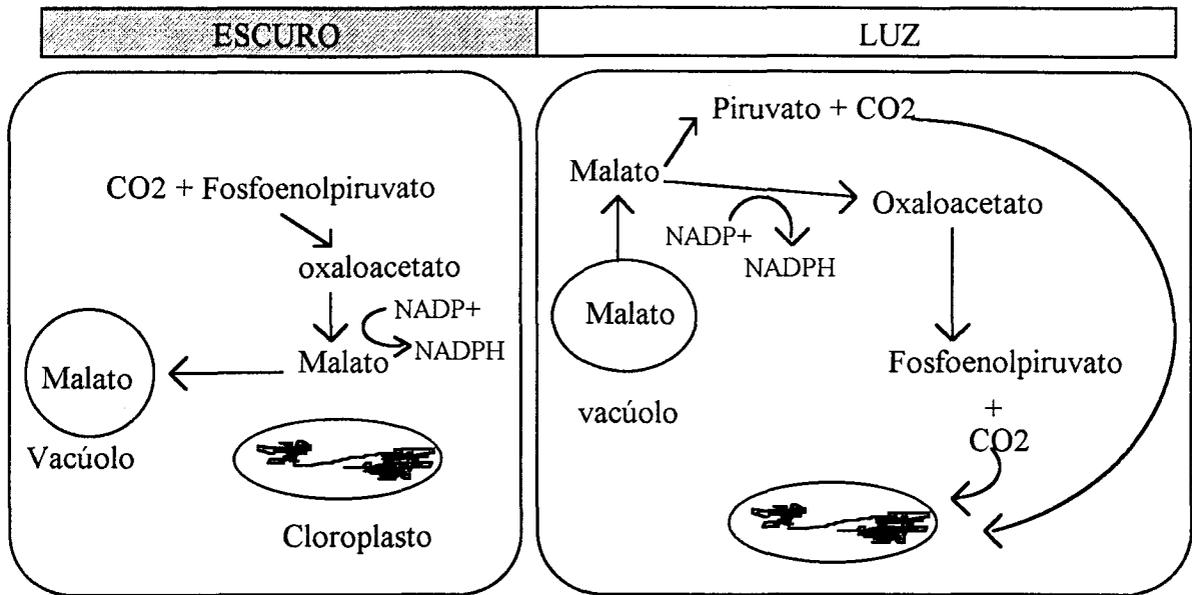


Fig. 6 - Metabolismo CAM (Smith e Wood, 1992, p.47)

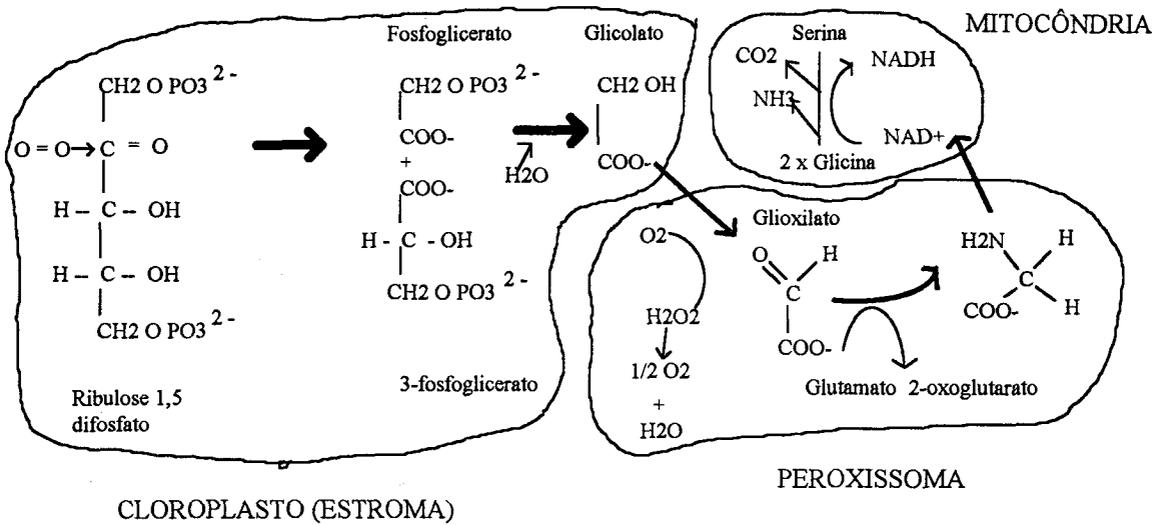
#### 4.4- Fotorrespiração

As plantas enquanto realizam a fotossíntese também respiram, mas este tipo de respiração não é mitocondrial porque não é sensível a inibidores característicos deste processo. Esta respiração que ocorre sob luz é designada de fotorrespiração.

