

## CAPÍTULO II

### REVISÃO DA LITERATURA

#### 2.1- Introdução

Este capítulo, visa essencialmente, fundamentar teoricamente o estudo realizado e, de certa forma, reforçar e sustentar o problema e os objectivos definidos.

A revisão da literatura, propriamente dita, está assim dividida em três sub-capítulos: 2.2- O construtivismo e o ensino das Ciências; 2.3- modelos de ensino com recurso a analogias; e, finalmente, 2.4- síntese de algumas investigações, no âmbito da produção e exploração de analogias.

#### 2.2- O Construtivismo e o Ensino das Ciências

##### 2.2.1- *O ensino das Ciências na sociedade actual*

Vivemos numa sociedade em transformação, quer pela evolução tecnológica registada, quer pelo constante fluxo de informação mais ou menos estruturada que circula. Sociedade esta, que tem vindo a evidenciar um fosso cada vez maior entre o saber científico e o saber efectivo da população em geral (Villani & Pacca, 1997). Na escola, até há bem pouco tempo, os alunos pareciam mostrar atitudes de aprendizes passivos guardando na memória uma acumulação de factos e uma série de receitas ou fórmulas adquiridas através de mecanismos repetitivos (Giordan & de Vecchi, 1988). Esta situação, que perdurou e continua a perdurar, é hoje claramente rejeitada por muitos daqueles que a consideram redutora e insuficiente para viver num mundo “tecno-científico”, onde a participação activa

do cidadão exige a tomada de decisões que envolvam conhecimentos científicos e tecnológicos.

Tem-se verificado igualmente, que a vertente entre a investigação e a exposição/comunicação de resultados tem criado, na sociedade actual, uma dicotomia que necessita ser ultrapassada. Tornou-se clássico distinguir o conhecimento científico do conhecimento exposto à comunidade em geral. Separar o trabalho do investigador, que envolve imaginação, observação e experimentação de toda a necessidade posterior de o comunicar e dar a compreender à sociedade, não parece muito coerente nos nossos dias (Jacobi, 1997; Harlen, 1998). A investigação só tem valor real se “for reconhecida pelos seus pares.” (Bourdieu, citado por Jacobi, 1997: 91). Assim, os investigadores passaram a ter em conta toda a vertente de comunicação durante o trabalho de investigação, de forma a facilitar o seu posterior entendimento pela população em geral e possibilitando a convergência entre os dois conhecimentos.

Mas a compreensão deste conhecimento e das suas implicações sociais coloca novos desafios à escola e aos professores, exigindo que ela, a escola, se constitua como o lugar onde se promovem hábitos de reflexão e questionamento, quer proporcionando saberes indispensáveis, ainda que de carácter geral (na escolaridade obrigatória), quer orientando os alunos em actividades de investigação (Harlen, 1998); exigindo que o professor se envolva em novas experiências pedagógico-didácticas favorecedoras de aprendizagens conceptuais e atitudinais dos alunos.

### *2.2.2- Construtivismo e o raciocínio analógico na aprendizagem das Ciências*

Esta nova concepção de ensino, de cariz construtivista, assenta no crescimento cognitivo dos alunos pela construção de conhecimentos, o que envolve necessariamente um relativo afastamento das concepções e da visão do senso comum, pelo menos no que diz respeito à interpretação de situações e de fenómenos trabalhados em espaço de aula. Esta tarefa, nem sempre é fácil e coerente, pelo contrário, trata-se, frequentemente, de um processo extremamente complexo onde coexistem diversos fenómenos de regressão conceptual, mudança cognitiva, bem como fenómenos do tipo evolutivo (Pozo *et al*, 1991). Neste conjunto de fenómenos evolutivos podemos integrar o raciocínio analógico, com, por exemplo, a compreensão progressiva de analogias (Brown & Clement, 1989), que mais adiante abordaremos em pormenor. Recursos como este, são vistos pelos defensores do

construtivismo como elementos de natureza motivacional, salientado a dependência entre a aprendizagem e a continuidade no esforço que os alunos realizam para alcançar essa aprendizagem (Giordan, 1991; Pozo *et al*, 1991; Harlen, 1998).

O carácter motivacional dado pela construção pessoal da analogia é, assim, levado a cabo pelos alunos não de uma forma autónoma e individual, mas em interacção com o meio escolar que os envolve. Parece-nos pois, que o próprio raciocínio analógico possa ser visto como motor na construção pessoal de novos conhecimentos, num contexto de ensino e de aprendizagem interactiva. Esta construção processa-se pela interiorização de uma ideia, obrigando os alunos a aprofundar os seus mecanismos de raciocínio analógico.

A linguagem aparece também aqui, sem dúvida, como uma via poderosa usada pelo professor para guiar os alunos, partilhar informação, tirar conclusões, rever opiniões... (Sander, 2000). É a partir do raciocínio analógico e através da linguagem, que os alunos activam um domínio já conhecido por eles, de forma a tentar compreender uma situação nova. Aprender ciências passa necessariamente pela activação, através de práticas linguísticas, de mecanismos da cognição humana que estabelecem conexões entre conhecimentos pertencentes a domínios já conhecidos e novos domínios, onde se insere o conhecimento científico.

Foi nesta perspectiva que Oliva *et al* (2004) apresentaram um esquema sobre a provável evolução dos modelos didácticos com recurso a analogias. Os autores tentaram, assim, estabelecer uma intersecção entre as actuais linhas de investigação em Didáctica, como é o caso das analogias, com a actividade do aluno propriamente dita, bem como a regulação das suas aprendizagens. Com este trabalho, parece-nos que estes autores procuraram explicitar que, em qualquer modelo de ensino as analogias podem servir como recurso, mas estas só cumprem verdadeiramente os seus objectivos numa perspectiva de ensino sócio-construtivista. Neste sentido, foi traçada uma perspectiva mais global e abrangente que poderá servir, segundo os autores, como marco para futuras investigações e, por sua vez, influir na formação de docentes actualmente em prática.

A partir de uma visão globalizadora das perspectivas de ensino, a figura 2.1 tenta reproduzir a evolução dos modelos de ensino com recurso a analogias, tendo presente as duas dimensões anteriormente referidas. Da combinação de diferentes níveis entre as dimensões referidas, resultam os quatros modelos de ensino representados na figura 2.1.



**Figura 2.1 – Hipótese de evolução dos modelos de ensino com recurso a analogias (Oliva *et al*, 2004, pp.109).**

O nível 1 caracteriza-se por níveis baixos de actividade do aluno, bem como na regulação das suas aprendizagens. Este nível está correlacionado com uma perspectiva de ensino tradicionalista, onde se transmite visual ou verbalmente a informação, implicando uma mera apresentação de analogias previamente preparadas pelo professor e/ou presentes no manual escolar adoptado. O nível 2A continua a seguir uma perspectiva de ensino por transmissão, contudo, com uma determinada intervenção regulada das aprendizagens do aluno. Passa-se a valorizar o sentido que o aluno dá à analogia propriamente dita, baseando-se o modelo no trinómio: “ensinar/avaliar/corriger” (Oliva *et al*, 2004:110). No nível 2B, o aluno produz livremente analogias, sendo por isso atribuído um nível alto na sua actividade, no entanto, essa produção é feita sem regulação ou orientação por parte do professor ou de outrem. A influência duma perspectiva de ensino por descoberta parece-nos aqui evidente. Por último, o nível 3 caracteriza-se por níveis elevados nas actividades do aluno, bem como na regulação das suas aprendizagens, que se traduzem automaticamente por uma produção de analogias a partir da interacção professor/aluno. A construção de significados a partir das analogias produzidas constitui “um processo complexo e interactivo e portanto resultado de uma intervenção pessoal que é levada a cabo por quem aprende.” (Oliva *et al*, 2004:110). O processo tem a cooperação de todos os

seus intervenientes: professor, alunos, materiais didácticos.... desenvolvendo-se por isso, numa perspectiva de ensino sócio-construtivista.

A figura 2.1, para além de apresentar a hipótese de modelos de ensino com recurso a analogias, manifesta igualmente a possibilidade de uma sequência linear e simples entre os mesmos, bem como a faculdade de se conjugarem entre si, a qualquer momento da intervenção pedagógica do professor.

Concluindo, parece-nos que a construção de conhecimentos e a comunicação compreensiva entre alunos permite, assim, entender fenómenos mais abstractos e complexos, delinear inferências e previsões, decidir acções, tomar decisões... Durante o processo de raciocínio, os alunos associam o seu modelo mental ou representação didáctica em função da informação recebida do exterior para depois construir o novo conhecimento adaptando este à realidade perceptível envolvente e com carácter prático para as suas necessidades (Adúriz-Bravo *et al*, 2005; Galagovsky, 2005).

