

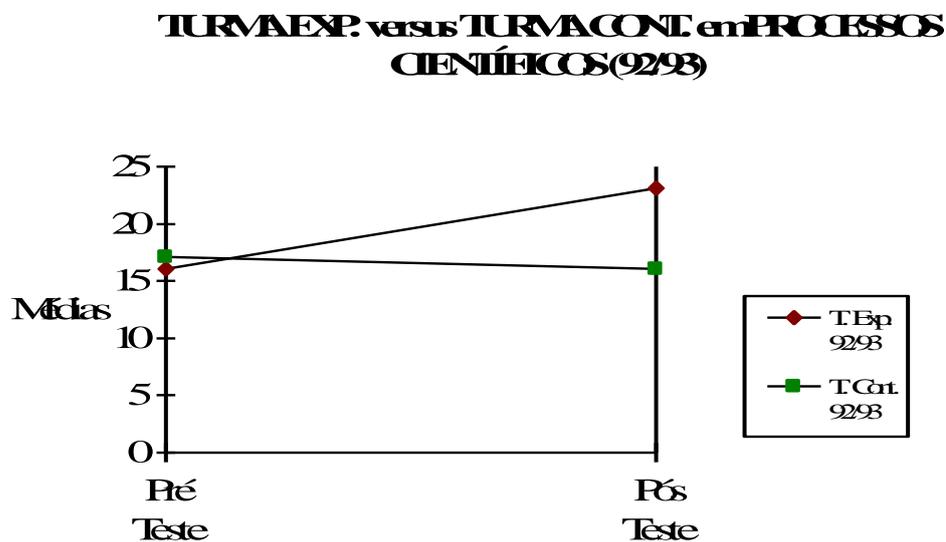
CAPÍTULO IV

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

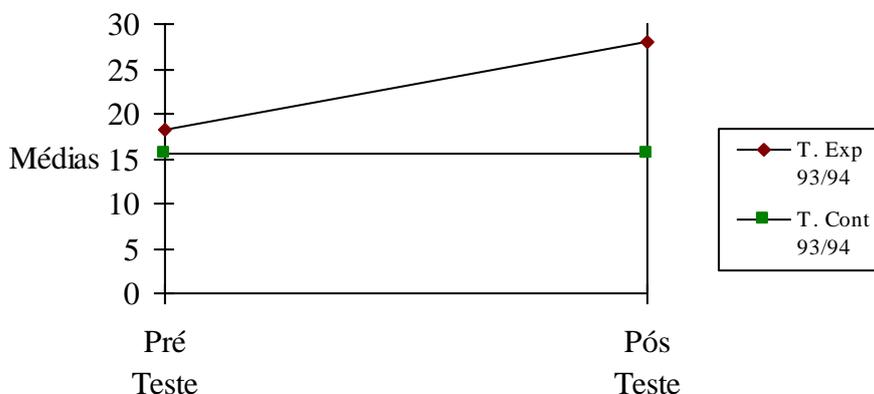
1. NA VERTENTE QUASE-EXPERIMENTAL

1.1. Análise de resultados quanto às competências em processos científicos

Os gráficos que a seguir se apresentam dão uma visão comparativa da evolução das turmas experimentais e de controle, em termos da variável Competências em Processos Científicos. Os pré-testes foram aplicados em fim de Setembro, e os pós-testes em fim de Maio do mesmo ano, havendo, pois, um desfase temporal, entre um e outro, de oito meses.



TURMA EXP. versus TURMA CONT. em PROCESSOS CIENTÍFICOS (93/94)



É notório que, quer nas turmas de 92/93 quer nas turmas de 93/94, as médias no teste de Competências em Processos Científicos, nas turmas de controle, são praticamente as mesmas na fase de pré-teste e na fase de pós-teste. Por outro lado, verifica-se em ambas as turmas experimentais uma assinalável progressão entre as fases de pré-teste e de pós-teste.

Na tabela seguinte apresentam-se os elementos descritivos das turmas experimentais e correspondentes turmas de controle, relativos à variável Competências em Processos Científicos.

COMPETÊNCIAS EM PROCESSOS CIENTÍFICOS EM PRÉ E PÓS TESTE

Teste e Turma	Média	Dv. Pd.	Mínimo	Máximo
Pré Exp. 92/93	16,06	6,31	6,25	26
Pós Exp. 92/93	23,08	8,63	7,25	38,50
Pré Cont. 92/93	17,12	6,41	3,75	31,50
Pós Cont. 92/93	16,09	6,35	8,25	33,74
Pré Exp. 93/94	18,16	6,54	8,75	29,25
Pós Exp. 93/94	27,90	9,13	10,50	43,25
Pré Cont. 93/94	15,53	6,35	3,00	29,25
Pós Cont. 93/94	15,64	7,76	4,5	35,25

Foi já verificado que as turmas experimentais e de controle não apresentam diferenças estatisticamente significativas, na fase de pré-teste, quanto à variável Competências em Processos Científicos (capítulo III). Nestas circunstâncias, é condição para que se possa considerar confirmada a hipótese de que o tratamento desenvolveu tais competências nas turmas experimentais, que as diferenças entre as turmas experimentais e de controle sejam estatisticamente significativas na fase de pós-teste. Procedeu-se, pois, a esse contraste.

**COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS PRÉ/PRÉ E PÓS/PÓS EM PROCESSOS
CIENTÍFICOS (Turmas de 92/93)**

	T. Exp. ; T. Cont	Valor de t	Graus Lib.	Valor de p
Médias Pré	16,06; 17,12	0,49	32	0,63
Médias Pós	23,08; 16,09	2,66	32	0,012*

* Diferença estatisticamente significativa para o nível de significância de 0,05

**COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS PRÉ/PRÉ E PÓS/PÓS EM PROCESSOS
CIENTÍFICOS (Turmas de 93/94)**

	T. Exp versus T. Cont	Valor de t	Graus Lib.	Valor de p
Médias Pré	18,16; 15,53	1,29	38	0,210
Médias Pós	27,90; 15,64	2,72	38	0,000*

* Diferença estatisticamente significativa para o nível de significância de 0,05

A comparação das médias na fase de pré-teste, que revela diferenças não significativas, conjugada com a comparação das médias na fase de pós-teste, que revela diferenças significativas, sustenta a hipótese de que o tratamento a que foram sujeitas as turmas experimentais desenvolveu nos alunos Competências de Processos Científicos. Igualmente, o facto de as diferenças entre pós-teste e pré-teste serem

significativas no caso das turmas experimentais, e não o serem para as turmas de controle, sustenta a mesma hipótese. Esses contrastes de médias são apresentados na tabela seguinte.

COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS PRÉ/PÓS EM PROCESSOS CIENTÍFICOS

Turma	Médias (pré;pós)	Valor de t	Graus Lib.	Valor de p
Experimental 92/93	16,06; 23,08	- 3,19	17	0,005*
Controle 92/93	17,13; 16,09	0,85	15	0,409
Experimental 93/94	18,16; 27,90	- 6,65	21	0,000*
Controle 93/94	15,53; 15,64	- 0,07	17	0,943

* Diferença estatisticamente significativa para o nível de significância de 0,05

Um aspecto que suscitou a atenção e interesse do investigador, foi a hipótese de que o tratamento a que foram sujeitas as turmas, tivesse provocado um efeito diferencial em função da variável sócio-económica, contrária à tradicional desvantagem escolar dos alunos provenientes de estratos sócio-económicos mais desfavorecidos, ou pelo menos atenuadora de tal desvantagem. Fundamenta-se tal hipótese no facto de o ensino-aprendizagem promovido se afastar do ensino livresco tradicional, baseado na memorização, em favor de uma grande ênfase na manipulação de materiais e objectos que suscitam um genuíno interesse por parte das crianças, o que se supõe contribuir para atenuar a discrepância entre a cultura escolar e cultura dos meios mais desfavorecidos.

Aquando da aplicação do teste de Competências em Processos Científicos a uma amostra de 130 alunos, não sujeita a qualquer tratamento, verificou-se uma forte influência da Posição Sócio-Económica, com vantagem das posições 1 e 2, que correspondem às classes alta e média alta, conforme a análise feita no capítulo III ($F=8,94$; $df=129$; $p=0,00$). As médias e intervalos de confiança das médias para os

scores no teste de Competências em Processos Científicos, então encontrados, para as quatro diferentes posições sócio-económicas são os seguintes:

COMPETÊNCIAS EM P. CIENTÍFICOS em função da P. SÓCIO-ECONÓMICA

P. Sóc.-Ec.	N	Média	Interv. Cf. Méd. 95%
1(Alta)	16	25,49	20,06 a 30,93
2(M. Alta)	37	20,02	17,56 a 22,47
3 (M. Bai.)	44	18,23	16,13 a 20,32
4(Baixa)	33	14,63	12,82 a 16,44
Total	130	18,72	17,37 a 20,06

Considerando as médias das turmas experimentais em Competências em Processos Científicos, é de sublinhar o seguinte:

a) A média de 16,06 da turma experimental 92/93, na fase de pré-teste, situa-se no limite superior do intervalo de confiança das médias da Posição Sócio-Económica 4, o que é concordante com o facto de 16 dos sujeitos (88,88%) pertencerem a P.S. 3 e P.S. 4. Porém, a média da mesma turma em pós-teste (23,08) situa-se no intervalo de confiança de P.S.1;

b) A média de 18,16 da turma experimental 93/94, na fase de pré-teste, pertence ao intervalo de confiança P.S. 2, o que está em conformidade com o facto de 14 dos sujeitos (63,64%) pertencerem a P.S. 1 e P.S. 2. A média de pós-teste (27,90) transita para o 1/4 superior do intervalo de confiança de P.S.1.

Em resumo, na turma experimtal 92/93, a mais desfavorecida, há uma transição de médias do intervalo de confiança de P.S. 4 para P.S. 1, enquanto que na turma experimental 93/94 há uma transição de médias do intervalo de confiança P.S. 2 para P.S. 1. Parece que os sujeitos da turma experimental 92/93 terão realizado uma

maior progressão no espectro de distribuição das médias de Competências em Processos Científicos pelos estratos sócio-económicos.

A fim de testar a hipótese de um efeito diferencial do tratamento, em função da variável sócio-económica, recorreu-se a uma Análise de Variância de variável P.C.(pós)-P.C.(pré), englobando as duas turmas experimentais.

ANÁLISE DE VARIANÇA PC(pós)-PC(pré) em função P. S. ECONÓMICA

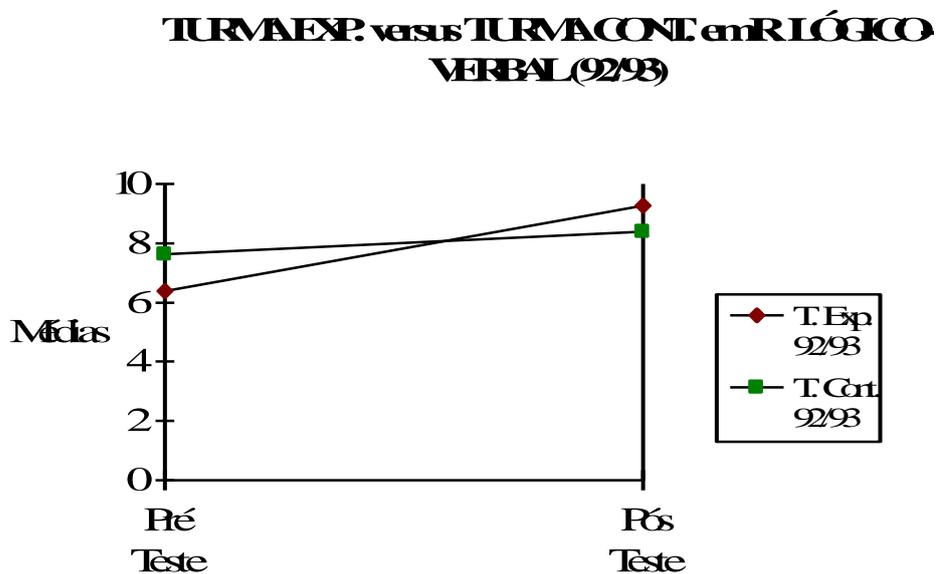
Fonte	DF	S. Quadrát.	Méd. Quad.	Raz. F	Niv. Signif.
Inter-grupos	3	339,6774	113,2258	1,8189	0,1612
Intra-grupos	36	2240,9690	62,2491		
Total	39	2580,6464			

Constata-se que a progressão entre a fase de pré-teste e a fase de pós-teste, não apresenta diferenças significativas em termos da variável sócio-económica. Este resultado confirmaria, aparentemente, a hipótese que temos vindo a discutir, pois, não se verificando a vantagem habitual dos estratos sócio-económicos mais favorecidos, o tipo de ensino-aprendizagem promovido teria sido favorável às crianças provenientes de meios mais pobres, equiparando-as aos seus pares em termos de progresso relativo na aprendizagem. Contudo este resultado só legitimaria tal conclusão se em conjunção com a verificação, nas duas turmas experimentais, pelo menos na fase de pré-teste, do efeito diferencial em Processos Científicos, semelhante ao verificado na amostra de 130 alunos que atrás foi referida. Essa condição não se verifica, não sendo significativas as diferenças em Competências em Processos Científicos, em função da variável sócio-económica, quer em pré-teste ($F=0,2042$; $p=0,8928$), quer em pós-teste ($F=1,4$; $p=0,2581$). O facto de a amostra ser pequena (40 sujeitos) e o eventual efeito diferencial da variável professor, provavelmente, terão diluído a influência da variável sócio-económica. Os dados recomendam o aprofundamento do estudo desta hipótese, na medida em que a experiência do investigador, e em parte os resultados da análise

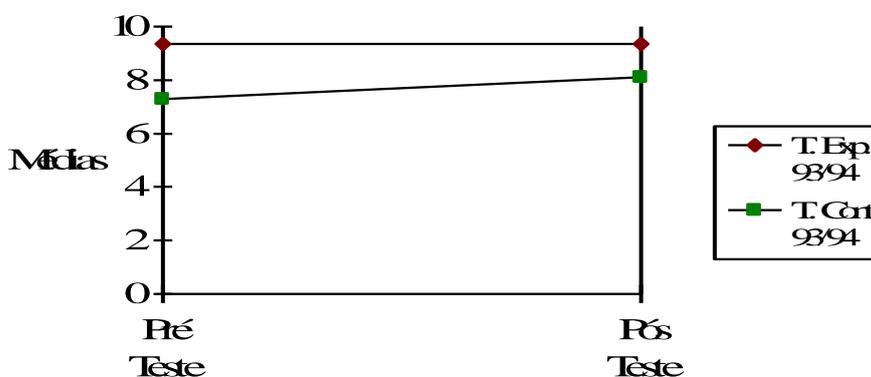
efectuada, alimentam a forte convicção de que a natureza do ensino-aprendizagem promovido é mais adequada aos alunos das camadas mais desfavorecidas da população, sem prejuízo para os restantes. Por exemplo, os alunos que dando continuidade às actividades das aulas de Ciências construíram em casa um anemómetro e um aparelho eléctrico era filhos de um carpinteiro e um electricista, respectivamente.

1.2. Análise de resultados quanto ao Raciocínio Lógico-Verbal

Os gráficos que a seguir se apresentam dão uma visão comparativa da evolução das turmas experimentais e de controle, em termos da variável Raciocínio Lógico-Verbal.



TURMA EXP. versus TURMA CONT. em RACIOCÍNIO VERBAL (93/94)



Os gráficos permitem visualizar que: a) há uma ligeira progressão, entre o pré-teste e o pós-teste, em Raciocínio Lógico-Verbal, nas turmas de controle de 92/93 e 93/94; b) há uma progressão mais acentuada na turma experimental de 92/93; e c) finalmente, que há uma total estabilidade da turma experimental de 93/94. Ao contrário do verificado quanto à variável Competências em Processos Científicos, não parece existir um efeito específico do tratamento na variável Raciocínio Lógico-Verbal.

Na tabela seguinte apresentam-se os elementos descritivos das turmas experimentais e correspondentes turmas de controle, relativos à variável Raciocínio Lógico-Verbal.

RACIOCÍNIO LÓGICO-VERBAL EM PRÉ E PÓS TESTE

Teste e Turma	Média	Dv. Pd.	Mínimo	Máximo
Pré Exp. 92/93	6,39	2,35	3,00	11,00
Pós Exp. 92/93	9,27	2,84	3,85	13,00
Pré Cont. 92/93	7,63	2,03	6,00	13,00
Pós Cont. 92/93	8,38	2,63	4,00	15,00
Pré Exp. 93/94	9,36	2,17	5	13
Pós Exp. 93/94	9,36	3,33	3	14
Pré Cont. 93/94	7,28	2,40	4,00	11,00
Pós Cont. 93/94	8,11	1,88	4,00	11,00

A fim de testar a hipótese de que o tratamento tenha desenvolvido o Raciocínio Lógico-Verbal, procedeu-se à comparação das médias das turmas experimental e de controle, em pré-teste, por um lado, e em pós-teste, por outro lado.

COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS PRÉ/PRÉ E PÓS/PÓS EM R. LÓGICO-VERBAL
(Turmas de 92/93)

	T. Exp v. T. Cont	Valor de t	Graus Lib.	Valor de p
Médias Pré	6,39; 7,63	-1,63	32	0,113
Médias Pós	9,27; 8,38	0,95	32	0,350

COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS PRÉ/PRÉ E PÓS/PÓS EM R. LÓGICO-VERBAL
(Turmas de 93/94)

	T. Exp. ; T. Cont	Valor de t	Graus Lib.	Valor de p
Médias Pré	9,36; 7,28	2,88	38	0,000*
Médias Pós	9,36; 8,11	1,42	38	0,164

* Diferença estatisticamente significativa para o nível de significância de 0,05

Nas turmas de 92/93 as diferenças de médias entre turma experimental e de controle não são significativas, quer na fase de pré-teste quer na fase de pós-teste., pelo que se rejeita a hipótese de o tratamento ter desenvolvido o Raciocínio Lógico-Verbal dos alunos. Nas turmas de 93/94 há diferença significativa entre a turma experimental e de controle na fase de pré-teste, em favor da turma experimental. Essa diferença deixa de ser significativa na fase de pós-teste o que, igualmente, sustenta a rejeição daquela hipótese. Este é um dado interessante, que resulta do facto de a turma com mais elevados scores em Raciocínio Lógico-Verbal apresentar resultados estabilizados

entre o pré-teste e o pós-teste, apesar de sujeita a um tratamento, enquanto a correspondente turma de controle, partindo de níveis mais baixos teve alguma progressão.

Procedeu-se também à comparação das médias entre pré-teste e pós-teste das quatro turmas, a fim de se avaliar em que medida a evolução verificada é da mesma natureza em todas as turmas ou se, pelo contrário, existem particularidades desta ou daquela turma.

COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PRÉ E PÓS-TESTE EM RACIOCÍNIO LÓGICO-VERBAL

Turma	Médias (pré;pós)	Valor de t	Graus Lib.	Valor de p
Experimental 92/93	6,39; 9,27	- 3,92	17	0,001*
Controle 92/93	7,63; 8,38	- 1,31	15	0,211
Experimental 93/94	9,36; 9,36	0,00	21	1,000
Controle 93/94	7,28; 8,11	- 1,45	17	0,164

* Diferença estatisticamente significativa para o nível de significância de 0,05

Constata-se que em três das turmas não se verificam diferenças estatisticamente significativas entre as médias de pré-teste e de pós-teste em Raciocínio Lógico-Verbal. A turma experimental 92/93 constitui a exceção, com uma subida altamente significativa (6,39 para 9,27; $t = - 3,92$; $p = 0,001$). Este resultado reveste-se de alguma singularidade que merece ser objecto de reflexão e análise.

Os resultados das duas turmas de controle parecem indicar uma tendência natural, resultante do processo de maturação, de crescimento dos níveis de Raciocínio Lógico-Verbal (7,63 para 8,38 e 7,28 para 8,11), nos casos em que as médias de pré-teste se situam na zona inferior do intervalo de confiança geral das médias (7,38 a 8,35 - ver capítulo III). Pelo contrário, os resultados em Competências em Processos

Científicos, nas turmas de controle, sugerem que a maturação não é acompanhada de desenvolvimento de tais competências. Por outro lado, a estabilidade dos resultados obtidos na turma experimental 93/94 (9,36; 9,36), uma turma que parte de uma média de pré-teste bastante superior ao limite superior do intervalo de confiança geral das médias (7,38 a 8,35), superior à de qualquer das outras três turmas, quer em pré-teste quer em pós-teste, sugere a hipótese de que nesta idade há um patamar superior de estabilização quanto às tarefas de Raciocínio Lógico -Verbal contempladas no teste. Assim sendo, os sujeitos que mais cedo dele se aproximam tenderão a estabilizar, enquanto os sujeitos distantes desse patamar mantêm um maior potencial de progressão. Os resultados da turma experimental 92/93 (6,39 para 9,27; $t = -3,92$; $df = 17$; $p=0,001$) sugerem que o desenvolvimento do Raciocínio Lógico-Verbal, associado à maturação, foi acelerado em alunos que partem de níveis muito baixos, pelo estímulo que terá sido o tratamento de ensino-aprendizagem das Ciências a que foram sujeitos.

Verificou-se, com uma amostra de 115 alunos, uma grande influência da Posição Sócio-Económica sobre os níveis de Raciocínio Lógico-Verbal, com vantagem dos estratos sócio-económicos mais favorecidos, conforme consta do capítulo III ($F= 8,45$; $df=114$; $p=0,000$). Fez-se sentir uma influência da mesma natureza em relação às Competências em Processos Científicos. Contudo, na amostra das duas turmas experimentais, verifica-se com a variável Raciocínio Lógico-Verbal algo de substancialmente diferente do que verificámos em relação às Competências em Processos Científicos, em termos da influência da variável sócio-económica. Recorde-se que, quer em pré-teste quer em pós-teste, no conjunto das duas turmas experimentais, não se encontrou um efeito diferencial significativo da variável sócio-

económica sobre a variável Competências em Processos Científicos ($F=0,2042$; $p=0,8928$ e $F=1,4$; $p=0,2581$). Porém, em relação à variável Raciocínio Lógico-Verbal, verifica-se um efeito diferencial significativo daquela variável na fase de pré-teste ($F=5,7590$; $p=0,0025$), e esse efeito diferencial já não se verifica na fase de pós-teste ($F=0,7328$; $p=0,5393$). Estes resultados sugerem o teste de hipótese de um efeito diferencial da progressão em Raciocínio Lógico-Verbal, R.L.V.(pós)-R.L.V.(pré).

ANÁLISE DE VARIANÇA RLV(pós)-RLV(pré) em função P. S. ECONÓMICA

Fonte	DF	S. Quadrát.	Méd. Quad.	Raz. F	Niv. Signif.
Inter-grupos	3	25,9636	8,6545	0,7704	0,5182
Intra-grupos	36	404,4364	11,2343		
Total	39	430,4000			

Constata-se que a progressão em termos do Raciocínio Lógico Verbal não sofre um efeito diferencial significativo da variável sócio-económica. Mesmo assim, é relevante considerar que, em pré-teste, os grupos sócio-económicos mais favorecidos apresentam resultados significativamente superiores e, em pós-teste, já não apresentem diferenças significativas. Sublinhe-se ainda que 16 sujeitos das classes alta (PS 1) e média alta (PS 2) apresentam uma média de progressão de 0,70, enquanto que 24 sujeitos das classes baixa (PS 4) e média baixa (PS 3), apresentam uma média de progressão de 2. Parece assim haver alguma consistência na tendência de maior progressão dos sujeitos de camadas sociais mais desfavorecidas em termos de Raciocínio Lógico-Verbal. A possível explicação continua a ser a já referida anteriormente. Sendo os alunos provenientes dessas camadas sociais os que se apresentam, pelos 8/9 anos, com níveis mais baixos, estará ainda por fazer parte do

processo de maturação que já terá ocorrido nos alunos de camadas sociais mais favorecidas, em termos do Raciocínio Lógico-Verbal. E na medida em que os dados sugerem um patamar de estabilização, pelo menos temporário, os alunos com níveis mais baixos tendem a aproximar-se dos que apresentam níveis mais altos. Contudo, estamos apenas perante hipóteses que justificam um estudo mais aprofundado em investigações futuras.

2. A TAREFA DE INVESTIGAÇÃO

2.1. Análise da tarefa de investigação por turmas

Na tarefa de investigação, a classificação global é o resultado da soma de quatro classificações parcelares, designadamente: plano geral, plano operacional, plano recapitulado e execução da investigação. Procedeu-se ao cálculo do coeficiente de fiabilidade *split-half*, considerando cada uma daquelas parcelas um dos ítems da tarefa global, envolvendo os 40 sujeitos das duas turmas experimentais. Obteve-se o valor de correlação *Spearman-Brown* $r = 0,91$, o que significa que a tarefa de investigação apresenta globalmente uma elevada consistência interna.

Os parâmetros descritivos quanto à classificação obtida pelas turmas experimentais 92/93 e 93/94 e respectivos tempos de investigação, apresentam-se nas tabelas seguintes.

CLASSIFICAÇÃO E TEMPO NA TAREFA DE INVESTIGAÇÃO DA TURMA
EXPERIMENTAL 92/93 (Parâmetros descritivos)

Variável	Média	Dv. Padrão	Mínimo	Máximo	Nº Sujeitos
Classif. Inv.	25,78	12,74	2	45	18
Tempo(mn)	29,06	5,55	18	38	18

CLASSIFICAÇÃO E TEMPO NA TAREFA DE INVESTIGAÇÃO DA TURMA
EXPERIMENTAL 93/94 (Parâmetros descritivos)

Variável	Média	Dv. Padrão	Mínimo	Máximo	Nº Sujeitos
Classif. Inv.	28,59	11,02	8	42	22
Tempo(mn)	29,09	5,47	17	40	22

Foram atribuídos níveis de investigação, de acordo com quatro intervalos que resultam da divisão do valor extremo da escala por 4. Apresentam-se no quadros seguintes os níveis de investigação, intervalos correspondentes, frequências e tempo médio por níveis de investigação.

NÍVEIS DE INVESTIGAÇÃO DA TURMA EXPERIMENTAL 92/93

Nível Investig.	Intervalo Clas.	Média Classif.	Frequência	T. Médio (Mn)
Alto	35 a 45	39,00	5	25,00
Médio	23 a 34	30,00	7	31,86
Baixo	11 a 22	13,00	4	32,86
M. Baixo	0 a 10	3,50	2	22,50
Total		25,78	18	29,06

NÍVEIS INVESTIGAÇÃO DA TURMA EXPERIMENTAL 93/94

Nível Investig.	Intervalo Clas.	Média Classif.	Frequência	T. Médio (Mn)
Alto	35 a 45	38,25	8	28,39
Médio	23 a 34	31,13	8	27,50
Baixo	11 a 22	14,50	4	32,50
M. Baixo	0 a 10	8,00	2	31,50
Total		28,59	22	29,09

Quer pela via do teste *Kolmogorov-Smirnov*, que analisa a distribuição de frequências acumuladas pelos níveis de investigação ($K-S Z = 0,27$; $p = 1,00$), quer pela via da comparação das médias das classificações em investigação com recurso ao teste t ($25,78$ e $28,59$; $t=-0,75$; $p = 0,459$), conclui-se que as turmas experimentais não se distinguem significativamente quanto ao desempenho na tarefa de investigação. Trata-se de um resultado relevante, tendo em conta que a turma experimental 92/93 pertence a uma escola inserida numa Área de Intervenção Prioritária, e tem uma distribuição de frequências da variável sócio-económica significativamente menos favorável do que a turma 93/94 ($K-SZ=1,653$, $p=0,008$).

2.2. Análise quantitativa da tarefa de investigação por partes de investigação

A hipótese geral subjacente à divisão da tarefa de investigação em quatro parcelas distintas - plano geral, plano operacional, plano recapitulado e execução da investigação (Anexo XII) -, consiste em que uma estratégia de desenvolvimento das

metacomponentes do pensamento (Sternberg, 1987) precisa ser gradual e fortemente interactiva.

As metacomponentes do pensamento são processos executivos de nível mais elevado, usados para planear o que é que cada um vai fazer, acompanhá-lo enquanto o está a fazer e avaliá-lo depois de o ter feito. As metacomponentes incluem o reconhecimento de que um problema existe, a definição da natureza do problema, a decisão sobre uma série de passos para a resolução do problema, a ordenação desses passos numa estratégia coerente, a decisão sobre uma forma de representação mental da informação, a distribuição do tempo e recursos de cada um na resolução de um problema, o controlo da solução de cada um para um problema que está a ser resolvido e o emprego de feedback quanto à resolução do problema depois de se ter completado a sua resolução. (Sternberg, 1987, pg 158).

Aquela hipótese geral assenta em três conjecturas de carácter mais particular. A primeira é a de que as quatro fases podem apresentar-se aos alunos como fases de natureza qualitativamente diferente, podendo concorrer de diferentes modos para um score final de desempenho na tarefa de investigação.

A segunda é a de que o nível de desempenho na tarefa de investigação, na sua globalidade, depende fortemente da natureza da interacção do investigador com o aluno durante a entrevista e, conseqüentemente, da capacidade de o aluno transferir de cada uma das fases para a seguinte, a reflexão e melhoria da qualidade do pensamento, que supostamente a interacção induz. Por outras palavras, o investigador partiu da convicção de que apenas uma percentagem mínima de alunos, ou talvez nenhum, enfrentaria com êxito a tarefa sozinho e de forma completamente autónoma, o que colocaria alunos com grandes diferenças, em termos de capacidade de investigação, praticamente ao mesmo nível. Assim, acreditou-se que por via de uma interacção que apelasse à reflexão e estimulasse o pensamento, os alunos conseguiriam progredir, capitalizando em cada fase a qualidade do pensamento desenvolvida na fase anterior, permitindo deste modo que atingissem diferentes níveis

de desempenho, em correspondência com diferentes potenciais de pensar cientificamente.

A terceira conjectura é a de que há uma fase crucial no processo de estruturação e consolidação de uma estratégia de resolução problema, e consequente resolução, que é a fase de recapitulação do plano de investigação. No processo de recapitulação, as crianças procuram mobilizar as contribuições parcelares que foram fornecendo na interação com o investigador, para autonomamente as articular e coordenar num todo global, que é diferente e de qualidade superior ao somatório das partes.

Procedeu-se, pois, à elaboração do quadro de frequências dos níveis atribuídos em cada parte da tarefa de investigação, considerando as duas turmas experimentais no seu conjunto. Os níveis são quatro, conforme o grau de interação necessária da parte do investigador para que a criança respondesse à questão (Anexo nº): SA (sem ajuda); CA (com ajuda); CMA (com muita ajuda) e N (sem resposta apesar de toda a ajuda concedida). Note-se que o total de frequências é 600, ou seja, 40 sujeitos a multiplicar pelas 15 questões da tarefa de investigação.

FREQUÊNCIAS POR NÍVEL E PARTE DA INVESTIGAÇÃO

	N	CMA	CA	SA	Total
Plano Geral	15	18	38	49	120
P. Operacional	31	18	52	19	120
P. Recapitulado	41	14	29	76	160
Execução	52	12	51	85	200
T. Global	139	62	170	229	600

Às frequências absolutas correspondem as seguintes frequências relativas.

FREQUÊNCIAS RELATIVAS (%) POR NÍVEL E PARTE DA INVESTIGAÇÃO

	N	CMA	CA	SA	Total
Plano Geral	12,5	15	31,67	40,83	100
P. Operacional	25,83	15	43,33	15,83	100
P. Recapitulado	25,63	8,75	18,12	47,5	100
Execução	26	6	25,5	42,5	100
T. Global	23,17	10,33	28,33	38,17	100

Verifica-se, considerando a tarefa na sua globalidade, que apenas 38,17% das 600 questões são respondidas correctamente sem interacção do investigador. É no entanto de sublinhar que muitas dessas respostas correctas, sem interacção, ocorrem na sequência da transferência da aprendizagem que os alunos são capazes de fazer de questões anteriores, em que houve interacção. Em 38,67 % dos casos uma ou mais questões do investigador (CMA+CA), faz com que os alunos, inicialmente sem resposta correcta, passem a tê-la. Em 23,17 % das questões, os alunos, apesar de toda a ajuda interactiva fornecida não conseguem chegar à resposta desejada (N).

Fazendo uma análise por partes de investigação, verifica-se que a fase que apresenta a mais baixa percentagem de respostas sem interacção (SA) é a fase do plano operacional, seguindo-se-lhe o plano geral, depois a execução e finalmente o plano recapitulado. Contudo, a grande diferença a salientar é a do plano operacional (15,83 %), relativamente às três restantes fases (40,83 %; 42,5 %; e 47,5 %). Esta sequência altera-se se considerarmos que as percentagens N+CMA, por um lado, e CA+SA, por outro lado, dividem ao meio a amplitude de necessidade de interacção.