É constituída por um conjunto de reacções que ocorrem nas células das plantas verdes, onde a RuBisCo em vez de funcionar como carboxilase, funciona como oxigenase. Quando isto acontece, a ribulose 1,5 difosfato, transforma-se em 3-fosfoglicolato e 2-fosfoglicerato.

O 2-fosfoglicerato vai entrar no ciclo de Krebs e o fosfoglicolato sofre hidrólise enzimática originando glicolato que vai ser o substrato da fotorrespiração (Fig. 7). O glicolato é transportado para os peroxissomas onde por acção do glicolato oxidase, produz glioxilato. Um outro produto da reacção é o  $H_2O_2$  que é transformado em  $H_2O$  e  $O_2$  pela acção da catalase.

Finalmente e ainda no peroxissoma o glioxilato pode ser transaminado para produzir glicina, utilizando como dador de electrões a serina ou o glutamato. A glicina assim formada vai entrar na mitocôndria onde vai ser oxidada e descarboxilada originando serina.



**Fig. 7-** Compartimentação das fases do metabolismo do glicolato (Smith e Wood, 1992, p.40)

Na opinião de Gayford (1986 a), o glioxilato pode transformar-se em vários produtos (glicina, oxaloacetato, etc.), conforme o organismo em causa.

A fotorrespiração é um processo desperdiçador de energia, na medida em que se oxida um produto que deveria servir para a redução do CO<sub>2</sub> e cuja síntese necessita de consumo tanto de NADPH como ATP<sup>4-</sup>.

Em "plantas C<sub>3</sub>", a velocidade líquida de fotossíntese sob condições atmosféricas normais, é muito menor. É limitada pela alta concentração de O<sub>2</sub> e pela baixa concentração de CO<sub>2</sub> no ar. Ao contrário, as "plantas C<sub>4</sub>", mostram pouca ou nenhuma fotorrespiração, são por isso consideravelmente mais eficientes, pois podem realizar a fotossíntese em concentrações de O<sub>2</sub> muito mais baixas ou mais altas, porque a via C<sub>4</sub> não é desviada pelo O<sub>2</sub>.

## **ANEXO V**

### **CALENDARIZAÇÃO DO CURSO PILOTO**

## CALENDARIZAÇÃO DO CURSO PILOTO

### **Dia 8 de Julho de 1992**

- 9: 30 - 9: 45 - Sessão de abertura
- 9: 45 - 10: 30 - Enquadramento epistemológico da acção-Modelo de trabalho.
- 10: 30 - 11: 00 - Pausa - café
- 11: 00 - 13: 00 - As concepções alternativas e a perspectiva construtivismo da aprendizagem (Desenvolvimento do tema)
- 13: 00 - 14: 00 - Almoço
- 14: 00 - 15: 45 - A energia e o ensino das Ciências (EB/ES) (Desenvolvimento teórico do tema)
- 15: 45 - 16: 15 - Pausa - café
- 16: 15 - 18: 00 - A energia e o ensino das Ciências (EB/ES) (Continuação)

### **Dia 9 de Julho de 1992**

- 9: 00 - 10:30 - A energia e o ensino da Biologia (Actividade/ Desenvolvimento teórico do tema)
- 10: 30 - 11: 00 - Pausa - café
- 11: 00 - 13: 00 - O ião ATP<sup>4-</sup>(Actividade / Desenvolvimento teórico do tema)
- 13: 00 - 14: 00 - Almoço

- 14: 00 - 15: 45 -   Respiração celular (Actividade)
- 15: 45 - 16: 15 -   Pausa - café
- 16: 15 - 18: 30 -   Respiração celular (Actividade)

**Dia 10 de Julho de 1992**

- 9: 00 - 10: 30 -   Respiração celular e fermentação (Desenvolvimento teórico do tema)
- 10: 30 - 11: 00 -   Pausa - café
- 11: 00 - 13: 00 -   Fotossíntese (Actividade)
- 13: 00 - 14: 00 -   Almoço
- 14: 00 - 15: 45 -   Fotossíntese (Desenvolvimento teórico do tema)
- 15: 45 - 16: 15 -   Pausa - café
- 16: 15 -17: 30 -   Avaliação e encerramento do curso.