### *2.2.3- Os mecanismos do raciocínio analógico na aprendizagem do aluno*

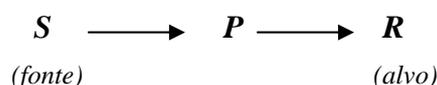
Aplicar ou usar o raciocínio analógico consiste em utilizar conhecimentos adquiridos sobre fenómenos ou situações para aplicação noutras situações novas, de forma a compreender estas últimas. Este raciocínio também pode ser visto como um processo cognitivo de categorização, ou seja, os fenómenos ou situações analógicas são tratadas para posteriormente serem incluídas em classes ou categorias (Gentner, 1989; Hamilton, 2003). Ao realizar este processo, os alunos mais não fazem do que listar as semelhanças e diferenças entre as duas situações para depois estabelecer a correspondência analógica ou analogia.

Diversos investigadores (Vosniadou & Ortony, 1989; Sander, 2000; Hamilton, 2003; Tijus, 2003) defendem que os alunos mais novos traçam as similaridades pelas propriedades superficiais como a cor e a forma dos objectos ou situações; já os adultos participam com propriedades de estrutura ou de funções, propriedades de graus elevados como são denominadas por esses investigadores. O mecanismo de percepção continua o mesmo, pois é feita a correspondência entre similaridades hierarquizadas pela importância atribuída pelo seu interlocutor, a única diferença poderá estar na chamada “profundidade” da analogia. Assim, a analogia e o processo analógico a ela implícito será tanto mais complexo quanto mais “profunda” for a analogia a tratar. Devemos salientar que é neste

contexto que a interferência do professor é fundamental como fornecedor de informações sobre a fonte e o alvo, em quantidade e variedade, que possibilitem os alunos estabelecerem as correspondências suficientes e necessárias para o sucesso do processo (Gentner, 1989; Vosniadou, 1989; Oliva, 2003).

O estabelecimento de correspondência(s) analógica(s) é por isso um processo necessariamente interno, independentemente do estímulo externo que se possa apresentar no livro, no recurso didático ou através do professor (Sander, 2000; Oliva, 2003). É caracterizado como um processo bidireccional complexo, marcando uma interacção entre o domínio fonte e o domínio alvo, sendo que, quanto maior for o acumular de conhecimentos anteriores dos alunos, maior será a influência directa no sucesso deste processo.

Searle, citado por Hamilton (2003), considera que uma parte da resposta possa estar do lado do imaginário e dos conhecimentos que os alunos têm sobre o assunto a tratar. Tomando, como exemplo, a analogia seguinte, para chegar a **R** partindo de **S**, os alunos mais não fazem do que referênciam aos seus conhecimentos, imaginários ou não, sobre o mundo e às suas capacidades para daí estabelecerem inferências gerais. Assim, quando **S** é a fonte no seu sentido literal, os alunos procuram **P**, que corresponde à fonte, mas no seu sentido analógico, para finalmente chegar a **R**, que representa o domínio alvo a atingir.



O mecanismo de raciocínio analógico, em si, é iniciado quando os alunos fazem o levantamento das propriedades de **S** e de **P**. De seguida, os alunos devem seleccionar as propriedades de **P** que vão aproximar **S** de **R**, ou seja, as similaridades entre ambos. Segundo o investigador, para chegar ao sentido analógico (**S** é como **R**), os alunos passam primeiro pelo sentido literal (**S** é como **P**) da analogia. Parece, no entanto, evidente que este mesmo mecanismo cognitivo se desenvolve num contexto devidamente elucidado e com princípios pragmáticos. Logo, para cada situação complexa existe um número de relações possíveis que podem ou não fazer ressaltar uma sistemacidade entre as mesmas. O raciocínio analógico apresenta diferentes formas de processamento conforme a situação a trabalhar é familiar ou não ao aluno, dependendo igualmente dos conhecimentos que este tem sobre a situação em si.

No momento de estabelecer a(s) correspondência(s) analógica(s), a fonte e o alvo podem ser vistos como sendo elementos da analogia com igual importância (Pudelko & Legros, 2003), uma vez que a projecção de características faz-se de forma bidireccional. Os mesmos investigadores evidenciam que aquando de um trabalho por categorização essa importância passa a ser repartida diferentemente, pois a fonte é vista como o ponto a partir do qual se inicia o processo cognitivo (Pudelko & Legros, 2003). Esta última ideia, levanta de imediato uma questão no que diz respeito à atenção que os alunos passam a prestar à analogia em si, pois parece-nos que as inferências vão sendo feitas ao domínio fonte propriamente dito, para o aproximar do domínio alvo, descurando-se o alvo, que afinal constitui o conhecimento novo a trabalhar.

É neste contexto que os investigadores referidos defendem a projecção de características ou S.M.E. (Structure Matching Model- modelo defendido por Gentner, 1989), onde o mecanismo de raciocínio analógico inicia-se pela interpretação e enumeração de propriedades comuns entre elementos da analogia. Por fim, os alunos serão levado a projectar as inferências, como condição fulcral para todo o processo. O processo em si, só é possível se os alunos tiverem algum domínio sobre os atributos da fonte e do alvo para conseguirem prosseguir com o seu raciocínio. Salienta-se aqui, que a selecção da fonte a apresentar aos alunos carece de um estudo preliminar por parte do professor, de modo a assegurar que a mesma é do conhecimento do grupo de alunos que a vai explorar (Ripoll, 2003).

Esta perspectiva de trabalho leva-nos a considerar o raciocínio analógico como um caso particular de raciocínio indutivo, onde a analogia em si pode ser vista como uma actividade mental finalizada (Sander, 2000).

Em relação ao tempo de resposta dos alunos, Pudelko & Legros (2003) verificaram, pela revisão de alguns estudos sobre o tema, que os mesmos completam mais rapidamente o processo quando são fornecidos os domínios fonte e alvo a explorar. Relativamente aos elementos da analogia propriamente dita, os alunos enumeram mais facilmente as propriedades da fonte fornecida, iniciando geralmente o raciocínio analógico pela análise deste elemento. Também é referido que o mecanismo é facilitado quando acompanhado por imagens alusivas aos domínios em estudo ou quando anteriormente fora explorado um tema muito similar. A forma mais vulgar de inferir acerca da consciência humana neste campo é a aplicação de “pós-teste”, pois os mesmos podem vir a demonstrar as correlações entre ambos os momentos (Pudelko & Legros, 2003).

O paradigma da analogia fonte/alvo constitui, na nossa opinião, um terreno fértil para explorar, uma vez que existem algumas ideias discrepantes acerca do mesmo. No entanto, não assentando nos objectivos principais desta dissertação, deixaremos esta linha de pensamento para posteriores investigações.

Durante um processo cognitivo de aprendizagem, Galagovsky (2005) defende que o aluno distingue *conhecimento* de *informação*. O primeiro faz parte da mente do aluno, sendo representado por uma intrincada rede de conceitos e relações entre os mesmos, enquanto que o segundo está fora da mente do aluno. Para ocorrer raciocínio analógico e chegar assim a uma aprendizagem significativa, “o conhecimento do aluno posiciona-se ao nível do consciente pronto a estabelecer conexão com a nova informação a receber do exterior” (Galagovsky, 2005:5). De seguida, é processada conexão e relação entre o conhecimento existente e a nova informação, sendo esta última apropriada como novo conhecimento, aumentando assim a rede de ligações entre os conceitos da nova informação. O professor poderá ser visto “como facilitador da construção de conhecimentos pois ao apresentar a informação científica e a informação analógica motiva múltiplos processos cognitivos de análise, selecção, síntese, relação, argumentação...” (Galagovsky, 2005:6). Em situação de aprendizagem são estabelecidas correlações entre informação científica e informação analógica, onde é encontrado significado e compreensão na comparação dos elementos dessas informações. Esta actividade metacognitiva, embora de carácter individual, vai enriquecendo quer nos momentos de correlação conceptual quer durante o processo em geral (Galagovsky, 2005; Adúriz-Bravo *et al*, 2005).

Em suma, o mecanismo de raciocínio analógico parece mostrar-se como “um mecanismo central de cognição humana, omnipresente a todos os níveis do consciente, não podendo ser conectado ou desconectado voluntariamente.” (Sander, 2000: 97). A analogia pode então ser vista como uma fonte de conjecturas plausíveis e não de conclusões garantidas.

Da parte dos alunos, estes preferem explorar as analogias onde são fornecidos os domínios fonte e alvo, todavia apresentando poucos traços em comum, pois tornam-se mais interessantes e motivadoras. O processo de exploração da mesma recai então sobre a descoberta e a construção de novos conceitos e não somente na aplicação de conhecimentos já existentes na mente do aluno. Todo este processo tem um carácter

flexível, dependendo das estruturas cognitivas, do contexto de trabalho, da apresentação ou não dos elementos da analogia e da congruência entre os elementos da mesma.

### **2.3- Modelos didáticos de ensino com recurso a analogias**

Analogias e metáforas têm vindo a desempenhar um papel importante não só na construção dos conhecimentos em geral, como na construção dos conhecimentos científicos em particular. Estão presentes não apenas como motivadores do raciocínio, activando, no indivíduo, competências diversas de análise, avaliação, síntese, diferenciação..., mas também como constructos imaginativos capazes de explicarem e fazerem compreender o Mundo que rodeia o ser humano.