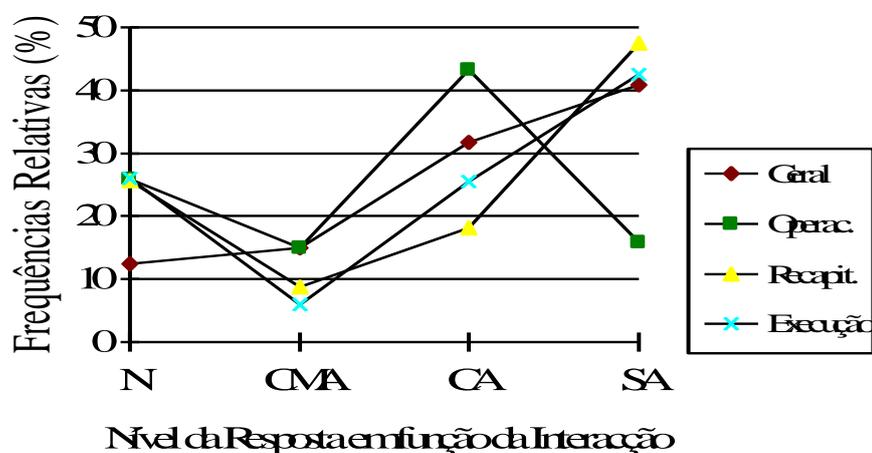
FREQ. REL. (%) N+CMA e CA+SA POR NÍVEL E PARTE DA INVESTIGAÇÃO

	N+CMA	CA+SA	Total
Plano Geral	27,5	72,5	100
P. Operacional	40,84	59,16	100
P. Recapitulado	34,38	65,62	100
Execução	32	68	100
T. Global	33,5	66,5	100

Continuamos, de acordo com este indicador, a ter a fase de plano operacional como a que mais carece de interação (N+CMA=40,84 %), contudo a fase de plano geral que antes surgia em segundo lugar em termos de necessidade de interação, segundo o indicador SA, passa agora para último lugar (N+CM=27,5 %). Em resumo, a fase que aparenta ser a mais fácil para os alunos é a fase de plano geral, e a mais difícil a de plano operacional, seguindo-se a recapitulação e a execução bastante próximas.

A fim de tornar mais claras algumas destas considerações, apresentam-se na figura seguinte as distribuições de frequências de cada uma das partes de investigação pelas categorias N, CMA, CA e SA.

FREQUÊNCIAS RELATIVAS POR NÍVEL DE FASE DE INVESTIGAÇÃO



Do conjunto de gráficos destacamos como mais relevante o seguinte:

a) A distribuição de frequências relativa ao plano operacional é claramente a mais discrepante das restantes, assumindo uma singularidade que confere àquela fase um carácter particularmente crítico e difícil no conjunto da tarefa de investigação;

b) As frequências CA (com ajuda) dos planos operacional e recapitulado, apresentam posições relativas invertidas das frequências SA (sem ajuda), registando-se as maiores diferenças em ambos os casos. Por outras palavras, a mais elevada frequência CA, no plano operacional, dá lugar à mais baixa frequência CA, no plano recapitulado. Simultaneamente, a mais baixa frequência SA, no plano operacional, dá lugar à mais alta frequência SA, no plano recapitulado. Estes dados configuram uma transferência de frequências da categoria CA para a categoria SA, na passagem do plano operacional para o plano recapitulado, em sistema de vasos comunicantes quase perfeito;

c) As distribuições de frequências correspondentes à recapitulação do plano de investigação e à execução da investigação são as que mais se assemelham entre si, o

que indicia ser a recapitulação do plano uma fase de estabilização do pensamento dos alunos ao seu nível mais elevado;

d) A tendência de diminuição das frequências CMA (com muita ajuda) ao longo das diferentes fases da investigação, a par da estabilização das frequências N e da flagrante subida das frequências SA, na passagem do plano operacional para o plano recapitulado, indicia um processo de transferência dos benefícios da interacção, de uma fase para a seguinte, e crescente autonomia de pensamento e acção dos alunos ao longo da tarefa de investigação.

Tendo-se atribuído uma pontuação por cada nível qualitativo das questões (SA=3; CA=2; CMA=1; e N=0) procedeu-se ao cálculo das médias por questão em cada parte de investigação, que se apresentam no quadro seguinte.

MÉDIAS POR QUESTÃO EM CADA PARTE DA INVESTIGAÇÃO

Parte da Investig.	Nº Observ.	Média Ques.	Dv. Padrão	Erro Padrão
Plano Geral	120	2,0083	1,0330	0,0943
P. Operacional	120	1,4917	1,0452	0,0954
P. Recapitulado	160	1,8750	1,2577	0,0994
Execução	200	1,8450	1,2282	0,0868
T. Global	600	1,8150	1,1746	0,0480

Procedeu-se à Análise de Variância Unifactorial para testar a hipótese de semelhança das médias entre as diferentes partes da investigação, designadamente, plano geral, plano operacional, plano recapitulado e execução.

ANÁLISE DE VARIANÇA DA MÉDIA POR QUESTÃO em função DA PARTE DE INVESTIGAÇÃO

Fonte	DF	S. Quadrát.	Méd. Quad.	Raz. F	Niv. Signif.
Inter-grupos	3	17,6867	5,9289	4,3696	0,0047
Intra-grupos	596	808,6783	1,3568		
Total	599	826,4650			

Os resultados do teste sustentam a hipótese de que as médias por questão nas diferentes partes da investigação, apresentam diferenças significativas. Diferenças da mesma natureza foram encontradas em cada grupo de sujeitos pertencentes a um determinado nível global de competência de investigação, designadamente, nível Alto (F=4,1129; p=0,0074), nível Médio (F=5,3594; p=0,014), nível Baixo (F=3,3624; p=0,0212) e nível Muito Baixo (F=4,1139; p=0,0104).

A análise da variação harmónica, associada ao teste *Least-Significant Difference*, fornece-nos os seguintes agrupamentos homogéneos, sendo cada agrupamento um conjunto em que as médias mais alta e mais baixa não são significativamente diferentes.

AGRUPAMENTOS HOMOGÊNEOS POR PARTES DA INVESTIGAÇÃO
 CONSIDERANDO TODOS OS SUJEITOS (N° Suj. = 40; N° observações = 600)

	Agrupam 1	Agrupamento 2		
Parte Invest.	operacional	execução	recapitulação	geral
Média Quest.	1,4917	1,8450	1,8750	2,0083

Constata-se que as médias por questão, obtidas nas fases de plano geral, recapitulação do plano e execução, não apresentam entre si diferenças estatisticamente significativas. Mas por seu turno a média obtida na fase de plano operacional é significativamente inferior a todas as restantes médias. As crianças manifestam especiais dificuldades em antecipar mentalmente um conjunto de acções e procedimentos com vista à resolução do problema que envolve três variáveis. Neste caso particular têm grande dificuldade na compreensão operacional da noção de velocidade: apenas 4 dos 40 sujeitos (10 %) antevêm uma noção operacional de velocidade sem ajuda (SA), 12 (30%) revelam essa compreensão com ajuda (CA), 8 (20 %) chegam a essa compreensão com muita ajuda (CMA) e 16 (40 %) não chegam a tal compreensão apesar de toda a ajuda fornecida (N).

O baixo score na fase de operacionalização, conjugado com a subida acentuada na fase seguinte de recapitulação permite concluir que, tendo as crianças manifestado grandes dificuldades conseguem, quando solicitadas, mobilizar num todo global e coerente as contribuições parcelares fornecidas no processo interactivo. E esse processo de mobilização das ideias parcelares desenvolvidas no processo de interacção, parece ter o carácter de um salto qualitativo em termos da qualidade do

pensamento, pois, o nível de recapitulação atingido praticamente identifica-se com o nível de execução.

A fim de se ter uma ideia de qual das partes da investigação se afigura ser o melhor preditor do score global na tarefa de investigação, procedeu-se ao cálculo dos índices de covariância entre o score global e os scores parcelares.

ÍNDICES DE COVARIANÇA ($r^2 \times 100$)

	P. GERAL	P. OPERAC.	P. RECAPIT.	EXECUÇÃO
INV. GLOBAL	58,4	80,0	89,6	82,8

O melhor preditor do score global na tarefa de investigação parece ser o plano recapitulado, que apresenta 89,6 % de variabilidade comparticipada com a variabilidade do score global. Este resultado reforça a ideia de que a recapitulação do plano constitui um factor nuclear da tarefa de investigação.

Em síntese, os resultados obtidos, bem como a análise que deles vimos fazendo, permitem afirmar que as três conjecturas de que partimos, podem ser consideradas hipóteses bastante consistentes:

1- A fase de plano operacional constitui para os alunos uma fase de natureza qualitativamente diferente das restantes, pela dificuldade de que se reveste a antecipação mental de um conjunto de acções e procedimentos para se dar resposta ao problema. Essa é a parcela que contribui com o mais baixo score parcelar, significativamente inferior dos restantes, para o score global;

2 - A interacção deliberada do investigador com os alunos, à medida das suas necessidades, permitiu que aqueles fossem transferindo as aprendizagens e a reflexão efectuada de cada uma das fases para a fase seguinte, melhorando assim a qualidade

do seu pensamento e progredindo em termos de autonomia. Foi deste modo possível distinguir os diferentes potenciais de pensamento científico dos alunos que, perante uma tarefa difícil para todos, ficariam praticamente ao mesmo nível se não estimulados a pensar;

3 - A fase de recapitulação do plano de investigação, um processo de mobilização de ideias parcelares, desenvolvidas no processo de interacção, num todo global e coerente, diferente e de qualidade superior ao somatório das partes, afirmou-se como uma fase crucial em termos da elevação da qualidade do pensamento. Esta fase constituiu-se como o melhor preditor do score global na tarefa de investigação.

Embora os resultados sustentem que a interacção tenha permitido que os alunos, em geral, fossem transferindo as aprendizagens e a reflexão efectuada de cada uma das fases para a fase seguinte, o investigador foi identificando três tipologias de alunos, no decurso da realização das entrevistas, quanto à sua evolução ao longo do processo interactivo. Havia alunos que progrediam muito pouco, ou quase nada, apesar de se lhes proporcionar uma ajuda maior do que aos restantes, mantendo-se num baixo patamar estabilizado; outros, partindo de um nível elevado, registavam um progressão contínua e gradual; e finalmente, um caso particular de alunos chamou-nos a atenção pelo facto de manifestarem bastantes dificuldades de início e, subitamente, darem um grande salto, tornando-se o seu pensamento claro e fluente. A percepção que tivemos foi a de que esse salto qualitativo ocorria na transição do plano operacional para o plano recapitulado, manifestando esses alunos, na fase de recapitulação, uma clareza e qualidade de pensamento que não parecia previsível de início.

Formulámos, pois, a hipótese de que o processo de interacção produzia um efeito diferencial, em termos da melhoria da qualidade do pensamento, em função do

nível global alcançado na tarefa de investigação, sendo os sujeitos do nível Médio os que maior benefício retiram, seguindo-se os do nível Alto e finalmente os do grupo pertencentes aos níveis Baixo e Muito Baixo. Decidimos testar essa hipótese por via da análise da progressão registada, pelos diferentes grupos, na transição do plano operacional para o plano recapitulado. Para esse efeito, apresentam-se no quadro seguinte as médias por ítem no plano operacional e no plano recapitulado, bem como as diferenças de média entre ambas, que são uma medida da progressão entre as duas fases da investigação.

PROGRESSÃO ENTRE O PLANO OPERACIONAL E O P. RECAPITULADO

Nível Investigação	Nº Suj.	Méd. P. Operac.	Méd. P. Recapit.	M. Recap-M. Op
Alto	13	2,3077	2,7115	0,4038
Médio	15	1,4887	2,2333	0,7447
Baixo, M. Baixo	12	0,5333	0,4750	-0,0583

Verifica-se que não há progressão entre os sujeitos dos níveis Baixo e Muito Baixo. Por outro lado, embora as diferenças de média entre o nível Alto e o nível Médio, sejam estatisticamente significativas, quer para o plano operacional ($t=4,57$; $df=26$; $p=0,000$) quer para o plano recapitulado ($t=3,55$; $df=26$; $p=0,002$), em ambos os casos com vantagem do nível Alto, há uma maior progressão, estatisticamente significativa, dos sujeitos do nível Médio, como atesta o quadro seguinte.

TESTE t M. RECAP-M. OP., nível ALTO versus nível MÉDIO

M. REC-M. OP.	t	df	p
---------------	---	----	---

0,4038; 0,7447	-2,13	26	0,043*
----------------	-------	----	--------

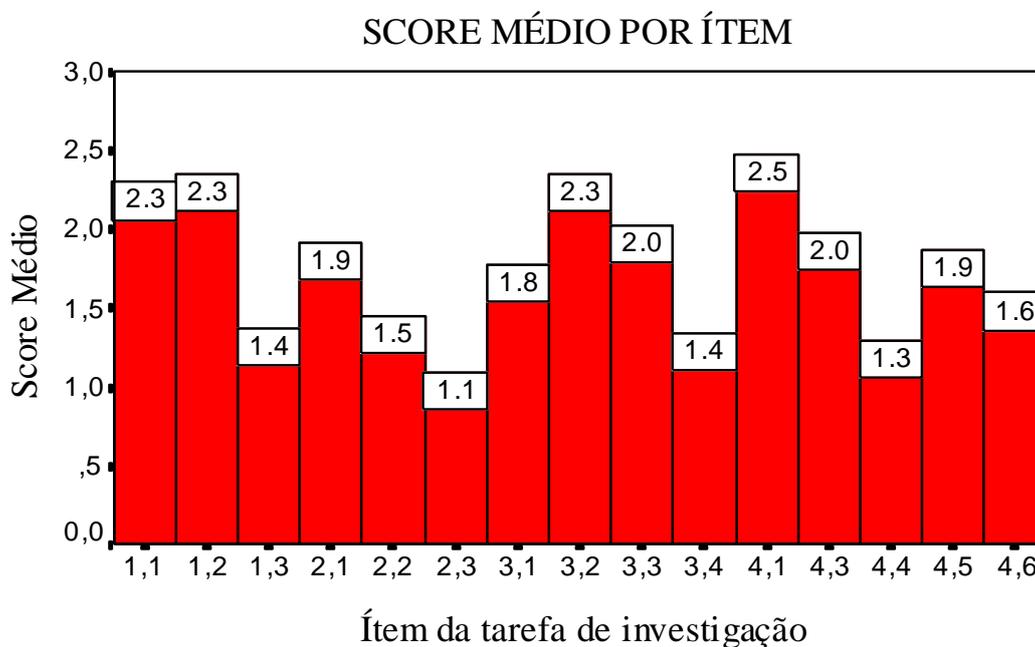
* Estatisticamente significativo para o nível de significância 0,05

Em síntese, os sujeitos dos níveis Baixo e Muito Baixo não registam progressão na transição do plano operacional para o plano recapitulado. Por seu turno, os sujeitos do nível Alto progredem substancialmente ao recapitularem o plano, obtendo aí scores mais elevados do que no plano operacional. Mas os sujeitos do nível Médio são os que registam maior progressão.

Quer isto dizer que os alunos não beneficiam todos de igual modo da ajuda interactiva fornecida. Quando a tarefa ultrapassa um certo limiar de dificuldade, o que deriva de uma excessiva discrepância entre a exigência cognitiva da tarefa e a maturidade intelectual da criança, esta não chega a enveredar por um processo reflexivo tendente à melhoria da qualidade do seu pensamento, mesmo que muito incentivada e estimulada a fazê-lo. É isto que parece passar-se com os sujeitos dos níveis Baixo e Muito Baixo. Porém, entre os sujeitos que realmente tiram partido da interacção, há um efeito diferencial em termos do benefício produzido, com vantagem dos sujeitos do nível Médio. Poder-se-á dizer, por outras palavras, que os sujeitos que se situem, em termos de maturidade intelectual, para além de um limiar mínimo, indispensável para que a tarefa adquira algum sentido, e aquém de um certo limite superior, que continua a conferir à tarefa elevada dificuldade, são os que mais progredem em termos da qualidade do seu pensamento quando estimulados nesse sentido. Trata-se de um resultado muito interessante, se atendermos a que os alunos aqui classificados como médios são, com grande probabilidade, a maioria dos alunos existentes nas nossas escolas, nessa faixa etária.

2.3. Análise da tarefa de investigação ítem por ítem

Uma forma de termos uma cómoda visualização do nível de desempenho em cada ítem da investigação, é o gráfico de barras dos scores médios por ítem, que a seguir se apresenta.



Da observação do gráfico pode-se concluir que dos 15 ítems, os 7 em que os alunos atingem mais baixos scores são:

1.3. Por cada quantidade de água irá contar o número de rotações em certo intervalo de tempo, ou...

Por cada quantidade de água irá medir o tempo de um certo número de rotações.

2.2. Especifica um certo intervalo de tempo durante o qual irá contar as rotações, ou...

Especifica um certo número de rotações, para as diferentes quantidades de água, cujos tempos irá medir.

2.3. *Sustenta que o frasco terá maior velocidade no caso em que der mais rotações no tempo fixado, ou...*

Sustenta que o frasco terá maior velocidade no caso em que precisar de menos tempo para o número de rotações fixado.

3.1. *Recorda a questão-problema a pedido do investigador.*

3.4. *Sustenta que o frasco terá maior velocidade no caso em que der mais rotações no tempo fixado, ou...*

Sustenta que o frasco terá maior velocidade no caso em que precisar de menos tempo para o número de rotações fixado.

4.4. *Regista os dados na correcta correspondência entre as três variáveis: quantidade de água, tempo e número de rotações.*

4.6. *Responde correctamente à questão-problema:*

- comparando os números de rotações, dadas no tempo fixado, correspondentes a diferentes quantidades de água, ou...

- comparando os tempos de um certo número de rotações, correspondentes a diferentes quantidades de água.

Importa sublinhar que os ítems 2.1., 2.2. e 2.3. do plano operacional se repetem no plano recapitulado nos ítems 3.2., 3.3. e 3.4.. Há uma subida do plano operacional para o plano recapitulado, designadamente: de 1,9 (2.1.) para 2,3 (3.2.); de 1,5 (2.2.) para 2,0 (3.3.); e de 1,1 (2.3.) para 1,4 (3.4.).

O poder discriminante (P.D.) dos ítems constituiu um bom indicador de como diferentes alunos evoluem ao longo da tarefa. Começámos por calcular os indicadores do poder discriminante dos ítems críticos com scores mais baixos, sendo considerados para esse efeito, somente os sujeitos do 1/3 inferior e do 1/3 superior (Tuckman, 1978). Assim, excluindo os 15 sujeitos do nível Médio, trabalhando com os 13 do nível Alto, e com os 12 dos níveis Baixo e Muito Baixo, poderemos assumir que um ítem tem um poder discriminante máximo, se todos os sujeitos do nível Alto respondem correctamente e todos os sujeitos dos níveis Baixo e Muito Baixo não respondem correctamente. Por outro lado, o poder discriminante será mínimo se no nível Alto metade dos sujeitos responder correctamente e outra metade não responder

correctamente, passando-se o mesmo no conjunto dos níveis Baixo e Muito Baixo. No caso presente, dado que a resposta pode assumir 4 níveis, vamos considerar, para efeito do cálculo dos indicadores de poder discriminante, como respostas correctas as categorias SA e CA, e como respostas não correctas as categorias CMA e N. Assim sendo, o poder discriminante será dado pela fórmula

$$P.D.=\{[\%(SA+CA)-\%(CMA+N)]_{Alto}+[\%(CMA+N)-\%(SA+CA)]_{B. M. Baixo}\}:2:100$$

Para P. D. máximo, temos:

$$\%(SA+CA)_{Alto}=100; \%(CMA+N)_{Alto}=0 \quad e,$$

$$\%(CMA+N)_{B. M. Baixo}=100; \%(SA+CA)_{B. M. Baixo}=0, \text{ de que resulta } P.D. \text{ Máx} = 1$$

Para P.D. mínimo, temos:

$$\%(SA+CA)_{Alto}=50; \%(CMA+N)_{Alto}=50 \quad e,$$

$$\%(CMA+N)_{B. M. Baixo}=50; \%(SA+CA)_{B. M. Baixo}=50, \text{ de que resulta } P. D. \text{ Mín} = 0.$$

Assim sendo, o poder discriminante dos ítems varia entre 0 e 1. Os poderes discriminantes dos ítems críticos obtidos são os seguintes:

PODER DISCRIMINANTE DOS ÍTEMS COM SCORES BAIXOS

ÍTEM	1.3.	2.2.	2.3.	3.1.	3.4.	4.4.	4.6.
P. Disc.	0,77	0,84	0,69	0,92	0,85	0,75	0,84

Importa igualmente calcular o poder discriminante dos restantes ítems com scores mais altos.

PODER DISCRIMINATE DOS ÍTENS COM SCORES ALTOS

ÍTEM	1.1.	1.2.	2.1.	3.2.	3.3.	4.1	4.3.	4.5.
P. Disc.	0,33	0,5	0,42	0,42	0,92	0,5	0,83	0,71

Verifica-se que nem todos os ítems do grupo dos scores altos tem menor poder discriminante do que os ítems do grupo de scores baixos. Têm ainda poder discriminante, no conjunto dos scores elevados, os ítems:

3.3. Especifica um certo intervalo de tempo durante o qual irá contar as rotações, ou...

Especifica um certo número de rotações, para as diferentes quantidades de água, cujos tempos irá medir.

4.3. Conta correctamente o número de rotações, no tempo fixado medido pelo investigador, para cada quantidade de água, ou ...

Conta correctamente o número de rotações fixado, enquanto o investigador mede os tempos correspondente.

4.5. Regista correctamente os dados numa tabela a pedido do investigador.

Note-se que os poderes discriminantes são calculados com base nos resultados dos níveis extremos de competência de investigação. Por isso, os ítems que tendo scores relativamente elevados apresentam alto poder discriminante, são os que beneficiam de um especial efeito de subida dos sujeitos do nível Médio. Estão nesse caso os ítems 3.3., 4.3. e 4.5. que acabámos de referir.

Atentemos no plano operacional e no plano recapitulado. Verifica-se que no ítem em que se espera a especificação de duas quantidades de água diferentes (2.1. e 3.2.) os poderes discriminantes conservam o mesmo valor (0,42), contudo há uma razoável subida do plano operacional para o recapitulado, nos ítems relativos à

especificação de um certo intervalo de tempo (2.2. e 3.3.; 0,84 para 0,92;) e à operacionalização de velocidade (2.3 e 3.4.; 0,69 para 0,85). Tais subidas são um facto particularmente relevante se atendermos a que no ítem relativo à especificação do tempo, o poder discriminante passa a ter o valor máximo (0,92), no plano recapitulado, embora seja um ítem pertencente ao grupo dos scores altos; e por outro lado, se tivermos em conta que o ítem relativo à velocidade passa do poder discriminante mais baixo (0,69) entre os scores baixos, para o valor mais alto (0,85) desse grupo.

Estes resultados podem ser analisados pela via da evolução das percentagens de respostas nas diferentes categorias dos níveis Baixo e Muito Baixo, por um lado, e do nível Alto, por outro lado. Atente-se no quadro seguinte em que em cada par de linhas de uma só côr figuram dois ítems idênticos, sendo o primeiro par relativo ao plano operacional e o segundo relativo ao plano recapitulado.

PERCENTAGEM POR CATEG. NOS ÍTEMS DOS PLANOS OPERAC. E
RECAPIT. (Nível Baixo e Muito Baixo)

ÍTEM	%(N+CMA)	%(CA+SA)	% N	% CMA	% CA	% SA
2.1.	41,67	58,33	16,67	25	58,33	0
3.2.	41,67	58,33	33,33	8,33	33,33	25
2.2.	91,67	8,33	91,67	0	8,33	0
3.3.	91,67	8,33	83,33	8,33	8,33	0
2.3.	91,67	8,33	91,67	0	8,33	0
3.4.	100	0	100	0	0	0

Verifica-se que do ítem 2.1. para o ítem 3.2. as percentagens (N+CMA) e (CA+SA) se mantêm idênticas, havendo contudo uma ligeir subida de score (1,3 para 1,4), em

resultado das variações de percentagens nas categorias tomadas separadamente. Por exemplo, na categoria SA, passa-se de uma percentagem nula no ítem 2.1. para 25 no ítem 3.2..

No par de ítems 2.2. e 3.3. as percentagens (N+CMA) e (CA+SA) mantêm-se também idênticas, sendo de registar em termos das categorias, isoladamente, a transferência de um sujeito do nível N, no plano operacional, para o nível CMA, no plano recapitulado: o score de 2.2. é de 0,15 e o de 3.3. é de 0,20.

No par de ítems 2.3. e 3.4., também as percentagens (N+CMA) e (CA+SA) não sofrem alteração, havendo a registar apenas a transição de um sujeito do nível CA, no plano operacional, para o nível N, no plano recapitulado: o score de 2.3. é de 0,15 e o score de 3.4. é de 0.

Nos três pares de ítems, em que pusemos em realce a evolução do plano operacional para o plano recapitulado, verificámos no primeiro uma subida de score de 0,1, no segundo uma subida de 0,05 e no terceiro uma descida de 0,15. Estes resultados mostram-nos que os sujeitos que constituem o grupo dos níveis Baixo e Muito Baixo fazem uma progressão nula em termos de score, na transição do plano operacional para o plano recapitulado, o que contrasta fortemente com o facto de ser nessa transição que se regista a maior salto, entre duas partes de investigação sucessivas, quando considerada toda a amostra de 40 sujeitos das duas tramas experimentais.

Vejamos agora o que se passa no conjunto de sujeitos do nível Alto.

**PERCENTAGEM POR CATEG. NOS ÍTENS DOS PLANOS
OPERACIONAL E RECAPITULADO**

(Nível Alto)

ÍTEM	%(N+CMA)	%(CA+SA)	% N	% CMA	% CA	% SA
------	----------	----------	-----	-------	------	------

2.1.	0	100	0	0	53,85	46,15
3.2.	0	0	0	0	15,38	84,62
2.2.	0	92,31	0	7,69	53,85	38,46
3.3.	0	100	0	0	0	100
2.3.	23,08	76,92	0	23,08	46,15	30,77
3.4.	15,38	84,61	15,38	0	15,38	69,23

Relativamente aos ítems 2.1. e 3.2. é notória uma progressão do plano operacional para o plano recapitulado. Com efeito, distribuindo-se os sujeitos em qualquer dos ítems pelos níveis CA e SA, o nível SA passa de 46,15 % no ítem 2.1. para 84,62 % no ítem 3.2.. O score do ítem 2.1. é de 2,5 e o score do ítem 3.2. é de 2,8.

Igualmente do ítem 2.2. para o ítem 3.3. há uma significativa progressão. A categoria SA passa de 38,46 % no ítem 2.2. para 100 % no ítem 3.3., sendo os scores 2,3 e 3,0, respectivamente.

Finalmente, também nos ítems 2.3. e 3.4. há uma avanço no plano recapitulado, comparativamente com o plano operacional. A percentagem (N+CMA) desce de 23,08 para 15,38 e, por outro lado, a percentagem (CA+SA) sobe de 76,92 para 84,61. Note-se que a percentagem SA sobe de 30,77 para 69,23. O score de 2.3. é de 2,1 e de 3.4. é de 2,4.

No nível Alto nos três pares de ítems considerados, há um avanço de 0,3, 0,7 e 0,3.

A estabilização ou regressão, no extremo inferior, e progressão no extremo superior, explicam a subida do poder discriminante do ítem 3.3. em relação ao ítem 2.2. e do ítem 3.4. em relação ao ítem 2.3. No caso dos ítems 2.1. e 3.2. os poderes

discriminantes têm o mesmo valor porque em ambos os extremos se regista uma ligeira subida do plano operacional para o plano recapitulado.

Pode-se concluir que os ítems que melhor distinguem os sujeitos dos níveis globais Baixo e Muito Baixo, por um lado, e os sujeitos dos níveis Alto e Médio, por outro lado, são os seguintes: 1.3.; 2.2.; 3.1.; 3.3.; 3.4.; 4.3.; 4.5.; e 4.6.. Por seu turno, os que melhor distinguem o nível Médio do nível Alto são: 2.3.; 3.4.; 4.4.. No seu conjunto estes ítems são todos os que têm elevados poderes discriminantes. Estes resultados permitem afirmar que os elementos críticos na realização da investigação são:

a) a antecipação mental da coordenação entre as três variáveis quantidade de água, tempo e número de rotações (1.3.);

b) a antevisão do modo de recolha de dados relativamente ao tempo e número de rotações, com vista a ajuizar da maior/menor velocidade (2.2. e 3.3.);

c) a previsão de como decidir operacionalmente a maior/menor velocidade (2.3; 3.4.);

d) conservar uma consciência permanente do problema em estudo ao longo da investigação (3.1.e 4.6);

e) fazer ajustamentos de procedimentos face às dificuldades surgidas na execução (4.3.);

f) a coordenação das três variáveis na execução do plano de investigação (4.4.; 4.5.);

g) a utilização dos resultados fornecidos pela evidência para dar resposta ao problema (4.6.).

Em face destas conclusões, formuladas em termos de uma análise quantitativa, propomo-nos de seguida fazer uma análise qualitativa das tarefas de investigação, orientada pelos elementos críticos identificados.

2.4. Análise qualitativo-interpretativa da tarefa de investigação

Procedeu-se a uma análise de conteúdo das respostas dadas pelos alunos em torno dos elementos críticos identificados. Nessa enumeração de elementos críticos não figura a formulação de hipóteses. Porém, dado o facto de termos aceite hipóteses formuladas de maneiras bastante diferentes, entendemos dever começar por aí a nossa análise. A análise foi feita, separadamente, para diferentes níveis globais, designadamente: nível Alto, nível Médio e nível Baixo + nível Muito Baixo. Decidimos tratar estes dois últimos níveis como um só, dado o facto de, no seu conjunto, compreenderem somente 12 sujeitos.

2.4.1. Análise da tarefa de investigação dos alunos do nível Alto

Formulação de hipótese

A pergunta que se fazia às crianças era: *Achas que a quantidade de água introduzida no frasco influencia a velocidade com que o frasco roda ? De que maneira ?* Nos treze alunos considerámos existirem cinco categorias, quanto à formulação de hipótese. São elas as seguintes:

CATEGORIA A: formulação da relação entre quantidade de água introduzida e velocidade de rotação do frasco, em termos de generalização, na forma *quanto mais/menos ... tanto maior/menor é a velocidade*.

Exemplos:

- *quanto mais água mais depressa anda* (Tiago Mourão, 9 anos);
- *a água tem força e quer sair e faz rodar. Quanto mais água, mais rápido anda* (Zé Pedro, 9 anos).

CATEGORIA B: formulação em termos de uma comparação explícita entre duas situações particulares.

Exemplos:

- *cheio anda muito e pouco cheio anda pouco* (Carla, 9 anos);
- *se pusermos 200 ml anda mais depressa do que com 400 ml* (João Miguel, 10 anos).

CATEGORIA C: formulação em termos de uma comparação implícita, entre o que se passa com *mais/muita água*, e o que se passa com uma eventual menor quantidade de água que não é referida.

Exemplos:

- *com mais água, a água sai com mais força e faz andar mais depressa* (Hugo, 9 anos);
- *se o frasco estiver cheio anda mais depressa. A água tem mais força* (André Jorge, 9 anos);
- *quando pomos muita água anda mais depressa* (Francisca, 9 anos);
- *quando está cheio anda mais depressa* (Ana Teresa, 9 anos).

CATEGORIA D: formulação em termos de uma explicação interpretativa, em que se admite estar implícita uma relação entre quantidade de água e velocidade de rotação.

Exemplos:

- *a força da água é menor quando tem menos. Quando está cheio, a água em cima está à espera, a fazer força para sair* (Filomeno, 9 anos);
- *se estiver cheio a água sai com mais pressão* (João Vítor, 10).

CATEGORIA E: formulação em termos de uma descrição particular do que foi observado.

Exemplo:

- *quando a água vai diminuindo, vemos que (a velocidade) vai diminuindo* (Paula, 8 anos).

Importa sublinhar que em cinco formulações, de diferentes categorias, há tentativas de explicação da relação entre quantidade de água e velocidade, sem que isso tenha sido solicitado. Há uma que refere a *maior pressão da água* para explicar a maior quantidade água que sai, e quatro que referem *maior força da água*, igualmente, para explicar a maior quantidade de água. Não é de considerar, de modo algum, que nestas referências a *pressão* e *força da água*, as crianças estejam a utilizar o conceito científico de pressão no seio de um líquido ou de força de pressão de um líquido. Aliás, com grande probabilidade, os termos *pressão* e *força*, na linguagem das crianças, não correspondem a noções distintas. Há, contudo, duas formulações que indiciam a existência em algumas crianças de ideias intuitivas afins ao conceito científico de *força de pressão* de um líquido. O Tiago Filomeno (9 anos) diz: *a força da água é menor quando tem menos. Quando está cheio a água de cima está à espera a fazer força para sair*. Aqui está patente a ideia de que quanto mais alta é a coluna de água, mais fortemente a água junto ao orifício está a ser *empurrada* para fora. Igualmente o Zé Pedro (9 anos), justificando a sua hipótese, correctamente formulada, afirma: *a água tem força e quer sair e faz rodar...* por seu turno o Hugo (9 anos) diz: *com mais água, a água sai com mais força...*

Há que distinguir duas *nuances* diferentes: a) *fazer força para sair*; e b) *sair com mais força*. Elas são correlativas uma da outra, na medida em que a primeira dá lugar à segunda e a segunda só ocorre em consequência da primeira. Contudo, as duas

formulações correspondem a diferentes focalizações da realidade. *Fazer força para sair*, estando focalizada no que se passa no interior do líquido e no interior do recipiente, é uma formulação que corresponde a algo não observável, mas que parte do observável para um certo grau de abstracção. A formulação *sair com mais força* focaliza-se no que acontece fora do recipiente, e emana directamente do observável: a água jorrando com maior caudal e em jacto mais alongado. Poder-se-á dizer que no contínuo concreto-abstracto, *fazer força para sair* situa-se à direita de *sair com mais força*.