## **ANEXO VI**

### **QUADRO GERAL DE RESULTADOS DO PRÉ-TESTE E DO PÓS-TESTE (SECÇÃO D)**

CONST. e C.A. dos AL (Q1)			ENERGIA E O ENSINO DA BIOLOGIA (Q2)				ATP4- (Q3)				RESP. CELULAR (Q4)		FOTOSSÍNTESE (Q5)			
COMP. PEDAGÓG./DIDÁC.			COMPONENTE CIENTÍFICA		COMPONENTE PEDAGÓGICO/DIDÁCTICA		COMP. CIENTÍFICA		COMP. PEDAGÓ/DID		COMP. CIENTÍFICA		COMP. CIENTÍFICA		COMP. PEDA/DID	
CÓD.	A (antes)	D (depois)	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
P22	Abordagem empirista	Não resposta	Não resposta	Não resposta	Não identificada	Não resposta	Não identificada	Não resposta	A afirmação favorece a aprendizagem	Não resposta	Resposta incompleta	Não resposta	Esclarecer a designação	Não resposta	R.A.	Não resposta
P4	Não identificada	Abordagem empirista	Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente	R.A.	A expressão origina a C.A.: Os alimentos fornecem directamente energia	Não resposta	Outras	R.A.	Outras	R.A.	Resposta incompleta	Resposta incorrecta. São outras as funções do ciclo de Krebs	Não resposta	Esclarecer a designação Tempo de duração do NADPH (2)	R.A.	R.A.
P28	Não identificada	Abordagem empirista	Expressão correcta: A energia pode ser armazenada	Não resposta	A expressão auxilia a aprendizagem	A expressão origina/reforça a C.A.: Os alimentos são depósitos de energia	Afirmção correcta	Não resposta	A afirmação favorece a aprendizagem	Não resposta	Resposta incompleta	R.A.	Esclarecer a designação Loc. temporal e/ou proveniência dos reagentes (2)	Esclarecer a designação	R.A.	R.A.
P021	R.A.	R.A.	R.A.	R.A.	Outras	Não resposta	Afirmção incorrecta	Afirmção incorrecta	A afirmação favorece a aprendizagem	Não resposta	Não identificada	R.A.	Loc. temporal e/ou proveniência dos reagentes Outras (2)	Tempo de duração do NADPH	R.A.	R.A.
P26	Abordagem empirista	Abordagem empirista	Outras	R.A.	Não resposta	R.A.	Afirmção correcta	R.A.	Outras	R.A.	Outras	Resposta incorrecta. São outras as funções do ciclo de Krebs	Esclarecer a designação Loc. temporal e/ou proveniência dos reagentes (2)	Não resposta	R.A.	R.A.
P34	Abordagem empirista	R.A.	Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente	Outras	A expressão origina a C.A.: Os alimentos fornecem directamente a energia	A expressão origina/reforça a C.A.: Os alimentos são depósitos de energia	Afirmção correcta	Afirmção incorrecta	Outras	A afirmação origina determinadas C.A.	Outras	R.A.	Esclarecer a designação Loc. temporal e/ou proveniência dos reagentes (2)	Loc. temporal e/ou proveniência de reagentes	R.A.	R.A.
P15	Abordagem empirista	R.A.	Expressão correcta: A energia pode ser armazenada	Expressão incorrecta: A energia não é armazenada	Não resposta	Não resposta	Não identificada	Outras	Outras	Não resposta	Resposta incorrecta: São outras as funções do ciclo de Krebs	Não identificada	Não resposta	Esclarecer a designação	A designação origina conceitos errados	Não resposta