Parece evidente que o raciocínio através da analogia e da metáfora é uma componente indiscutível da cognição humana e, por isso, fundamental no acto de comunicação e na própria linguagem do homem, por mais simples que sejam (Sander, 2000; Ripoll, 2003). Vem sendo, por isso, defendida a sua contribuição na vertente do ensino e da aprendizagem, bem como a sua capacidade heurística e de descoberta. Foi essencialmente no campo do ensino que atraiu a atenção de grandes investigadores que ao tentarem, por exemplo, explicar o modelo atómico de Rutherford através dos movimentos no Sistema Solar, clarificaram e reforçaram o papel preponderante destes “instrumentos”. O professor recorre muitas vezes a esta “ferramenta”, mas de uma forma intuitiva e não planificada, advindo, por vezes, daí resultados não desejáveis, nomeadamente no que diz respeito ao processo de aprendizagem. É nesta perspectiva que alguns investigadores foram propondo diversos modelos de ensino com recurso a analogias, onde as mesmas são utilizadas e exploradas de uma forma pensada e sistematizada.

Uma análise da literatura específica nesse campo permitiu-nos estudar alguns desses modelos e associá-los em três grupos que dizem respeito, nomeadamente: *a) Modelos de ensino centrados no professor; b) Modelos de ensino centrados no professor ou no aluno* e, por último, *c) Modelos de ensino centrados no aluno*. Relativamente a cada um destes grupos seleccionaram-se alguns modelos mais representativos, dos quais passaremos a fazer uma descrição fazendo referências a aspectos considerados relevantes para a presente investigação.

### 2.3.1- Modelos didáticos de ensino centrados no professor

É talvez o grupo de trabalhos mais significativo, com um leque variado e expressivo de modelos de ensino, testados pelos seus autores e postos à disposição da comunidade docente em geral. Nesta dissertação são tratados apenas alguns desses estudos, sem particularidade específica na sua escolha, tentando somente descrever, de uma forma geral, a panorâmica da situação actual.

Os professores que ambicionam que os seus alunos atinjam competências para um trabalho facilitado ao nível do pensamento crítico e metafórico, precisam necessariamente de coadunar as suas estratégias pedagógicas e didáticas para uma prática contributiva nestes campos. Foi neste contexto que foram surgindo diferentes modelos de ensino, como o Modelo de Zeitoun (1984), um dos primeiros a recorrer ao uso de analogias em contexto de espaço de aula. Designado por *General Model of Analogy Teaching- GMAT-* (Modelo Geral de Ensino com Analogias), pretendeu proporcionar ao professor uma estratégia pensada e orientada para o uso eficaz desta “ferramenta” no ensino. Este modelo tem em conta, na sua implementação, as características próprias de cada analogia, as conveniências das mesmas, a metodologia a implementar na aula, bem como as características do meio onde se vai aplicar o modelo (Duit, 1991). O *GMAT* é considerado, por muitos, como um dos modelos mais completos, devido à importância que atribui a cada particularidade que o constitui (Dagher, 2000). Desenvolve-se nas nove etapas a seguir descritas:

- 1- Identificar e avaliar o conhecimento e as capacidades dos alunos relativamente ao uso do raciocínio analógico (*etapa opcional*);
- 2- Diagnosticar as concepções dos alunos relativamente ao assunto a tratar, determinando a posterior adequação e a pertinência da(s) analogia(s) a empregar. Esta etapa constitui, na perspectiva construtivista de ensino, um dos passos fundamentais para a construção de novos conhecimentos científicos;
- 3- Analisar os recursos didáticos existentes, no que diz respeito, por exemplo, à presença de analogias e/ou posterior integração de novas analogias na planificação;
- 4- Julgar a(s) analogia(s) a usar, determinando a sua familiaridade, adequação e pertinência. Esta etapa é recomendada por Zeitoun, para aplicar num grupo

mais pequeno de alunos, diversificando o mais possível as estratégias e meios de apresentação da(s) mesma(s), testando assim, a sua posterior eficácia de exploração;

- 5- Analisar a(s) analogia(s) em si, avaliando as suas características de complexidade e especificidade;
- 6- Seleccionar o modo de apresentação da(s) analogia(s), bem como a estratégia de ensino a implementar junto dos alunos;
- 7- Apresentar a(s) analogia(s) propriamente dita(s), explorando os diferentes conceitos e respectivos domínios, ajudando os alunos a encontrar os atributos mais relevantes e limitações também, para finalmente discutir esses aspectos em conjunto;
- 8- Avaliar o resultado de toda a implementação do modelo, determinando a mudança conceptual dos alunos, bem como a presença de concepções alternativas relativamente ao assunto em estudo;
- 9- Rever as diferentes etapas do modelo procedendo a reajustamentos quando úteis e necessários.

Algumas das limitações apontadas a este modelo prendem-se com a sua extensão em nove etapas, o que dificulta a sua implementação por parte do professor. O modelo em si é também um tanto pragmático, na medida em que se aplica em situações muito gerais e não em situações particulares do ensino. Todavia, é de destacar que os modelos posteriores a este baseiam-se fortemente no *GMAT* de Zeitoun.

Seguindo esta linha de pensamento, Brown & Clement (1989) desenvolveram o *Bridging Analogies* (Modelo das Analogias de Aproximação). Este modelo visa essencialmente “combater” as concepções alternativas perfilhadas pelos alunos com a ajuda das chamadas *analogias ponte ou analogias de aproximação*. Em contexto de entrevistas tutoriais, as *analogias ponte ou de aproximação* desempenham um papel preponderante, na medida que auxiliam o aluno a ultrapassar ideias erróneas por ele perfilhadas. Estas analogias “intercalares”, previamente preparadas com base em informações anteriores (“âncoras”) têm como objectivo orientar o aluno para posteriores correspondências analógicas mais correctas, até chegar ao domínio *alvo*. Assim, o Modelo das Analogias de Aproximação segue as seguintes etapas:

- 1- O aluno, em conversa com o professor, apresenta a sua concepção acerca de um conceito a trabalhar (“âncora”).
- 2- O professor auxilia o aluno (se este não o conseguir) a estabelecer sucessivas correspondências analógicas entre os domínios *fonte* e *alvo* através de analogias de aproximação.
- 3- São assim evidenciadas características de ambos os domínios em estudo com a ajuda de outras analogias. O aluno chegará mais facilmente ao conceito alvo.

Uma das críticas que de imediato sobressai é o papel excessivamente activo e directo do professor neste modelo. Esta estratégia pressupõe que o professor seja prontamente possuidor de um conjunto de analogias de aproximação preparadas para ultrapassar a situação “âncora” do aluno. Além disso, o modelo em questão requer uma investigação antecipada e exaustiva de cada assunto científico a tratar antes de ser abordado com os alunos especificamente.

Mesmo assim, os autores afirmam que os alunos podem continuar sem conseguir decifrar a correspondência que o professor está a tentar passar com o uso das analogias ponte.

Um dos aspectos evidente ao sucesso deste modelo é a confirmação de um clima de entusiasmo entre alunos e professor, motivando os primeiros para o diálogo, discussão e negociação com o professor de aspectos similares e diferenças que se vão delineando nos conceitos a trabalhar. É aqui também que os autores defendem uma participação directa e interactiva dos alunos na construção do conhecimento científico.

Um dos modelos mais flexível e mais praticável no campo do ensino é o *Teaching With Analogy- TWA-* (Modelo com Analogias) de Glynn (1991). É um modelo educacional que tem em vista o uso efectivo de analogias, proporcionando orientação tanto a professores como a autores de manuais escolares. Foi, inicialmente, desenvolvido com base na análise de manuais escolares de vários níveis de ensino, para posteriormente ser alargado a situações de espaço aula. Glynn (1991) conjugou uma análise de manuais escolares com observação de aulas de professores de ciências, delineando assim seis etapas para o TWA:

- 1- Apresentar o conceito *alvo* a trabalhar, ao grupo de alunos;

- 2- Relembrar, aos alunos, o(s) conceito(s) *fonte* conhecido(s), como sendo análogo(s) com o conceito *alvo*;
- 3- Identificar os atributos relevantes entre conceito(s) *fonte* e conceito *alvo*;
- 4- Estabelecer a(s) correspondência(s) similares entre *fonte* e *alvo*;
- 5- Descrever as conclusões referentes aos conceitos trabalhados;
- 6- Identificar limitações da analogia usada.