Há alunos que, por sua iniciativa, tentam dar explicação para o funcionamento do rodízio em termos da posição dos orifícios: *a posição dos buracos é que permite o frasco rodar; os buracos estão em diagonal; se os buracos estivessem a par o frasco não rodava*.

No quadro seguinte apresentam-se os alunos, identificados por números, que figuram em cada categoria, bem como as correspondentes frequências.

FREQUÊNCIAS POR CATEGORIA NA FORMULAÇÃO DE HIPÓTESE

Categoria	Alunos T. 92/93	Alunos T. 93/94	Frequência
A	13;14	7; 10	4
B	1	4	2
C	5	16; 19; 21	4
D	11	3	2
E		14	1
Freq. Total	5	8	13

É notório que os alunos têm dificuldade em formular a hipótese em termos da generalização *quanto mais/menos ...tanto mais/menos*. Apenas 4 dos 13 alunos o fazem. Há uma tendência para particularizar a relação em termos da diferença de velocidade para duas quantidades específicas de água. Mas dos 6 que o fazem (B e C), em 4 (C) a quantidade menor parece estar implícita, não sendo referida. Trata-se de uma comparação entre *mais/muita* água e uma suposta quantidade menor. Dois alunos fixam-se na tentativa de explicar o facto, tomado como adquirido que maior quantidade de água no frasco provoca um maior caudal de saída. Uma aluna não vai além de referir a mera percepção visual do que já observou.

Antecipação mental da coordenação entre as três variáveis quantidade de água, tempo e número de rotações.

Nesta fase os alunos já terão referido a necessidade de duas ou mais quantidades de água, e espera-se então que digam o que pretendem fazer tendo em vista saber com que quantidade o frasco rodará mais depressa. Espera-se que coordenem entre si as variáveis quantidade de água, tempo e número de rotações. Encontrámos quatro categorias diferentes.

CATEGORIA A: coordenam as três variáveis logo de início, de modo autónomo, podendo a quantidade de água estar implícita na formulação;

Exemplos:

- *ver o tempo que 500 ml precisa para dar 10 voltas e o mesmo para 400 ml* (João Vítor, 10 anos);
- *ver quantas voltas dá num minuto* (cada um dos frascos) (Hugo, 9 anos);

CATEGORIA B: depois de alguma dificuldade inicial, coordenam as três variáveis, podendo a quantidade de água estar implícita na formulação;

Exemplos:

- *usar duas quantidades e ver se anda mais depressa ou mais devagar (...)* E como sabes qual é que anda mais depressa e o que anda mais devagar ? *Conta-se o número de voltas em 10 segundos* (Nelson, 10 anos);

- *contam-se as voltas até parar (...); conta-se até virar de sentido.* E finalmente: *conta-se o tempo e o número de voltas até parar e divide-se o tempo pelo número de voltas, e o que der uma volta em menos tempo anda mais depressa* (André Jorge, 9 anos).

CATEGORIA C: inicialmente, coordenam a quantidade de água (implícita ou explicitamente) com uma das outras duas variáveis, não considerando a terceira.

Acrescenta a terceira depois de interpelado.

Exemplos:

- *com 400 ml e com 250 ml vejo o tempo (...)* Que tempo ? *De uma volta* (Zé Pedro, 9 anos);

- *deitar 500 ml e 300 ml e verificar qual anda mais depressa.* Como sabes ? *Contando o número de voltas.* E como sabes pelo número de voltas qual anda mais depressa ? *Vendo.* E ver é suficiente ? *Não. Meço o tempo e conto as voltas* (João Miguel, 10 anos);

- *contar o tempo de diferentes quantidades até o frasco virar para o outro lado.* E como sabemos qual anda mais depressa ? *Teríamos que contar as rotações.* Quantas ? *Dez.* Nesta altura o aluno abandonou o ponto de viragem como referência (Tiago Mourão, 9 anos).

CATEGORIA D: baseia-se na percepção visual de velocidade, propondo-se observar o comportamento do frasco com duas quantidades, não chegando à coordenação das três variáveis.

Exemplo:

- *enchemos o frasco e vemos* (Ana Teresa, 9 anos).

No quadro seguinte apresentam-se os alunos por categoria e frequências por categoria de resposta quanto à antecipação mental da coordenação entre as três variáveis.

FREQUÊNCIAS POR CATEGORIA NA ANTECIPAÇÃO MENTAL DA COORDENAÇÃO DAS TRÊS VARIÁVEIS (água, tempo e nº rotações)

Categoria	Alunos T. 92/93	Alunos T. 93/94	Frequência
A	11;5; 14	3	4
B	13	16	2
C	1	4;7;10;21	5
D		14;19	2
Freq. Total	5	8	13

Tendo sido já sublinhada a necessidade de duas quantidades de água diferentes, é admissível considerar-se haver coordenação das três variáveis quando a água não é referida explicitamente, sendo referidos o tempo e número de rotações. A questão está em o que fazer com duas quantidades de água, para se saber qual provoca maior velocidade, logo faz sentido falar-se apenas em tempo e número de rotações, sendo aceitável que a quantidade de água está em mente mesmo não sendo referida. Já a omissão do tempo ou número de rotações revela uma deficiente compreensão da estratégia de resolução do problema. Nesse caso não se considera haver coordenação entre as três variáveis.

Verifica-se que há 4 alunos que fazem a coordenação das três variáveis logo de início, mas a maioria dos alunos (7) precisam de interação para chegarem à coordenação. Destes, 5 começam por coordenar quantidade de água com uma das outras variáveis e só depois de interpelados referem a terceira. Há ainda 2 que se propõem ajuizar da velocidade relativa a cada quantidade por percepção visual. Em síntese, 11 dos 13 alunos chegam a uma previsão da coordenação entre as três variáveis: 4 autonomamente e 7 com interação.

Merece ainda uma referência o facto de um aluno revelar uma noção de tempo pouco consistente, considerando como noções diferentes o tempo de ocorrência de um fenómeno e o tempo que se mede no relógio: *com mais água demora menos tempo a fazer 10 segundos* (Zé Pedro, 9 anos).

Antevisão do modo de recolha de dados relativamente ao tempo e número de rotações com vista a ajuizar da maior/menor velocidade.

No protocolo de investigação são admitidas duas formas de recolha de dados, com vista a estabelecer a relação entre número de rotações e tempo: a) fixar um tempo determinado e contar o número de rotações correspondente; b) fixar um determinado número de rotações e medir o tempo correspondente. Contudo, verifica-se que é notória a dificuldade de grande parte dos alunos, inclusivamente nos de melhores desempenhos, em sugerir logo de início um período de tempo quantificado em unidades de tempo; ou, em alternativa, estabelecer um critério que determine o fim da medição do tempo. Os exemplos que se apresentam de seguida ilustram essa dificuldade:

- *contam-se as voltas até parar* (André Jorge, 9 anos);
- *enchemos o frasco e vemos* (Ana Teresa, 9 anos);
- *conta-se o tempo de diferentes quantidades até o frasco virar para o outro lado* (Tiago Mourão, 9 anos);
- *com 400 ml e 250 ml vejo o tempo* (Zé Pedro, 9 anos).

Por isso a maior parte dos alunos precisou de um estímulo à reflexão. Independentemente desse facto, classificámos os sujeitos em duas categorias:

CATEGORIA A (S/dif + S/dif.): não revela grande dificuldade em fazer uma daquelas formulações (a - fixar um tempo determinado e contar o número de rotações

correspondente; b - fixar um determinado número de rotações e medir o tempo correspondente), quer no plano operacional quer no plano recapitulado.

CATEGORIA B (C/dif. + S/dif.): revela razoável dificuldade em estabelecer uma daquelas formulações no plano operacional, mas uma vez alcançada por intermédio de alguma interação, retém essa aprendizagem utilizando-a no plano recapitulado.

Os sujeitos que se situam em cada uma das categorias são apresentados no quadro seguinte.

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

Categoria	Alunos Nº		Frequência
	Turma 92/93	Turma 93/94	
A(S/dif.+S/dif.)	5;11;13;14	3;19	6
B(C/dif.+S/dif.)	1	4;7;10;14;16;21;	7
Total	5	8	13

Seis alunos são capazes de, facilmente, fixar o tempo durante o qual irão contar as rotações, ou fixar um número de rotações durante as quais vão medir o tempo, quer no plano operacional, quer no plano recapitulado. Há 7 que revelam dificuldade no plano operacional, mas retêm essa aprendizagem de modo a utilizá-la no plano recapitulado.

Um outro tipo de análise a fazer, consiste em verificar a qual das variáveis (tempo ou número de rotações) é atribuído um valor previamente fixado, sendo o valor da outra dependente dessa decisão. Encontrámos três categorias quanto a esta questão, parecendo estar implícita em cada categoria uma ideia determinada de velocidade, sendo contudo ideias equivalentes de velocidade.

CATEGORIA A: é fixado um determinado tempo, durante o qual se irá contar o número de rotações dadas pelo rodízio.

CATEGORIA B: é fixado um determinado número de rotações, para as quais se vai medir o tempo correspondente.

CATEGORIA C: é tomado como ponto de referência o momento em que o rodízio pára, devendo medir-se o tempo e o número de rotações correspondentes, e dividir-se, depois, o tempo pelo número de rotações, sendo o mais rápido o que precisa de menos tempo para uma rotação.

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

Categoria	Alunos Nº		Frequência
	Turma 92/93	Turma 93/94	
A	1;5;13	19	4
B	11;14	3;4;7;10;14;21	8
C		16	1
Total	5	8	13

Há uma predominância dos que fixam previamente um número de rotações (61,54 %), havendo um aluno que opta por medir o tempo e o número de rotações, simultaneamente até o frasco parar.

A previsão de como decidir operacionalmente a maior/menor velocidade.

Embora haja vários alunos que, no diálogo, se referem à comparação das velocidades em termos do tempo de uma rotação, ou do número de rotações num segundo, só o André Jorge (9 anos) leva esse raciocínio até ao fim. Dos restantes, os que fixam previamente o tempo tendem a uma compreensão da velocidade nestes termos *quanto mais rotações, em determinado tempo, maior é velocidade*. Por seu turno, os que fixam previamente o número de rotações tendem a uma compreensão da velocidade em termos de *quanto menos tempo, para um certo número de rotações, maior a velocidade*. Em síntese, as três diferentes formulações que encontrámos, embora não exactamente nestes termos, são:

- *o que precisar de menos tempo para dar uma rotação é o que tem maior velocidade;*
- *o que der mais rotações em x tempo é o que tem maior velocidade;*
- *o que precisar de menos tempo para dar n rotações é o que tem maior velocidade.*

A este propósito, atendemos ao que dizem os alunos, quer no plano operacional, quer no plano recapitulado (ítems 2.3. e 2.4.). As categorias encontradas são:

CATEGORIA A (S/dif.+S/dif.): não revelam dificuldade em se aproximar a uma daquelas três formulações, nem no plano operacional, nem no plano recapitulado.

CATEGORIA B (C/dif.+S/dif.): revelam dificuldade em se aproximar a uma daquelas formulações no plano operacional, mas depois de o conseguirem por intermédio de questões estimuladoras da reflexão, utilizam essa aprendizagem no plano recapitulado.

CATEGORIA C (C/dif.+C/dif.): revelam dificuldade em ambas as fases, precisando em cada uma delas de ser estimulados a pensar, para chegarem a um boa resposta.

CATEGORIA D (C/dif.+Não): carecem de muita interacção no plano operacional e, no plano recapitulado, a pequena interacção concedida não é suficiente para que o aluno chegue a qualquer boa formulação.

Apresenta-se de seguida um exemplo de cada uma das três formulações feitas por alunos:

- *o que der menos tempo numa volta anda mais depressa* (André Jorge, 9 anos);
- *o que der mais voltas nos 10 segundos anda com mais velocidade* (Carla, 9 anos);
- *cada vez que tem mais água menos tempo demoram as rotações porque tem mais velocidade* (Francisca, 9 anos).

No quadro seguinte apresentam-se os alunos e frequências por categoria.

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

Categoria	Alunos Nº		Frequência
	Turma 92/93	Turma 93/94	
A(S/dif.+S/dif.)	13	7;10;19	4
B(C/dif.+S/dif.)	5	4;14;16;21	5
C(C/dif.+C/dif.))	1;14		2
D(C/dif.+Não)	11	3	2
Freq. Total	5	8	13

Em síntese, há 9 alunos que fazem uma correcta previsão da operacionalização de velocidade na recapitulação do plano. Mas desses 9, cinco não conseguem fazê-lo autonomamente, de início, no plano operacional. São 4 os alunos que revelam muita dificuldade ou não chegam mesmo a prever tal operacionalização em qualquer das fases.

Conservar uma consciência permanente do problema em estudo ao longo da investigação.

Como indicadores deste parâmetro, considerámos as respostas aos ítems 3.1. e 4.6. do protocolo de investigação. No ítem 3.1., com que se inicia o plano recapitulado, é solicitado ao aluno que recorde o problema em estudo. No ítem 4.6. é solicitado que o aluno responda ao problema inicialmente formulado, esperando-se que recorra aos resultados obtidos para responder. A resposta a esta questão permite inferir em que medida o aluno mantém em mente a questão inicial, para a qual busca uma resposta, no momento em que termina a recolha de dados.

Um dado importante a sublinhar desde já é que os alunos, em geral, recordam o problema com base nas duas quantidades de água particulares que já especificaram. Aparentemente perdem de vista que as especificações efectuadas tem um carácter instrumental em relação à resolução do problema formulado em termos gerais. Este facto é, no entanto, coerente com a forma como os alunos, em geral, formulam as suas hipóteses. Mesmo assim há que sublinhar que os quatro alunos que formulam a hipótese em termos gerais regridem para uma formulação do problema em termos particulares.

A análise das respostas permitiu estabelecer cinco categorias.

CATEGORIA A (S/dif+S/dif.): recorda sem dificuldade o problema em estudo, em termos particulares, e responde sem dificuldade ao problema relacionando os resultados obtidos.

CATEGORIA B (S/dif.+C/dif.): recorda sem dificuldade o problema em estudo, em termos particulares, mas precisa ser estimulado a pensar para responder ao problema relacionando os resultados obtidos.

CATEGORIA C (C/dif.+S/dif.): precisa ser estimulado a pensar para recordar o problema em estudo, e responde sem dificuldade ao problema relacionando os resultados obtidos.

CATEGORIA D (C/dif.+C/dif.): precisa ser estimulado a pensar para recordar o problema em estudo, e precisa ser estimulado a pensar para responder ao problema relacionando os resultados obtidos.

CATEGORIA E (S/dif.+Não): recorda sem dificuldade o problema em estudo, em termos particulares, mas responde ao problema reafirmando os termos da hipótese ou previsão já efectuadas, ignorando os resultados obtidos.

A título ilustrativo apresenta-se um exemplo de recordação do problema, um de resposta ao problema com recurso explícito aos resultados, e um de resposta ao problema sem recurso aos resultados, mas antes reafirmando os termos da hipótese:

- *quero saber se anda mais depressa com 400 ml ou com 200 ml (Carla, 9 anos);*
- *nos mesmos 10 segundos, o de 500 ml dá 8 voltas e o de 400 dá 7 voltas. O de 400 anda mais devagar senão tinha que dar também 8 voltas (Nelson, 10 anos);*
- *com mais água, a água sai com mais força e faz andar mais depressa (Hugo, 9 anos).*

Em seguida apresenta-se a indicação dos alunos por categoria e as frequências de cada categoria.

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

	Alunos Nº		
Categoria	Turma 92/93	Turma 93/94	Frequência

A(S/dif.+S/dif.)	1;13;14	4;7;10	6
B(S/dif.+C/dif.)	11	3	2
C(C/dif.+S/dif.)		14;16	2
D(C/dif.+C/dif.)		19;21	2
E(S/dif.+Não)	5		1
Freq. Total	5	8	13

Há 6 alunos (46,15 %) que, recordando o problema sem dificuldade, e respondendo ao problema sem dificuldade, com recurso aos dados, revelam uma boa consciência do problema ao longo da investigação. Outros 6 sujeitos (46,15 %) precisam que essa consciência seja reavivada por mais ou menos interacção. Destes 6, há 2 (15,38 %) que revelam muita dificuldade, precisando de ajuda nos dois ítems. Finalmente, um aluno recorda o problema na fase de recapitulação, mas não responde de todo ao problema utilizando os dados obtidos. Estes três sujeitos (23,08 %) tendem a perder a consciência do problema ao longo da investigação.

Importa ainda sublinhar que os números de alunos que recordam o problema sem dificuldade, por um lado, e dos que respondem ao problema sem dificuldade recorrendo aos dados obtidos, por outro lado, são 9 (69,23 %) e 8 (61,54 %), respectivamente. A intersecção destes dois conjuntos é de 6 (46,15 %) como vimos.

Ajustamentos de procedimentos face às dificuldades surgidas na execução

A relação inicial entre o número de rotações fixado ou o tempo fixado, com as quantidades de água estipuladas, pode requerer a dado passo a necessidade de

ajustamentos em termos daquelas grandezas, para que a investigação possa prosseguir. O principal problema que se põe reside na possibilidade de a inversão do sentido do movimento ocorrer antes do tempo fixado, ou do número de rotações fixado. Se por exemplo, acontecer que para uma determinada quantidade de água a contagem de rotações ou medição do tempo, se fizer sem inversão do movimento, e para outra quantidade, o mesmo se fizer com inversão do movimento, estamos perante uma situação em que as diferenças de resultados na variável dependente não dependem somente da diferença de quantidade de água (variável independente), mas igualmente da inversão/não inversão do sentido do movimento. Interessa, pois, controlar este factor. Uma das formas de controle consiste em garantir que cada medição ou contagem (duas ou mais), se faça sem que ocorra a inversão do movimento. Outra possibilidade, que foi sugerida por um aluno, consiste em medir o tempo e contar rotações, para cada quantidade de água, até que o frasco pare completamente, o que naturalmente acontecerá com inversão do movimento em ambos os casos.

Importa analisar em que medida os alunos introduzem o controle desse factor, quando se verifica não estar controlado. Considerando a situação mais frequente, há que verificar em que medida os alunos identificam a inversão do sentido do movimento, enquanto medem o tempo ou contam rotações, como uma “anormalidade”, e em que medida introduzem correcções que viabilizem a prossecução da investigação. Faz-se notar que este tipo de análise incidirá somente sobre os alunos que, por mero acaso, sugeriram condições iniciais que se revelaram inadequadas para a realização da investigação. Há 9 dos 13 alunos, que puderam realizar a investigação completa aplicando as condições estipuladas de início, e por isso, não precisaram de fazer qualquer ajustamento. Neste caso, ficamos sem saber

como reagiriam nas condições com que os outros se confrontaram, não se podendo daí fazer qualquer juízo de melhor ou pior desempenho. Importa, no entanto, salientar que um destes 9 alunos apresenta uma solução, que para além da sua originalidade, desde logo exclui qualquer necessidade de ajustamento ao nível das três grandezas em questão. O André Jorge (9 anos) apresenta a seguinte solução: *conto o tempo e o número de voltas até parar e divido o tempo pelo número de voltas, e o que der menos tempo numa volta anda mais depressa.*

A título ilustrativo de diferentes tipologias de reacção perante circunstâncias que requerem ajustamentos de procedimentos, considerámos que os quatro alunos se distribuem por duas categorias.

CATEGORIA A: o aluno, manifesta perplexidade ou logo se dá-se conta da “anormalidade” da inversão do sentido do movimento antes do tempo fixado ou do número de rotações fixado. Perante a questão *o que fazer ?* sugere, sem dificuldade, uma de duas possibilidades:

a) aumentar a quantidade de água ou diminuir o número de rotações, no caso de ter fixado o número de rotações;

b) aumentar a quantidade de água ou diminuir o tempo, no caso de ter fixado o tempo.

CATEGORIA B: o aluno, manifesta perplexidade ou logo se dá-se conta da “anormalidade” da inversão do sentido do movimento, antes do tempo fixado ou do número de rotações fixado. Perante a questão *o que fazer ?* sugere uma de duas possibilidades, após ser estimulado a pensar face a hesitações e ideias não apropriadas:

a) aumentar a quantidade de água ou diminuir o número de rotações, no caso de ter fixado o número de rotações;

b) aumentar a quantidade de água ou diminuir o tempo, no caso de ter fixado o tempo.

Na categoria A inserem-se os alunos João Vítor (10 anos) e Hugo (9 anos). O João Vítor, tendo decidido que iria utilizar 300 ml e 500 ml, ao verificar que com os 300 ml o movimento se invertia antes das 10 rotações por ele estipuladas, logo sugeriu, após questão formulada, que haveria que pôr mais água, substituindo os 300 ml por 400 ml. O Hugo, tendo decidido a utilização de 100 ml e 300 ml, começou por contar o número de rotações dadas, em 15 segundos, pelo frasco com 300ml. Quando procedia do mesmo modo com 100 ml no frasco, verifica que o frasco pára (preparando-se muito lentamente para inverter o movimento) ao fim de 10 segundos. Rapidamente reconhece a necessidade de mais água, *porque o tempo tem que ser o mesmo*, substituindo os 100 ml por 200 ml.

Na categoria B incluem-se os alunos Carla Sofia (9 anos) e Zé Miguel (10 anos). A Carla pára a contagem de rotações no ponto de inversão do sentido do movimento, comentando: *não chegou aos 30 segundos*. Perante a questão *o que fazer?* responde: *encher menos água para não andar tão depressa*. Está aqui implícita a ideia de que a torção do fio tem um limite pré-determinado a partir do qual se dá a inversão do movimento, e que esse limite se atinge tanto mais rapidamente quanto mais veloz for o movimento. A aluna ao sugerir menos água para que o movimento seja mais lento e se prolongue para além dos 30 segundos, está a tomar como a dquirido, justamente o que se pretende demonstrar com a investigação. Tendo-se repetido a contagem com menos água o mesmo aconteceu: *o fio enrola-se muito depressa também*. A aluna ficou em dificuldade para sugerir um procedimento

alternativo. Só depois de muito ajudada, e alertada para a possibilidade de alterar o tempo de 30 segundos, acabou por o reduzir para 10 segundos.

O Zé Miguel, tendo estipulado um número de 10 rotações e quantidades de água de 200 ml e 300 ml, verificou que o frasco inverteu o sentido do movimento ao fim de 5 rotações com 200 ml. Reconhecendo que a contagem se deveria fazer com o frasco a *rodar para o mesmo lado*, fica sem saber o que fazer. Depois de muita hesitação e muita ajuda alterou o número de rotações de 10 para 5.

Coordenação das três variáveis na execução da investigação

Tomámos como indicadores deste parâmetro as respostas aos ítems 4.4. e 4.5. que são, respectivamente:

- *regista os dados na correcta correspondência entre as três variáveis: quantidade de água, tempo e número de rotações;*
- *regista correctamente os dados numa tabela, a pedido do investigador.*

A indicação que era dada ao aluno no início da execução era a seguinte: *tens um lápis e um papel para que faças os registos que achares necessário fazer.*

Considerámos que, relativamente a este parâmetro, os alunos se distribuem por duas categorias.

CATEGORIA A: o aluno regista, de início, os dados em correspondência entre as três variáveis e faz a tabela correctamente e bem preenchida.

CATEGORIA B: o aluno regista os dados em correspondência de duas variáveis e, depois de interpelado, acrescenta a terceira variável em correcta correspondência. Faz a tabela correctamente e bem preenchida.

Exemplos da categoria A:

Zé Miguel (10 anos)

O frasco com 200 ml em 5 voltas demora 9,5 segundos;

O frasco com 300 ml em 5 voltas demora 8 segundos.

	<i>quantidade de água</i>	<i>voltas</i>	<i>tempo</i>
<i>1º frasco</i>	<i>200 ml</i>	<i>5</i>	<i>9,5 s</i>
<i>2º frasco</i>	<i>300 ml</i>	<i>5</i>	<i>8 s</i>

Nelson (10 anos)

Em 10 segundos deu 7 voltas com 400 ml de água;

Em 10 segundos deu 8 voltas com 500 ml de água.

	<i>frasco com 400 ml</i>	<i>frasco com 500 ml</i>
<i>Número de voltas</i>	<i>7 voltas</i>	<i>8 voltas</i>
<i>Número de segundos</i>	<i>10 s</i>	<i>10 s</i>

Considerámos também aceitáveis, em termos de correspondência entre as três variáveis, formas do género:

11 voltas 10 s 500 cm³

5 voltas 10 s 200 cm³

(Ana Teresa, 9 anos)

Exemplos da Categoria B:

(Os pontos de interrogação identificam os dados que só são registados em resultado da interpelação do investigador)

João Miguel (10 anos)

5,2 s → 5 v → 500 cm³ (?)

6,4 s → 5 v → 300 cm³ (?)

<i>nº voltas</i>	<i>Quantidade de água</i>	<i>Tempo</i>
5	500 cm ³	5,2 s
5	300 cm ³	6,4 s

Carla (9 anos)

10 voltas em dez segundos 500 ml de água (?)

8 voltas em dez segundos 300 ml de água (?)

<i>Nº de voltas</i>	<i>Nº de segundos</i>	<i>Quantidade de água</i>
10	10	500 ml
8	10	300 ml

Paula Alexandra (8 anos)

6 s que demora a garrafa a dar 5 voltas (?) com 400 cm³ de água;

7s que demora a garrafa com 300 cm³ de água.

<i>Quantos s</i>	<i>cm³</i>	<i>voltas</i>	
1) 6	400	5	
2) 7	300	5	

Apresenta-se a seguir o quadro de alunos por categoria e frequências por categoria.

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

<i>Categoria</i>	<i>Turma 92/93</i>	<i>Turma 93/94</i>	<i>Frequência</i>
A	13;14	14;19;21	5

B	1;5;11	3;4;7;10;16	8
Freq. Total	5	8	13

Cinco dos alunos regista, de forma autónoma, os dados em correspondência entre as três variáveis e fazem correctamente uma tabela de registos. Porém a maioria (8 alunos) regista, de início, a correspondência entre duas variáveis, e só depois de interpelado acrescenta a terceira. Estes, tal como os primeiros, fazem a tabela correctamente preenchida.

Utilização dos resultados fornecidos pela evidência para dar resposta ao problema

Considerámos existirem 3 categorias quanto a este parâmetro, que são as seguintes.

CATEGORIA A: utiliza os resultados obtidos, ao ser-lhe posta a questão *qual é a resposta ao problema?*, para relacionar tempo e número de rotações e indicar a quantidade de água que provocou maior/menor velocidade de rotação.

Exemplo:

Nos mesmos 10 segundos o de 500 dá 8 voltas e o de 400 dá 7 voltas. O de 400 anda mais devagar senão tinha que dar também 8 voltas (Nelson, 10 anos).

CATEGORIA B: começa por reafirmar simplesmente os termos da hipótese ou previsão já efectuadas, mas depois de estimulado a pensar, recorre aos resultados para concluir que quantidade de água provocou maior velocidade.

Exemplo:

Com o frasco cheio a água tem mais força. Mas do que acabaste de fazer há alguma coisa que te diga qual andou com mais velocidade? A aluna hesita e depois conclui: o de 500 andou mais depressa porque deu mais voltas do que o de 200 nos 10 segundos (Ana Teresa, 9 anos).

CATEGORIA C: não se refere aos resultados obtidos, apesar de instado a fazê-lo de forma indirecta, limitando-se a reafirmar os termos da hipótese ou previsão efectuadas.

Exemplo:

Anda mais depressa o que tem mais água. Mas porque dizes isso ? Porque a força da água é menor quando tem menos. Quando está cheio a água de cima está à espera a fazer força para sair (Filomeno, 9 anos).

Apresenta-se a seguir o quadro de alunos por categoria e as frequências por categoria.

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

Categoria	Turma 92/93	Turma 93/94	Frequência
A	1;13;14	4;7;10;14;16	8
B	11	19	2
C	5	3;21	3
Freq. Total	5	8	13

A maioria dos alunos (8; 61,54 %) recorre, autonomamente, aos resultados obtidos para estabelecer uma relação entre tempo e número de rotações e concluir daí acerca da maior/menor velocidade. Há cinco que começam por reafirmar os termos da hipótese ou previsão já efectuadas, ignorando os resultados. Desses cinco, dois recorrem depois aos resultados mediante questões estimuladoras da reflexão, e os restantes três persistem na reafirmação da sua ideia de partida sem atender à evidência.

O André Jorge (9 anos) é um caso particular que merece ser realçado. Tal como havia previsto, ele mediu o tempo e o número de rotações simultaneamente, até o frasco parar. De igual modo, tal como havia previsto, dividiu o tempo pelo número de rotações e concluiu que *o mais rápido é o que dá menos tempo numa volta*. Aqui se apresenta o procedimento do aluno.

André Jorge (9 anos)

$$\begin{array}{r|l}
 16,2 \text{ s} & 12 \\
 16,2 & 12 \\
 \hline
 042 & 1,35 \text{ s} \\
 060 & \\
 00 &
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l}
 11,2 \text{ s} & 7 \\
 11,20 & 7 \\
 \hline
 420 & 1,6 \text{ s} \\
 00 &
 \end{array}$$

<i>quantidade de água</i>	<i>tempo</i>	<i>número de voltas</i>	
<i>cheio</i>	<i>16,2 s</i>	<i>12</i>	<i>1,35 s</i>
<i>meio</i>	<i>11,2 s</i>	<i>7</i>	<i>1,6 s</i>

A solução encontrada pelo André Jorge é única, e tem um carácter divergente em relação à solução que o investigador tem em mente no processo de interacção com os alunos. É interessante ainda sublinhar o carácter de um súbito *insight* de que se reveste a solução encontrada. Quando solicitado a indicar uma estratégia de solução do problema, aluno começa por dizer *contam-se as voltas até parar*. O investigador interroga-o sobre se o movimento se fará no mesmo sentido até parar. Sem responder

directamente à questão o aluno reage dizendo *conta-se até virar de sentido*, e fica numa atitude pensativa. Depois de alguns instantes diz de forma muito clara e fluente: *Conta-se o tempo e o número de voltas até parar e divide-se o tempo pelo número de voltas, e o que der uma volta em menos tempo anda mais depressa*. A solução surge como que resultante de uma súbita iluminação da mente, vinda de dentro, sem ter em grande conta a interacção do investigador. Ficamos sem saber se, na sua formulação inicial, *contam-se as voltas até parar*, era já esta solução que estava em desenvolvimento. A ser verdade, a intervenção do investigador poderá ter perturbado temporariamente o seu pensamento, que o aluno veio a retomar com mais vigor e convicção, numa demonstração de autonomia e independência de pensamento.

Noutra situação este mesmo aluno revelou-se particularmente original e perspicaz. Trabalhava-se na aula com uma ventoinha produtora de vento que incidia sobre as calotes de um anemómetro. Em dada altura a questão que se pretendia resolver era a seguinte:

- Como saber, utilizando o anemómetro, se o vento provocado pela ventoinha, ligada no botão 1, é mais forte do que o vento provocado pela ventoinha, ligada no botão 2?

O André Jorge apresentou a seguinte solução:

Liga-se a ventoinha no botão 1 e deixa-se andar. Quando o anemómetro já estiver a rodar bem, desliga-se o botão da ventoinha, e conta-se o tempo que o anemómetro demora a parar. Depois faz-se a mesma coisa com o botão 2. O botão em que o anemómetro demorar mais tempo a parar é o que faz um vento mais forte.

Este é provavelmente um aluno altamente criativo, na medida em que nas suas ideias se combinam dois elementos fundamentais do pensamento criativo: a utilidade e o seu carácter surpreendente, por serem raras e não esperadas. (Mayer, 1983; Garrett,

1987; Perkins, 1991; Isaksen, 1991). Em ambos os casos as suas ideias constituem boas soluções para os problemas. Na questão relativa ao rodízio a solução apresentada é até de qualidade superior à solução mais comum, na medida que contorna as dificuldades inerentes ao tempo de inversão do movimento.

Na questão relativa à força do vento emitido pela ventoinha, a solução apresentada tem também uma particularidade digna de realce. Pouco antes de introduzida a questão tinha sido trabalhada a noção de velocidade do vento, a propósito da escala de Beaufort. Pretendia-se, em seguida, introduzir a noção de velocidade de rotação, bem como uma relação qualitativa entre velocidade linear do vento e velocidade de rotação do anemómetro, como forma de se chegar à compreensão do modo de utilização deste instrumento. O André Jorge parece ter contornado a ausência da noção matemática de velocidade de rotação, resolvendo a questão apresentada com recurso a uma ideia intuitiva de inércia de movimento: quanto maior a inércia de movimento de rotação do anemómetro, mais forte teria sido o vento responsável por tal movimento. Talvez um dos elementos do processo criativo seja a não dependência de instrumentos convencionais de análise para gerar boas soluções.