P16	Não identificada	Não resposta	Não resposta	Não resposta	Não identificada	Não resposta	Não identificada	Não resposta	Não resposta	Não resposta	Não resposta	Não resposta	Não resposta	Não resposta	Não identificada	Não resposta
P27	Abordagem empirista	Não identificada	Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente	Não resposta	Não resposta	Outras	Afirmção correcta	Afirmção incorrecta	Não resposta	Não resposta	Não resposta	Não resposta	Esclarecer a designação	Esclarecer a designação Loc. temporal e/ou proveniência dos reagentes (2)	R.A.	Não resposta
P36	Não identificada	R.A.	Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente	Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente	A expressão origina a C.A.: Os alimentos fornecem directamente a energia	A expressão origina/reforça a C.A.: Os alimentos são depósitos de energia	Afirmção incorrecta	Afirmção incorrecta	A afirmação origina determinadas C.A.	A afirmação origina/reforça C.A.	Resposta incompleta	Resposta incorrecta: São outras as funções do ciclo de Krebs	Loc. temporal e/ou proveniência dos reagentes	Esclarecer a designação	R.A.	R.A.
P31	Abordagem empirista	R.A.	Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente	Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente	A expressão origina a C.A.: Os alimentos fornecem directamente a energia	Não resposta	Afirmção incorrecta	R.A.	Outras	A afirmação origina determina C.A.	Resposta incorrecta: São as outras as funções do ciclo de Krebs	Resposta incorrecta: Há transformações de moléculas	Esclarecer a designação	Esclarecer a designação Loc. temporal e/ou proveniência dos reagentes (2)	R.A.	R.A.
P35	Não identificada	R.A.	Não resposta	Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente	Outras	Não resposta	Afirmção correcta	R.A.	Não resposta	A afirmação origina/reforça C.A.	Outras	Resposta incorrecta: São as outras as funções do ciclo de Krebs	Esclarecer a designação	R.A.	R.A.	R.A.
P05	Abordagem empirista	Abordagem empirista	Outras	R.A.	A expressão auxilia a aprendizagem	Não resposta	Não resposta	R.A.	A afirmação favorece a aprendizagem	A afirmação induz em erro	Resposta incorrecta: São as outras as funções do ciclo de Krebs	Resp. inc. correcta: Há transformações de moléculas. São outras as funções do ciclo	Esclarecer a designação	Esclarecer a designação	R.A.	R.A.
P30	Abordagem empirista	Não identificada	Outras	Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente	Não resposta	A expressão origina/reforça a C.A.: Os alimentos são depósitos de energia	Afirmção correcta	R.A.	Não resposta	R.A.	Resposta incorrecta: Há transformação de moléculas	Resposta incorrecta: São outras as funções do ciclo de Krebs	Não identificada	R.A.	R.A.	R.A.
P20	R.A.	R.A.	Não identificada	Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente	Não resposta	A expressão origina/reforça a C.A.: Os alimentos são depósitos de energia	Afirmção incorrecta	Afirmção incorrecta	Não resposta	Não resposta	Resposta incompleta	R.A.	Não resposta	Esclarecer a designação Tempo de duração do NADPH (2)	R.A.	R.A.