Este modelo distingue as etapas fundamentais de um processo cognitivo de uso e exploração de analogias, dando relevo ao espaço de sugestão de analogias (etapa 2), onde o aluno poderá relembrar um ou mais conceitos *fonte* que o façam reconhecer características do conceito *alvo*. Existe igualmente um espaço para o aluno poder identificar as similitudes entre domínios, de modo a desenvolver capacidades de raciocínio analógico. Investigadores como Dagher (1995), Oliva (2003) e Ferraz & Terrazzan (2003) defendem este modelo como sendo aquele que contempla mais favoravelmente o trabalho dos alunos no delinear e construir as correspondências analógicas entre domínios, permitindo não só uma participação directa e activa na construção do conhecimento dos alunos, como também a possibilidade de desenvolver outras competências referidas no início deste sub-capítulo. O modelo *TWA* de Glynn (1991) é visto também como facilitador na compreensão de analogias presentes em textos didácticos, nomeadamente nos manuais escolares. O aluno poderá ser orientado e ajudado a analisar individualmente ou em grupo a(s) analogia(s) aí presente(s) de modo a reflectir criticamente sobre a(s) mesma(s) em espaço de aula.

Numa proposta imediatamente posterior, e mais tarde também defendida por Glynn, Harrison & Treagust (1993) sugerem uma alteração ao modelo *TWA* de Glynn (1991). Estes investigadores, baseando-se em aulas observadas, bem como nas planificações que lhe dizem respeito e posterior reflexão às mesmas, argumentam que durante as aulas os professores em questão identificam as limitações da(s) analogia(s) e só depois se estabelecem as conclusões do processo. O modelo modificado de Harrison & Treagust (1993) assenta basicamente no modelo de Glynn (1991), mas com a inversão da posição das etapas 5 e 6, sendo feita, após o estabelecimento da(s) correspondência(s) analógica(s) (etapa 4), a identificação das limitações e falhas da(s) analogia(s). Finalmente, são esboçadas as conclusões sobre os aspectos mais importantes dos conceitos trabalhados.

Produz-se assim, na opinião dos mesmos, um modelo sistematizado com recurso a analogias, que simultaneamente reduz a possível formação e/ou reforço de concepções alternativas por parte dos alunos e intensifica a construção do conhecimento científico. É, sem dúvida também, defendida a importância de cada etapa do modelo *TWA*, não descurando umas etapas em relação às outras. Contudo, a ordem pela qual elas são seguidas no espaço aula, irá depender da estratégia de trabalho de cada professor e das particularidades dos conceitos *fonte* e *alvo* a trabalhar (Ferraz & Terrazzan, 2003).

Ainda na década de 90, Dagher (1994) põe em prática um *Modelo de Analogias por Narrativas*. O professor encontra numa narrativa/história que serve como motivação para abordar o domínio alvo através de um domínio fonte criativo e imaginativo, de modo a estabelecer várias correspondências entre componentes dos domínios em estudo.

Incluídos numa pequena história, que sempre foi motivo de atenção por parte dos alunos, vão sendo integrados indícios e detalhes que, no final, ajudam o aluno a estabelecer redes de ligações com conhecimentos científicos mais complexos. O aluno sente-se atraído pela aproximação entre domínios fonte e alvo, empenhando-se num diálogo com os colegas de forma a descobrir os pormenores que afinal a história tenta “esconder”. A narrativa analógica não deve ser acrescentada à aula propriamente dita, mas sim fazer parte da mesma, diluindo-se quando o professor achar mais oportuno (Dagher, 2000).

Não é fácil criar uma história original que possa servir o professor num modelo de ensino com recurso a analogias tendo em conta aspectos tão diversos como a idade dos alunos, o conteúdo científico a abordar, a diversidade e complexidade das concepções análogas a integrar... (Dagher, 2000). É neste contexto que a autora do estudo recomenda pausas adequadas, de modo a proporcionar discussões interactivas entre professor e alunos realçando semelhanças e diferenças entre os domínios.

Egan (1988), citado por Dagher (2000), traça um conjunto de questões-guia para orientar o professor na estruturação da narrativa/história:

- 1- *Identificar a importância* do assunto a abordar, dando destaque a tópicos científicos mais complexos e abstractos;
- 2- *Encontrar binários opostos*, que sejam familiares e facilmente reconhecidos pelos alunos e que melhor se articulem com a história a criar;

- 3- *Organizar os conteúdos em forma de história*, criando a sequência e articulação adequada a dar à narrativa;
- 4- *Conclusões*, espaço de resolução de conflitos inerentes aos binários, tempo certo para a mudança de “cenário” agora para o conteúdo científico propriamente dito;
- 5- *Avaliação*, contempla o momento de ponderar até que ponto o conteúdo científico foi compreendido pelos alunos. Engloba, igualmente, uma ponderação sobre avaliar se o processo facilitou ou dificultou a compreensão do próprio conceito.

Este modelo foi um dos utilizados na presente dissertação, visto um conjunto de condicionantes já referidas no primeiro capítulo, nomeadamente a inclusão de um grupo de alunos de faixa etária baixa, selecção de um conteúdo científico bastante abstracto e completamente novo para os alunos.

Já no presente século, Nagem *et al* (2001) propõem um modelo de ensino com recurso a analogias, baseado no uso metódico deste recurso. Além da inovação pedagógica que lhe é atribuída devido à suas capacidades dinâmica e adaptativa na estruturação de conceitos novos, é cada vez mais aceite que as mesmas recorrem à intuição básica como processo cognitivo fundamental ao homem. Os autores defendem que esta “ferramenta” permite identicamente servir de instrumento de verificação da aprendizagem.

Nesta perspectiva, o Grupo de Estudos de Metáforas e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência (*GEMATEC*) propõe *uma Metodologia de Ensino com Analogias – MECA*- seguindo as nove etapas expostas:

- 1- *Área de Conhecimento* - Define a área de conhecimento específica a trabalhar (exemplo: Matemática, Biologia, Física...);
- 2- *Assunto* – Refere o conteúdo a ser abordado através de uma planificação com recurso a analogias;
- 3- *Público* – Define o perfil do(s) aluno(s) para o qual se destina a planificação. Esta etapa engloba informações como a idade, concepções perfilhadas pelo(s) aluno(s) sobre o assunto a tratar, conhecimentos prévios necessários...;

- 4- *Veículo* – Refere especificamente a própria analogia, que pretende proporcionar a compreensão do conteúdo em estudo. Os autores usam a designação “familiar content”, também defendida por Curtis & Reigeluth (1984);
- 5- *Alvo* – Realça o conceito alvo a atingir, a compreender e a usar correctamente;
- 6- *Descrição da Analogia* – Explica o processo propriamente dito. Inicia-se pela apresentação e exploração do veículo e depois passa-se a trabalhar com o alvo. O veículo funciona, assim, como situação motivadora, tendo a vantagem de se encontrar sempre disponível para a ele recorrer;
- 7- *Semelhanças e Diferenças* – Refere o tratamento das semelhanças e das diferenças da analogia com os alunos. Os autores defendem que a quantidade e a objectividade das semelhanças deverá ser notória, descurando a importância das diferenças. Esta propriedade permite, segundo os autores, chamar a atenção dos alunos para com as semelhanças, pois “...as diferenças em si, fazem perder o sentido da analogia.” (Nagem *et al*, 2001:205). Contudo, tanto as semelhanças pouco relevantes como as diferenças devem ser exploradas, com a ajuda do professor, impedindo que alguma delas seja transferida para o alvo a atingir;
- 8- *Reflexões* – Analisa, com os alunos, a validade da analogia, as suas limitações, bem como a adequação ao assunto proposto inicialmente. É um momento muito importante na exploração do modelo pois propicia o desenvolvimento de uma atitude crítica e reflexiva;
- 9- *Avaliação* – Sugere aos professores a implementação de uma estratégia que permita considerar a assimilação qualitativa conseguida, baseada no grau de compreensão atingido da analogia. Os autores deixam como sugestão, a produção de analogias por parte dos alunos, podendo este “propor um veículo mais familiar,...levantar as similaridades e diferenças, explicitando, dessa forma, a sua compreensão acerca do objecto em estudo.” (Nagem *et al*, 2001:206).

A análise desta metodologia com recurso a analogias proposta por Nagem *et al* (2001), parece-nos apontar para um papel unificador à volta da imagem e da função do professor,

podendo ser considerado muito mais que um simples guia deste processo. O carácter das diferenças e das semelhanças pouco relevantes da analogia, que podem ser identificadas e listadas pelo aluno a qualquer momento do processo, constata-se um pouco exaurido por estes autores.

Wilbert & Duit (2001), citados por Ferraz & Terrazzan (2003), propõem um modelo de compreensão do raciocínio analógico. Para os autores do modelo, as analogias são vistas como tendo um análogo e um alvo na partilha de determinados aspectos, que tanto podem ser de natureza superficial como mais profundos, ou ambos. As relações analógicas a estabelecer têm como objectivo demonstrar exactamente essas similaridades. Os autores apoiam-se noutros estudos, como os de Gentner (1983) e de Holyoak (1984), uma vez que todos compartilham as ideias de que as representações mentais do análogo e do alvo são os pontos fundamentais do raciocínio analógico e que juntamente com o contexto constituem algo de essencial em todo este processo. A origem da analogia propriamente também deve ser tida em conta, pois o facto de ser apresentada pelo professor ou estar presente num manual escolar fará diferir a linha de exploração que lhe será dada.