2.4.2. Análise da tarefa de investigação dos alunos do nível Médio

Formulação de hipótese

Houve necessidade de criar somente uma nova categoria, para além das que já haviam sido criadas, aquando da análise do modo de formulação de hipótese dos alunos do nível Alto. Apresenta-se em seguida a distribuição dos alunos pelas cinco categorias A, B, C, D, E e F.

CATEGORIA A: formulação da relação entre quantidade de água introduzida e velocidade de rotação do frasco, em termos de generalização, na forma *quanto mais/menos ... tanto maior/menor é a velocidade*.

Exemplo:

- *quanto mais cheio estiver o frasco ajuda o frasco a rodar melhor* (Rogério, 9 anos)

CATEGORIA B: formulação em termos de uma comparação explícita entre duas situações particulares.

Exemplo:

- *a garrafa cheia permite que ande depressa e com pouca água não anda com tanta velocidade* (Rui Alexandre, 9 anos).

CATEGORIA C: formulação em termos de uma comparação implícita, entre o que se passa com *mais/muita água*, e o que se passa com uma eventual menor quantidade de água que não é referida.

Exemplos:

- *se o frasco estiver mais pesado anda mais depressa* (Ana Margarida, 9 anos);

- *com mais água anda com mais velocidade* (Rita, 9 anos);

- *com mais água roda mais devagar* (Marisa, 10 anos).

CATEGORIA D: formulação em termos de uma explicação interpretativa, em que se admite estar implícita uma relação entre quantidade de água e velocidade de rotação.

Exemplos:

- *quando está cheio a água tanto quer sair pelos buraquinhos que faz muita força. Quando a água esvasia perde força* (Tiago José, 9 anos);

- *pomos mais água e fica com mais força, cheio a água tem muita força* (Maria Joana, 9 anos);

- *a água pesa e quando tem mais água tem peso e anda mais depressa* (Vânia, 9 anos);

- *se a água for menor é puxada mais facilmente para baixo e fica com maior velocidade* (Vítor Sérgio, 9 anos).

CATEGORIA E: formulação em termos de uma descrição particular do que foi observado.

Exemplo:

- *diminuindo água a velocidade vai diminuindo* (Luis, 9 anos).

CATEGORIA F: formulação segundo a qual a quantidade de água não tem influência na velocidade de rotação

Há uma aluna cuja hipótese é que *a água não tem influência* (Rosa, 9 anos). Quatro alunos, tendo formulado a hipótese, dois sem ajuda e dois com ajuda, não foram classificados segundo aquelas cinco categorias, pelo facto de não se ter feito o registo das suas formulações.

É de sublinhar que, tal como no conjunto dos alunos do nível Alto, encontrámos tentativas de explicação da relação entre quantidade de água e velocidade. Tais interpretações retomam os termos já encontrados: *a água tanto quer sair que faz muita força; pomos mais água e fica com mais força; a água pesa e (...) quando tem mais peso anda mais depressa*. Uma ideia nova, aparentemente contra-intuitiva, atendendo ao sentido de outras interpretações, é a seguinte: *se a água for menor é puxada mais facilmente para baixo*.

No quadro seguinte apresentam-se os alunos, identificados por números, que figuram em cada categoria, bem como as correspondentes frequências.

FREQUÊNCIAS POR CATEGORIA NA FORMULAÇÃO DE HIPÓTESE

Categoria	Alunos T. 92/93	Alunos T. 93/94	Frequência
A	6		1
B		6	1
C	3	11;22	3
D		5;12;15;18	4
E		9	1
F	9		1
Não se sabe	4 sujeitos		4
Freq. Total	7	8	15

Constata-se que apenas um aluno consegue formular a hipótese em termos de uma generalização na forma *quanto mais/menos ... tanto mais/menos*, e mesmo na formulação em termos particulares, apenas um aluno se refere explicitamente a duas quantidades de água. Pode afirmar-se que apenas 6 sujeitos (54,54 %) formulam uma hipótese, dos quais 3 (27,27 %) a formulam em termos de uma comparação implícita entre o que se passa com *mais/muita água* e uma quantidade menor que não é referida. Cinco alunos (45,45 %) não chegam propriamente a formular hipótese, dos quais 4 (36,36 %) parecem entender o pedido de formulação de hipótese como uma tentativa de explicação da relação quantidade de água/velocidade de rotação, que têm em mente. Pode, porém, afirmar-se com bastante segurança, tendo em conta o que os alunos dizem, que 11 alunos (73,33 %) revelam ter uma hipótese em mente, mesmo quando não verbalizam a resposta à questão nesses termos.

Comparando o grupo do nível Médio com o grupo do nível Alto, é de realçar o seguinte:

a) acentua-se a dificuldade dos alunos do nível Médio em formularem a hipótese na forma *quanto mais/menos... tanto maior/menor*. No nível Alto fazem-no 4 sujeitos (30,77 %) e no nível Médio apenas um sujeito o faz o que, subtraindo-se aos 15 sujeitos os 4 cuja classificação se desconhece, corresponde a uma percentagem de 9,09 %;

b) a formulação em termos de uma comparação entre duas quantidades de água, com explicitação ou não da quantidade menor, é elevada nos dois grupos, (46,15 % no nível Alto e 36,36 % no nível Médio), mas menor no nível Médio. Esta diferença corresponde a uma deslocação de um maior número de sujeitos do nível Médio para modos de formulação menos elaborados. A frequência da formulação, em que a quantidade de água menor não é explicitada, é maior do a frequência em que são explicitadas as duas quantidades, quer no grupo Alto quer no grupo Médio (4 sujeitos no nível Alto e 3 sujeitos no nível Médio, o que corresponde a percentagens de 30,77 % e 27,27 %);

c) aumenta, no nível Médio, a percentagem dos que tentam uma explicação interpretativa da relação entre quantidade de água e velocidade de rotação, sem contudo a formularem (2 sujeitos no nível Alto e 4 sujeitos no nível Médio, o que corresponde a percentagens de 15,38 % e 36,36 %). Há ainda no nível Médio um sujeito que se fica por uma descrição particular do observado.

Antecipação mental da coordenação entre as três variáveis quantidade de água, tempo e número de rotações

Vamos recorrer às categorias já criadas aquando da análise dos sujeitos do nível Alto, mesmo que algumas dessas categorias tenham uma frequência nula. Essa possibilidade constituirá um elemento de distinção entre os dois níveis. Por outro lado, serão criadas novas categorias, designadas com novas letras do alfabeto, no caso de situações não contempladas em nenhuma das categorias já criadas. Verificou-se que na categoria A não figura nenhum aluno do nível Médio, e houve necessidade de criar duas novas categorias não previstas para o nível Alto.

CATEGORIA A: coordenam as três variáveis, logo de início de modo autónomo, podendo a quantidade de água estar implícita na formulação (não há exemplo).

CATEGORIA B: depois de alguma dificuldade inicial, coordenam as três variáveis, podendo a quantidade de água estar implícita na formulação.

Exemplos:

- *usar duas quantidades e fazer a experiência para ver o que anda mais depressa (...)*
E como podes saber qual anda mais depressa ? *Meço o tempo que cada quantidade demora a fazer as mesmas voltas* (Óscar, 10 anos).

CATEGORIA C: coordena a quantidade de água (explícita ou implicitamente) com uma das outras duas variáveis, não considerando a terceira. Considera a terceira variável depois de solicitado a reflectir.

Exemplos:

- *medimos a água e contamos dez voltas. E como podes saber em que caso o frasco tem maior velocidade ? É preciso saber o tempo das dez voltas* (Rosa Marlene, 9 anos);

- *contar as voltas que dá até parar. Ao deter-se no cronómetro, em face da chamada de atenção efectuada, reformula para: conta-se as voltas que dá em 30 segundos* (Rita, 9 anos);

CATEGORIA D: baseia-se na percepção visual de velocidade, propondo-se observar o comportamento do frasco com duas quantidades, não chegando a nenhum tipo de coordenação das três variáveis.

Exemplos:

- Depois de considerar, com muita dificuldade, as duas quantidades de água pergunta-se *que fazer ?* Resposta: *deitar a água e ver que velocidade tem, com mais ou com menos.* E como sabes a velocidade ? *Vendo* (Ana Margarida, 9 anos);
- O aluno depois de ter observado a rotação, na fase de familiarização, perante a questão *como saber se a quantidade de água tem influência ?*, sugere *encher até acima e ver se anda melhor.* Depois de admitir trabalhar com duas novas quantidades de água, sugere: *fazer a experiência e ver* (Rogério, 9 anos).

CATEGORIA E: coordena a quantidade de água (explícita ou implicitamente) com uma das outras duas variáveis, não considerando a terceira. Não chega a considerar a terceira variável mesmo depois de incitado a reflectir.

Exemplos:

- *vou contar as voltas que dá para saber se com mais água anda mais depressa. O que queres saber ? O número de voltas e a velocidade* (Bruno Ferreira, 10 anos);
- *encho a garrafa e vejo o tempo que dá, e vejo o tempo que dá com metade da garrafa e concluímos.* E como sabemos qual anda mais depressa ? O aluno reafirma a ideia inicial de que *cheio anda mais depressa* (Rui, 9 anos).

CATEGORIA F: não faz coordenação explícita entre duas ou três variáveis, referindo-as uma a uma, em resposta a questões formuladas, de um modo que revela da parte do aluno a compreensão da sua articulação.

Exemplo:

- Depois de admitir a necessidade de duas quantidades de água diferentes, pergunta-se: *o que vais fazer ?* Resposta: *encher o frasco.* Quantas vezes ? *Duas.* Que quantidade de cada vez ? *Frasco cheio e meio cheio.* E o que fazer de cada vez ? *Contar as voltas?* Que voltas ? *Em 30 segundos* (Bruno Miguel, 10 anos).

No quadro seguinte apresentam-se os alunos por categoria e frequências por categoria de resposta quanto à antecipação mental da coordenação entre as três variáveis.

FREQUÊNCIAS POR CATEGORIA NA ANTECIPAÇÃO MENTAL DA COORDENAÇÃO DAS TRÊS VARIÁVEIS (água, tempo e nº rotações)

Categoria	Alunos T. 92/93	Alunos T. 93/94	Frequência
A			0
B	10		1
C	9	5;17;22	4
D	3;6		2
E	16	6	2
F	4;12	11;12;15;18	6
Freq. Total	7	8	15

Resumindo, nenhum aluno faz uma antecipação mental da coordenação entre as três variáveis de modo autónomo, e apenas um faz a referida coordenação depois de ultrapassar dificuldades iniciais, por via de questões estimuladoras da reflexão. A categoria que combina maior frequência com mais elevado nível de coordenação é a C, que compreende 4 sujeitos (26,67 %) que começam por coordenar a quantidade de água com uma outra variável e só depois de interpelados acrescentam a terceira variável. Há dois sujeitos que tendo feito a coordenação da quantidade de água com uma outra variável, não chegam a referir a terceira, mesmo que muito ajudados. E há dois sujeitos que preconizam uma percepção visual de maior/menor velocidade. A categoria de maior frequência (6; 40%) é a dos sujeitos que apenas conseguem referir as variáveis, uma a uma, mediante questões focalizadoras de cada uma delas. Pode-se

afirmar que 10 em 15 sujeitos (66,67 %) do nível Médio não conseguem fazer uma antecipação mental da coordenação entre as três variáveis, mesmo com ajuda interactiva.

Em termos de semelhanças entre o nível Alto e o nível Médio é de sublinhar o seguinte:

a) no nível Alto há 5 sujeitos (38,46 %) e no nível Médio há 4 sujeitos (26,67 %) que fazem a coordenação de duas variáveis e, depois de solicitados a reflectir, referem a terceira variável;

b) em cada grupo há dois sujeitos que não fazem qualquer coordenação, preconizando fazer um juízo de maior/menor velocidade com base numa percepção visual do comportamento dos frascos.

Como diferenças destacam-se:

a) o facto de 6 sujeitos (46,15 %) do nível Alto fazerem a coordenação das três variáveis, com ou sem dificuldade inicial, e apenas 1 sujeito (6,67 %) do nível Médio fazer a a coordenação das três variáveis, com dificuldade inicial;

b) haver no nível Médio dois sujeitos (13,33 %) que fazendo a coordenação entre duas variáveis, não chegam a referir a terceira, apesar de ajudados a pensar, o que não acontece em nenhum caso no nível Alto;

c) o facto de haver 6 sujeitos (40 %) no nível Médio que não chegando a fazer uma coordenação, nem de duas nem de três variáveis, vão referindo cada uma delas, mediante questões focalizadoras de cada variável. Não há no nível Alto nenhum aluno nestas circunstâncias.

Antevisão do modo de recolha de dados relativamente ao tempo e número de rotações, com vista a ajuizar da maior/menor velocidade

Foram tomadas como ponto de partida as categorias já constituídas na análise dos sujeitos do nível Alto, e acrescentada uma nova categoria para compreender situações não encontradas nesse nível. As categorias são as seguintes:

CATEGORIA A (S/dif + S/dif.): não revela grande dificuldade em fazer uma das formulações previstas (a - fixar um tempo determinado e contar o número de rotações correspondente; b - fixar um determinado número de rotações e medir o tempo correspondente) quer no plano operacional, quer no plano recapitulado.

CATEGORIA B (C/dif. + S/dif.): revela razoável dificuldade em estabelecer uma daquelas formulações no plano operacional, mas uma vez alcançada por intermédio de alguma interacção, utiliza essa aprendizagem no plano recapitulado.

CATEGORIA C (C/ dif. + C/ dif.): revela dificuldade em estabelecer uma daquelas formulações, quer no plano operacional quer no plano recapitulado, não sendo capaz de utilizar directamente, nesta fase, a aprendizagem efectuada no plano operacional.

No quadro seguinte apresentam-se os sujeitos por categoria, bem como a frequência em cada categoria.

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

	Alunos Nº		
Categoria	Turma 92/93	Turma 93/94	Frequência

A(S/dif.+S/dif.)	10		1
B(C/dif.+S/dif.)	4	5;6;11;12;15;18; 19;22	9
C(C/dif.+C/dif.)	3;6;9;12;16		5
Freq. Total	7	8	15

Apenas um aluno revela facilidade na fixação do tempo durante o qual irá contar rotações, ou fixação do número de rotações durante as quais irá medir o tempo, quer no plano operacional, quer no plano recapitulado. Nove (60 %) revelam dificuldade no plano operacional, mas retêm essa aprendizagem de modo a utilizá-la no plano recapitulado. Cinco sujeitos (33,33 %) revelam dificuldade quanto à previsão de como proceder à recolha de dados, e não sendo capazes de transferir a aprendizagem aí efectuada para o plano recapitulado, voltam a ter necessidade de ajuda nessa fase.

Comparativamente com os sujeitos do nível Alto, é notória uma maior dificuldade em fazer a antevisão do modo de recolha de dados relativamente ao tempo e número de rotações. Na categoria A, passa-se de 6 sujeitos (46,15 %) no nível Alto para apenas 1 (6,67 %) no nível Médio. Por outro lado, foi necessário criar uma nova categoria para 5 sujeitos (33,33 %) que precisando de ajuda na fase do plano operacional, não retêm essa aquisição para o plano recapitulado, necessitando novamente de ajuda. No nível Alto essa retenção verifica-se a 100 %.

Um ponto de semelhança reside no facto de termos na categoria B, 7 sujeitos do nível Alto (53,84 %) e 9 sujeitos (60 %) do nível Médio. Em ambos os casos é claramente superior a 50 % a percentagem de sujeitos que, estimulados a reflectir,

conseguem, na fase do plano operacional, fazer uma previsão do modo de recolha de dados relativamente ao tempo e número de rotações, e retêm essa aprendizagem de modo a utilizá-la no plano recapitulado.

Analisemos agora a qual das variáveis é atribuído um valor previamente fixado, ficando o valor da outra dependente dessa decisão. Utilizaremos as categorias já constituídas:

CATEGORIA A: é fixado um determinado tempo, durante o qual se irá contar o número de rotações dadas pelo rodízio.

CATEGORIA B: é fixado um determinado número de rotações, para as quais se vai medir o tempo correspondente.

CATEGORIA C: é tomado como ponto de referência o momento em que o rodízio pára, devendo medir-se o tempo e o número de rotações correspondentes, e dividir-se, depois, o tempo pelo número de rotações, sendo o mais rápido o que precisa de menos tempo para uma rotação.

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

Categoria	Alunos Nº		Frequência
	Turma 92/93	Turma 93/94	
A	4;6;12;16	6;22	6
B	3;9;10	5;11;12;15;17; 18	9
C			0
Freq. Total	7	8	15

Tal como no conjunto dos sujeitos do nível Alto, é maior a percentagem dos que fixam previamente um determinado número de rotações, havendo 8 sujeitos (61,54%) no nível Alto e 9 sujeitos (60 %) no nível Médio.

A previsão de como decidir operacionalmente a maior/menor velocidade de rotação

Consideremos as três formas de antever a operacionalização da maior/menor velocidade identificadas entre os sujeitos do nível Alto:

- *o que precisar de menos tempo para dar uma rotação é o que tem maior velocidade;*
- *o que der mais rotações em x tempo é o que tem maior velocidade;*
- *o que precisar de menos tempo para dar n rotações é o que tem maior velocidade.*

Os alunos são solicitados a fazer tal operacionalização em dois momentos: no plano operacional e no plano recapitulado. Vejamos como se distribuem os alunos por diferentes categorias, tomando como ponto de partida as categorias A, B, C, D já constituídas para os alunos do nível Alto. Foi necessário criar duas novas categorias designadas por E e F.

CATEGORIA A (S/dif.+S/dif.): não revelam dificuldade em se aproximar a uma daquelas três formulações, nem no plano operacional, nem no plano recapitulado.

CATEGORIA B (C/dif.+S/dif.): revelam dificuldade em se aproximar a uma daquelas formulações no plano operacional, mas depois de o conseguirem, por intermédio de questões estimuladoras da reflexão, retêm e utilizam essa aprendizagem no plano recapitulado.

CATEGORIA C (C/dif.+C/dif.): revelam dificuldade em ambas as fases, precisando em cada uma delas de ser etimulados a pensar, para chegarem a um boa resposta.

CATEGORIA D (C/dif.+Não): carece de muita interacção no plano operacional, e no plano recapitulado a pequena interacção concedida não é suficiente para que o aluno chegue a qualquer boa formulação.

CATEGORIA E (Não + C/dif.): não chega a fazer qualquer das formulações no plano operacional, apesar de toda a interacção concedida, mas consegue-o, com alguma interacção, na fase de plano recapitulado;

CATEGORIA F (Não + Não): não consegue fazer qualquer das formulações, quer no plano operacional quer no plano recapitulado, apesar de todo o apelo à reflexão.

É a seguinte a distribuição dos sujeitos por categoria.

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

Categoria	Alunos Nº		Frequência
	Turma 92/93	Turma 93/94	
A(S/dif.+S/dif.)			0
B(C/dif.+S/dif.)		5;15;22	3
C(C/dif.+C/dif.)	6;9;10;12;16	11	6
D(C/dif.+Não)		18	1
E(Não+C/dif.)	3;4	6	3
F(Não+Não)		12;17	2
Freq. Total	7	8	15

Verifica-se que nenhum aluno prevê correctamente o modo de operacionalizar a velocidade, na fase de plano operacional, de forma autónoma. Nove (60 %) precisam

de ser estimulados à reflexão através de questões, na fase de plano operacional e, de entre esses, apenas 3 (20 %) compreendem realmente o modo de operacionalização da velocidade, transferindo essa aprendizagem para o plano recapitulado. Poderemos assumir que os cinco alunos (40 %) das categorias D, E e F não chegam a uma indicação credível do modo de operacionalização, ou não chegam de todo. Estes dados revelam que a previsão de como decidir operacionalmente a maior/menor velocidade é uma tarefa particularmente difícil para estes alunos.

Comparativamente com o grupo do nível Alto são de sublinhar as seguintes diferenças:

a) na categoria A, que se refere aos sujeitos que sem dificuldade fazem uma das formulações correctas quanto à previsão operacional de como decidir maior/menor velocidade, há 4 sujeitos (30,78 %) no nível Alto e nenhum no nível Médio;

b) no conjunto das categorias A e B, que abrange os sujeitos que têm em comum a formulação sem dificuldade, no plano recapitulado (podendo ou não ter dificuldade no plano recapitulado), temos 9 sujeitos (69,23 %) no nível Alto e 3 (20 %) no nível Médio;

c) na categoria C, correspondente aos sujeitos que fazem uma das formulações, com dificuldade, quer no plano operacional, quer no plano recapitulado, existem 2 sujeitos (15,38 %) no nível Alto e 6 (40 %) no nível Médio.

d) teve que se criar duas novas categorias para o nível Médio, correspondentes a sujeitos que apenas conseguem, com bastante dificuldade, fazer a formulação no plano operacional, não o conseguindo no plano recapitulado, e a sujeitos que não

conseguem fazer a formulação em nenhum das fases. São 5 (33,33 %) os sujeitos nessas circunstâncias;

e) considerando os sujeitos que revelam muita dificuldade ou não conseguem mesmo chegar à formulação desejada (soma das frequências das categorias C, D, E e F), temos 4 sujeitos (30,77 %) no nível Alto e 12 (80 %) no nível Médio.

Conservar uma consciência permanente do problema em estudo ao longo da investigação

Tal como anteriormente, tomámos como indicadores deste parâmetro a recordação que o aluno faz do problema em estudo, aquando da recapitulação, e no modo como, no final, responde ao problema, pretendendo-se que relacione os dados obtidos para o fazer. É de sublinhar, desde logo, que a recordação do problema é feita em termos das quantidades particulares de água especificadas, o que verificámos também nos sujeitos do nível Alto. A título de exemplo apresentam-se as formulações de dois alunos:

- *saber se o frasco cheio anda mais depressa do que meio cheio* (Bruno Miguel, 10 anos);
- *saber qual anda mais depressa, o cheio ou o mais cheio* (Rogério, 9 anos).

Exemplos de formulações, na recordação do problema, que não foram aceites são:

- *quantos segundos dá uma volta ?* (Ana Margarida, 9 anos);
- *saber se dá mais voltas com mais água* (Andreia, 9 anos);
- *quero medir o tempo que a água demora a sair* (Vítor Sérgio, 9 anos).

Exemplos de respostas ao problema, com recurso ao relacionamento entre os dados obtidos:

- *o frasco que anda mais depressa é o que tem mais água. Porquê ? Porque em 11 segundos, com 200 ml deu 4 voltas e em 11 segundos, com 300 ml, deu 8 voltas* (Bruno Ferreira, 10 anos);

- *com mais quantidade de água faço dez voltas mais depressa* (Tiago José, 9 anos).

A análise efectuada baseou-se nas cinco categorias já constituídas para o nível Alto, tendo sido necessário a constituição de mais uma categoria para casos não encontrados naquele nível.

CATEGORIA A (S/dif+S/dif.): recorda sem dificuldade o problema em estudo, em termos articulares, e responde sem dificuldade ao problema relacionando os resultados obtidos.

CATEGORIA B (S/dif.+C/dif.): recorda sem dificuldade o problema em estudo, em termos articulares, mas precisa ser estimulado a pensar para responder ao problema relacionando os resultados obtidos.

CATEGORIA C (C/dif.+S/dif.): precisa ser estimulado a pensar para recordar o problema em estudo, e responde sem dificuldade ao problema relacionando os resultados obtidos.

CATEGORIA D (C/dif.+C/dif.): precisa ser estimulado a pensar para recordar o problema em estudo, e precisa ser estimulado a pensar para responder ao problema relacionando os resultados obtidos.

CATEGORIA E (S/dif.+Não): recorda sem dificuldade o problema em estudo, em termos particulares, mas responde ao problema reafirmando os termos da hipótese ou previsão já efectuadas, ignorando os resultados obtidos.

CATEGORIA F (C/dif.+Não): recorda com dificuldade o problema em estudo, em termos particulares, e tenta responder ao problema ignorando os resultados obtidos, reafirmando frequentemente os termos da hipótese ou previsão efectuada.

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

Categoria	Alunos Nº		Frequência
	Turma 92/93	Turma 93/94	
A(S/dif.+S/dif.)	12;16		2
B(S/dif.+C/dif.)	9	6;17	3
C(C/dif.+S/dif.)	3	5;11;12;18	5
D(C/dif.+C/dif.)	4	15	2
E(S/dif.+Não)	6; 10		2
F(C/dif.+Não)		22	1
Freq. Total	7	8	15

Há uma grande dispersão pelas diferentes categorias, o que resulta da não concomitância, em cada sujeito, das duas condições a nível idêntico. Temos 7 sujeitos (46,67 %) que recordam o problema, sem dificuldade, na fase de reacpitulação, e outros 7 (46,67 %) que respondem ao problema, sem dificuldade, relacionando os dados obtidos. Contudo a intersecção destes dois conjuntos é de apenas 2 sujeitos (13,33 %). São estes que consideram conservar uma boa consciência do problema em estudo ao longo de toda a investigação. Considerando a conjunção das duas condições com indicador da consciência do problema ao longo da investigação, poder-se-á dizer que 10 sujeitos (66,67 %) carecem que essa consciência seja reavivada através de

questões. Destes 10, há 2 (13,33 %) que revelam muita dificuldade, precisando de ajuda em ambos os ítems. Três sujeitos (20 %) conseguem recordar o problema na fase de recapitulação, mas não conseguem de todo responder ao problema servindo-se dos resultados obtidos. Cinco sujeitos (33,33 %) parecem revelar uma tendência para perderem a consciência do problema ao longo da investigação.

É ainda de sublinhar que todos os sujeitos, com maior ou menor dificuldade, conseguem recordar o problema na fase de recapitulação, e só 13 (80 %) conseguem responder ao problema com recurso aos dados obtidos, com maior ou menor ajuda.

Comparativamente com o grupo do nível Alto há que sublinhar o seguinte:

a) na categoria A - correspondente aos sujeitos que sem dificuldade recordam o problema e respondem ao problema, no final, relacionando os dados obtidos - temos 6 sujeitos (46,15 %) no nível Alto e apenas 2 sujeitos (13,33 %) no nível Médio;

b) na soma das frequências das categorias B e C, correspondente aos sujeitos que manifestam dificuldade numa das fases (recordação do problema ou resposta ao problema no final), há 4 sujeitos (30,77 %) no nível Alto e 8 sujeitos (53,33 %) no nível Médio;

c) o número de sujeitos que considerámos perderem a consciência do problema, apesar da ajuda concedida (soma das frequências das categorias D, E e F), é de 3 (23,08 %) no nível Alto e de 5 (33,33 %) no nível Médio.

Ajustamentos de procedimentos face às dificuldades surgidas na execução

Doze dos quinze alunos (80 %) do nível Médio, não puderam realizar a sua investigação sem procederem a ajustamentos das condições iniciais por si preconizadas. A fim de classificarmos os sujeitos quanto ao modo como procederam, em termos de alterações às condições iniciais, por forma a viabilizar-se a realização da investigação, utilizámos as duas categorias já constituídas para os sujeitos do nível Alto e criámos três novas categorias.

CATEGORIA A: o aluno manifesta perplexidade ou, desde logo, se dá-se conta da “anormalidade” da inversão do sentido do movimento, antes do tempo fixado ou do número de rotações fixado. Perante a questão *o que fazer ?* sugere, sem dificuldade, uma de duas possibilidades: a) aumentar a quantidade de água ou diminuir o número de rotações, no caso de ter fixado o número de rotações; b) aumentar a quantidade de água ou diminuir o tempo, no caso de ter fixado o tempo.

CATEGORIA B: o aluno manifesta perplexidade ou logo se dá-se conta da “anormalidade” da inversão do sentido do movimento, antes do tempo fixado ou do número de rotações fixado. Perante a questão *o que fazer ?* sugere uma de duas possibilidades, após ser estimulado a pensar face a hesitações e ideias não apropriadas: a) aumentar a quantidade de água ou diminuir o número de rotações, no caso de ter fixado o número de rotações; b) aumentar a quantidade de água ou diminuir o tempo, no caso de ter fixado o tempo.

CATEGORIA C: o aluno prossegue normalmente a contagem de rotações ou medição do tempo, após a inversão do sentido do movimento, só reconhecendo a “anormalidade” depois de alertado para a possibilidade de algo errado. Perante a questão *o que fazer ?* sugere uma de duas possibilidades: a) aumentar a quantidade de água ou diminuir o número de rotações, no caso de ter fixado o número de rotações; b) aumentar a quantidade de água ou diminuir o tempo, no caso de ter fixado o tempo.

Exemplos:

- Tendo o aluno fixado o tempo em 30 segundos, continuou a contar rotações, depois da inversão, quando ainda não se tinha atingido aquele tempo. Pergunta: Achas que está bem ? Resposta: *Não se conta quando virar; o tempo é muito*. Sugeriu então passar de 30 segundos para 20. Ao verificar que, de novo, se dava inversão aos 12 segundos, corrigiu novamente o tempo para 11 segundos (Bruno Ferreira, 10 anos);

- Tendo a aluna fixado 10 rotações, prosseguiu a contagem à 8ª rotação, o momento em que se deu a inversão do movimento. Concluída a contagem perguntou-se se havia algo de errado. R: *O frasco andou ao contrário; não fica bem feito*. Que fazer então? *Mudar as voltas para 8* (Ana Margarida, 9 anos);

- Com 250 ml, à sétima rotação dá-se a inversão do movimento, continuando o aluno a contar rotações até chegar às 10. Pergunta-se se não se passou nada de errado. R: *Na sétima volta demorou muito e virou de sentido*. Que fazer ? *Pôr maior quantidade de água*. O aluno sugere então 400 ml e 500 ml em vez de 250 e 300 (Rui, 9 anos).

CATEGORIA D: o aluno prossegue normalmente a contagem de rotações ou medição do tempo, após a inversão do sentido do movimento, só reconhecendo a “anormalidade” depois de alertado para a possibilidade de algo errado. Perante a questão *o que fazer ?* sugere uma de duas possibilidades, após ser estimulado a pensar face a hesitações e ideias não apropriadas: a) aumentar a quantidade de água ou diminuir o número de rotações, no caso de ter fixado o número de rotações;b) aumentar a quantidade de água ou diminuir o tempo, no caso de ter fixado o tempo.

Exemplos:

- O aluno contou dez rotações, tendo-se verificado a inversão do movimento à nona rotação. Perguntou-se se tinha reparado em algo errado. R: *Não ficava bem feito? Que fazer ? Repetir a experiência*. E se na repetição acontecer o mesmo? O aluno fica sem resposta. Insiste-se: *Podés alterar o número de voltas*. Depois de pensar responde: *Conto só nove voltas* (Óscar, 10 anos);

- O aluno, tendo fixado um tempo de 30 segundos, prossegue a contagem de rotações após a inversão do sentido do movimento, que se verificou antes daquele tempo. Perguntou-se se algo estaria errado. R: *O frasco virou a meio*. Como evitar isso? R: *Tem que se contar até o frasco parar*. E assim o frasco não vira? R: *Vira*. Podés também alterar o tempo. R: *Ponho 15 segundos em vez de 30* (Bruno Miguel, 10 anos).

CATEGORIA E: o aluno manifesta perplexidade ou logo se dá-se conta da “anormalidade” da inversão do sentido do movimento antes do tempo fixado ou do número de rotações fixado. Perante a questão *o que fazer?* sugere, somente para a quantidade de água em que a inversão se deu precocemente, uma de duas possibilidades: a) aumentar a quantidade de água ou diminuir o número de rotações, no caso de ter fixado o número de rotações; b) aumentar a quantidade de água ou diminuir o tempo, no caso de ter fixado o tempo. Depois de estimulado a reflectir reconhece que os ajustamentos efectuados se devem aplicar às duas quantidades de água.

Exemplos:

- Tendo a aluna fixado 10 rotações, apercebeu-se de que se dá a inversão do movimento antes daquele número de rotações, parando de contar. Que fazer? R: *Repetir*. Mas poderá acontecer a mesma coisa. *Então conto só oito rotações*. Contudo a aluna manifesta o propósito de, com a outra quantidade de água, retomar as 10 rotações previstas inicialmente. Depois de estimulada a pensar sobre a justeza desse procedimento, reconhece que em ambos os casos deverá contar somente oito rotações (Rosa, 9 anos);

- O aluno começou por contar 10 rotações com a quantidade de água maior. Ao contar as rotações com a quantidade de água menor, verifica que o movimento não chega às 10 rotações. Pergunta: *Que fazer?* R: *Contar menos voltas da segunda vez*. E o que já fizeste fica como está? Num caso tens 10 voltas e noutra passas a ter menos de 10. *Então ponho mais água da segunda vez*. E o número de rotações como fica? *Dez nas duas vezes* (Tiago José, 9 anos).

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

Categoria	Alunos Nº		Frequência
	Turma 92/93	Turma 93/94	
A		15	1
B			0
C	3; 4;6;16	5;6;22	7
D	10;12		2
E	9	18	2

Freq. Total	7	5	12
-------------	---	---	----

Há dois alunos que executam a investigação de acordo com as condições iniciais, não precisando de fazer ajustamentos, e um outro que procede de um modo particular. O Luis (9 anos), perante a inversão do sentido do movimento afirma convictamente que esse facto não tem importância. Deixou-se que prosseguisse a execução, tendo-se observado inversão em ambos os casos. Os dados obtidos foram: 200ml - 10 rotações - 35,2 segundos; e 400 ml - 10 rotações - 19,1 segundos. De facto os resultados estão de acordo com a hipótese correcta, sendo essa a conclusão do aluno. Contudo recorreu-se a um método que não controla o efeito da inversão. Nada garante à partida que haveria inversão nas duas situações e, mesmo havendo, a perturbação que ela introduz no movimento muito dificilmente é idêntica nos dois casos. Este procedimento não é comparável à do aluno que decidiu, para as duas quantidades de água, medir o tempo e o número de rotações até o frasco parar completamente, para depois calcular o tempo de uma rotação em cada caso. Por isso os resultados obtidos pelo Luis têm um carácter particular que, por acaso, são coincidentes com a solução geral.