Quadro 1- Quadro geral de resultados por professor

P23	Abordagem empirista	R.A.	Expressão incorrecta: Nem todas as moléculas dos alimentos são energéticas	R.A.	A expressão auxilia a aprendizagem	Não resposta	Afirmção incorrecta	R.A.	Não resposta	Não resposta	Resposta incompleta	R.A.	Esclarecer a designação	R.A.	A expressão origina conceitos errados	R.A.
P01	Abordagem empirista	R.A.	Expressão incorrecta: A energia não é transferível directamente	Expressão incorrecta: A energia não é transferível directamente	Não resposta	A expressão origina a C.A.: Os alimentos fornecem directamente energia	Afirmção incorrecta	Afirmção incorrecta	Não resposta	Não resposta	Resposta incorrecta: Há transformação de moléculas	Não identificada	Não resposta	Loc. temporal e/ou proveniência dos reagentes	R.A.	R.A.
P7	Abordagem empirista	Abordagem empirista	Expressão incorrecta: Nem todas as moléculas dos alimentos são energéticas A energia dos alimentos não é transferível directamente (2)	Expressão incorrecta: A energia não é armazenada	A expressão origina a C.A.: Os alimentos fornecem directamente energia	A expressão origina/reforça a C.A.: Os alimentos são depósitos de energia	Afirmção correcta	R.A.	Não resposta	Outras	Resposta incompleta	Resposta incorrecta: Há transformação de moléculas. São outras as funções do ciclo de Krebs (2)	Outras	Esclarecer a designação Tempo de duração do NADPH (2)	R.A.	R.A.
P11	Abordagem empirista	Não identificada	Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente	R.A.	Não resposta	Não resposta	Afirmção correcta	R.A.	Não resposta	A afirmação origina determinadas C.A.	Resposta incorrecta: Há transformação de moléculas	Resposta incorrecta: São outras as funções do ciclo de Krebs	Esclarecer a designação. Loc. temporal e/ou proveniência dos reagentes (2)	Esclarecer a designação	R.A.	R.A.
P6	Abordagem empirista	R.A.	Não resposta	Não resposta	Não identificada	Não resposta	Afirmção correcta	Afirmção incorrecta	Não resposta	A afirmação induz em erro	Resposta incompleta	Outras	Não resposta	R.A.	R.A.	A designação origina conceitos errados
P32	R.A.	R.A.	Expressão incorrecta: Nem todas as moléculas dos alimentos são energéticas	Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente	Outras	A expressão origina/reforça a C.A.: Os alimentos são depósitos de energia	R.A.	R.A.	Outras	R.A.	Resposta incompleta	Resposta incorrecta: São outras as funções do ciclo de Krebs	Esclarecer a designação	R.A.	R.A.	R.A.
P14	Não identificada	Não identificada	Expressão correcta: A energia pode ser armazenada	Expressão incorrecta: A energia não é armazenada	Não resposta	A expressão origina/reforça a C.A.: Os alimentos são depósitos de energia	Outras	R.A.	Não resposta	Não resposta	Resposta incompleta	Resposta incorrecta: São outras as funções do ciclo de Krebs	Esclarecer a designação. Loc. temporal e/ou proveniência dos reagentes (2)	R.A.	R.A.	R.A.
P19	Abordagem empirista	R.A.	Expressão incorrecta: A energia dos alimentos não é transferível directamente	Outras	Não resposta	Não resposta	Afirmção correcta	Afirmção incorrecta	A afirmação induz em erro	Não resposta	Resposta incorrecta: São outras as funções do ciclo de Krebs	R.A.	Esclarecer a designação	Esclarecer a designação	R.A.	R.A.
P25	Não identificada	Não identificada	Expressão correcta: A energia pode ser armazenada	R.A.	Não resposta	A expressão origina/reforça a C.A.: Os alimentos são depósitos de energia	Outras	R.A.	Não resposta	Não resposta	Resposta incompleta	Resposta incorrecta: São outras as funções do ciclo de Krebs	Loc. temporal e/ou proveniência dos reagentes	Esclarecer a designação Loc. temporal e/ou proveniência dos reagentes (2)	R.A.	Não resposta

Quadro 1- Quadro geral de resultados por professor (Continuação)

## **ANEXO VII**

### **AVALIAÇÃO REALIZADA PELOS OBSERVADORES DO CURSO PRINCIPAL**

# **WORKSHOP**

## **Energia nos sistemas biológicos: perspectivas didácticas para a sua abordagem**

### **QUESTIONÁRIO**

Com vista a conseguir uma avaliação tão completa quanto possível da Workshop a que assistiu, com observador, solicitamos uma avaliação crítica sobre os seguintes aspectos :

1-Organização

2-Assuntos abordados e actividades desenvolvidas

3-Documentação distribuída para a realização das actividades e a que foi posta à disposição para consulta dos professores

4-O modelo de trabalho utilizado

5-Atitudes e relação da dinamizadora com os participantes na acção

6-Outros comentários que considere pertinentes

## **OBSERVADOR A**

1-Pelo modo como as actividades decorreram poder-se-á afirmar que a planificação do curso foi objecto de uma organização cuidada. O horário estabelecido para cada uma das actividades foi cumprido de modo quase rigoroso, o que proporcionou um ritmo vivo nos trabalhos. Os elementos informativos sobre o funcionamento postos à disposição dos participantes estavam devidamente organizados e as pausas foram previstas com acesso descongestionado ao bar. Os almoços tiveram lugar na cantina dos Serviços Sociais da Universidade de Aveiro e o tempo para tal foi suficiente. O alojamento foi garantido a todos quantos o pretenderam utilizar.

Os comentários ouvidos de muitos dos participantes são indicadores do ambiente agradável que estes consideraram ter-lhes sido proporcionado.

2-O modo como os participantes se envolveram nas discussões, questionaram a responsável e confrontaram opiniões entre si, sugerem que os temas/assuntos abordados eram de interesse para eles.

Os trabalhos de grupo revelaram sempre um clima vivo de discussão dentro destes e, em sessão plenária, o confronto entre os grupos foi bastante interessante nalguns casos. Pareceu-nos no entanto que o tempo concedido e/ou dedicado a alguns temas terá sido reduzido para aprofundar determinadas questões.