Wilbert & Duit (2001) defendem que os esquemas intuitivos e os modelos mentais gerados espontaneamente pelos alunos, quando confrontados pela primeira vez com o domínio alvo, constituem o ponto de partida para todo o subsequente processo de raciocínio analógico. O domínio alvo é visto assim, por estes autores, como o “rastilho” que desencadeia a decorrente “explosão/construção analógica”. Esta metodologia atribui um carácter heurístico ao domínio alvo, uma vez que se parte do princípio que o domínio fonte será melhor conhecido por parte do receptor da analogia, neste caso o aluno propriamente dito. Finalizando, estes autores recomendam que a generalização desta “pré-teoria” ainda precisa de alguma investigação que a venha fundamentar e solidificar para a tornar viável no campo do ensino em geral.

### *2.3.2- Modelos didácticos de ensino centrados no professor ou nos alunos*

Os modelos de ensino centrados no professor ou nos alunos são vistos como podendo conter duas vertentes, designadamente quando o aluno faz a escolha e exploração do domínio fonte sem a ajuda do professor (estratégia centrada no aluno- ECA), ou quando

esta apresentação e exploração é feita com a orientação do professor (estratégia centrada no professor- ECP).

Nesta perspectiva, Cachapuz (1989) sugere um modelo de ensino com recurso a analogias e com as duas perspectivas de trabalho possíveis, conforme o interveniente a realizar a selecção e exploração do domínio fonte seja o professor ou o aluno. Esta opção depende das perspectivas pedagógicas do professor, bem como dos objectivos de ensino a que se propõe. Na perspectiva ECA, o aluno tem um conhecimento prévio do conceito em estudo, sendo importante relembrar esse conhecimento ou promover a construção de novos modelos interpretativos a partir do mesmo. Na perspectiva ECP, os conhecimentos pertencem a um domínio conceptualmente novo, logo a(s) analogia(s) passa(m) a ter uma “função de mediadoras de ensino, podendo até ser vistas como “pontes cognitivas”, que facilitam a integração da nova informação, na estrutura cognitiva do aluno.” (Cachapuz, 1989:125).

Este autor estrutura o modelo de ensino em torno de quatro etapas fundamentais:

- 1- Apresentação do conceito em estudo/situação problema;
- 2- Introdução do sub-domínio analógico, pelo professor (ECP) ou pelo aluno (ECA);
- 3- Exploração interactiva da analogia (exploração de correspondência(s) analógica(s));
- 4- Estabelecimento dos limites da analogia.

Cachapuz (1989) reforça, ainda, que a perspectiva centrada no aluno favorece interacções linguísticas entre os mesmos, principalmente se o modelo se desenvolver em pequenos grupos de três a quatro elementos. O maior ou menor apoio da parte do professor, na etapa três, é em função essencialmente da faixa etária do grupo de alunos no qual se implementa o referido modelo, não querendo com isto dizer que alunos de faixa etária mais baixa não possam estabelecer correspondências analógicas complexas.

Finalmente, Cachapuz & Oliveira (1990), em resultados preliminares de algumas investigações, concluem que a estratégia centrada no aluno é poucas vezes implementada e as etapas três e quatro do modelo não são convenientemente seguidas, sendo por vezes omitidas.

### 2.3.3- Modelos didácticos de ensino centrados nos alunos

Os modelos de ensino com recurso a analogias e dirigidos especificamente aos alunos são muito limitados, uma vez que enformam um conjunto de outras variáveis, que nem sempre estão ao alcance imediato do próprio professor. Estas dificuldades explicam-se, por exemplo, pela versatilidade de significados associados à(s) analogia(s) e à(s) metáfora(s) produzidas pelos alunos, o que aumenta a complexidade de formas de interpretação e exploração das mesmas. Todavia, estes modelos parecem ser aqueles que melhor se fundamentam nas orientações construtivistas actuais sobre o ensino e a aprendizagem das Ciências. Encaminham e adaptam as suas estratégias de desenvolvimento para uma participação directa e activa do aluno, como principal interveniente de todo o processo de aprendizagem (Oliva *et al*, 2001). Nestes modelos de ensino, os alunos são questionados activamente sobre significados, têm a possibilidade de reflectir, criar, emitir opiniões, tomar decisões e reinterpretar por si só, acerca de esquemas simples, dando-lhes a oportunidade de serem agentes na construção dos seus próprios conhecimentos.

As analogias assim produzidas pelos alunos, individualmente ou em pequenos grupos, apresentam outra particularidade de interesse, uma vez que podem ser vistas como posteriores hipóteses de trabalho para o professor. De seguida, essas mesmas analogias, podem ser analisadas e comparadas entre si, uma vez que reflectem as ideias intuitivas iniciais dos alunos sobre determinado conceito científico, parcial ou incompletamente compreendido.

É neste “clima” de diversificação de hipóteses de trabalho que Zeitoun (1984) apresentou o primeiro modelo de ensino com recurso a analogias direccionado aos alunos. Mais tarde, Wong (1993 a, b) criou o *Modelo das Analogias Criadas pelos Alunos*, onde estes têm oportunidade de construir as suas próprias analogias, reflexo dos seus modelos mentais e das suas explicações para determinado conceito científico. Depois de apresentada uma situação ou fenómeno científico, os alunos são levados a reestruturar, alterar ou até modificar a situação apresentada. O modelo engloba quatro etapas importantes:

- 1- Explicar o fenómeno;
- 2- Produzir analogias para explicar o fenómeno em causa;

- 3- Aplicar a(s) analogia(s) produzida(s) ao fenómeno “transferindo” as semelhanças e/ou diferenças relevantes;
- 4- Participar nas actividades de discussão em grupo, de forma a reflectir sobre as analogias produzidas e a sua adequação ao fenómeno em estudo.

Segundo o autor deste modelo (Wong, 1993 a,b), as etapas dois e três devem ser repetidas algumas vezes, acrescentando novas explicações para o fenómeno em causa e aumentando assim o material para a discussão final. A repetição do processo aumenta o empenho dos alunos em aperfeiçoar as analogias a criar e estimula a rede de ligações entre o conhecimento existente e o aceite cientificamente.

Um dos riscos já apontados na sequência deste tipo de modelo é a dificuldade acrescida da parte do professor em coordenar e orientar o debate final, tal é a diversidade de analogias que podem ser produzidas pelos alunos (etapa 4). Em faixas etárias mais baixas e na abordagem de conteúdos científicos novos ou mais abstractos, parece inevitável que a primeira etapa exija uma intervenção cuidada e planificada da parte do professor.

A vantagem central do modelo é o facto de propiciar uma participação directa ao aluno na tarefa, bem como a oportunidade de tomar consciência das suas próprias ideias sobre o assunto em estudo (Dagher, 2000).

Finalizando, cabe-nos sublinhar que existem outros estudos inseridos nesta linha de investigação, que embora não se distanciando substancialmente dos apresentados têm contribuído para fortalecer esta componente investigativa. Constituem exemplos de alguns deles os propostos por Gentner (1983), Holyoak & Thagard (1989), Spiro *et al* (1989), Oliveira (1996) e Galagovsky & Adúriz-Bravo (2001).

## **2.4- Investigações no âmbito da produção e exploração didáctica de analogias**

Reflectir sobre as actividades da Ciência são acções com toda a pertinência, tanto para o investigador como para o professor (Tijus, 2003). O investigador fá-lo com a finalidade de testar hipóteses e construir o conhecimento científico, o professor com a finalidade de

promover a construção de aprendizagens junto dos seus alunos. É neste sentido, que a linguagem e as estratégias de ensino implementadas por este último, para “trazer” para o espaço aula o conhecimento científico produzido pelo primeiro constitui ponto fulcral de reflexão. A analogia e a metáfora podem fazer parte dessa linguagem e por conseguinte dessa estratégia. São assuntos de interesse e de estudo relativamente recentes, estando decorridas apenas algumas décadas desde o início da sua abordagem, logo justificando-se a necessidade de constante actualização no campo de novas metodologias de ensino.

Seleccionaram-se algumas dessas investigações, directamente relacionadas com a disciplina (Ciências da Natureza) aqui em estudo e/ou com a faixa etária do público alvo em questão. De seguida passaremos a fazer uma descrição das mesmas, estabelecendo relação com aspectos considerados essenciais para o presente estudo.

Tal como foi referido no sub-capítulo anterior, a análise de literatura específica permitiu-nos associar os estudos realizados em três grupos: (a) uso e exploração de analogias pelo professor em situação de aula; (b) produção e exploração de analogias pelos alunos; e (c) presença de analogias em manuais escolares.

#### *2.4.1- Investigações no âmbito do uso e exploração de analogias pelo professor*

A analogia como “ferramenta” didáctica a utilizar na compreensão de conteúdos dificilmente acessíveis através da observação directa dos alunos, constituiu o principal objectivo da investigação levada a cabo por Gineste & Gilbert (1995). Esta investigação, porque aborda exactamente um dos conteúdos científicos também tratados por esta dissertação é aqui descrita em mais pormenor.