Comparando o grupo do nível Médio com o grupo do nível Alto, a grande diferença é que no nível Alto apenas 4 sujeitos (30,77 %) não realizam a investigação de acordo com as condições iniciais, precisando realizar ajustamentos no decurso da execução, enquanto no nível Médio 12 sujeitos (80 %) precisam de fazer tais ajustamentos. Esta tão grande diferença sugeriu ao investigador reconsiderar a convicção, até aqui sustentada, de que a necessidade de ajustamentos, na execução, seria algo

complemente aleatório, decorrente das condições iniciais estipuladas em termos de quantidades de água, por um lado, e tempo ou número de rotações a medir ou contar, por outro lado. Tal convicção baseava-se na suposição de que os diferentes valores sugeridos para aquelas variáveis (o modo como a eles se chega é um problema de natureza completamente diferente), em si mesmo, não representam diferenças de qualidade na abordagem do problema. É esta suposição que parece ser posta em causa pelos resultados e, por isso, decidimos fazer uma análise comparativa das condições iniciais estipuladas pelos alunos dos níveis Alto e Médio.

Na decisão das quantidades de água iniciais, todos os alunos têm como referência um recipiente graduado de 500 ml, com o qual vão fazer as medições. As quantidades sugeridas, variam entre os 100 ml e os 500 ml, em ambos os grupos, apresentando os pares de valores sugeridos, diferenças de 200 ml e 100 ml, por ordem decrescente de frequência, também em ambos os grupos. Não se vislumbra, pois, quanto a esta variável nenhum sinal diferenciador do grupo do nível Alto e do nível Médio, parecendo que o recipiente de medida se constitui com o factor uniformizador.

Já quanto à fixação do tempo durante o qual se propõem contar rotações ou, em alternativa, à fixação do número de rotações cujo tempo se propõem medir, os alunos não dispõem de qualquer elemento de referência. Atente-se no quadro seguinte de frequências de tempos e números de rotações sugeridos de início, para os níveis Alto e Médio.

FREQUÊNCIAS DE TEMPOS E NÚMEROS DE ROTAÇÕES SUGERIDOS DE INÍCIO

f.NÍVEL	TEMPO FIXO DE INÍCIO (segundos)				Nº ROTAÇÕES FIXO INÍC.		
	10 s	15 s	20 s	30 s	5 R	8 R	10 R
f. ALTO	2	1	0	1	3	0	5

f.MÉD.	0	0	1	4	1	1	8
--------	---	---	---	---	---	---	---

Verifica-se, nos sujeitos que optaram por fixar previamente um determinado tempo para contagem do número de rotações, que os do nível Alto, exceptuando um, sugerem tempos iguais ou inferiores a 15 segundos. Em contraste com esse facto, os do nível Médio sugerem, todos, tempos iguais ou superiores a 20 segundos, dos quais 80 % (4) sugerem tempos de 30 segundos. Semelhante contraste verifica-se em termos da distribuição de frequências pelos números de rotações fixados. No nível Alto, 3 sujeitos sugerem 5 rotações e 5 sujeitos sugerem 10 rotações, enquanto que no nível Médio temos 8 sujeitos a sugerirem 10 rotações, 1 oito rotações e 1 cinco rotações.

Estes dados sugerem, como possibilidade bastante consistente - mesmo tratando-se de amostras muito pequenas de 4, 5, 8 e 10 sujeitos -, que as distribuições de frequências de tempos e dos números de rotações não são idênticas e aleatóreas nos níveis Alto e Médio. Parece haver uma tendência dos alunos do nível Alto em sugerirem tempos mais baixos do que os do nível Médio e, por outro lado, um predomínio dos sujeitos do nível Médio no valor mais alto de rotações, enquanto os do nível Alto se dispersam mais. Ora, são justamente os elevados valores de tempos e de número de rotações - embora relacionados com as quantidades de água -, que estão na origem da inversão do sentido do movimento, antes de atingido o tempo pretendido, ou contado o número de rotações fixado, inviabilizando-se o prosseguimento da investigação sem que sejam introduzidas alterações naqueles valores iniciais. É isso que acontece em 80 % dos sujeitos do nível Médio, e apenas 33,77 % do nível Alto.

Uma hipótese interpretativa destes resultados é que os sujeitos do nível Alto têm uma mais apurada percepção da natureza do fenómeno de rotação e do problema

em estudo e, por isso revelam uma maior acuidade ao nível das decisões quanto ao tempo ou número de rotações, a medir ou contar. Por outras palavras, uma melhor percepção do fenómeno e do problema estará associada a uma melhor qualidade da estratégia de resolução do problema. Pode estar subjacente à diferença de percepção do problema e de qualidade da estratégia da sua resolução, uma melhor noção de tempo por parte dos sujeitos do nível Alto. Com efeito, uma boa estimativa do que significam 10 segundos, pode ajudar a ajuizar que esse seja um tempo suficientemente grande para se prolongar satisfatoriamente o movimento de rotação, e suficientemente pequeno para se evitar uma acentuada desaceleração, que eles já sabem irá acontecer, podendo ser tida como perturbadora da boa solução do problema. Pode também, estar subjacente uma melhor noção do que significam n rotações em termos do desenvolvimento do movimento. Os alunos, antes de formulado o problema, tiveram oportunidade de observar o frasco em movimento completo, bem como a oportunidade de contar rotações. Essa experiência parece ter contribuído para que uma maior percentagem de sujeitos do nível Alto compreendessem que um pequeno número de rotações como 5, já corresponderia a um bom desenvolvimento do movimento, suficiente para se proceder à recolha de dados requerida pela resolução do problema.

Outras diferenças a assinalar, comparando o nível Alto com o nível Médio são:

a) dos quatro sujeitos do nível Alto que tiveram que proceder a ajustamentos, todos manifestam perplexidade ou logo reconhecem estar perante uma “anormalidade” no momento em que se dá a inversão do sentido do movimento antes de terminada a contagem das rotações ou a medição do tempo. Por seu turno, no grupo do nível Médio, apenas um sujeito procede desse modo, e 9 prosseguem normalmente a contagem ou medição após a inversão do sentido do movimento;

b) apenas no nível Médio há sujeitos (2) que admitem a necessidade de ajustamentos quanto ao tempo ou número de rotações, somente para uma das quantidades de água, pretendendo realizar a investigação, conservando as condições iniciais para a outra quantidade de água.

Coordenação das três variáveis na execução da investigação

Tal como anteriormente, tomámos como indicadores deste parâmetro as respostas aos ítems 4.4. e 4.5., que são, respectivamente:

- *registra os dados na correcta correspondência entre as três variáveis: quantidade de água, tempo e número de rotações;*
- *registra correctamente os dados numa tabela, a pedido do investigador.*

Para além das categorias A e B, já criadas para o nível Alto, foi necessário criar quatro novas categorias, sendo as seguintes as seis categorias:

CATEGORIA A: o aluno regista, de início, os dados em correspondência entre as três variáveis e faz a tabela correctamente e bem preenchida;

Exemplo:

Bruno Miguel (10 anos)

O frasco em 15 s deu 15 voltas com ele cheio

O frasco em 15 s deu 6 voltas com meio frasco de água

	<i>quantos segundos</i>	<i>quantas voltas</i>	
<i>frasco cheio</i>	<i>15 s</i>	<i>15 voltas</i>	
<i>frasco só com meia água</i>	<i>15 s</i>	<i>6 voltas</i>	

CATEGORIA B: o aluno regista os dados em correspondência de duas variáveis e, depois de interpelado, acrescenta a terceira variável em correcta correspondência. Faz a tabela correctamente e bem preenchida,

CATEGORIA C: o aluno regista de início apenas uma variável, precisando ser interpelado uma ou duas vezes para registar as outras duas em correspondência. Faz a tabela correctamente e bem preenchida;

Exemplos:

Ana Margarida (9 anos)

- A aluna regista o número de rotações, que acaba de contar, para cada uma das quantidades de água. Pergunta-se-lhe: *é só isso que tens a registar ?* R: *A água também.* E o que eu medi não interessa? *Sim, o tempo.* A aluna regista então as quantidades de água e os tempos, em correcta correspondência com o número de rotações.

8 voltas 500 ml 10 se

8 voltas 300 ml 11 se

<i>quantidade de água</i>	<i>número de voltas</i>	<i>nº de segundos</i>
<i>500 ml</i>	<i>8 vol.</i>	<i>10 se.</i>
<i>300 ml</i>	<i>8 vol.</i>	<i>11se.</i>

CATEGORIA D: o aluno regista de início apenas uma variável, precisando ser interpelado uma ou duas vezes para registar as outras duas em correspondência. Faz a tabela de forma correcta ou com algumas imperfeições, precisando contudo de acentuada interacção;

Exemplos:

Óscar (10 anos)

- O aluno regista o tempo que o investigador lhe fornece, depois de cada medição. Com bastante dificuldade e após bastante interacção, acrescenta as quantidades de água e o número de rotações.

15,8 s 300 ml 9 v.

12 s 400 ml 9 v.

<i>Número de volta</i>	<i>qantidade de água</i>	<i>tempo em 9 voltas</i>
<i>9</i>	<i>300 ml</i>	<i>15,8 s</i>
<i>9</i>	<i>400 ml</i>	<i>12 s</i>

Rogério (9 anos)

- O aluno limita-se a registar, de início, cada número de voltas que acaba de contar. Pergunta-se-lhe se não há mais nada para registar. Nessa altura, escreve ao lado de cada número de rotações a correspondente quantidade de água. Parecendo considerar que o registo estava completo o investigador pergunta-lhe: e o que é que eu fiz? R:*Mediu o tempo.* Segue-se a esta resposta o correspondente registo.

9 voltas em 500 ml 10 segundos

7 voltas em 300 ml 10 segundos

	<i>voltas</i>	<i>quantos segundos</i>
<i>água 500 ml</i>	<i>9 voltas</i>	<i>10 s</i>
<i>água 300 ml</i>	<i>7 voltas</i>	<i>10 s</i>

CATEGORIA E: o aluno regista de início duas variáveis em correspondência e, só depois de interpelado, acrescenta a terceira. Revela-se incapaz de construir uma tabela e registar os dados correctamente, apesar de toda a interacção concedida. Contudo, regista correctamente os dados depois de lhe ter sido fornecida a tabela;

CATEGORIA F: o aluno não faz o registo de qualquer par de variáveis em correspondência. Com bastante interacção, consegue construir a tabela e preenchê-la, embora com imperfeições.

Exemplo:

Maria Joana (9 anos)

<i>Tempo</i>			
<i>1 experimentação</i>	<i>500 cm³</i>	<i>9 s</i>	<i>10 voltas</i>
<i>2 experimentação</i>	<i>400 cm³</i>	<i>11 s</i>	<i>10 voltas</i>

Apresenta-se a seguir o quadro de alunos por categoria e frequências por categoria.

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

Categoria	Turma 92/93	Turma 93/94	Frequência
A	12		1
B	16	5;22	3
C	3	6	2
D	6;9;10	12;17	5
E	4		1
F		11;15;18	3
Freq. Total	7	8	15

Apenas um aluno (6,67 %) regista, de forma autónoma, os dados relativos às três variáveis em correspondência, e faz correctamente uma tabela de registos. Três alunos (20 %) registam, de início, dados relativos a duas variáveis em correspondência e, só depois de interpelados, acrescentam a terceira, fazendo a tabela correctamente e bem preenchida. Sete alunos (46,67 %) registam, de início, apenas uma variável, precisando ser interpelados, uma ou duas vezes, para registarem as outras duas em

correspondência. Destes 7, há 5 (33,33 %) que só com muita interação conseguem fazer a tabela correctamente, embora, por vezes, com algumas imperfeições. Um aluno (6,67 %) regista, de início, duas variáveis em correspondência, acrescentando depois a terceira, mas revela-se de todo incapaz de construir uma tabela. Por seu turno, três alunos (20 %) não são capazes de registar qualquer par de variáveis em correspondência, mas evoluem favoravelmente, por via da interação, na construção e preenchimento da tabela. Em resumo, apenas 4 alunos (26,67 %) revelam um bom nível de coordenação das três variáveis durante a execução da investigação, precisando os restantes de bastante ajuda.

Comparando o grupo do nível Médio com o grupo do nível Alto, entendemos dever realçar o seguinte:

a) no nível Alto todos os 13 sujeitos fazem o registo das três variáveis em correspondência - começando por duas e acrescentando depois a terceira, ou considerando as três de início -, e todos fazem a tabela correctamente e bem preenchida (A+B). No nível Médio, apenas 4 (26,67 %) satisfazem idênticas condições. Pode concluir-se que 100 % dos alunos do nível Alto revelam um bom nível de coordenação das três variáveis durante a execução, e apenas 26,67 % do grupo Médio revelam nível semelhante;

b) considerando separadamente os que, de início, registam as três variáveis (A) e os que começam por duas, precisando de ser interpelados para acrescentarem a terceira (B), temos 5 (38,46 %) e 8 (61,54 %) no nível Alto e 1 (6,67 %) e 3 (20 %) no nível Médio.

Utilização dos resultados fornecidos pela evidência para dar resposta ao problema

Para além das categorias A, B e C já constituídas para a análise dos sujeitos do nível

Alto, houve necessidade de criar uma outra categoria. São elas as seguintes:

CATEGORIA A: utiliza os resultados obtidos, ao ser-lhe posta a questão *qual é a resposta ao problema?*, para estabelecer uma relação entre tempo e número de rotações e indicar a quantidade de água que provocou maior/menor velocidade de rotação;

CATEGORIA B: começa por reafirmar simplesmente os termos da hipótese ou previsão já efectuadas mas, depois de estimulado a pensar, recorre aos resultados para concluir acerca da quantidade de água que provocou maior velocidade;

CATEGORIA C: não se refere aos resultados obtidos, apesar de instado a fazê-lo de forma indirecta, por via de questões, limitando-se a reafirmar os termos da hipótese ou previsão efectuadas;

CATEGORIA D: não utiliza como resposta a hipótese inicial mas, carece de ser bastante estimulado a pensar para recorrer aos resultados na formulação da conclusão acerca da quantidade de água provocou maior velocidade;

Apresenta-se a seguir o quadro de alunos por categoria e frequências por categoria.

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

Categoria	Turma 92/93	Turma 93/94	Frequência
A	3;9;12;16	5;11, 12;18;	8
B		6	1
C	10;6		2
D	4	15;17;22	4
Freq. Total	7	8	15

Verifica-se que 8 alunos (53,33 %), a maioria, recorre facilmente aos resultados obtidos para estabelecer uma relação entre tempo e número de rotações, e concluir daí acerca da maior/menor velocidade. Três alunos (20 %) começam por reafirmar a hipótese ou previsão já efectuadas, dos quais 1 consegue concluir com base nos resultados, mediante questões estimuladoras da reflexão. Um número significativo, 4 sujeitos (26,67 %), não tem de início uma resposta, precisando de ser muito ajudados a reflectir para utilizarem os dados e apresentarem uma conclusão neles baseada. É de 46,67 % a percentagem de alunos que não recorrem, de forma espontânea, aos dados da evidência para responder ao problema.

Comparativamente com o nível Alto, a única diferença que é merecedora de destaque reside no facto de ser maior, neste nível, a percentagem de alunos que requerem interacção, mais ou menos intensa, para estabelecerem uma relação entre tempo e número de rotações. Temos 2 (15,38 %) no nível Alto e 6 (40 %) no nível Médio. Tanto no nível Alto como no nível Médio há dois sujeitos que, apesar de todo os estímulo interactivo, simplesmente reafirmam a hipótese ou previsão iniciais, ignorando a evidência.

2.4.3. Análise da tarefa de investigação dos alunos do nível Baixo/Muito Baixo

Formulação de hipótese

Utilizámos as categorias A, B, C, D e E, que foram utilizadas na análise dos sujeitos do nível Médio. Não foi necessário criar uma novas categorias, mas considerar um grupo de sujeitos cuja formulação se desconhece ou simplesmente não formularam hipótese.

Assim temos os seguintes exemplos das três categorias cujas frequências não são nulas:

CATEGORIA A:

- *quanto mais pesado mais depressa anda* (Liliana 11 anos);

CATEGORIA B:

- *quando está vazio anda devagar e quando está cheio anda de força* (Sónia 8 anos);

- *se for mais água faz mais força e anda mais depressa, se for menos água anda devagarinho* (Gerardo, 9 anos).

CATEGORIA C :

- *se tiver pouca água anda devagarinho. Quanto mais água tiver mais o frasco anda.*

Pergunta: mais depressa ou durante mais tempo ? R: *Mais depressa e durante mais tempo* (Sofia 10 anos);

- *com mais água anda mais devagar* (Inês, 9 anos).

Nas categorias D e E não encontramos qualquer sujeito. Seis dos sujeitos não formulam hipótese, ou desconhece-se os termos da sua formulação. Entre estes, a Marisa (10 anos), quanto interpelada a formular a hipótese responde que *só vendo*.

Apresenta-se a seguir o quadro de alunos por categoria e frequências por categoria.

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

Categoria	Turma 92/93	Turma 93/94	Frequência
A	17		1
B	8	7;9	3
C		1,13	2
D			0
E			0

Desconhece-se ou n/ formulam	2;15;18	2;8;20	6
Freq. Total	5	7	12

Apenas um aluno formula a hipótese na forma *quanto mais/menos... tanto mais/menos*, três alunos formulam em termos de uma comparação explícita entre duas quantidades particulares de água, e dois formulam em termos do que se passa com *mais/muita água* e o que se passa com uma eventual menor quantidade de água que não é referida. Apenas estes 6 alunos (50%) podem considerar-se que formulam uma hipótese. Outros seis alunos (50 %) não formulam ou desconhece-se a sua formulação.

Considerando a metade dos sujeitos cujas formulações de hipótese não existem ou não registámos, a situação é semelhante à do nível Médio. Uma importante diferença entre o nível Médio e nível Baixo/Muito Baixo, por um lado, e o nível Alto, por outro lado, é aquele facto em si mesmo. A não formulação de hipótese reflecte uma ausência de qualquer ideia quanto à relação entre quantidade de água e velocidade de rotação. Por outro lado, a ausência de um registo, por parte do investigador, de uma formulação de hipótese, é resultado de um diálogo em que o aluno responde de forma muito titubante e fragmentada às perguntas que lhe vão sendo feitas, chegando assim a uma hipótese que é admitida, mas não propriamente formulada em termos de uma proposição do aluno.

Uma diferença significativa entre o nível Baixo/Muito Baixo e o nível Médio, reside no facto de no nível Médio existirem 4 sujeitos (26,67 %) que insistem numa explicação interpretativa de uma relação implícita entre quantidade de água e velocidade de rotação, não havendo nenhum aluno em tal circunstância no nível

Baixo/Muito Baixo. No nível Médio temos 11 alunos (73,33 %) que revelam ter uma hipótese em mente, mesmo quando não a verbalizam em termos de uma hipótese, e no nível Baixo/Muito Baixo temos 6 alunos (50 %) em idênticas circunstâncias.

Antecipação mental da coordenação entre as três variáveis, quantidade de água, tempo e número de rotações

Para efeito de classificação dos sujeitos quanto a este parâmetro, utilizámos as categorias já utilizadas no nível Médio, e que em parte provêm do nível Alto. Foi necessário constituir uma sétima categoria designada pela letra G. As categorias são as seguintes:

CATEGORIA A: coordenam as três variáveis logo de início, de modo autónomo, podendo a quantidade de água estar implícita na formulação ;

Exemplo:

- *Meço o tempo de 10 voltas enquanto o frasco se esvazia até meio e paro o frasco. Depois deixa-se o frasco andar e meço o tempo de dez voltas de meio para diante* (há efectivamente coordenação das três variáveis, mas sem controle do factor torção do fio).

CATEGORIA B: depois de alguma dificuldade inicial, coordenam as três variáveis autonomamente, podendo a quantidade de água estar implícita na formulação (não há exemplos);

CATEGORIA C: coordena a quantidade de água (implícita ou explicitamente) com uma das outras duas variáveis, não considerando a terceira. Considera a terceira variável depois de solicitado a reflectir (não há exemplos);

CATEGORIA D: baseia-se na percepção visual de velocidade, propondo-se observar o comportamento do frasco com duas quantidades, não chegando a nenhum tipo de coordenação das três variáveis.

Exemplos:

- Depois da hipótese, em que faz referência a *frasco cheio e pouca água*, pergunta-se: E como podes saber em que caso o frasco anda mais depressa? R: *Fazendo a experiência*. Mas mesmo assim, como é que a experiência te diz qual anda mais depressa? *Vendo andar*. Vais usar quantidades iguais ou diferentes? *Iguais para ver se da primeira vez é igual à segunda* (Bárbara Patrícia, 9 anos).

- *Tenho que encher o frasco todo e contar as voltas e ver se dá mais voltas do que meio cheio*. E como sabes em que caso o frasco anda mais depressa? *Temos que ver a velocidade olhando para o frasco e ver se anda mais depressa* (Taísa, 9 anos).

CATEGORIA E (uma *nuance* da categoria C): coordena a quantidade de água (implícita ou explicitamente) com uma das outras duas variáveis, não considerando a terceira. Não chega a considerar a terceira variável mesmo depois de incitado a reflectir.

Exemplos:

- *Faço três vezes com volumes diferentes e conto as voltas e no fim vejo* (Marisa Mendes, 10 anos);

- *Enche-se e vemos se o frasco anda mais depressa, cheio ou meio cheio*. Após alguma interacção conclui: *Vamos ver em que caso o frasco roda mais tempo até parar* (Sofia, 10 anos).

- *Vou usar duas quantidades e ver se anda mais depressa, se com mais ou com menos água*. Após a introdução do cronómetro e alguma interacção a aluna sustenta que irá medir o tempo que as duas águas demoram a esvaziar-se. E qual será o mais rápido? *O frasco que demorar mais tempo a esvaziar-se* (Paula Filipa, 9 anos).

CATEGORIA F: não faz coordenação explícita entre duas ou três variáveis, sendo referidas uma a uma, em resposta a questões formuladas, de um modo que revela da parte do aluno a compreensão da sua articulação (não há exemplo);

CATEGORIA G: faz referência a duas ou mais variáveis sem nexos algum, não estabelecendo uma coordenação aceitável entre quaisquer variáveis.

Exemplos:

- *Vamos contar as mesmas voltas nos mesmos segundos*. Quantas voltas e quantos segundos? *Dez voltas em dois segundos para cada*. Estás convencida de que é mesmo

assim? Não, tem que ser tudo diferente: um dez voltas e outro oito voltas; um sete segundos e outro 10 segundos. Em resposta a nova questão sugere contar dez voltas em dez segundos para cada quantidade (Sónia, 9 anos);

- Enchemos uma quantidade grande e uma quantidade pequena e contamos as voltas e o tempo que dá? Que voltas e que tempo? Até o frasco parar. E como saberás qual tem maior velocidade? Vai dar voltas diferentes e tempos diferentes e vou subtrair os tempos e as voltas (Paulo Ricardo, 9 anos);

- Enchemos o frasco até acima e via-se que em cima anda mais depressa e em baixo mais devagar. Não haverá uma forma mais exacta? Quantas vezes enches o frasco? Duas, cheio e meio cheio. Para que serve o cronómetro? Pára-se o cronómetro quando a água deixar de sair (Gerardo, 9 anos).

Apresenta-se a seguir o quadro de alunos por categoria e frequências por categoria.

FREQUÊNCIAS POR CATEGORIA NA ANTECIPAÇÃO MENTAL DA COORDENAÇÃO DAS TRÊS VARIÁVEIS (água, tempo e nº de rotações)

Categoria	Turma 92/93	Turma 93/94	Frequência
A		20	1
B			0
C			0
D	7	2	2
E	2;15	1	3
F			0
G	8;17;18	8;9;13	6
Freq. Total	6	6	12

Apenas um aluno (8,33 %) faz uma antecipação mental da coordenação entre as três variáveis, de modo autónomo; dois alunos (16,67 %) preconizam uma percepção visual de velocidade, não chegando a nenhum tipo de coordenação entre as três variáveis; e três alunos (25 %) coordenam a quantidade de água, de forma implícita ou explícita, com uma das outras duas variáveis, não considerando a terceira. Contudo, a categoria com mais elevada frequência (G) é a dos sujeitos que ao referirem-se a duas

ou mais variáveis o fazem sem qualquer nexos (6 sujeitos; 50 %). Pode-se concluir que 11 em 12 sujeitos (91,67 %) não conseguem fazer uma antecipação mental da coordenação entre as três variáveis, mesmo com ajuda interactiva.

Comparando com o nível Médio com o nível Alto é de realçar o seguinte:

a) No conjunto das categorias A e B - correspondentes aos sujeitos que com ou sem dificuldade fazem a coordenação das três variáveis - existe somente um sujeito, quer no nível Médio, quer no nível Baixo/Muito Baixo (6,67 %; 8,33 %), havendo 6 alunos (46,15 %) do nível Alto em condições idênticas;

b) Na categoria C - correspondente aos alunos que começam por coordenar duas variáveis e depois, mediante interacção, acrescentam a terceira - encontram-se no nível Médio 4 sujeitos (26,67 %) e no nível Baixo/Muito Baixo não se encontra nenhum. No nível Alto existem 5 alunos (38,46 %) em tais circunstâncias;

c) Quanto aos alunos que pretendem decidir na base de uma percepção visual de velocidade, não fazendo qualquer coordenação entre as variáveis (categoria D), há 2 sujeitos (13,33 %) no nível Médio e 2 sujeitos (16,67 %) no nível Baixo/Muito Baixo. Também no nível Alto há 2 sujeitos (15,38 %) nessas condições;

d) Há 2 sujeitos (13,33 %) no nível Médio e 3 sujeitos (25 %) no nível Baixo/Muito Baixo, que fazendo a coordenação entre duas variáveis, não chegam a coordenar as três, apesar de incitados a reflectir (categoria E). No nível Alto só existem 4 categorias, pelo que nesta categoria e nas seguintes não existem quaisquer sujeitos;

e) Não há no nível Baixo/Muito Baixo nenhum aluno na categoria F - correspondente aos sujeitos que vão sugerindo as variáveis uma a uma, de um modo

revelador da compreensão de como se articulam -, havendo no nível Médio 6 sujeitos (40 %) que procedem desse modo;

f) Finalmente merece um particular realce o facto de no nível Baixo/Muito Baixo existirem 6 sujeitos (50 %) que fazem referências, sem qualquer nexos, às diferentes variáveis, não estabelecendo qualquer tipo de coordenação aceitável. Não há nenhum caso destes, quer no nível Médio quer no nível Alto.

Antevisão do modo de recolha de dados, relativamente ao tempo e número de rotações com vista a ajuizar da maior/menor velocidade

Foram tomadas como ponto de partida as categorias já constituídas na análise do nível Médio, e acrescentada uma nova categoria para incluir situações não encontradas nesse nível. As categorias são as seguintes:

CATEGORIA A (S/dif + S/dif.): não revela grande dificuldade em fazer uma das formulações previstas (a - fixar um tempo determinado e contar o número de rotações correspondente; b - fixar um determinado número de rotações e medir o tempo correspondente) quer no plano operacional, quer no plano recapitulado;

CATEGORIA B (C/dif. + S/dif.): revela razoável dificuldade em estabelecer uma daquelas formulações no plano operacional mas, uma vez alcançada por intermédio de alguma interacção, faz a sua transferência para o plano recapitulado;

CATEGORIA C (C/dif. + C/dif.): revela dificuldade em estabelecer uma daquelas formulações, quer no plano operacional, quer no plano recapitulado, não sendo capaz de transferir para esta fase o que foi adquirido, por interacção, no plano operacional;

CATEGORIA D (Não+Não): não se aproxima de nenhuma daquelas formulações, nem no plano operacional, nem no plano recapitulado.

No quadro seguinte apresentam-se os sujeitos por categoria, bem como a frequência em cada categoria.

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

Categoria	Alunos Nº		Frequência
	Turma 92/93	Turma 93/94	
A(S/dif.+S/dif.)			0
B(C/dif.+S/dif.)			0
C(C/dif.+C/dif.)		20	1
D(Não+Não)	2;7;8;15;17;18	1;2;8;9;13	11
Freq. Total	6	6	12

O nível mais elevado é o de um aluno (8,33 %) que, precisando de muita interacção para chegar a formular um dos modos de recolha de dados, não transfere essa aprendizagem para o plano recapitulado, precisando de ser, de novo, estimulado a reflectir para formular o mesmo que antes. Onze alunos (91,67 %) não conseguem, de modo nenhum, prever o modo de recolha de dados a fim de ajuizarem da maior/menor velocidade, nem no plano operacional nem no plano recapitulado.

Não há qualquer semelhança, quanto a este parâmetro, entre o nível Baixo/Muito Baixo e os níveis Alto e Médio. Entre o nível Médio e o nível Baixo/Muito Baixo, há em comum somente um sujeito na categoria C, sendo de 100 % a percentagem dos sujeitos do nível Médio pertencentes às categorias A, B e C.

Previsão de como decidir operacionalmente a maior/menor velocidade

As três formas, de antever a operacionalização da maior/menor velocidade, identificadas, para os sujeitos dos níveis Alto e Médio são:

- *o que precisar de menos tempo para dar uma rotação é o que tem maior velocidade;*
- *o que der mais rotações em x tempo é o que tem maior velocidade;*
- *o que precisar de menos tempo para dar n rotações é o que tem maior velocidade.*

Os alunos são solicitados a fazer tal operacionalização em dois momentos: no plano operacional e no plano recapitulado. São as seguintes as categorias que utilizámos para o nível Médio e a que se recorre para o nível Baixo/Muito Baixo:

CATEGORIA A (S/dif.+S/dif.): não revelam dificuldade em se aproximar a uma daquelas três formulações, nem no plano operacional, nem no plano recapitulado;

CATEGORIA B (C/dif.+S/dif.): revelam dificuldade em se aproximar a uma daquelas formulações no plano operacional, mas depois de o conseguirem por intermédio de questões estimuladoras da reflexão, transferem essa aquisição para o plano recapitulado;

CATEGORIA C (C/dif.+C/dif.): revelam dificuldade em ambas as fases, precisando em cada uma delas de ser estimulados a pensar, para chegarem a uma boa resposta;

CATEGORIA D (C/dif.+Não): carece de muita interacção no plano operacional e, no plano recapitulado, a pequena interacção concedida não é suficiente para que o aluno chegue a qualquer boa formulação;

CATEGORIA E (Não + C/dif.): não chega a fazer qualquer das formulações no plano operacional, apesar de toda a interacção concedida, mas consegue-o, com alguma interacção, na fase de plano recapitulado;

CATEGORIA F (Não + Não): não consegue fazer qualquer das formulações, quer no plano operacional, quer no plano recapitulado, apesar de todo o esforço em apelar à reflexão.

É a seguinte a distribuição dos sujeitos por categoria.

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

Categoria	Alunos Nº		Frequência
	Turma 92/93	Turma 93/94	
A(S/dif.+S/dif.)			0
B(C/dif.+S/dif.)			0
C(C/dif.+C/dif.)			0
D(C/dif.+Não)			0
E(Não+C/dif.)		20	1
F(Não+Não)	2;7;8;15;17;18	1;2;8;9;13	11
Freq. Total	6	6	12

Também neste parâmetro 91,67 % dos sujeitos do nível Baixo/Muito Baixo revelam um insucesso completo. Vale a pena referir alguns exemplos de como certos alunos prevêem que se manifeste a maior velocidade:

- *Vejo as voltas e no fim vejo qual fez mais* (Marisa, 10 anos);
- *Vamos ver em que caso o frasco roda mais tempo* (Sofia, 10 anos);
- *Temos que ver a velocidade olhando para o frasco e ver qual anda mais depressa* (Taísa, 9 anos);
- *Anda mais rápido o frasco que demora mais a esvaziar-se* (Paula Filipa, 9 anos),

Conservar uma consciência permanente do problema, em estudo, ao longo da investigação

A análise efectuada baseou-se nas seis categorias já constituídas para o nível Médio, tendo sido necessário a constituição de mais uma categoria designada pela letra G. As categorias são as seguintes:

CATEGORIA A (S/dif+S/dif.): recorda sem dificuldade o problema em estudo, em termos particulares, e responde sem dificuldade ao problema relacionando os resultados obtidos;

CATEGORIA B (S/dif.+C/dif.): recorda sem dificuldade o problema em estudo, em termos particulares, mas precisa ser estimulado a pensar para responder ao problema, relacionando os resultados obtidos;

CATEGORIA C (C/dif.+S/dif.): precisa ser estimulado a pensar para recordar o problema em estudo, em termos particulares, e responde sem dificuldade ao problema, relacionando os resultados obtidos;

CATEGORIA D (C/dif.+C/dif.): precisa ser estimulado a pensar para recordar o problema em estudo, em termos particulares, e precisa ser estimulado a pensar para responder ao problema, relacionando os resultados obtidos;

CATEGORIA E (S/dif.+Não): recorda sem dificuldade o problema em estudo, em termos particulares, mas responde ao problema reafirmando os termos da hipótese ou previsão já efectuadas, ignorando os resultados obtidos;

CATEGORIA F (C/dif.+Não): recorda com dificuldade o problema em estudo, em termos particulares, e tenta responder ao problema ignorando os resultados obtidos, reafirmando frequentemente os termos da hipótese ou previsão efectuada;

CATEGORIA G (Não+Não): não consegue, em circunstância alguma, recordar a questão-problema aquando da recapitulação, nem utilizar dados obtidos para responder ao problema.