Os participantes realçaram diversas vezes a pertinência dos temas em discussão, reconheceram interesse para a sua actividade docente na realização das actividades propostas e nalguns casos pediram mesmo sugestão de propostas de trabalho a desenvolver com os alunos.

O modo com decorreram as sessões de desenvolvimento dos temas revelou uma preparação rigorosa e séria dos assuntos apresentados. O material audiovisual estava bem preparado e a exposição oral foi clara e correcta.

3-Um dos aspectos onde existem lacunas na formação contínua de professores de Ciências (aqueles que conhecemos melhor) é a divulgação de

bibliografia actualizada quer no domínio científico, quer no da didáctica específica. A exposição de livros e revistas, nacionais e estrangeiros, que foi organizada e permanente durante todo o curso, terá permitido aos professores contactarem com algumas das propostas mais recentes nestes domínios. Da nossa observação pode dizer-se que todos os professores manifestaram curiosidade pelas obras expostas, inspeccionaram cuidadosamente muitas delas, pediram informações sobre acesso a consulta e mesmo quanto ao modo de adquirir algumas (note-se que a maioria não era publicada em Portugal). Muitos dos participantes disseram que este tipo de iniciativa era muito pouco frequente.

4-O modelo de trabalho adoptado foi misto e equilibrado. Permitiu que os participantes apresentassem os seus pontos de vista, confrontassem as suas opiniões, rebatessem e questionassem posições nos domínios da especialidade e didáctico. Mas também teve em conta uma etapa de informação/ apresentação de conceitos mais recentes, alguns dos quais controversos nas fontes bibliográficas conhecidas. Foi o caso de alguns temas de bioquímica.

5-A dinamizadora do curso mostrou-se sempre atenta aos participantes, incentivou as suas intervenções e deu tempo para ocorrerem, mostrou respeito pelas opiniões apresentadas mas soube sempre definir posição aquando da tomada de decisões (por exemplo, nas discussões em plenário). Esta atitude colaborativa pareceu ser extremamente importante para criar um clima de confiança nos participantes.

A disponibilização, no final, a todos os participantes de cópia de material usado no desenvolvimento dos temas representa uma atitude corajosa (há sempre posições controversas) e, sobretudo, generosa (os textos preparados poderão ser usados por outros).

6-A disposição dos grupos de trabalho poderia ter sido melhorada. Talvez tivesse sido preferível usar uma sala maior onde todos os grupos coubessem mas estivessem relativamente afastados de modo a não se perturbarem

## **OBSERVADOR B**

1-Globalmente, pode dizer-se que a Workshop esteve bem organizada.O ritmo foi bastante intenso, fazendo com que os professores estivessem permanentemente a trabalhar.

Os aspectos sociais e humanos também não foram descurados (ex: alojamento, refeições, pausas para café, material fornecido, etc.), contribuindo para o bom ambiente de trabalho e sucesso da organização.

2-Os assuntos e actividades desenvolvidas pareceram-me adequados aos objectivos da Workshop. Não posso pronunciar-me sobre todos os tópicos com a mesma objectividade.No entanto, o ambiente de trabalho, o interesse manifestado pela maioria dos participantes, o diálogo estabelecido, o cuidado manifestamente posto na fundamentação científica, pela responsável do curso, permitiu-me fazer uma avaliação positiva do trabalho realizado.

Pena foi que não tivesse sido tirado mais partido de algumas das transparências.

3-A documentação distribuída pareceu-me útil para as discussões que se pretendiam vivas, bem como para as opiniões que se queria colher.

A documentação que foi posta à disposição para consulta, suscitou o interesse da maioria dos professores.Era variada e actualizada, permitindo apioar a discussão dos tópicos tratados. Por outro lado, permitiu ainda aos professores contactar com bibliografia que geralmente não lhes é facilmente acessível

4-O modelo pareceu-me adequado aos objectivos definidos pela responsável.Teve tarefas bastante diferenciadas que contribuíram para alimentar um bom ritmo de trabalho.É provável que alguns dos professores necessitassem de mais algum tempo para reflexão.

5-Foi estabelecida uma grande empatia entre a dinamizadora e os participantes, desde o primeiro dia. Procurou dar sempre uma resposta às questões levantadas, tomando decisões, quando necessário.