Os investigadores seleccionaram dois conteúdos científicos, um deles fazendo parte do programa escolar dos alunos -“função dos glóbulos vermelhos nas trocas gasosas do sangue”- e o outro, não integrando o programa -“estruturas internas da célula”. O estudo envolveu uma amostra de 49 alunos (com catorze alunos repetentes), repartidos posteriormente em dois grupos homogéneos, todos eles entre os 10-11 anos de idade. Gineste & Gilbert (1995) justificaram esta escolha com o seguinte argumento: “nesta idade a capacidade de categorização está definitivamente instalada na criança, ou seja, é a partir daqui que ela consegue dissociar as propriedades do objecto, do objecto propriamente dito.” (Gineste & Gilbert, 1995:30).

O procedimento desenvolveu-se em duas fases: a primeira integrou a aula, onde os alunos trabalharam em pequenos grupos de cinco elementos e a avaliação de conhecimentos adquiridos, feita individualmente. Numa segunda fase foi realizada uma nova avaliação decorridos oito dias da fase anterior. É de realçar que nas avaliações foi fornecida ajuda aos alunos, conforme a natureza das respostas fosse mais ou menos completa. Os instrumentos auxiliares compreenderam: a) textos escritos sobre os domínios alvo, acompanhados de desenhos anatómicos (P1); b) ilustrações analógicas, sem texto, sobre os domínios alvo (para os constituintes celulares: uma fábrica, um camião, pilhas eléctricas; e para a função dos glóbulos vermelhos do sangue: barcos de carga trocando mercadorias) (P2); e, por último, c) as ilustrações anteriores mas acompanhadas de um texto explicativo sobre as correspondências analógicas existentes entre fontes e alvos (P3).

Os dados recolhidos e depois tratados, relativamente ao conteúdo “estrutura celular”, permitiram inferir que: i) os alunos com resultados mais baixos foram aqueles que trabalharam com os instrumentos auxiliares P1; ii) os alunos com resultados mais altos foram aqueles que trabalharam com os instrumentos auxiliares P3; iii) a diferença de resultados entre o grupo que trabalhou com os instrumentos auxiliares P1 e o grupo que trabalhou com P3 é significativa. Em relação à avaliação concluíram que: i) os resultados da segunda avaliação foram melhores que os resultados da avaliação imediata para os grupos P1 e P2, sendo mais expressivos para P2; ii) os resultados foram superiores em todos os grupos, quando o professor deu alguma ajuda durante a avaliação.

Em relação ao conteúdo “função dos glóbulos vermelhos do sangue” as conclusões referidas são as seguintes: i) os grupos de alunos que tiveram acesso ao material P2 e P3, bem como aqueles aos quais foram sendo fornecidos indícios durante a avaliação obtiveram melhores resultados; e, ii) o grupo que trabalhou com o material P2 apresentou melhorias significativas na segunda avaliação realizada.

Numa análise qualitativa feita aos erros que se foram manifestando ao longo do estudo, as autoras referem o seguinte: i) 30% dos alunos erraram nas denominações dos elementos; ii) 10,6% dos alunos confundiu as descrições das funções dos elementos com as analogias representadas, dos quais 2,7% do grupo que lidou com o material P3 e 7,9% no grupo que lidou com o material P2.

Finalizando, o grupo ao qual foi fornecido o material P3 não registou diferenças significativas entre os dois momentos de avaliação, em qualquer um dos conteúdos, o que levou as investigadoras a concluir que os alunos atingiram de imediato as aprendizagens

sobre os conteúdos exigidos. Também estes alunos foram aqueles que demonstraram mais informação adquirida, conservando-a de forma mais duradoura.

Assim, as analogias parecem ter um papel de “preparação” para a produção de uma evolução conceptual das aprendizagens. Activam, na memória do aluno, um universo semântico e imaginário, cognitivamente muito útil. Sobressai também que, nesta faixa etária, os alunos ainda precisam de uma ajuda visual concreta para elaborar representações e/ou reencontrá-las na sua memória. Os alunos, não só adquirem termos novos, como elaboram representações associadas para os mesmos.

O uso e exploração de analogias por parte de professores também foi investigada por Lobo (2001). O estudo englobou duas fases distintas ainda que interdependentes. Na primeira fase a investigadora aplicou um questionário a um número significativo de professores de Biologia e Geologia, do 3º ciclo. Este, tinha como objectivos averiguar se os professores utilizavam a linguagem metafórica em situação de aula, bem como listar as principais formas de abordagem e dificuldades inerentes ao seu uso. Também serviu para recolher um conjunto de analogias mais frequentemente usadas no tema “O sangue, a linfa e o sistema circulatório” (8º ano de escolaridade). Numa segunda fase, foram seleccionadas duas professoras, com habilitação académica e tempo de serviço diferentes, para observação de aulas sobre o tema referido, sendo posteriormente entrevistadas acerca da metodologia de ensino implementada por cada uma. As analogias usadas pelas docentes foram listadas e categorizadas segundo a análise feita por Curtis & Reigeluth (1984) e, posteriormente modificada por Thiele & Treagust (1994). Após um período de tempo, foram administrados questionários diferentes a cada turma, com o objectivo de avaliar a eficácia das analogias usada em espaço aula pelas respectivas professoras, bem como a exploração que os alunos faziam das mesmas.

As principais conclusões mostram que os professores conhecem e utilizam a linguagem metafórica, embora inconscientemente e sem planificação prévia para tal. As analogias são, quase sempre, apresentadas sob a forma de exposição/informação aos alunos, sendo, poucas vezes, exploradas didacticamente pelo professor. No tema “O sangue, a linfa e o sistema circulatório”, do 8º ano de escolaridade, estruturas concretas do quotidiano, como a “dupla bomba”, as “guerras dos soldados” e os “camiões de transporte” são as analogias mais frequentes para estabelecer correspondência com o “coração”, os “leucócitos” e as “hemácias”, respectivamente. A autora do estudo reforça como conclusão geral que a não

explicitação didáctica da analogia ou da metáfora aos alunos levanta problemas na apreensão desta linguagem figurativa, nomeadamente no reforço e/ou aparecimento de concepções alternativas e/ou na possível transposição de conceitos do domínio fonte para o domínio alvo.

Ainda nesta mesma linha de investigação, Ferraz & Terrazzan (2003) investigaram as formas de utilização de analogias por professores de Biologia, comparando-as com o modelo de ensino *Teaching With Analogy- TWA* - (Modelo de Ensino com Analogias) de Glynn (1991). O método de recolha de dados foi a observação de um número significativo de aulas, durante dois períodos lectivos. Da observação de 152 aulas, foram identificadas um total de 108 ocorrências. Depois de devidamente reconhecidas, as analogias foram tipificadas por cada professor observado, em relação à sua frequência por período e à forma de organização das mesmas, desde a analogia “simples” à analogia “estendida”. No término da aula foi fornecida uma ficha onde o aluno estabelecia a(s) correspondência(s) entre fonte e alvo da(s) analogia tratada(s) durante a aula, os possíveis limites dessa(s) mesma(s) analogia(s), bem como uma síntese sobre a compreensão da situação alvo.

Os autores entenderam que nem todas as analogias identificadas foram pertinentes, do ponto de vista do seu uso e algumas não foram convenientemente estruturadas para serem exploradas com os alunos. Os resultados desta investigação parecem apontar para uma necessidade na estruturação e planificação cuidada das analogias a implementar em sala de aula. Quando tal não se verificou, a principal consequência apontada por estes investigadores foi o reforço de concepções alternativas nos alunos. Contudo, quando essa planificação e exploração em sala de aula ocorreram, praticamente não houve participação dos alunos, sendo reduzida a presença dos mesmos a simples “espectadores” da aula (Ferraz & Terrazzan, 2003). Também a exploração didáctica das analogias foi feita um pouco desordenadamente, não respeitando o modelo *TWA* e sendo, na maior parte das vezes (cerca de 90%), aliada a apresentação do conceito fonte conjuntamente com o conceito alvo. Estes resultados remetem-nos para a importância que neste processo assume a formação de professores, principalmente, no que respeita à utilização e exploração de analogias no processo de ensino e de aprendizagem.

Apesar da importância do uso de analogias na prática pedagógica do professor são ainda poucos os estudos que esclarecem o mesmo sobre o seu uso adequado e a forma de

explorá-las didacticamente em prol da compreensão dos alunos em determinado contexto científico. O objectivo da investigação de Figueroa *et al* (2004) foi exactamente o de mostrar a aplicação de uma analogia na compreensão dos critérios de classificação dos animais, na área da Biologia. A analogia foi explorada segundo a *Metodologia de Ensino com Analogias – MECA*, promovida pelo grupo GEMATEC, de Nagem *et al* (2001) descrita anteriormente em 2.3.1.