Alguns exemplos de tentativas de formulação do problema, em recapitulação, não aceites:

- *Como é que vamos dar dez voltas em em 10 segundos* (Sónia, 9 anos);
- *Vamos saber se influencia as oscilações do frasco* (Marisa, 10 anos).

ALUNOS POR CATEGORIA E FREQUÊNCIAS

Categoria	Alunos Nº		Frequência
	Turma 92/93	Turma 93/94	
A(S/dif.+S/dif.)			0
B(S/dif.+C/dif.)			0
C(C/dif.+S/dif.)			0
D(C/dif+C/dif.)			0
E(S/dif.+Não)			0
F(C/dif.+Não)		1;9	2
G(Não+Não)	2;7;8;15;17,18;	2;8;13;20;	10
Freq. Total	6	6	12

Também, em relação a este parâmetro, a grande maioria (83,33 %) revela um insucesso total. Entre os níveis Médio e Baixo/Muito Baixo há somente em comum o facto de ambos terem um sujeito na categoria F que, com muita interacção, consegue recordar o problema na fase de recapitulação, mas não consegue utilizar a evidência dos resultados para responder ao problema.

Ajustamentos de procedimentos face às dificuldades surgidas na execução

Vamos verificando que o tipo de análise que vínhamos fazendo, tomando por base as categorias utilizadas no nível Alto e Médio, vem perdendo sentido quando aplicada ao nível Baixo/Muito Baixo. Há uma acentuada quebra de desempenho destes alunos, o que vai tornando nulas a quase totalidade das frequências daquelas categorias. Sendo a investigação, no seu todo, um processo integrado, em que o desempenho em cada fase depende do desempenho na fase anterior, este fenómeno vai-se acentuando quando a análise caminha para as etapas finais da investigação. Não se encontra neste conjunto de alunos, quanto a este parâmetro, nenhum exemplo que se possa incluir em qualquer das categorias A, B e C que utilizámos para o nível Médio.

Na análise deste parâmetro é suposto que o aluno esteja a executar um plano de investigação. As análises efectuadas para a *antecipação mental da coordenação entre as três variáveis*, a *antevisão do modo de recolha de dados relativamente ao tempo e número de rotações* e *previsão de como decidir operacionalmente a maior/menor velocidade*, põem em evidência o facto de que estes alunos não conseguem esboçar um plano geral nem um plano operacional adequados, por muito incentivados e ajudados que sejam. No entanto, no pressuposto de que a execução de acções poderia tornar-se um processo clarificador, em termos mentais, incitámos mesmo assim os alunos a executarem o que diziam pretender fazer.

Nestas circunstâncias, o que nos parece fazer sentido é, a título ilustrativo, fornecer alguns exemplos do que os alunos se propõem fazer, bem como exemplos de interacções entre investigador e aluno.

Todos os alunos, no processo de interacção, acabam por se propôr medir tempo ou número de rotações. Três alunos referem as duas variáveis nestes termos:

- *Fazemos duas vezes os segundos e as voltas até o fio enrolar-se todo* (Taísa, 9 anos);
- *Vou medir o tempo de 9 voltas para 500 cm³ e de 1 volta para 300 cm³* (Paula, 9 anos);
- *Conto dez voltas em dois segundos para cada um* (Sónia, 9 anos).

Tratam-se de formulações sem nexos, em que não se chega a descortinar um raciocínio próprio do aluno, nem objectivo para o que é proposto. Vários alunos propõem-se utilizar duas quantidades de água idênticas nas medições a efectuar, não revelando a noção de variável independente. Seis alunos referem uma só variável, ora o tempo ora o número de rotações. Quando interrogados sobre quando param a contagem de rotações ou a medição de tempo registam-se os seguintes resultados:

- quatro alunos consideram a tarefa concluída no momento de paragem do frasco;
- uma aluna diz que conta as rotações *até o tempo terminar*. Ao ser-lhe perguntado quando é que o tempo termina ela sugere 30 segundos;
- uma aluna propõe-se *medir o tempo que o frasco demora a esvaziar-se*;
- uma aluna propõe-se contar *até ele (o frasco) se virar*;
- uma aluna tendo introduzido 500 ml de água no frasco diz que *vai contar as voltas* e fá-lo, prosseguindo depois da inversão do movimento até o frasco parar. Porém, fica sem saber o que fazer depois disso e não lhe ocorre sequer utilizar uma segunda quantidade de água.

Há duas alunas que fazem ajustamentos com algum sentido. A Marisa (10 anos) tendo-se proposto utilizar as quantidades de água de 100 ml, 200 ml e 300 ml,

ao verificar que o frasco com 100 ml não inicia o movimento, perante a questão *o que fazer ?* altera as quantidades para 200 ml, 300 ml e 400 ml. Por seu turno a Liliana (10 anos), tendo prosseguido a contagem das rotações para além da inversão do sentido do movimento, ao ser questionada considera que *as voltas têm que ser todas para o mesmo lado*. Perante a questão *o que fazer ?* ela sugere passar o tempo de 30 segundos para 28 e depois para 15 segundos.

Coordenação das três variáveis na execução da investigação

Temos tomado como indicadores deste parâmetro as respostas aos ítems 4.4. e 4.5., que são, respectivamente:

- *regista os dados na correcta correspondência entre as três variáveis: quantidade de água, tempo e número de rotações;*
- *regista correctamente os dados numa tabela, a pedido do investigador.*

Dos doze alunos do nível Baixo/Muito Baixo, apenas 5 fazem registos com algum sentido, sem ou com tabela. No entanto há que interpretar tais registos com muita reserva, na medida em que uma aparente qualidade do produto final, não corresponde a equivalente qualidade do processo de obtenção dos dados registados.

Foi dada a oportunidade de estes alunos executarem acções, mesmo não tendo eles estabelecido um plano que corresponda a um propósito claro de tais acções. Nestas circunstâncias, os alunos começam por introduzir uma certa quantidade de água no frasco. Depois, na sequência da interacção, o aluno alvitra a possibilidade de contar rotações, podendo mesmo admitir a medição do tempo correspondente, em face do que fazer com o cronómetro. Assim, é possível que, executando um conjunto de acções mecânicas, não coordenadas na mente tendo em vista um determinado

objectivo, se obtenham dados relativos às três variáveis, que o aluno eventualmente poderá registar com mais ou menos intervenção do investigador.

Para uma melhor compreensão destas considerações apresenta-se em seguida um relatório descritivo da realização da toda a tarefa, elaborado pelo investigador. Todos os alunos foram objecto de um relatório descritivo, elaborado com base nas respostas aos vários ítems do protocolo de investigação e nos registos suplementares que eram efectuados, no desenvolvimento da própria tarefa.

Sónia (9 anos)

A aluna formula a hipótese nestes termos: “ Quando está vazio anda devagar e quando está cheio anda de força”. No plano geral não vai além da sugestão de utilização de duas quantidades de água. No plano operacional consegue, com ajuda, especificar duas quantidades de água (300 ml e 500 ml), e, quanto ao que fazer com a água diz: “ Vamos contar as mesmas voltas nos mesmos segundos”. Quantas voltas e quantos segundos? pergunta-se. A resposta é: “Dez voltas em dois segundos para cada”. Será ? “ Não, tem que ser tudo diferente: um dez voltas e outro oito voltas; um sete segundos e outro dez segundos”. Perante nova questão modifica para: “Conta-se dez voltas em dez segundos para cada quantidade de água”. Quando se solicita que descreva globalmente o que vai fazer, manifesta-se incapaz de o fazer, e recorda o problema nestes termos: “ Como é que vamos dar 10 voltas em 10 segundos?” Em face da incapacidade de fazer uma recapitulação do plano de investigação (que não existia), solicitou-se à aluna que executasse o que eventualmente estava na sua mente. A aluna encheu o frasco com 500 ml e começou a contar as rotações, pretendendo chegar às dez, mas parou nas nove quando o investigador lhe disse que tinham passado 10 segundos. Da segunda vez a aluna preparava-se para encher novamente 500 ml embora tivesse, anteriormente, estipulado duas quantidades de água diferentes. Feita a correcção, após interpelação, obtém-se por idêntico processo os seguintes resultados: 300 ml - 6 rotações - 10 segundos. A aluna conclui que “cheio anda mais voltas”, não se referindo ao tempo. Reafirma a ideia inicial de que o que anda mais depressa “é o que tem mais água “. Vai fazendo um registo desorganizado e sem nexos em respostas a questões sucessivas. Quando solicitada constrói uma tabela bem preenchida.

<i>Quantas voltas</i> 9 v	<i>Quantos segundos</i> 10 s	<i>Quantidade de água</i> 500 ml
6 v	10 s	300 ml

A Paula Filipa (9 anos), começa por fazer o registo relativo apenas a uma variável, e depois de interpelada acrescenta as restantes duas, fazendo a correspondência entre as três. Faz uma tabela correctamente e bem preenchida quando solicitada.

8,2 s - 9 voltas - 500 cm cúbicos

5,2 s - 4 voltas - 300 cm cúbicos

<i>Tempo das voltas</i>	<i>Quantas voltas</i>	<i>Quantos Cm c.</i>
<i>8,2s</i>	<i>9</i>	<i>500</i>
<i>5,2s</i>	<i>4</i>	<i>300</i>

Os registos apresentados parecem reflectir um elevado nível de desempenho na tarefa de investigação, mas na realidade, a ausência de nexos das formulações, as contradições, a falta de consistência e de rumo das acções e pensamento da aluna, não a distinguem da aluna anterior.

Outro registo de natureza semelhante, embora menos completo, é o de Marisa (10 anos):

3 voltas em 200 ml

8 “ “ em 300 ml

12 “ “ em 400 ml

<i>voltas</i>	<i>ml de água</i>
<i>3</i>	<i>200 ml</i>
<i>8</i>	<i>300 ml</i>
<i>12</i>	<i>400 ml</i>

Em síntese, nenhum aluno do nível Baixo/Muito Baixo consegue fazer qualquer tipo de coordenação das três variáveis na execução da investigação, porque em rigor as suas acções aleatórias, mecânicas e desconexas, não têm o carácter de realização de

uma investigação, com a intencionalidade e clareza de propósitos que lhe é inerente. Apesar disso, os alunos conseguem, com muita interacção, fazer medições e registos, sem no entanto apreenderem o sentido do que estão a fazer.

Utilização dos resultados fornecidos pela evidência para dar resposta ao problema

A quase totalidade dos alunos obteve dados relativos a duas ou três variáveis, da forma mecânica que acabámos de demonstrar. Mesmo considerando essa circunstância, achámos que, do ponto de vista da nossa investigação, pensámos que fazia sentido auscultar o modo como os alunos reagem a tais resultados, numa última tentativa de averiguar se evoluem para uma atitude reflexiva.

Desde logo, o facto mais relevante é que nenhum dos doze alunos deste grupo estabelece uma relação entre tempo e número de rotações para ajuizar quanto à velocidade relativa dos dois frascos. Há formulações em que o número de rotações, tempo e velocidade são tomados como variáveis sem qualquer relação entre elas, como se pode comprovar com o seguintes exemplos:

- *Cheio dá mais voltas e os segundos são mais e anda mais depressa* (Gerardo, 9 anos);
- *Com 400 ml andou mais depressa e com trezentos ml andou mais devagar e com menos voltas* (Bárbara Patrícia, 9 anos).

A análise das respostas dos alunos, durante o processo de interacção, em torno dos resultados, permite identificar as seguintes ideias quanto à noção de velocidade:

- a) O frasco que demorar mais tempo a parar é o que tem maior velocidade.

Exemplo:

- *Com mais água anda mais depressa porque o tempo (para parar) é maior no frasco*

cheio (Inês, 9 anos);

b) O frasco que demorar mais tempo a esvaziar-se é o que tem maior velocidade

Exemplo:

- *O frasco cheio anda mais depressa porque demorou mais tempo a esvaziar-se*

(Sofia, 10 anos).

c) O frasco que por observação directa, aos nossos olhos, parece rodar mais depressa é o que tem maior velocidade.

Exemplo:

- *Tendo mais água dá mais oscilações.* P: Significa isso que maior quantidade de água faz andar mais depressa ? *Sim, porque quando estava a contar (rotações) com muita água, quase não conseguia* (Marisa, 10 anos).

Alguns alunos tentam uma ligação entre os dados relativos às três variáveis, mas revelam uma completa incompreensão da sua relação na perspectiva da noção de velocidade.

Exemplos:

- Após contagem das rotações, para as quantidades de 500 ml e 400 ml, até ao ponto de inversão do movimento, a aluna constata que *com 500 ml dá mais voltas e o tempo é mais*. P: Qual é o que anda mais depressa ? *O de 400 ml anda mais depressa porque deu menos voltas em menos segundos* (Taísa, 9 anos);

- A aluna propôs-se medir o tempo para diferentes quantidades de água e diferentes números de rotações. Tendo-se obtido os resultados *8,2 s - 9 voltas - 500 cm cúbicos* e *5,2 s - 4 voltas - 300 cm cúbicos*, a aluna considera, após ser incitada a reflectir, que *as voltas deveriam ser iguais*. E acrescenta que *se contássemos as mesmas voltas o mais rápido era o frasco com maior tempo* (Paula Filipa, 9 anos);

- Tendo a aluna contado as rotações no tempo de 15 segundos, para ambas as quantidades de água, obtiveram-se os seguintes resultados: *500 ml - 14 rotações - 15 segundos* e *300 ml - 10 voltas - 15 segundos*. A aluna conclui que *o que andou mais depressa foi o que chegou primeiro aos 15 segundos*. P: Por que dizes isso ? *Porque contei menos voltas em 15 segundos*.

Neste caso o número de rotações é tomado como medida de tempo e os 15 segundos perdem a dimensão de tempo. Passam a ser algo que se atinge mais depressa ou mais lentamente, consoante são dadas mais ou menos rotações, quando o cronómetro marcar 15 segundos.

Há ainda reacções em que não se identifica uma qualquer ideia de velocidade. É o caso do Paulo Ricardo (9 anos) que se propõe utilizar *uma quantidade grande e uma quantidade pequena e contar o tempo e as voltas (...) até parar*. Tendo-se perguntado como poderia desse modo saber qual seria o frasco mais rápido, responde: *vai dar voltas diferentes e tempos diferentes e vou subtrair os tempos e as voltas*. No final, faz a subtracção entre os dois tempos obtidos, sustentando que *é para ter a certeza que com 300 cm³ tem menos velocidade do que com 500 cm³*, embora sem utilizar o resultado de tal subtracção para nada.

2.4.4. Uma perspectiva panorâmica de como as crianças fazem face à tarefa de investigação

Uma visão panorâmica permite-nos concluir que, para 12 dos 40 alunos (30%), o problema proposto e a tarefa de investigação que a sua solução requer, são de uma complexidade excessiva, não chegando estes alunos a enveredar por um processo reflexivo, apesar de toda a interacção concedida. Para estes alunos o nível de exigência cognitiva da tarefa está inequivocamente para além da sua maturidade mental, pois foram exaustivamente exploradas as possibilidades de os fazer enveredar por um processo de pensamento e acção pessoalmente significativos.

Os restantes 28 alunos (70 %) conseguem fazer face ao problema e abordá-lo com diferentes níveis de desempenho, requerendo diferentes graus de interacção.

Procedeu-se a uma análise das categorias estabelecidas para cada um dos parâmetros da tarefa de investigação, numa perspectiva de conjunto de todos os sujeitos susceptíveis de serem hierarquizados na sua realização: os sujeitos do nível Alto mais os sujeitos do nível Médio. Nessa análise das categorias procurou-se fazer a identificação de diferentes níveis de qualidade do pensamento expresso. Algumas dúvidas quanto aos agrupamentos de categorias para constituir um mesmo nível, foram resolvidas por via da análise de distribuição de frequências pelos grupos Alto e Médio. Por exemplo, por vezes verificava-se que uma categoria X, face ao seu conteúdo, se situava numa zona indefinida entre uma categoria Y e uma categoria Z, sendo Y de nível superior. Então, se a maior frequência de X era no grupo Alto decidia-se X pelo nível mais elevado; se pelo contrário, a maior frequência era no grupo Médio, decidia-se X pelo nível inferior. Assim foi elaborada uma hipótese de cinco níveis para cada um de sete parâmetros da tarefa de investigação que passamos a apresentar.

FORMULAÇÃO DE HIPÓTESES (N=28)

Nível	Operacionalização em termos qualitativos	F _i ; (%)
1	Relação entre quantidade de água introduzida e velocidade de rotação na forma <i>quanto mais... tanto mais</i> .	6; (21,43)
2	Comparação explícita quanto às velocidades de rotação associadas a duas diferentes quantidades de água.	3; (10,71)
3	Comparação implícita, em termos de velocidades, entre o que se passará com <i>mais/muita água</i> e o que se passará com uma eventual menor quantidade que não é referida.	7; (25,00)
4	Tentativa de explicação para uma relação entre quantidade de água e velocidade de rotação que se depreende estar subjacente à explicação.	6; (21,43)
5	Descrição particular do observado em termos de associação entre quantidade de água e velocidade.	2; (7,14)

Desc.		4; (14,29)
-------	--	------------

**ANTECIPAÇÃO MENTAL DA COORDENAÇÃO TRÊS VARIÁVEIS
(água, tempo e número de rotações) (N=28)**

Nível	Operacionalização em termos qualitativos	F _i ; (%)
1	Coordenação das três variáveis, autonomamente, ou com pequena interação, podendo a quantidade de água estar implícita na formulação.	7; (25)
2	Coordenação da quantidade de água (explícita ou implicitamente) com uma das outras duas variáveis, sendo a terceira incluída após interpelação.	9; (32,14)
3	As variáveis são referidas uma a uma, em resposta a questões, revelando o aluno a compreensão de como se articulam.	6; (21,43)
4	Coordenação da quantidade de água (explícita ou implicitamente) com uma das outras duas variáveis, sem referência à terceira, apesar de todo o estímulo à reflexão.	2; (7,14)
5	O aluno reconhece com dificuldade a necessidade de duas quantidades de água diferentes, propondo-se fazer uma apreciação qualitativa das velocidades correspondentes, por via da observação, após insistente estímulo à reflexão.	4; (14,29)

**ANTEVISÃO DO MODO DE RECOLHA DE DADOS RELATIVAMENTE AO
TEMPO E NÚMERO DE ROTAÇÕES (N=28)**

Nível	Operacionalização em termos qualitativos	F _i ; (%)
1	Propõe-se medir o tempo de rotação e número de rotações até o frasco se imobilizar, tendo em vista dividir o tempo pelo número de rotações.	1; (3,5)
2	Propõe-se fixar um tempo determinado e contar o número de rotações correspondente, ou fixar um determinado número de rotações e medir o tempo correspondente, quer no plano operacional quer no plano recapitulado.	4; (14,29)
3	Carece de estímulo à reflexão, na fase de plano operacional, para fixar um tempo determinado e contar o número de rotações correspondente, ou fixar um determinado número de rotações e medir o tempo correspondente. Transfere essa aprendizagem para o plano recapitulado.	17; (60,71)
4	Carece de estímulo à reflexão, na fase de plano operacional, para fixar um tempo determinado e contar o número de rotações correspondente, ou fixar um determinado número de rotações e medir o tempo correspondente. Não transfere essa aprendizagem para o plano recapitulado, precisando, novamente, de estímulo à reflexão.	6; (21,43)
5	Não é capaz, apesar de todo o estímulo à reflexão, de fixar um tempo determinado e contar o número de rotações correspondente, ou fixar um determinado número de rotações e medir o tempo correspondente, quer no plano operacional quer no plano recapitulado.	0; (0,00)

PREVISÃO DE COMO DECIDIR MAIOR/MENOR VELOCIDADE (N=28)

Nível	Operacionalização em termos qualitativos	F _i ; (%)
-------	--	----------------------

1	Estabelece, quer no plano operacional quer no plano recapitulado, que a situação em que se derem mais rotações em x tempo, ou fôr necessário menos tempo para n rotações, é a que corresponde a maior velocidade.	4; (14,29)
2	Carece de estímulo à reflexão, na fase de plano operacional, para compreender que a situação em que se derem mais rotações em x tempo, ou fôr necessário menos tempo para n rotações, é a que corresponde a maior velocidade. Transfere essa aprendizagem para o plano recapitulado.	8;(28,57)
3	Carece de estímulo à reflexão, na fase de plano operacional, para compreender que a situação em que se derem mais rotações em x tempo, ou fôr necessário menos tempo para n rotações, é a que corresponde a maior velocidade. Não transfere essa aprendizagem para o plano recapitulado, precisando, novamente, de estímulo à reflexão.	8; (28,57)
4	Com muito estímulo à reflexão chega a revelar, numa ou outra das fases, compreender que a situação em que se derem mais rotações em x tempo, ou fôr necessário menos tempo para n rotações, é a que corresponde a maior velocidade. Essa compreensão não chega, porém, à consistência de uma formulação própria do aluno.	6; (21,43)
5	Apesar de todo o estímulo à reflexão, em ambas das fases, não chega a dar nenhum sinal de compreender que a situação em que se derem mais rotações em x tempo, ou fôr necessário menos tempo para n rotações, é a que corresponde a maior velocidade.	2; (7,14)

CONSERVAR UMA CONSCIÊNCIA PERMANENTE DO PROBLEMA (N=28)

Nível	Operacionalização em termos qualitativos	F _i ; (%)
1	Recorda o problema, na fase de recapitulação, em termos do que acontecerá ao nível das velocidades com duas quantidades de água particulares diferentes, e no final responde ao problema relacionando os resultados obtidos.	8; (28,57)
2	Recorda o problema, na fase de recapitulação, em termos do que acontecerá ao nível das velocidades com duas quantidades de água particulares diferentes, e no final, carece de estímulo à reflexão para relacionar os resultados obtidos na resposta ao problema; ou carece de estímulo à reflexão para recordar o problema, e no final responde sem dificuldade ao problema com recurso aos resultados.	12; (42,86)
3	Carece de estímulo à reflexão, na fase de recapitulação, para recordar o problema em termos do que acontecerá ao nível das velocidades com duas quantidades de água particulares diferentes, e no final, carece de estímulo à reflexão para relacionar os resultados obtidos na resposta ao problema.	4; (14,29)
4	Recorda o problema, na fase de recapitulação, em termos do que acontecerá ao nível das velocidades com duas quantidades de água particulares diferentes, necessitando ou não de estímulo à reflexão, e no final responde ao problema reafirmando os termos da hipótese ou previsão efectuada, ignorando os resultados.	4; (14,29)
5	Apesar de todo o estímulo à reflexão não consegue, na fase de recapitulação, recordar o problema, nem responder, no final, ao problema sob qualquer forma.	0 (0;00)

COORDENAÇÃO DAS TRÊS VARIÁVEIS NA EXECUÇÃO INVESTIGAÇÃO
(N=28)

Nível	Operacionalização em termos qualitativos	F _i ; (%)
1	Regista os dados relativos às três variáveis em correspondência e, após solicitação, faz a tabela correctamente e bem preenchida.	6; (21,43)
2	Regista os dados relativos a duas variáveis em correspondência, acrescentando a terceira em correspondência com aquelas, após interpelação. Após solicitação, faz a tabela correctamente e bem preenchida.	11; (39,29)
3	Regista de início os dados relativos a uma ou duas variáveis, precisando ser interpelado uma ou duas vezes para acrescentar os dados relativos à(s) restante(s) em correspondência. Faz a tabela de forma correcta ou com algumas imperfeições, designadamente no seu preenchimento, carecendo de um variável grau de estímulo à reflexão.	7; (25,00)
4	Regista de início os dados relativos a uma ou duas variáveis, precisando ser interpelado uma ou duas vezes para acrescentar os dados relativos à(s) restante(s) em correspondência.. Apesar de todo o estímulo à reflexão, é incapaz de fazer uma tabela e nela fazer o registo de dados.	1; (3,50)
5	Não faz o registo de resultados de qualquer par de variáveis em correspondência, apesar de todo o estímulo à reflexão.	3; (10,71)

UTILIZAÇÃO DOS RESULTADOS PARA RESPONDER AO PROBLEMA
(N=28)

Nível	Operacionalização em termos qualitativos	F _i ; (%)
1	Perante a questão <i>Qual é a resposta ao problema?</i> estabelece uma relação entre tempo e número de rotações, com base nos dados, e indica a quantidade de água que provocou maior velocidade.	16; (57,14)
2	Perante a questão <i>Qual é a resposta ao problema?</i> , começa por reafirmar os termos da hipótese ou previsão efectuada mas, depois de estimulado à reflexão, estabelece uma relação entre tempo e número de rotações, com base nos dados, e indica a quantidade de água que provocou maior velocidade.	3; (10,71)
3	Perante a questão <i>Qual é a resposta ao problema?</i> , não tem resposta, precisando de ser muito apoiado e estimulado à reflexão para, socorrendo-se dos dados, indicar a quantidade de água que provocou maior velocidade.	4; (14,29)
4	Perante a questão <i>Qual é a resposta ao problema?</i> , não consegue dar outra resposta que não seja a reafirmação dos termos da hipótese ou previsão, ignorando os dados obtidos, apesar de todo o estímulo à reflexão.	5; (17,86)
5	Perante a questão <i>Qual é a resposta ao problema?</i> , não fornece qualquer resposta que faça sentido, apesar de todo o estímulo à reflexão.	0; (0,00)

A análise que acabámos de fazer, quanto ao modo como 28 dos 40 alunos (70 %) da nossa amostra experimental fazem face ao problema e à tarefa de investigação, por via de um processo interactivo, permite concluir que:

a) uma cultura pedagógica prescritiva de capacidades de pensamento, para alunos de 9/10 anos, em subordinação ao estágio das operações concretas da teoria de desenvolvimento cognitivo de Piaget, é inibidora das reais possibilidades de desenvolvimento da capacidade de pensar. Uma larga percentagem de crianças desta idade apresentam um elevado potencial de evolução para níveis de pensamento que ultrapassam os modos característicos de pensamento das operações concretas;

b) a perspectiva dicotómica segundo a qual, perante um problema de elevada exigência cognitiva, a criança dispõe ou não de capacidade para lhe fazer face, tende a colocar num mesmo plano, igualmente baixo para todas, crianças com grandes diferenças de capacidade de pensar. O processo de interacção, tendente a estimular a qualidade de pensamento das crianças, permite que muitas delas evoluam de uma aparente incapacidade inicial para resolver o problema, para elevados níveis de desempenho na sua resolução, tornando-se patentes diferenças que não seriam identificáveis sem recurso à interacção estimuladora do pensamento.

3. OS DIÁRIOS DE AULA

3.1. A participação dos alunos no providenciamento dos materiais

Após a análise particular dos diários de aula, procedeu-se a uma análise global com vista à elaboração de uma *descrição geral* onde estão contempladas as tendências, regularidades e padrões identificados (Erickson, 1989). Nesta análise interpretativa, procurou-se extrair do conjunto de casos particulares, o que de mais relevante e geral aí pode ser encontrado que, por sua vez, possa constituir um quadro geral de

referência a ter em conta, quer do ponto de vista dos bons resultados alcançados, quer do ponto de vista dos insucessos verificados. Começámos por fazer uma avaliação do contributo dos alunos no providenciamento dos materiais.

Em onze das aulas, cujos diários analisámos detalhadamente, foram os alunos que providenciaram a quase totalidade dos materiais necessários, sem que isso comportasse despesas significativas para as respectivas famílias. Os materiais necessários para as actividades dessas aulas, com pequenas excepções, são materiais disponíveis em casa ou de muito baixo custo, como por exemplo: velas, frascos de vidro, fósforos, fitas métricas, bacias, garrafas de plástico, palhinhas de refresco, espelhos, recipientes graduados de cozinha, caracois, folhas de couve e alface, cartão, sal, vinho, azeite, ripas de madeira, grãos de milho ou feijão, fio, porcas de parafuso, plasticina e tachas. O sentido de responsabilidade que os alunos punham nessa tarefa esteve bem patente no facto de nunca se esquecerem e o material ser sempre abundante. Nas suas composições finais sobre as aulas de Ciências vários alunos dão testemunho de como essa responsabilidade foi por eles assumida:

Para as aulas cada grupo combina entre si o que cada um vai levar (Paula Alexandra, 8 anos);

Acho que aos poucos e poucos eu comecei a entusiasmar-me mais com as Ciências porque eu percebi que tinha que trazer material também percebi que tinha responsabilidades (Vítor Sérgio, 9 anos);

Uma vez a minha mãe disse que eu ia despejar a despensa porque eu trazia feijões, massa, etc, para as experiências (Liliana Patrícia, 11 anos);

Os meus pais quando viam eu pegar na bacia ou pedir azeite e sal, etc. os meus pais diziam tu é que tens sorte no nosso tempo não havia nada disso (Bárbara Patrícia, 9 anos);

Os meus pais, quando eu levei um frasco para a escola eles perguntaram se eu ia mesmo fazer trabalho com ele ou parti-lo no meio do caminho (José Miguel, 10 anos);

Quando foi a experiência das rãs o Nelsom disse que sabia de rãs e depois eu, o Nelsom, o Hugo, o Rogério, a Carla e a Andreia fomos apanhá-las com redes. Depois no dia seguinte nós leva-mos as rãs para a escola (João Vítor, 10 anos);

Nas aulas fomos fazendo experiências (...) trabalhando sempre em grupo e com materiais por nós conseguidos (...). Os meus pais gostaram da proposta do Dr. Sá e ajudavam-me a recolher o material necessário às experiências (Sofia, 10 anos).

Nas onze aulas analisadas, em matéria de fornecimento de materiais, houve participação da professora somente em duas aulas, numa providenciando água quente, e noutra levando algumas fitas métricas. O investigador, por seu turno, participou em duas aulas, providenciando os termómetros que foram necessários.

Com o encargo de providenciarem os materiais, os alunos comprometiam-se com as actividades antes das aulas, e prolongavam esse compromisso para além das mesmas, dando-lhes continuidade em casa, falando delas com os pais e irmãos, desafiando-os para as suas descobertas e procurando satisfazer novas curiosidades que as actividades da aula e os materiais suscitavam. Vários pais deram ao investigador testemunho de como os alunos transportavam para casa as vivências relacionadas com as actividades de Ciências. Nas suas composições finais vários alunos deram testemunho da extensão das actividades e reacções dos pais e amigos, como por exemplo:

Eu quero fazer muitas experiências para eu depois fazê-las outras vezes (...). Quando fiz essa experiência (sobre circuitos) cheguei a casa e arranjei em casa todos os candeeiros em casa e também na casa da minha tia (...). Quando eu estava em casa a construir um anemómetro o meu pai disse: o que estás a fazer? E eu disse que estava a construir uma antena parabólica (Bruno Lourenço, 10 anos);

Houve um aluno que construiu um dispositivo eléctrico, tendo como suporte uma caixa de cassette vídeo que, contendo no seu interior uma pilha, apresentava

externamente duas filas paralelas de terminais metálicos, uma lâmpada e dois fios. A uma linha de terminais metálicos fez corresponder as linhas de caminho de ferro, e a outra as duas cidades situadas nos extremos da linha. A lâmpada acendia quando, ao fazer-se uma ligação com um dos fios num dos lados e outra ligação com outro fio no outro lado, se estabelecia a correcta correspondência entre a linha e as respectivas cidades-extremos.

3.2. Desenvolvimento de ideias

Temos vindo a designar o desenvolvimento do conhecimento e compreensão por desenvolvimento das ideias dos alunos. Mais precisamente, temos preconizado o desenvolvimento do conhecimento e compreensão como um processo de mudança das ideias intuitivas dos alunos em direcção a ideias mais “científicas” (Harlen, 1992). Para isso, importa então que: a) tenhamos acesso às ideias intuitivas dos alunos; b) que compreendamos o modo como se constituem tais ideias nas suas mentes; e c) que encontremos estratégias de mudança de tais ideias no sentido desejável, procurando que o processo de mudança seja potenciado pelo modo de pensar espontâneo que está na origem das ideias intuitivas. Porém, antes de passarmos a cada um destes pontos, importa reflectir sobre as possibilidades e limitações do acesso às ideias dos alunos.

3. 2.1. O acesso às ideias dos alunos: possibilidades e limitações

Os modelos mentais dos alunos acerca dos fenómenos e situações com que as crianças se confrontam nas actividades de Ciências são algo a que, obviamente, não se tem

acesso directo. A identificação das ideias das crianças é um processo de formulação de inferências, sustentadas no que as crianças dizem e fazem. Por isso, o processo de identificação de ideias das crianças está afectado de um grau de falibilidade inerente a toda e qualquer inferência. Contudo, neste caso, tratando-se de inferir a partir do que as crianças dizem e fazem, a identificação de modelos e teorias das crianças é um processo inferencial ainda mais delicado e problemático por duas ordens de razão.

Em primeiro lugar, tivemos bastante evidência de que, frequentemente, as crianças utilizam palavras que não correspondem literalmente ao que pretendem significar. É igualmente verdade que, por vezes, as crianças recorrem a um discurso sem nexos para um adulto, para tentarem exprimir ideias que estão muito claras na sua mente. A título de exemplo ilustrativo da primeira situação, refira-se a explicação dada para o facto de uma lata de metal vazia flutuar, e depois de compactada afundar-se: *a lata amassada vai ao fundo porque é mais pesada*. Interrogado o aluno sobre se a lata *amassada tinha mais peso*, foi respondido que não, tendo o aluno reformulado a primeira afirmação dizendo: *na lata amassada o peso está todo junto*. Como exemplo ilustrativo da segunda situação, refira-se o facto de em 41 alunos, quase todos eles tendo testado correctamente a condutibilidade de diferentes objectos num circuito eléctrico simples, apenas cinco serem capazes de se aproximar verbalmente a uma formulação correcta quanto ao modo de fazer as ligações, sendo a melhor delas a seguinte: *eu liguei uma “banana” a um pólo e a outra a outro pólo e os fios, pus um fio no princípio do objecto e o outro na outra parte e pus a lâmpada no meio*.

Em segundo lugar, um mesmo comportamento observável que sirva de base à inferência de um ideia, pode ter diferentes significados. Por exemplo, um aluno que tem o cuidado de encher bem o peito de ar antes de o expirar, de uma só vez, para dentro de uma garrafa cheia de água invertida numa bacia, pode com isso pretender

obter o máximo rigor possível na medição da sua capacidade pulmonar, ou simplesmente pretender ultrapassar um colega seu em termos do volume de ar expirado. Qual dos significados escolher, é uma questão que pode ser resolvida analisando o contexto em que o comportamento observável ocorre, ou interpelando o aluno com questões.

Em conclusão, a eventual falta de correspondência entre as proposições formuladas pelos alunos e o modelo mental que pretendem significar, bem como os diferentes significados que um mesmo comportamento observável pode assumir, constituem fontes de erro no processo inferencial de identificação das ideias dos alunos. Assim sendo, o processo de identificação de ideias dos alunos é um trabalho delicado e de grande sensibilidade, sendo necessários especiais cuidados na busca dos elementos que dêem fundamento e credibilidade às ideias inferidas. É necessário que tais ideias sejam submetidas a diversas formas de validação. A interpretação de significados que é inerente ao processo de identificação das ideias, requer do adulto uma grande capacidade de afastamento em relação seu próprio ponto de vista, para se posicionar no ponto de vista da criança, uma forma de pensamento dialógico, na terminologia do filósofo Richard Paul, por oposição ao pensamento unilógico (Sternberg, 1987) que é claramente dominante na prática lectiva dos professores.

3.2.2. Modalidades de acesso às ideias dos alunos

No conjunto dos diários analisados foi possível identificar cinco modalidades básicas de identificação de ideias dos alunos, que são aqui apresentadas em termos do que faz o professor ou investigador: a) interpelar os alunos com questões; b) ouvir os alunos

nas discussões inter-pares; c) observar as acções dos alunos; d) ouvir os alunos falar em reacção às evidências com que se confrontam; e) solicitar aos alunos que comuniquem as suas ideias através do desenho.

Importa, fazer algumas considerações gerais acerca destas modalidades de identificação de ideias:

1 - Elas não correspondem a momentos formais, introduzidos numa fase bem determinada da aula, e em que aos alunos é veiculada a mensagem implícita ou explícita de que o adulto pretende apenas saber o que pensam sobre um determinado assunto ou fenómeno. Essa não foi a opção seguida por duas razões.

Por um lado, porque a identificação de ideias intuitivas e a concepção de estratégias de mudança de tais ideias em direcção a ideias mais “científicas” não são compartimentos estanques. Foi bem patente que a identificação de ideias não é uma necessidade que se coloca apenas no início das actividades, sendo antes uma necessidade permanente que deve acompanhar a evolução das ideias ao longo das actividades, por forma a que estas e as intervenções do professor possam ser modeladas de acordo com as necessidades decorrentes da relação existente, em cada momento, entre as ideias dos alunos e as ideias que pretendemos que eles desenvolvam.

Por outro lado, porque um momento específico de identificação de ideias seria percebido pelos alunos como um momento de avaliação, o que retiraria espontaneidade, estimularia os alunos a mostrarem o que “sabem” ou a não arriscarem quando julgam não “saber”, bloqueado-se a desejável fluência de ideias genuínas.

Em conclusão, as diversas modalidades de auscultação das ideias dos alunos assumiram um carácter informal ao longo das actividades, cujo sentido advém da sua

plena integração no processo de ensino-aprendizagem. No protocolo de análise da aula nº 2, entre outros, especialmente em *Apreciações e comentários interpretativos do investigador*, Anexo XII, encontra-se bem ilustrado este ponto de vista;

2 - Não é suposto que as diferentes modalidades referidas sejam todas utilizadas em quaisquer circunstâncias. Uma ou um conjunto de modalidades precisa ser escolhida de acordo com a sua melhor adequação às circunstâncias do contexto;

3 - As diversas modalidades não são mutuamente exclusivas, ou seja, podem e devem ser combinadas na identificação de ideias acerca de um mesmo fenómeno ou assunto, validando-se mutuamente desse modo, ou permitindo uma visão crítica de umas sobre outras;

4 - Não se pretende que este conjunto de modalidades esgotem as possibilidades de identificação de ideias dos alunos. Por exemplo, a elaboração de mapas de conceitos parece oferecer boas possibilidades neste domínio, mas não foi por nós utilizado, dada a sua previsível morosidade com alunos muito jovens.

3.2.3. Alguns casos particulares de desenvolvimento de ideias

A fim de dar fundamento à apresentação de algumas regularidades, atentemos em diversos comentários de análise e interpretação contidos nos protocolos de análise particulares.

1 - Circuitos eléctricos

O modelo intuitivo de circuito *fonte-consumidor*, é a expressão do pensamento

espontâneo da criança de causalidade linear: a um efeito corresponde uma causa e há um sentido único da causa para o efeito. A única ligação que as crianças começam por fazer, na fase de circuito sem fios, significa o reconhecimento da necessidade de se estabelecer o contacto entre o lugar onde se localiza a causa e o lugar em que deverá ocorrer o efeito. No processo de exploração tacteante, mediante o desafio que é colocado às crianças, elas começam por testar aquela ideia genérica de uma ligação pilha-lâmpada, mas os vários insucessos estimulam a exploração de múltiplas possibilidades sem quaisquer restrições. Porém, os primeiros alunos bem sucedidos, não conseguem repetir o efeito obtido quando o desejam, nem outros alunos, pretendendo produzir o mesmo efeito, o conseguem por observação do que outros colegas fizeram. Significa isto que o sucesso accidental, obtido por exploração tacteante, não deu lugar a uma representação mental e uma real consciência de como se fizeram as ligações quando conseguiram fazer a lâmpada acender. Os alunos sentem-se impelidos, e são também estimulados, a fazer observações mais apuradas, na situação em que conseguem fazer a lâmpada acender, sendo desse modo que evoluem de uma exploração tacteante para uma acção consciente e dirigida, tornando-se então capazes de acender a lâmpada sempre que o desejam. Verifica-se porém, que não se estabelece imediatamente uma correspondência entre a demonstração prática de como se fazem as ligações e a sua representação por via do desenho. Pode-se daqui inferir que o *saber fazer* acontece antes da sua representação em forma de um modelo mental. A progressão em direcção à representação mental de como se fazem as ligações, expressa através de um desenho, exige, de novo, observações mais apuradas quer da situação experimental quer do desenho que a pretende representar, no sentido de se estabelecer a correspondência entre uma e outro. Este processo de sucessivas experimentações e de observações sistemáticas, vistas umas em relação com as outras,

parece ser crucial para que as crianças consigam fazer uma representação mental de como fazer as ligações correctas num circuito sem fios.

O prosseguimento das actividades, com a introdução do circuito com um fio e com dois fios, pôs em evidência o facto de as crianças terem dificuldade em apreenderem como único um determinado fenómeno científico, quando apresentado em diferentes contextos. No caso do circuito com um fio, não parece haver a transferência do conhecimento de que o circuito requer duas ligações pilha-lâmpada, havendo uma grande parte de alunos que regridem ao modelo *fonte-consumidor*. Quando o adulto dá utilização ao fio para fazer uma ligação, deixando mais visível a outra ligação a fazer, o *insight* provocado nas crianças por essa situação tem o carácter de uma recuperação, para a nova situação, do conhecimento adquirido no contexto de circuito sem fio. A construção da representação mental das ligações, expressa em desenho, segue um processo idêntico ao já descrito para o circuito sem fio, embora as dificuldades sejam menores e a progressão menos morosa.

Aquando da introdução do contexto de circuito com dois fios as dificuldades são apenas pontuais, o que revela uma clara evolução do modelo de circuito com uma só ligação pilha-lâmpada para um modelo com dupla ligação. Contudo no desenvolvimento e consolidação desse modelo, enquanto abstracção para além do contexto particular, foi importante o esforço a que os alunos se sujeitaram de analisarem e verbalizarem o que há de comum nos três diferentes contextos.

Alguns alunos, estimulados a imaginarem o que se passaria no interior dos vários elementos do circuito, foram capazes de se libertarem de uma mera representação mental das ligações observadas, e inventarem um modelo de algo que flui de modo circular: *a electricidade anda à volta porque sai da pilha, passa pelos fios e pela lâmpada, entra na pilha e sai outra vez da pilha.*

2 - A combustão da chama da vela

No desenvolvimento da compreensão da importância do ar na combustão da vela há quatro fases cruciais: a) a discussão das ideias de que *o frasco tapado não tem ar e o frasco aberto tem mais ar*, ainda antes de qualquer experiência. Concluiu-se que o frasco tapado tem ar e que não há razão para que antes de tapado tenha mais ar do que imediatamente depois de ser tapado; b) a discussão da importância do factor *tamanho do frasco*, depois de os alunos verificarem que os tempos de combustão não são os mesmos em todos os frascos. Foi reconhecida a importância desse factor, emergindo três teorias que realçam três diferentes aspectos que lhe estão associados, sendo um deles a quantidade de ar; c) discussão da qualidade do ar antes e depois da combustão da vela, após a verificação do reavivar da chama no momento em que o frasco é levantado. Reconhecem-se as transformações do ar, mas as outras duas teorias continuam a ser admitidas; d) a discussão das ideias explicativas dos diferentes tempos de combustão da vela, em medições sucessivas no mesmo frasco, com introdução do argumento de que apenas na primeira medição o ar se apresenta inicialmente puro. A teoria relativa à importância do ar na combustão parece consolidada, mas não se averiguou o pensamento dos alunos quanto às outras teorias.

As três teorias explicativas para o facto de a chama durar menos tempo em frascos menores (a - *porque o frasco pequeno aquece mais depressa*; b - *porque no frasco pequeno há menos ar*; c - *porque no frasco grande há mais espaço por cima e o calor pode subir melhor*), têm em comum o facto de atribuir-se como causa de um facto observável uma mudança, igualmente observável ou inferida, do contexto em que aquele facto ocorre. Por outras palavras, diferentes alunos seleccionam como causa da mais rápida extinção da vela no frasco menor, a mudança observável que

mais lhe prende a atenção: aquecimento mais rápido; menor quantidade de ar; ou menor distância entre a chama e o fundo do frasco invertido. Trata-se do que Khun (1988) designa de causalidade baseada na simples covariância, sendo os factores covariados facilmente percepcionáveis.

Vários alunos, confrontados com as várias teorias, não as tomam como alternativas competindo entre si, aceitando as três como válidas. Um mesmo aluno recorre ora à teoria do *maior espaço para o calor subir*, ora à teoria da maior quantidade de ar. Parece que cada defensor de uma das teorias acaba por ver nas outras duas a mesma lógica de causalidade por si adoptada: qualquer dos três dados observáveis ou inferidos, invocados como causa, estão associados à mais rápida extinção da chama. Segundo esta lógica de inferência causal, nenhuma das teorias é refutada pela evidência e logo não existe critério que permita fazer uma prevalecer sobre outra, aparentando ser todas igualmente plausíveis. Talvez isso explique que as três teorias continuem a ser aceites, mesmo quando os alunos enfatizam a importância da renovação do ar para explicar o reavivar da chama, quando o frasco é levantado no momento em que aquela quase se extingue. Um certo abandono, que parece ter-se verificado, das teorias do *aquecimento do frasco* e do *espaço para o calor subir*, ficam a dever-se não a evidências que as refutem, mas antes a uma maior acumulação de evidência favorável à teoria do ar.

É um facto a reter que os alunos tenham começado por aceitar, como igualmente válidas e em simultâneo, três teorias explicativas para um mesmo fenómeno, contrariamente à perspectiva científica que busca a melhor teoria, embora esta perspectiva admita fases em que diferentes teorias competem entre si. É de ter em conta que só na medida em que o aluno desenvolva esta perspectiva científica, as duas teorias de *falsa inclusão* (Kuhn, 1988) defendidas sejam efectivamente abandonadas.

3 - Letras simétricas

Merece especial realce o facto de haver alunos que *interpretam observações*, relativas às imagens das letras, a dois níveis diferentes. Num caso, identificam uma regularidade nestes termos: *As letras que ficam ao contrário são as que têm coisas para fora num dos lados; se cortarmos alguns letras ao meio, as metades ficam iguais*. Tratam-se de formulações ancoradas de forma directa nos dados observáveis. Contudo há uma outra formulação que, embora congruente com estas, tem o carácter de uma penetração mais profunda em termos de compreensão do processo de formação de imagem: *Se dermos uma volta a um A, continuamos a ter um A*. Esta formulação tem subjacente um modelo geral do processo formação de imagem, que se liberta dos dados observáveis para assumir um carácter de invenção. No primeiro caso pode dizer-se que a interpretação de dados se situa num plano descritivo. No segundo caso, a interpretação de dados assume o carácter invenção de um modelo. Isto quer dizer que, por vezes, a compreensão profunda do significado dos dados observáveis requer um processo de invenção criativa que, baseando-se nos dados observáveis, está para além deles. Com efeito, a rotação de uma letra para dar lugar à sua imagem é algo que se inventa ao nível da mente e não algo que se observa.

As crianças apreendem muito bem os termos relacionados com simetria, designadamente *letras simétricas* e *letras assimétricas*, sendo visível que têm prazer em proferirem os novos vocábulos, recorrendo a eles com frequência. Contudo, tal facilidade de apreensão e gosto em as verbalizarem, está associado ao facto de as crianças estarem a designar um significado que foi pessoalmente construído por via das actividades experimentais. Trata-se de dar o nome ao conceito depois de desenvolvido o conceito, em vez de se fornecer definições abstractas transmitidas

verbalmente, que dificilmente poderão ser algo mais do que enunciados de palavras, eventualmente memorizados de forma mecânica por algum tempo.

4 - Calor e temperatura

Os alunos aprendem tudo sobre o termómetro e a sua utilização sem quaisquer instruções, observando-o, manipulando e respondendo a questões focalizadoras. A realização de medições de temperaturas acontece com naturalidade como extensão da manipulação e observações acerca do termómetro.

Alguns alunos revelam inicialmente uma noção sincrética da diferença entre calor e temperatura: fala-se de calor apenas em relação às *coisas quentes*, e fala-se de temperatura *quando as coisas estão quentes e quando não estão quentes*. Na experiência das crianças, e na linguagem comum, o termo *calor* é utilizado em situações em que ocorre a sensação de *quente*: *Hoje está calor; está calor em frente à lareira*; etc. Essas experiências e a linguagem corrente que lhe está associada, parece promover uma noção de calor restrita a tais contextos. Já a noção de temperatura parece ser, aos olhos dos alunos, algo que diz respeito aos corpos em geral: *Temperatura é o aquecimento ou arrefecimento de um corpo*. As crianças não precisam de *sentir calor* para que se lhes meça a temperatura com um termómetro.

Esse conhecimento sincrético das crianças acerca de calor e temperatura, aplicado às situações experimentais criadas, constituiu-se numa base de desenvolvimento de ideias científicas, designadamente: a) compreensão da noção de transferência de calor associada às sensações de *quente* e *frio*; b) compreensão da relação das temperaturas da mão e do objecto ou meio com que contacta, quando ocorre cada uma daquelas sensações; c) compreensão do sentido de variação da

temperatura dos corpos entre os quais se dá a transferência de calor. Neste caso, as concepções intuitivas dos alunos não têm uma natureza antagónica às ideias científicas, não sendo factor de resistência ao desenvolvimento destas. Pelo contrário, constituem uma base de partida favorável às ideias científicas, desde que evocadas em associação com sensações intencionalmente produzidas e apelando o adulto à reflexão das crianças sobre tais sensações com recurso a questões apropriadas.

É de sublinhar que, para além das experiências reais, que permitiram o desenvolvimento do conhecimento e compreensão naqueles três aspectos, uma experiência imaginária - duas quantidades diferentes de água sujeitas à acção de uma chama durante o mesmo tempo -, motivou uma intensa reflexão e participação das crianças, tendo-se revelado uma boa estratégia no processo de clarificação das noções de calor e temperatura. A experiência imaginária mais não é do que a evocação de uma situação que é familiar à criança na sua vida quotidiana.

As crianças não chegam a definições de calor e temperatura, que seriam seguramente demasiado abstractas, mas conseguem operar em situações concretas em termos tais que a distinção dos dois conceitos não pode deixar de estar presente.

5 - Evaporação

Na aula anterior os alunos mediram as quantidades de água evaporada, um fenómeno evidenciado pelo desequilíbrio de balanças improvisadas com copos de plástico, três dias depois do momento em que as balanças se apresentavam equilibradas, com grãos de milho num copo e água noutro copo. As diferenças nas quantidades de água evaporada medidas ($13,5 \text{ cm}^3$, 20 cm^3 , 10 cm^3 e 3 cm^3) suscitaram uma viva discussão sobre as possíveis causas de tais diferenças. Foram assim apresentadas como possíveis

causas para as diferentes velocidades de evaporação os seguintes factores: quantidade de água inicialmente contida no copo; proximidade/afastamento do copo em relação à janela; abertura dos copos. Tais possíveis causas são apresentadas em forma de hipóteses: *quanto maior a quantidade de água menos água evapora (...) porque pouca água aquece mais depressa; a água perto da janela evapora mais porque apanha sol; a água dentro de uma garrafa com uma abertura estreita demora mais a evaporar porque o calor custa mais a entrar.*

É de sublinhar a facilidade com que a teoria, *pouca água aquece mais depressa*, é abandonada, para ser substituída pela teoria, *no frasco cheio a água está mais próxima da abertura do frasco*. Este facto parece sugerir que uma ideia intuitiva é facilmente abandonada pela criança, quando confrontada com a contra-evidência, se se verifica uma de duas circunstâncias, ou ambas cumulativamente: a) se tal ideia não é resultado de experiências do seu quotidiano, acumuladas num longo período de tempo, para as quais a criança sentiu necessidade pessoal de lhe dar um sentido, tornando-se a ideia que dá esse sentido algo profundamente impregnado na estrutura mental; b) se colocada perante a contra-evidência, existe uma nova teoria para substituir a primeira, sendo esta, por sua vez, conforme a evidência que não estava prevista. A facilidade com que uma nova teoria é apresentada parece depender da existência de elementos perceptivos suficientemente apelativos da atenção da criança, indutores daquela teoria. Neste caso trata-se da notória diferença de proximidade da superfície livre do líquido em relação aos bordos dos recipientes.

As crianças já conhecem o termo *substância solúvel* mas associam-no quase exclusivamente a substâncias sólidas como o açúcar ou sal, que se *derretem* num líquido. O desenvolvimento das noções de substância solúvel e substância insolúvel em sentido mais lato, passou pelas oportunidades que as crianças tiveram de, experimentalmente, se confrontarem com exemplos e contra-exemplos de substâncias solúveis. A reflexão das crianças sobre as evidências, no sentido de identificarem o que há de comum nas diferentes substâncias solúveis (em água), como elemento diferenciador em relação às substâncias insolúveis, foi o complemento da experimentação, necessário para que as crianças elaborassem definições de substância solúvel e substância insolúvel, expressas numa linguagem própria que exprime os significados por elas próprias construídos.

7 - O Pêndulo

A propósito da velocidade de oscilação do pêndulo em função do peso, há dois grupos que consideram mais lento o pêndulo mais pesado e outros dois que consideram mais lento o pêndulo mais leve. No primeiro caso parece estar presente a concepção intuitiva de que quanto maior o peso maior a resistência ao início do movimento. Parece ser evocada uma noção intuitiva de inércia de repouso, recorrendo-se a uma teoria da experiência anterior para explicar uma situação que, do ponto de vista científico, não é equivalente às situações que serviram de fundamento àquela teoria. No segundo caso talvez estejamos perante a aplicação da teoria intuitiva *quanto mais pesado o objecto mais depressa cai para o solo*, ou seja, seria a concepção aristotélica da queda dos graves aplicada à oscilação do pêndulo. Neste caso, as situações têm afinidade em termos científicos, já que a lei do movimento do pêndulo é derivada da

lei da gravidade. Contudo, a teoria sobre a queda dos graves que os alunos transportam de um contexto para outro não tem carácter científico.

De notar que a hipótese de não influência do peso na velocidade de oscilação não é considerada pelos alunos, e já na discussão final ela só dificilmente é admitida. As crianças têm dificuldade em considerar uma hipótese, segundo a qual, a uma modificação directamente observável numa variável (o peso) não corresponde uma mudança directamente observável noutra variável (a velocidade de oscilação). Este facto parece sugerir que, estando focalizada a sua atenção numa eventual relação entre dois factores, a uma variação observável num dos factores terá que corresponder uma variação igualmente observável no outro factor. A covariância de factores como modo espontâneo do pensamento das crianças, tende a limitar o número de hipóteses admissíveis. Esta limitação resulta do facto de os factores tidos como covariados se imporem pela sua intensidade perceptiva.

Nesta fase do desenvolvimento do projecto de Ciências, é mais clara para o investigador a importância dos alunos escreverem a hipótese no plano de investigação, na medida em que isso dá ênfase ao confronto entre ideia inicial e a evidência dos resultados. Trata-se de ajudar as crianças a reflectirem sobre as suas teorias e sobre a evidência como entidades distintas, de desenvolver capacidades de coordenação entre teoria e evidência que segundo Kuhn, (1988) constitui o melhor indicador do nível de pensamento científico. A pertinência desta opção apresenta-se com maior clareza nos casos de discrepância entre a teoria e a evidência, em que se manifesta nas crianças a tendência para ajustarem a evidência à sua teoria, ignorando em parte ou distorcendo a evidência, o que aconteceu neste caso.

3.2.4. O modo espontâneo de construção de ideias

Os dados corroboram os contributos de diferentes autores quanto ao modo espontâneo como as crianças elaboram as suas ideias acerca dos fenómenos e objectos do mundo físico-natural envolvente. São de destacar: a) o interesse e atenção privilegiados a elementos facilmente percepcionáveis; b) o interesse e atenção privilegiados a estados de transição ao invés do equilíbrio; c) o raciocínio de causalidade linear; d) a covariância de dois factores; e) a formação de analogias das novas experiências com as experiências anteriores; e) a linguagem socialmente utilizada na descrição e explicação de fenómenos e objectos. Estes processos espontâneos de construção da sua visão do mundo, conduzem as crianças ao desenvolvimento de ideias intuitivas não científicas e frequentemente conflituais com as ideias científicas. O carácter não científico ou mesmo conflitual de tais ideias com as ideias científicas explica-se do seguinte modo:

a) se a explicação de um determinado fenómeno reside num factor não facilmente percepcionável, a criança não é capaz de reconhecer esse factor como parte integrante da sua teoria explicativa;

b) as situações do meio que não correspondam a processos de transição entre diferentes estados de equilíbrio suscitam menor interesse e atenção, e consequentemente, menor apetência pela construção de teorias explicativas;

c) sendo grande parte dos fenómenos naturais explicados em termos de interacção entre sistemas, o pensamento causal linear, ao estabelecer uma sede de causa e uma sede de efeito, com sentido único da causa para o efeito, inibe a construção de modelos e explicações científicas para tais fenómenos;

d) a tendência para a covariância de dois factores facilmente percepcionáveis, limita o número de possíveis teorias a ponderar, e induz a construção de teorias que excluem o reconhecimento da importância dos factores concorrentes para fenómenos multidependentes. Como vimos, por vezes, as crianças identificam mais que um par de factores covariados, fazendo corresponder a cada um, uma teoria diferente para um mesmo fenómeno. As diferentes teorias são tidas como igualmente plausíveis, em simultâneo, e não como teorias alternativas competindo entre si;

e) da formação de analogias das novas experiências com as experiências anteriores decorre, frequentemente, uma maior extensão do domínio de aplicação de ideias não científicas e conseqüentemente um reforço de tais ideias. Por outro lado, quando a teoria do passado tem natureza científica ou afim, o estabelecimento de uma falsa analogia é produtora de uma falsa teoria.

No processo de formação de analogias, as crianças são predominantemente influenciadas pela semelhança perceptiva dos contextos em que se verificam os fenómenos. Deste facto decorre o processo reverso, ou seja, reconhecer-se como dissemelhantes fenómenos cujos contextos são perceptivamente distintos. Isto dá lugar ao facto muito comum, de as crianças tomarem como distintos, fenómenos idênticos cientificamente, quando apresentados em contextos diferentes. O resultado é a construção de diferentes teorias para um mesmo fenómeno, consoante o contexto em que ocorre. Já a construção de uma mesma teoria para diferentes fenómenos científicos é menos comum, pois, é igualmente menos comum que fenómenos científicos distintos se apresentem em contextos perceptivos idênticos;

e) há uma grande quantidade de termos que são comuns à linguagem social e à terminologia científica. Porém, é frequente que os termos da linguagem corrente se associem a contextos demasiado restritivos ou de todo não coincidentes com os

contextos em que tais termos se aplicam cientificamente. Deste facto resulta que as crianças, na sua interacção com os adultos, desenvolvam para certos termos os significados da linguagem do quotidiano, vindo tais significados a rivalizar com os significados científicos das mesmas palavras.

Importa sublinhar, todavia, que as ideias intuitivas das crianças não são sempre e necessariamente conflituais com as ideias científicas. Muitas vezes tais ideias tem afinidade com as ideias científicas, existindo uma linha de continuidade entre umas e outras. Em tais circunstâncias tais ideias devem constituir-se em patamar de desenvolvimento das ideias científicas. Foi isso que se fez, por exemplo, em relação às ideias intuitivas sobre calor/temperatura e evaporação.

3.2.5. Das ideias intuitivas a ideias mais “científicas”

Os resultados desta investigação corroboram a teoria de que o desenvolvimento de ideias científicas é o resultado de um processo de coordenação entre ideias intuitivas e a evidência (Harlen, 1992; Kuhn, 1988). O nível de coordenação entre as ideias intuitivas e a evidência determina a dimensão da possível progressão na direcção das ideias científicas (Kuhn, 1988). O cerne desse processo de coordenação reside no nível de utilização dos processos científicos que ocupou um lugar primordial nesta investigação.

Segundo Kuhn (1988), um elevado nível de coordenação entre teoria e evidência requer que estas sejam percebidas pela criança como entidades distintas. Demos, por isso, grande atenção à identificação, clarificação e discussão das

ideias das crianças. Os resultados permitem concluir que no processo de clarificação e discussão, ainda antes de qualquer evidência, a qualidade das ideias pode melhorar substancialmente, mediante um estímulo à eliminação das incongruências e contradições que comportam face a outras experiências e conhecimentos.

Um contributo importante para que ideias e evidências sejam percebidas como entidades distintas e não confundíveis, foi a solicitação de previsões quanto ao resultado da evidência. Ao fazê-lo a criança desenvolve uma melhor predisposição mental para avaliar a evidência à luz de um resultado que foi previsto explicitamente. Nestas circunstâncias é previsível um maior impacto da evidência na estrutura mental: a criança ficará contente por ter “acertado,” reforçando-se a ideia confirmada, ou ficará perplexa e com maior abertura para rever teorias se o resultado for contrário à previsão. O processo de abertura à revisão de ideias e teorias é reforçado pela discussão que imediatamente se desencadeia entre os alunos que “acertaram” e os que não “acertaram”.

Na abordagem da evidência há que considerar dois aspectos: a) o modo de produção da própria evidência; e b) como fazer face à própria evidência. Revelou-se viável e produtiva a preocupação que sempre tivemos de que fosse a própria criança a produzir as evidências, independentemente de, por vezes, certas evidências produzidas pelo adulto serem utilizadas como elementos catalizadores.

Quanto ao modo de fazer face à evidência, esta investigação mostra que muito frequentemente o simples confronto com a evidência não dá lugar a novas ideias, modelos e teorias alternativos aos iniciais, ou que, não sendo alternativos, sejam simplesmente a primeira explicação para determinado fenómeno. No processo de construção de tais ideias, modelos e teorias, revelou-se útil: a) a solicitação de reprodução das evidências com apelo a uma acção mais dirigida e observação mais

focalizada; b) o incentivo à elaboração de representações pictóricas e/ou escritas das evidências; e c) finalmente o estímulo à invenção de modelos não deriváveis directamente das evidências. Nesse processo de busca de novas ideias revelou-se útil alertar os alunos para novas possibilidades explicativas que a sua mente se recusava a admitir.

A compreensão de certas evidências não requeria o desenvolvimento de novas ideias, mas antes a aplicação de ideias facilmente transferíveis de experiências anteriores para a nova situação. Foi pois importante a evocação de tais experiências familiares e o estímulo à transferência de ideias associadas a tais experiências para as novas situações.

Finalmente, as ideias de maior complexidade foram desenvolvidas por via do incentivo à busca de relações de diferentes dados da evidência entre si, dos dados da evidência com as ideias, das acções com os seus efeitos, e das ideias com outras ideias. Neste processo de construção de relações desempenhou um papel fundamental o fornecimento de instrumentos auxiliares de atenção e de memória de trabalho de alto nível (Damásio, 1995), de que falaremos adiante.

Em síntese, devemos sublinhar como processos que contribuem para o desenvolvimento de ideias mais “científicas” o seguinte:

- a) explicitação e clarificação das ideias intuitivas;
- b) reflexão dos alunos sobre as próprias ideias, mediante questões do adulto ou discutindo entre si;
- c) formulação de previsões de resultados da evidência derivados das ideias;
- d) actividade experimental tendente à sujeição das ideias à prova da evidência;

e) observação focalizada e reflexão sobre a evidência, mais que uma vez reproduzida, tendo em vista o confronto entre ideias/previsões e evidência;

f) representação pictórica e/ou escrita da evidência;

g) consideração de novas teorias sugeridas pelo adulto, como possíveis explicações;

h) especulação inventiva de modelos não directamente ligados à evidência;

i) transferência de ideias associadas a situações familiares para novas evidências;

j) esforço de construção de relações (de diferentes dados da evidência entre si, dos dados da evidência com as ideias, das acções com os seus efeitos, e das ideias com outras ideias).

3.3. Desenvolvimento de competências em processos científicos

Os dados qualitativos obtidos sustentam o ponto de vista de que os processos científicos, embora identificáveis e discerníveis por via da análise das acções e modos de pensar utilizados na actividade científica, não existem como elementos discretos adicionáveis ou sequenciais. Exceptuando os processos *observar* e *medir*, não foi possível ao investigador planear actividades focalizadas num só processo científico, que pudessem assumir o carácter de vivências pessoais significativas, condição necessária para que o desejável investimento intelectual e sócio-afectivo da criança aconteça. E mesmo quando nos planos de actividades concebidos, se pretendeu explicitar os processos científicos utilizados em diferentes fases do seu

desenvolvimento, muito raramente foi possível enfatizar um só processo, sendo necessário referir conglomerados de dois, três e quatro e mais processos. Por exemplo, na planificação da iniciação ao estudo do pêndulo é necessário ter-se em conta: a) que os alunos precisam de *observar* o pêndulo a oscilar; b) que *comuniquem* através do desenho a sua noção do que é uma oscilação; c) que contem oscilações (*medir*), em voz alta e mentalmente, a fim de se validar a sua compreensão da noção de oscilação; d) que *observem* n oscilações e *meçam* o tempo correspondente para desenvolverem a compreensão do pêndulo como eventual instrumento de medida do tempo; e) que procedam ao *controle de variável* amplitude, abandonando o peso do pêndulo sempre da mesma posição em sucessivas medições; f) que *comuniquem* os dados obtidos; g) que façam *previsões* de tempo correspondente a n oscilações e vice-versa; h) que *testem as previsões*, envolvendo os processos de, *observar, medir, comunicar e interpretar os dados*. O conhecimento e compreensão do que é um pêndulo requer a utilização de todos estes processos científicos.