Os autores utilizaram como análogo a arrumação e classificação de livros numa biblioteca. A analogia foi retirada de um manual escolar, depois de terem verificado que esse análogo era o mais frequente em manuais daquele ano de escolaridade. A analogia foi sendo desenvolvida segundo a sequência *MECA*, tendo em vista a sua constante sistematização. Todas as etapas foram exploradas sendo dado especial destaque à “reflexão” e “avaliação” como etapas a desenvolver com a participação directa e activa dos alunos. A “reflexão” permitiu delimitar as diferenças e semelhanças entre o conceito fonte e o conceito alvo. Na etapa da “avaliação” é dada ênfase à criação de analogias por parte dos alunos de forma a evidenciar o entendimento e a compreensão do conceito em estudo.

Seguindo a mesma linha de interesse, no estudo de Pérez *et al* (2004) foi feita uma recolha e análise das analogias mais usadas e exploradas pelos professores, no ensino da Biologia. Foi levada a cabo uma revisão da literatura específica neste campo, o que permitiu aos autores elaborar um catálogo de binómios analógicos alusivos à fonte e alvo, respectivamente (por exemplo, *bomba hidráulica/coração, guerra/infecção*). O catálogo comporta cerca de vinte analogias devidamente comentadas que, na sua maioria, estão relacionadas com dois grandes núcleos de estudo da Biologia: “o corpo humano” e a “biologia celular”. Para os seus autores este trabalho poderá ser considerado um importante passo para a realização de um estudo mais exaustivo sobre o raciocínio analógico no espaço aula. Esta recompilação de analogias permite-nos indagar acerca da(s): i) adequação da analogia em relação ao tema a tratar; ii) forma de apresentação e exploração da respectiva analogia; iii) interpretação feita sob diferentes perspectivas (professor e aluno); e, iv) estratégias para um uso efectivo da analogia em espaço de aula (Pérez *et al*, 2004:249).

Jímenez *et al* (2004), depois de catalogarem cerca de 399 analogias em 84 manuais escolares espanhóis, seleccionaram cinco para uma análise detalhada e uma

experimentação em sala de aula. Sobre a análise efectuada foram estudados os aspectos mais relevantes, como: a situação da fonte e alvo no contexto, os seus componentes e atributos, semelhanças, localização, entre outros. A experimentação em si consistiu numa utilização reflexiva das analogias seleccionadas, feita pelos alunos na aula, de forma a avaliar a sua eficácia e poder elaborar uma espécie de “manual de uso”, (Jímenez *et al*, 2004) de ajuda ao professor. Esse “manual de uso” expõe as vantagens, as limitações do uso da analogia e deixa algumas sugestões de exploração da mesma. Os autores concluem sublinhando que é de todo conveniente analisar antecipadamente as analogias antes da sua exploração em sala de aula, de forma a poder proceder a reajustes, se necessário. Esta metodologia permite ao professor aumentar o seu controlo sobre a forma como a analogia é incorporada nas estruturas mentais do aluno, impedindo assim que o mesmo perfilhe concepções alternativas sobre determinados conteúdos científicos ou não preste a devida atenção a aspectos de relevo nesse mesmo conteúdo.

Das investigações aqui revistas, cabe-nos inferir algumas ideias que se foram consolidando pela revisão das mesmas.

Apesar do homem tentar unificar e clarificar o seu saber junto de outrem, relacionando as situações entre si, projectando-as para um nível superior de significação, nem sempre esse seu objectivo é atingido. Recorre então, muitas vezes, ao uso de analogias, como meio de elucidar e melhorar a compreensão do conceito a transmitir. Todavia, nem sempre estas “ferramentas” desempenham a sua finalidade, podendo até confundir e/ou consolidar ideias erróneas da parte do interlocutor. É assim que Lobo (2001), Ferraz & Terrazzan (2003), entre outros, salientam que as analogias e metáforas podem levantar problemas na apreensão da linguagem figurativa, nomeadamente no reforço e/ou aparecimento de concepções alternativas e/ou na possível transposição directa de conceitos do domínio fonte para o domínio alvo.

Os resultados destas investigações parecem apontar também para uma necessidade na estruturação e planificação cuidada das analogias a implementar em sala de aula, de modo a combater a afirmação de Duit (1991) de que as analogias podem ser “facas de dois gumes”. É nesta perspectiva que vão surgindo trabalhos de recolha e compilação de analogias, onde são posteriormente analisadas e exploradas fornecendo ao professor “guiões de uso”, de modo a facilitar o processo de ensino e de aprendizagem.

#### 2.4.2- Investigações no âmbito da produção e exploração de analogias pelo aluno

Outros investigadores dirigiram a sua atenção para a produção e exploração de analogias por parte dos alunos, de modo a facilitar a compreensão de conceitos científicos. Foi com este objectivo que Kaufman *et al* (1996) realizaram um estudo que integrou um grupo de 15 indivíduos, em diferentes níveis de conhecimento no tema “fisiologia vascular do coração”. O grupo era constituído por alunos do curso de Medicina, sendo quatro alunos do 1º ano e dois alunos de cada um dos anos seguintes; os restantes sujeitos eram especialistas em diferentes áreas, nomeadamente, dois físicos experientes em cardiologia, um perito em fisiologia, um cardiologista de uma clínica privada e um cardiologista que seguia a carreira académica. Foi aplicado um questionário de questões e problemas sobre fisiologia do coração, fisiopatologia e problemas clínicos, sendo gravada cada sessão, para posterior transcrição e análise. Deste estudo concluiu-se o seguinte: i) os sujeitos recorreram frequentemente e naturalmente a analogias para dar resposta ao questionário; ii) de um modo geral, o uso de analogias nas respostas esteve associado ao número de soluções correctas ao questionário; iii) as analogias facilitaram a compreensão de conceitos científicos complexos e não directamente visíveis ao interlocutor; iv) as analogias também podem criar e/ou reforçar concepções alternativas da parte do respondente.

Pittman em 1999, desenvolveu, um estudo na área da Biologia, mais precisamente no tema “síntese proteica”. Considerado um tema complexo para a generalidade dos alunos, este foi leccionado durante cerca de duas semanas, através da produção e exploração de analogias por parte dos sujeitos da amostra. O estudo prolongou-se durante três anos lectivos englobando um total de 189 alunos. Pittman começou por aplicar um questionário, cerca de uma semana antes de abordar o tema, para averiguar as concepções perfilhadas pelos alunos. De seguida, trabalhou cerca de cinco dias com os alunos, através de uma metodologia tradicional, de modo a agrupá-los em grupos de três ou quatro elementos. Esclareceu os alunos sobre o conceito de analogia recorrendo ao *General Model of Analogy Teaching- GMAT*- (Modelo Geral de Ensino com Analogias), de Zeitoun (1984). A partir daqui, os alunos foram convidados a produzirem e explorarem as suas próprias analogias com os colegas.

Por último, e após finalizar o processo de ensino do tema, o investigador entrevistou alguns alunos e aplicou um novo questionário após ensino e outro após um mês. Este estudo permitiu concluir que: i) os resultados de retenção de informação são diferentes entre sexo masculino e feminino; ii) a produção e exploração de analogias por parte dos alunos permite detectar concepções alternativas perfilhadas por estes; iii) as analogias produzidas pelos alunos podem ser consideradas como um meio de avaliação diagnóstica e formativa.

Também Lobo (2001), na investigação já descrita no ponto 2.4.1 desta dissertação, aplicou um questionário a cada um dos grupos da amostra no intuito de averiguar a exploração que os elementos da amostra fazem a algumas analogias aí presentes. Lembra-se que o tema científico tratado é exactamente o mesmo nesta dissertação, “O sangue e o sistema circulatório”. A investigadora inferiu, relativamente à exploração de analogias por parte dos alunos que: i) os alunos demonstraram mais aptidão para explicitarem atributos do domínio alvo do que aceitarem relações/atributos entre fonte e alvo; ii) a não exploração didáctica adequada da analogia, durante a aula, veio criar e/ou reforçar concepções alternativas da parte dos alunos; iii) a analogia, apresentada pelo professor/investigador, pode não ser compreendida se este usar uma fonte não familiar para o aluno. Por outro lado, os alunos compreendem a analogia se reconhecem a fonte e daí conseguem estabelecer interligações entre conceito fonte e conceito alvo.

Ainda nesta linha de investigação, Oliveira & Fernandes (2005) estudaram algumas analogias geradas por um grupo de 27 alunos do 8º ano de escolaridade, bem como a influência destas na construção de conceitos científicos no tema “Sistema Circulatório Sanguíneo”. Foi construído e aplicado um modelo de ensino assistido por analogias, com base em trabalhos já referidos, como por exemplo os de Wong (1993) e Pittman (1999).

Antes da abordagem ao tema propriamente dito foi aplicado um questionário de recolha de concepções perfilhadas pelos alunos sobre o tema em estudo. Também foram realizadas sessões de treino envolvendo analogias, de modo a familiarizar os alunos com o recurso a utilizar. Durante a intervenção pedagógica de 7 tempos lectivos foi implementado o Modelo Didáctico de Utilização das Analogias Geradas pelos Alunos. Os alunos trabalharam individualmente e em grupo, produzindo um total de 127 analogias e 44 analogias, respectivamente.

Após a leccionação do tema foram aplicados um questionário de recolha de concepções perfilhadas pelos alunos, um questionário de avaliação de estratégia e foram, ainda, seleccionados alguns alunos para serem entrevistados. Por fim, deste estudo concluiu-se que: i) todos os alunos produziram analogias, identificando semelhanças (89% com uma semelhança reconhecida) entre os domínios fonte e alvo; ii) em 74% das analogias produzidas individualmente, apenas foi referida uma diferença entre fonte e alvo e em 9,4% não foi identificada qualquer diferença entre domínios; iii) 56,8% das analogias produzidas em grupo eram idênticas às anteriormente produzidas individualmente; iv) 77,3% das analogias produzidas reconheceu uma semelhança e 56,8% identificou uma diferença; v) comparando o trabalho desenvolvido individualmente e em grupo, entendeu-se que este último parece estimular o modelo de ensino assistido por analogias; e, vi) tendo em conta o conteúdo das respostas dadas pelos alunos, naquelas em que se verificou evolução conceptual, predomina a construção de analogias com referência aos conceitos envolvidos; em contrapartida, nas respostas onde não se registou evolução conceptual, apenas duas delas apresentam produção de analogias.

Relativamente a uma análise de conteúdo realizado às entrevistas efectuadas, as autoras do estudo constataram que: i) 63% dos alunos gostou de trabalhar o modelo de ensino assistido por analogias, porque ajudou a compreender (51,9%), foi interessante (40,7%) ou constituiu uma novidade (25,9%); ii) 37% dos alunos não gostou da intervenção pedagógica delineada, porque a considerou difícil (70,0%), pouco motivante (50,0%) ou muito demorada (30,0%); iii) 71,4% dos alunos considerou útil proceder à selecção da(s) melhor(es) analogia(s) produzida(s), porque facilitou a partilha de opiniões (85,7%); e, por fim, iv) todos os alunos apreciaram a construção de analogias; todavia, apontaram outras estratégias como sendo mais úteis, ou porque lhes permitem melhores resultados (resumos- 66,6% ou responder a questões- 44,4%) ou porque estão mais habituadas às mesmas.

Pela análise dos estudos aqui sumariamente descritos podemos concluir que poucos ou nenhuns estudos foram realizados numa faixa etária mais baixa, colocando os alunos na perspectiva de produtores e exploradores das suas próprias analogias. Devemos reconhecer que os estudos analisados abrangem uma faixa já considerada adolescente/adulta, o que poderá perspectivar resultados diversos, tendo em conta a idade do respondente. Também na área específica aqui em estudo, “anatomia e fisiologia humana”, poucos estudos foram

encontrados como podendo servir de referencial à presente dissertação. Todavia, podemos depreender que a produção e exploração de analogias por parte dos alunos permite, ao professor, detectar concepções alternativas perfilhadas por estes e as analogias produzidas pelos alunos facilitam, para estes, a compreensão de conceitos científicos novos e por vezes muito complexos. Estas analogias produzidas pelos alunos constituem, ainda, um meio de avaliação diagnóstica e formativa para o professor, uma vez que se verifica que aquando da evolução conceptual do aluno este recorre à produção de analogias para se manifestar.

#### *2.4.3- Investigações no âmbito da presença de analogias em manuais escolares*

Os professores, intervenientes directos no espaço aula e no processo de ensino dos alunos, devem estar conscientes que não são os únicos implicados na construção do conhecimento científico por parte dos alunos. No espaço aula, o manual escolar, entre outros recursos, desempenha um amplo papel no processo referido. Os alunos vêem no manual a imagem de orientador do processo de aprendizagem, referindo algumas vezes representações gráficas ou analogias aí presentes. É neste campo que alguns investigadores se debruçaram sobre a presença de analogias nos manuais escolares.

Curtis & Reigeluth (1984) realizaram um estudo aprofundado envolvendo vinte e seis manuais escolares da área de Ciências, de vários níveis de ensino. Foram identificadas um conjunto de 216 analogias presentes nos manuais, que depois de descritas em pormenor foram classificadas em categorias definidas “*a priori*”. Os autores consideraram analogias simples, baseando-se em similaridades superficiais, e analogias elaboradas, tendo em conta relações funcionais, numa frequência média de 8,3 analogias por manual escolar. Foi estudada também a forma de apresentação da analogia, a sua relação com o domínio alvo, bem como a orientação dada à mesma. É de destacar que cerca de metade das analogias estudadas não apresentavam uma descrição concisa do alvo, nem tão pouco o manual integrava uma metodologia a seguir para a exploração das mesmas.

Curtis & Reigeluth (1984) deixaram algumas sugestões a seguir para a inclusão de analogias em manuais escolares: i) as analogias, de uma maneira geral, parecem eficazes em conteúdos científicos mais complexos e abstractos; ii) as analogias simples baseadas em similaridades superficiais são mais apropriadas para conteúdos científicos simples e

concretos. Por outro lado, conteúdos científicos mais complexos e abstractos poderão ser abordados com analogias funcionais.

Nesta mesma linha de investigação, Ângelo (2000) realizou um estudo similar envolvendo 12 manuais escolares portugueses de Ciências da Natureza, do 6º ano de escolaridade. Adaptando o sistema de classificação de Curtis & Reigeluth (1984), a investigadora fez o levantamento de um total de 222 analogias, sendo de 18,5 a média por manual escolar e podendo encontrar-se uma variação entre 8 e 30 analogias como mínimo e máximo, respectivamente. Também é importante realçar que a unidade didáctica com mais analogias, cerca de 127, frequência bastante significativa no total recolhido, foi “processos vitais comuns aos seres vivos: trocas nutricionais entre os animais e o meio”. Esta unidade apresentava analogias na totalidade dos manuais escolares da amostra, sendo entre 5 e 15 a sua frequência mínima e máxima. A categoria “analogia escrita verbal” foi também a mais frequente entre os manuais portugueses, representando aproximadamente 80 % do total de analogias classificadas.

González *et al* (2003) desenvolveram um estudo qualitativo e quantitativo em 84 manuais escolares espanhóis do ensino secundário obrigatório (ESO). A análise permitiu identificar analogias presentes nos manuais e classificá-las segundo os sistemas de classificação de Curtis & Reigeluth (1984) e Thiele & Treagust (1995). Estabeleceram as características mais relevantes de cada uma delas e categorizaram as mesmas em torno de duas importantes variáveis: as semelhanças e diferenças entre fonte e alvo e o próprio contexto em que teve lugar a exposição analógica no referido manual.

Nesta amostra foram contabilizadas um total de 399 analogias, sendo a média de 4,75 por manual escolar. Os autores concluíram a partir deste estudo, que: i) cerca de 21,3 % das analogias foram detectadas em manuais escolares de níveis inferiores do ensino secundário obrigatório, especialmente na disciplina de Ciências da Natureza; ii) em níveis superiores do ESO, a disciplina de Ciências Físico-Químicas passava a apresentar maior frequência de analogias por manual, cerca de 17,5 %, contra os 14,0% da disciplina de Biologia/Geologia. Segundo os investigadores, a explicação para este facto recai no aumento da complexidade e abstracção dos conteúdos científicos abordados pela primeira disciplina (Ciências Físico-Químicas); iii) os livros de Física apresentavam mais analogias do que os livros de Química, respectivamente 10,8 % contra 7,2 %; iv) a integração de

analogias em manuais escolares foi feita “de uma forma pouco reflexiva e estudada, conhecendo-se muito pouco sobre o processo cognitivo de aprendizagem através de modelização analógica.” (González *et al*, 2003:87).

Do exposto, podemos inferir que os manuais escolares adoptados, integram um número significativo de analogias. No caso específico de Portugal poderemos mesmo salientar que esse valor foi, até então, consideravelmente o mais elevado. Estas analogias, apresentam-se de forma espontânea, sem reflexão ou “guião de uso”, o que leva a uma exploração didáctica, por parte do professor, ineficaz ou até, praticamente inexistente. Grande parte dos trabalhos realizados teve por base a classificação proposta por Curtis & Reigeluth (1984). As analogias em manuais escolares parecem recair essencialmente sobre conteúdos científicos complexos e abstractos.

Finalizando e, após ter acentuado a relevância das analogias como recurso valioso no ensino e na aprendizagem das Ciências é, para todo o investigador sobre o tema, de todo essencial considerar o trabalho de Duarte (2005). Este trabalho constitui uma revisão do estado da investigação sobre analogias, bem como alguns desafios para posteriores investigações. Após uma referência, ainda que breve, à sua origem, conceito e variabilidade terminológica, a investigadora procurou dar conta dos estudos realizados no âmbito da produção, utilização e exploração didáctica de analogias feita por professores, alunos e manuais escolares. Ao longo da resenha foram caracterizadas, em linhas gerais, as investigações realizadas, bem como as principais conclusões que se obtiveram. Esta revisão parece constituir um indispensável ponto de partida para quem deseje “mergulhar” neste *corpus* de investigação.