O modo como os alunos evoluem nas actividades - tendo o investigador e a professora como quadro de referência um plano inicial, mas não se fixando nele rigidamente - veio reforçar consideravelmente a percepção inicial de que os processos científicos, enquanto parte integrante de uma actividade científica genuína, em oposição a exercícios “científicos” estereotipados, não são fragmentos adicionáveis nem sequenciais. São antes modos de pensar e agir integrados, com sequências variáveis, que só podem ser realmente desenvolvidos no contexto de actividades que têm um sentido global e um significado pessoal para o aluno. Entre os muitos exemplos que no desenvolvimento do trabalho na sala de aula são demonstrativos destas considerações, é particularmente paradigmático o modo como os alunos evoluíram nas actividades relacionadas com o pêndulo.

Tinha o investigador previsto a orientação da iniciação ao estudo do pêndulo conforme atrás foi descrito, tendo em vista a posterior realização de uma investigação quanto à influência do peso suspenso na velocidade de oscilação. Contudo, os alunos depois de fazerem *obersvações* e *contarem* oscilações, dividem-se quanto ao método de *medir* o tempo de uma oscilação, envolvendo-se em acesa discussão. Em três grupos sugere-se que se inicie a medição do tempo no momento da largada do pêndulo e se pare no momento da sua chegada ao ponto de partida, ao concluir-se uma oscilação. Outro grupo, porém, sugere que se meça o tempo de um certo número de oscilações e se divida o tempo pelo número de oscilações. Um mesmo argumento, resultante de observações já anteriormente feitas, serve de fundamento a ambas as sugestões: a) as oscilações não são todas iguais, logo há que medir directamente uma só oscilação; b) as oscilações não são todas iguais, logo há que medir umas quantas e achar a média aritmética. O investigador entendeu dever informar - no pressuposto de que as oscilações tinham pequenas amplitudes - que, sendo embora maiores as amplitudes iniciais, todas as oscilações tinham sensivelmente a mesma duração. Uma aluno sentiu imediata necessidade de *interpretar as observações* à luz desta nova informação: *No início a amplitude é grande mas o pêndulo anda mais depressa e no fim a amplitude é pequena mas o pêndulo anda devagar.*

Os alunos acordaram, após discussão, em medir o tempo de 10 oscilações e dividir o tempo por esse número, como forma de saber o tempo de uma oscilação. As medições do tempo de 10 oscilações foram feitas em quatro grupos tendo sido obtidos os seguintes resultados: 15,86 s; 18,66 s; 16,66 s; e 12,04 s. Reagindo aos resultados, um aluno comentou que os tempos deveriam ser iguais, *porque as porcas* (de parafuso suspensas) *eram todas iguais*. Perante o facto de as diferenças de tempos parecerem suficientemente apelativas da atenção dos alunos, decidiu o investigador propôr-lhes

que discutissem em grupo possíveis explicações (*levantamento de hipóteses*) para as diferenças de tempo das 10 oscilações. As hipóteses sugeridas consideravam as diferenças de amplitude inicial (*de onde se deixa cair a porca*), e as diferenças de comprimento do fio. Há alunos que, baseando-se nas *observações*, formulam a hipótese de que *os pêndulos compridos andam mais devagar*. Trata-se de uma hipótese que os alunos podiam *testar* imediatamente, utilizando os tempos já recolhidos e *medindo* o comprimento dos fios. Por isso, procedeu-se à discussão quanto ao modo de o fazer. Os alunos, depois de medir os comprimentos, foram capazes de *seriar* os comprimentos e os tempos, e *interpretar* idênticas seriações (12,04 s está para 35 cm; 15,86 s está para 53 cm; 16,66 s está para 75 cm; e 18,66 s está para 86 cm) como comprovação da hipótese.

Toda esta sequência, não prevista pelo investigador, mas estimulada e sustentada à medida dos genuínos interesses e motivações dos alunos, põe em evidência que:

a) Os diferentes processos científicos integram-se e interpenetram-se na actividade científica;

b) A actividade científica assume a sua verdadeira natureza de actividade humana de procura de novo conhecimento, libertadora de energias criadoras, quando na continuidade e extensão de curiosidades, interesses e motivações pessoais;

c) Tais curiosidades, interesses e motivações constituem um terreno especialmente favorável para o desenvolvimento de competências de processos científicos;

d) Compete ao professor identificar esses sinais e agir no sentido de rentabilizar plenamente a predisposição que de forma natural é manifestada pelas

crianças, para enveredarem por formas de pensamento e acção tendentes ao desenvolvimento das suas competências em processos científicos.

Estas considerações gerais quanto à natureza dos processos são corroboradas por algumas considerações que, em resultado desta investigação, podemos fazer para os processos particulares.

Observar

É um dos raros processos que podem justificar actividades específicas como estratégias para o seu desenvolvimento. A solicitação do registo do maior número de observações revelou-se muito eficaz no desenvolvimento da acuidade de observação. Nestas circunstâncias *observar* revelou-se um poderoso e surpreendente instrumento de conhecimento e compreensão acerca dos objectos e seres vivos. Nas actividades específicas de observação a acuidade desse processo está muito associada ao prazer das descobertas que fazem e do seu carácter cumulativo, em forma de registos, o que suscita a emulação entre os alunos e o conseqüente esforço de fazerem mais e mais observações.

À parte as actividades específicas referidas, a observação é essencialmente um processo que se incorpora em actividades científicas globais. Neste contexto não tem sentido a enumeração do maior número possível de observações. As observações a fazer subordinam-se a um critério de relevância, sendo esse critério o da finalidade das actividades em que se inserem e o da utilidade de que se revestem na perspectiva dessa finalidade. Quanto mais significativas forem as actividades para o aluno, maior relevância terão as suas observações.

Inferir

A inferência é por definição um processo científico que ocorre em associação com observações que realmente suscitam o interesse da criança. Não existem exercícios para desenvolver a competência de inferir. É estimulando a criança a gerar significados para além das observações e a submeter tais significados à prova de novas observações, que se desenvolve a competência de fazer boas inferências. A criança sente-se particularmente inclinada a fazer inferências quando as observações por si efectuadas suscitam novas curiosidades que tais observações não conseguem satisfazer. Tais circunstâncias são as mais adequadas para incentivar a elaboração de inferências bem como a sujeição das mesmas à prova de novas evidências.

Prever

O contexto apropriado para promover o desenvolvimento da competência de fazer previsões é o do processo de submissão de uma ideia à prova da evidência. Isso supõe que a testagem da ideia seja um processo pessoalmente construído e vivenciado. A previsão é a explicitação do resultado esperado ao testar-se uma ideia. Incentivar as crianças a fazerem previsões derivadas de ideias e teorias é importante pelas seguintes razões:

- a) ajuda a criança a tratar como entidades distintas a evidência e a teoria;
- b) reforça o processo de contraste entre evidência e teoria;
- c) facilita que a evidência tenha maior impacto na estrutura mental da criança, favorecendo a revisão de ideias e teorias, nos casos em que a evidência as contraria.

Classificar

Pode-se fornecer listas de objectos ou os próprios objectos e solicitar às crianças que constituam classes segundo critérios de semelhanças e diferenças. Mas pode perguntar-se: o que é que poderá mover as crianças a empenharem-se em tais actividades? Essa é uma estratégia muito pobre face a uma estratégia de desenvolvimento da competência de classificar no contexto de actividades científicas. Se, por exemplo, as crianças tiverem trabalhado com circuitos elétricos e tiverem tido a oportunidade de testar materiais e objectos condutores e não condutores, a actividade de classificação adquire um significado e justifica um empenho só possíveis porque é uma extensão da actividade anterior. Nestas circunstâncias o processo de classificação aprofunda-se e refina-se, mediante a possibilidade de as crianças satisfazerem curiosidades pessoais, testando objectos e materiais acerca dos quais têm dúvidas em termos de condutibilidade. O conhecimento e compreensão ampliam-se por via de um processo de classificação como actividade genuína. A identificação de elementos comuns e dissemelhantes entre objectos, seres vivos e fenómenos, no contexto de actividades científicas, constitui o cerne do desenvolvimento de classes, ou seja de conceitos científicos.

Medir

É um processo cuja dimensão técnica requer actividades de treino específicas. Actividades de conhecimento e compreensão das unidades de uma determinada grandeza, de conhecimento e compreensão dos instrumentos de medida dessa grandeza, bem como de domínio da sua utilização na feitura de medições, são

actividades necessárias ao desenvolvimento deste processo, nele focalizadas exclusivamente. Porém, é no recurso à medição que as actividades científicas requerem que se atingem elevados níveis de compreensão e desempenho neste processo, designadamente: a noção do instrumento e unidades apropriados à dimensão do que há a medir; a compreensão das ordens de grandeza de diferentes unidades; reconhecimento do erro e adopção de procedimentos para o minimizar; compreensão da importância relativa do erro de medição nos resultados finais; capacidade de fazer estimativas de diferentes valores de medida, etc.

Levantar questões

O levantamento de questões é equivalente à identificação de novas curiosidades. Independentemente de serem ou não apresentadas em forma de questões, o terreno natural para a emergência de novas curiosidades são as próprias actividades científicas, principalmente quando fazem observações. As crianças, frequentemente, fazem observações surpreendentes para o adulto e, igualmente, manifestam curiosidades que deixam o adulto perplexo por nunca ter pensado nelas. A atitude de abertura a tais curiosidades, no sentido de as valorizar, ajudar a criança a apresentá-las em forma de questões e, finalmente, ajudá-la a encontrar resposta para elas, é a forma recomendável de o adulto inculcar na criança a consciência do valor das suas próprias questões e desenvolver a competência de as formular em termos investigáveis. Revelou-se também bastante produtiva a ideia de, no final de uma actividade científica, solicitar às crianças que indicassem, sob forma de perguntas, outras coisas que gostariam de saber, relacionadas com a actividade acabada de realizar. Quando se adoptou esse procedimento as crianças revelaram-se bastante fluentes e apresentaram questões com bastante pertinência.

Há um conjunto de processos científicos que têm nas investigações o contexto privilegiado para o seu desenvolvimento. São eles: formular hipóteses e/ou formular previsões derivadas da hipótese; identificar e operacionalizar as variáveis independente, dependente e controlada; comunicar (registrar dados); interpretar informação.

Formular hipóteses / previsões

De início, ao serem confrontados com problemas apresentados pelo investigador, os alunos manifestaram dificuldades em apresentarem uma resposta ao problema, sob a forma de uma proposição, ainda antes de se iniciarem as actividades de investigação. Dessa dificuldade decorre semelhante dificuldade em fazerem previsões de resultados da investigação. A formulação de hipóteses e previsões, para além de um exercício difícil, parecia ser destituído de significado para as crianças. Por esse motivo essa pretensão foi abandonada pelo investigador durante algum tempo.

Veio porém a verificar-se que muitas crianças, ao fazerem observações, formulavam hipóteses espontaneamente, às quais logo associavam teorias explicativas: *quanto maior a quantidade de água menos água evapora (...) porque pouca água aquece mais depressa; a água perto da janela evapora mais porque apanha sol; a água dentro de uma garrafa com uma abertura estreita demora mais a evaporar porque o calor custa mais a entrar.* Afinal, concluímos, as hipóteses fazem muito sentido, mas precisam, pelo menos numa fase inicial, de emergir das observações e dados da experiência. Incentivados a escrever essas hipóteses, formuladas com naturalidade, os alunos acabam por compreender o que é uma

hipótese e, com mais ou menos ajuda do adulto, passam a incluí-la como um elemento do plano de investigação.

Nesta idade apenas algumas crianças foram capazes de formular hipóteses em termos de relação entre duas variáveis na forma *quanto mais ... tanto mais* ou similares. É ainda de sublinhar que a hipótese era frequentemente apresentada em forma de previsão, o que não é dissociável da dificuldade das crianças em formularem problemas em termos gerais, inclinando-se antes para formulações em termos de comparação entre casos particulares. Tivemos a percepção de que seria demasiado subtil e complexo para estas crianças fazerem a distinção entre hipótese e previsão. A exigência nesse sentido seria contraproducente, pelo que aceitámos indistintamente hipóteses ou previsões.

A inclusão da hipótese/previsão no plano de investigação, desde que os alunos se apresentem maduros para isso, não deve ser subestimada, pois a sua formulação facilita o confronto entre ideias e teorias iniciais, por um lado, e a evidência dos resultados, por outro. Esta percepção tornou-se particularmente nítida ao investigador, quando se verificaram situações de discrepância entre teoria e evidência, manifestando-se na criança uma tendência para ajustarem a evidência à teoria.

Identificar e operacionalizar variáveis

É de todo inadequado pretender que a criança identifique, formalmente, quais são as variáveis independente, dependente e controladas. O mesmo se dirá da pretensão da utilização de tais termos. Por idênticas razões de falta de significado daquele formalismo se justifica, também, não considerar a distinção entre a identificação das variáveis e a sua operacionalização. Frequentemente, é ao passar directamente para a

operacionalização que as crianças compreendem ou revelam compreender a natureza que atribuem a diferentes variáveis. Por outras palavras, a real compreensão do que *vai ficar diferente* na investigação, do que *vai ficar igual* e do que *se vai ter que saber/medir* para obter a resposta ao problema, revela-se quando a criança toma decisões práticas: *vou usar três frascos com diâmetros diferentes; vou pôr em cada um 50 cm³ de água; vou pô-los todos à janela durante três dias; no fim meço a água de cada um com um copo graduado e a diferença entre os 50 cm³ e a água que fica é a água evaporada*. Isto não significa que as crianças não possam ter um pensamento claro quanto à natureza das variáveis antes de reveladas as decisões, porém, só nesse momento podemos formar um juízo.

Uma limitação muito comum nas crianças, quanto à perspectiva de operacionalização de variáveis, reside na sua tendência natural para apreciarem as situações, objectos e fenómenos em termos qualitativos. Assim, um importante contributo para o desenvolvimento de competências de operacionalização de variáveis, está em fazer as crianças evoluírem de uma apreciação qualitativa das situações, objectos e fenómenos, para uma apreciação quantitativa dos mesmos. Por outras palavras, trata-se de desenvolver competências no domínio da medição.

Sustentamos que os critérios de apreciação sobre o nível de desempenho nestes processos científicos são três: a) a clareza com que a criança revela, naquilo que se propõe fazer, o que é que vai tratar como variável independente, como variável dependente e como variáveis controladas; b) as decisões práticas que toma como forma de operacionalizar cada uma daquelas variáveis; c) a coerência do trabalho prático com as decisões.

O desenvolvimento de competências de identificação e operacionalização de variáveis começa por basear-se na exploração do potencial de boas ideias que as

crianças revelam quanto a estratégias de resolução de problemas. Transformar uma boa ideia, ainda vaga e imprecisa, num plano exequível de acções, passa pelo processo de clarificação das variáveis em jogo e sua operacionalização. São necessárias boas questões, adequadas ao problema e circunstâncias, mas que genericamente se podem enunciar deste modo: a) para a variável independente: *o que é que deve ficar diferente na investigação?*; b) para as variáveis controladas: *o que é que deve ficar igual na investigação?*; c) para a variável dependente: *o que é que precisamos de saber/ medir para obtermos a resposta ao problema?*.

Em contextos familiares as crianças revelam facilidade em identificar a variável independente. Quando assim não é torna-se necessário fazer as crianças reflectirem sobre o significado e consequências de uma incorrecta identificação da variável independente. Por vezes, tendo sido feita uma incorrecta identificação da variável independente, ao terem que a operacionalizar as crianças apercebem-se do erro.

Quanto ao controle de variáveis revelaram uma surpreendente facilidade. Quer isso dizer que têm uma boa noção das circunstâncias mediante as quais dois resultados associados a diferentes valores da variável independente são comparáveis e, conseqüentemente, a investigação é conclusiva. Diversificando e aumentando a complexidade dos contextos, as crianças fazem grandes progressos em termos de identificação e operacionalização de variáveis controladas.

A identificação e, especialmente, a operacionalização da variável dependente, dependem do grau de afinidade de termos entre a formulação do problema e formulação da operacionalização. Se há semelhança de termos, a formulação do problema contém em si a identificação e operacionalização da variável dependente, estando facilitada a decisão quanto ao que medir e como medir. Se, porém, a

operacionalização da variável dependente requer uma grande “transformação” de termos relativamente à formulação do problema, então a clarificação da natureza dos dados a recolher e modo de recolha, é um processo mais complexo que requer uma acuidada interacção do adulto, de estímulo e incentivo ao pensamento e reflexão dos alunos. Em tais circunstâncias pode impôr-se a necessidade de reformular o problema em termos de uma menor discrepância em relação à operacionalização da variável dependente.

Comunicar

O desenvolvimento da comunicação oral e escrita - sob a forma de texto, gráficos, diagramas, desenho e tabelas - pressupõe vivências pessoalmente significativas. Os contextos em que pudemos constatar um impulso espontâneo para a comunicação, designadamente em crianças consideradas mais reservadas e introvertidas, permitem-nos sustentar a comunicação, também em Ciência, como o acto de exprimir aquilo que tem significado e é gerador de significados para o sujeito que comunica. Pode-se apresentar uma tabela com um conjunto de dados e explicar detalhadamente como fazer a leitura dos dados na tabela. Porém, essa não é uma estratégia produtiva quanto ao objectivo de que as crianças aprendam a ler dados numa tabela e a utilizar tabelas para comunicarem os seus próprios dados. É introduzindo a tabela em contexto de necessidade de as crianças fazerem registos de dados por elas recolhidos, em actividades científicas em que estão pessoalmente envolvidas, que a leitura de tabelas e a compreensão da sua utilização se desenvolverão.

Interpretar informação

É o momento, por excelência, de construção de significados para os resultados de uma actividade científica ou investigação. Tivemos forte evidência - numa fase em que ainda não existem hábitos de análise e interpretação de informação - de que a consideração dos dados e o esforço da sua interpretação pressupõe duas condições: a) serem as próprias crianças a gerar esses dados nas suas actividades; b) serem essas actividades impulsionadas por um propósito claro em mente, a não perder de vista ao longo das actividades. É pois nestas circunstâncias que se recomenda a colocação de questões focalizadoras dos dados obtidos, no sentido da sua interpretação. O fornecimento de dados desligados da participação da criança na sua obtenção, para que esta dela extraia conclusões, não é uma estratégia adequada de desenvolvimento da competência de interpretação de informação.

Na interpretação dos resultados, no âmbito das investigações, verificámos uma grande dificuldade das crianças em se reportarem ao problema inicial nas suas conclusões. Há uma tendência, ora para a simples reafirmação de ideias iniciais ora para a formulação de conclusões em termos de factos verificados. Tal como na formulação de hipóteses também aqui se manifesta a dificuldade de interpretação de resultados em termos de uma relação entre duas variáveis, designadamente na forma *quanto mais ... tanto mais*. Com questões evocativas do problema de partida e sugestivas da necessidade de lhe dar resposta, as crianças melhoram a sua competência de interpretação de informação.

Na abordagem das Ciências orientada para o desenvolvimento de competências em processos científicos, o trabalho na sala de aula revelou duas vias possíveis quanto ao agente predominante do rumo das actividades a seguir. Numa delas é o professor ou investigador que agindo de uma forma sistemática e intencional, vai introduzindo

desafios, questões e problemas, desenvolvendo-se um processo que, não deixando de se subordinar às ideias e propostas dos alunos, segue um rumo previamente concebido, apesar das lateralizações pontuais e adaptações que as ideias e interesses dos alunos suscitam. O lançar de desafios externamente, não dispensa jamais, a necessidade de que as crianças sejam ganhas para eles no plano interno das suas motivações e interesses. Sem que isso se verifique nada de relevante poderá acontecer.

Esta foi a abordagem mais frequente e, pensamos que a mais produtiva, para crianças desta idade e sem qualquer experiência de actividade científica. Porém, numa fase mais evoluída do projecto, embora o ponto de partida das actividades continuasse a ser introduzido pelo investigador ou pela professora, as crianças revelaram atenção e muito interesse por observações e hipóteses suscitadas por tais observações, que ofereciam boas possibilidades de um posterior desenvolvimento de actividades científicas. Em tais circunstâncias as crianças induziram uma alteração ao rumo inicialmente previsto, passando o investigador e/ou professora a pôr a intencionalidade e sistematicidade da sua acção ao serviço da resolução de problemas e hipóteses identificados pelas crianças.

Pode parecer uma contradição, a perspectiva que temos preconizado, de um ensino-aprendizagem centrado nos interesses, motivações e curiosidades das crianças, fazendo apelo à construção pessoal e social do conhecimento por parte daquelas, e, por outro lado, uma actuação do professor estruturada, sistemática e intencional. Expliquemos.

Está na natureza das crianças o gosto pela exploração e descoberta, pela manipulação de materiais e objectos, em suma a experimentação é indissociável do

ser-se criança. Porém, as crianças entregues a si próprias ficam-se por superficiais e casuísticas manipulações que, embora importantes numa fase de exploração inicial, dificilmente dão lugar a um modo de pensar e agir científicos. O que as crianças têm naturalmente é um potencial altamente favorável ao desenvolvimento de actividades científicas. Transformar esse potencial em modos de pensar e agir de forma cada vez mais científica, é algo que não acontece espontaneamente. Pelo contrário, requer a acção despelotadora e catalizadora do adulto. Requer uma acção estruturada, sistemática e intencional. Para o desempenho dessa função, o professor precisa da arte e o engenho necessários para que: a) as questões e problemas, sejam ou não introduzidos exteriormente às crianças, sejam por estas apropriados como seus; b) as ideias das crianças sobre tais questões e problemas sejam identificadas ou percebidas, constituindo-se como o terreno de germinação e crescimento de novas ideias, e ancoradouro de toda a estimulação do seu pensamento e acção.

3.4. Desenvolvimento de competências de investigação

As investigações, entendidas como todo o conjunto de modos de pensar e agir utilizados para se encontrar resposta a um problema - envolvendo uma variável independente, uma variável dependente e, pelo menos uma variável controlada - são neste projecto, o mais elevado nível utilização dos processos científicos. São, por outro lado, o modo por excelência, de trabalhar cientificamente em que os diferentes processos científicos se integram e interpenetram como um todo. Porém, as dúvidas, incertezas e insegurança quanto à possibilidade de se atingir este objectivo eram muito grandes. Haveria que ter em conta que:

a) se tratava de crianças do 4º ano do 1º ciclo, sem qualquer experiência prévia de actividade científica. Note-se que as crianças envolvidas no *STAR Project* (Schilling et al, 1990), que no final foram sujeitas a uma tarefa prática tendo em vista a avaliação das suas competências em processos científicos, no contexto de uma investigação global, pertenciam aos 5º e 6º anos de escolaridade, num país, a Inglaterra, onde desde a década de 60 se vêm fazendo grandes investimentos no domínio da educação científica na escola primária;

b) a realização de investigações requer modos de pensar característicos das operações formais, segundo a teoria de Piaget. Estas crianças com 9/10 anos estão, de acordo com o mesmo autor, no nível cognitivo das operações concretas. A ser intransponível, nesta idade, o nível de desenvolvimento cognitivo das operações concretas, seria de esperar a impossibilidade de estas crianças virem a realizar investigações.

3.4.1. Perspectiva evolutiva do desenvolvimento de investigações na turma 92/93

Na turma experimental de 92/93 foi introduzida a primeira investigação na 7ª aula (3 horas) de Ciências, ou seja, ao fim de 11 horas e 30 minutos de actividades experimentais. A questão a investigar era: *Será que os meninos são mais altos do que as meninas?*. Procedeu-se a uma discussão plenária com vista a estabelecer-se o plano de investigação. As crianças compreenderam a necessidade de se medir todas as meninas, por um lado, e todos os meninos, por outro lado. Mas não sendo as meninas em número idêntico ao dos meninos, alguns destes contestaram a ideia de somar as alturas de uns e outros e comparar esses resultados. Argumentavam que as meninas eram mais e *ficavam a ganhar e não estava bem feito*. Na discussão, partiu dos

próprios alunos a necessidade de se calcular as médias aritméticas (um conceito já tratado anteriormente) das alturas dos dois grupos formados e comparar as médias. Acordado o plano oralmente, em discussão plenária, apresentaram-se tabelas de registo das alturas para cada um dos sexos. Aos alunos competiria, organizados em pares, fazer as suas medições e fazer os registos no quadro. Quando os alunos faziam as medições, a professora, em face do que considerou excessivo ruído, desorganização e desconcentração dos alunos, decidiu que não se fariam mais medições. Forjou as alturas que faltavam - o que deu lugar a protestos dos alunos que conhecendo as suas alturas não concordavam com o que viam registado - e calculou as médias aritméticas. O investigador procurou, apesar das circunstâncias, introduzir *apostriori* alguma reflexão sobre controle de varáveis e grau de generabilidade dos resultados obtidos, sem no entanto utilizar tal terminologia. Boa parte dos alunos revelou uma noção intuitiva de controle da variável idade, ao sugerirem que para se verificar se idênticos resultados se repetiriam noutras turmas, teriam que ser *turmas do mesmo ano*, ou teriam *que ser turmas iguais*. Compreenderam igualmente as limitações quanto à generabilidade dos resultados ao sugerirem que, para podermos afirmar *com toda a certeza* que os meninos eram mais altos do que as meninas, era necessário fazer a *investigação nas turmas todas do 4º ano da escola*.

Na aula nº 10 (2 horas e 30 minutos), aquando do estudo do pluviómetro e da pluviosidade, foi introduzida a questão: *Quando o crivo de um regador deita água, sai mais água pelo centro do crivo ou pela parte de fora do crivo?*. A intenção do investigador de que os alunos, em grupo, elaborassem um plano de investigação para aquela questão, não se revelou viável. Procedeu-se à discussão, em plenário, em torno da questão: *O que teremos que fazer para sabermos se sai mais água pelo centro do*

crivo ou pela parte de fora do crivo?. Os alunos revelaram grande dificuldade em sugerir a colocação de um pluviómetro no centro do chuveiro e outro na periferia do chuveiro, ambos no chão. Mas, depois de compreendida essa necessidade, sugeriram medir-se a quantidade de água contida em cada pluviómetro, depois de esvaziado o regador, a fim de se poder fazer a inferência quanto à zona do crivo por onde sai mais água. Feita a experiência no exterior da sala, e feitas as medições - com reduzida participação dos alunos - que permitiram concluir que saía mais água pelo centro do crivo, solicitou-se aos alunos que fizessem um relatório do que havia sido feito. Os alunos assumiram uma atitude reflexiva e empenhada, vindo ter com a professora e o investigador mostrar o que haviam escrito, e voltavam para o lugar a fim de aperfeiçoarem o seu trabalho, tendo em conta os comentários e apreciações feitos. As principais dificuldades reveladas pelos alunos foram: a) não explicitação de que, ao serem utilizados dois pluviómetros, um se destinava a recolher água proveniente da zona central do crivo e outro da zona periférica; b) referirem, imediatamente, que no fim da experiência se tiraram conclusões, sem referirem as medições de quantidades de água contidas nos diferentes pluviómetros como fundamento para a conclusão; c) tomar as medições efectuadas como medida directa da água saída por cada uma das zonas do crivo, e não como observações que fundamentam a inferência quanto à ordem de grandeza dos débitos; d) formular a conclusão em termos dos factos verificados (Ex: o pluviómetro do centro tem mais água) e não em termos de resposta ao problema de partida.

Na aula nº 11 (3 horas e 30 minutos), procedeu-se à realização da investigação tendo em vista a resposta à seguinte questão: *Será que os rapazes têm maior capacidade pulmonar do que as meninas?*. Antes de se enveredar pela discussão de um plano de

investigação, houve que clarificar a noção de capacidade pulmonar e, tarefa nada fácil, de operacionalizar essa variável - variável dependente. Após sugestões como *fazer um raio X, soprar na água e o que mexer mais a água tem maior capacidade pulmonar*, foi necessário evocar a experiência de esvaziamento de uma garrafa cheia de água, invertida, através do sopro. A simples evocação da experiência não bastou para sugerir aos alunos o método de medição da capacidade pulmonar. Foi então proposto que dois alunos soprassem, perante a turma, através da palhinha esvaziando assim a garrafa. Perante a questão acerca de quem teria maior capacidade pulmonar, vários alunos afirmaram com grande segurança que *quem deitar mais água para fora tem maior capacidade pulmonar*. Na discussão quanto aos cuidados que cada aluno deveria ter para que se pudesse tirar conclusões quanto à ordem de grandeza das suas capacidades pulmonares, vários alunos revelaram uma boa noção intuitiva de controle de variáveis: deveriam ambos *soprar o mesmo tempo; se um parar a meio para respirar e continuar é batota*. Concluiu-se que haveria que encher bem o peito de ar, fazer uma só expiração e expirar o máximo possível de ar. Nesta altura os alunos têm a noção de que a quantidade de ar expirada, naquelas circunstâncias, constitui uma medida de capacidade pulmonar, mas dão-se por satisfeitos com uma simples avaliação qualitativa das capacidades pulmonares, olhando para a água que resta no garrafão. E quando interpelados, embora falem da necessidade de medir o volume de ar expirado não têm ideia de como o fazer. Fazê-los compreender que o volume de ar expirado se obtém fazendo a diferença entre o volume de água inicial e o volume de água final, é um processo fortemente interactivo de apelo e estímulo à reflexão.

Resolvida a difícil questão de operacionalização da capacidade pulmonar, foi acordado, verbalmente e em discussão plenária, um plano de investigação com desenho semelhante ao do problema das alturas em função do sexo. Considerou-se

que não seria ainda viável solicitar aos alunos que escrevessem o plano de investigação. Os alunos, trabalhando em grupo, passaram a fazer as medições das suas capacidades pulmonares: a) fazendo uma só expiração; b) medindo o volume de água final; c) fazendo a diferença entre 5 litros (capacidade do garrafão) e o volume de água final. Cada um tinha o encargo de registar na sua tabela existente no quadro - dos meninos ou das meninas - a respectiva capacidade pulmonar. Os alunos, entretanto, foram-se esquecendo da finalidade das medições que estavam a fazer, tomando essa actividade como um fim em si mesma. Foi pois necessário apelar de novo à reflexão a fim de que se lembrassem do que haveria a fazer após a realização de todas as medições. Revelaram compreender a necessidade de calcularem as médias aritméticas, bem como o seu processo de cálculo, mas apenas uma aluna foi chamada a fazer tais cálculos. Na discussão tendente à reflexão crítica quanto aos procedimentos adoptados os alunos indicaram como *não tendo corrido bem* o seguinte: a) algum do ar expirado, ao ser soprado fortemente, saía para fora do garrafão, pelo que foi sugerido que se deveria trabalhar com um tubo mais grosso; b) ao inverter-se o garrafão, demasiado grande e pesado para os alunos, alguma da água era vertida para fora; c) as leituras da medida de água não foram feitas com a superfície da água imóvel; d) a falta de treino na expiração terá contribuído para que os volumes de ar expirado fossem mais pequenos.

Na aula nº 12 (3 horas) o problema a investigar era o seguinte: *Haverá alguma semelhança entre a nossa respiração e uma vela a arder?*. A questão teve que ser reformulada noutros termos: *Será que o ar que nós expiramos é semelhante ao ar que fica no frasco depois da vela se apagar?*. Uma aluna sugeriu: *Sopramos para dentro de um frasco e pomos dentro uma vela acesa para ver se ela se apaga. Se se apagar o*

ar expirado é igual ao da vela. A ideia central estava encontrada, tendo-se orientado então a discussão no sentido do aperfeiçoamento daquela ideia, dando-se-lhe a forma de um plano de acções e procedimentos exequíveis: a) o modo correcto de obtenção do ar expirado; b) quantificar e comparar os tempos de combustão em ar expirado e ar resultante da combustão da vela; c) comparar os tempos anteriores com o tempo de combustão num frasco de controle com ar atmosférico; d) prever os resultados concordantes com a hipótese - os tempos de combustão em ar expirado e ar resultante da combustão da vela deverão ser ambos claramente inferiores ao tempo de combustão no frasco de controle.

Os alunos compreenderam facilmente que a sugestão de sopro para dentro de um frasco, para obtenção do ar expirado, daria sempre uma mistura de ar expirado e ar atmosférico. Então, observando o material que tinham ao seu dispor, recordaram-se de como mediram as suas capacidades pulmonares, o que os induziu à sugestão de como obter o ar expirado. Interpelados acerca de como garantir que o ar expirado tenha o mínimo de oxigénio possível, há quem sugira que se tem que *deixar o ar nos pulmões até não se poder mais, antes de soprar.* Quando interrogados acerca de quantos frascos deveríamos utilizar na investigação, surgiu a resposta de que se utilizariam dois frascos, *um com ar dos pulmões e outro com ar da combustão da vela.* Um outro aluno sugeriu a necessidade de um terceiro frasco *com oxigénio.* Acordada a necessidade de três frascos - que os alunos, quando interpelados, responderam sem hesitação que deveriam ter tamanhos iguais - com três tipos de ar perguntou-se: *Que fazemos em cada um dos frascos?.* Um aluno respondeu: *Se a vela se apagar nos frascos de ar expirado e de ar da vela são iguais.*

No desenvolvimento da discussão tornou-se claro que o papel do frasco de controle era de difícil compreensão e um factor de perturbação no pensamento dos

alunos. Mesmo assim, sem introdução de alteração nesse ponto, e após conclusão da discussão plenária, solicitou-se aos alunos, pela primeira vez, que escrevessem tudo o que se iria fazer para responder à questão inicial - plano de investigação. No desenvolvimento desse trabalho os alunos vinham mostrar o que haviam escrito e voltavam a reformular, tendo em conta os comentários e apreciações feitos. Foram as seguintes as principais dificuldades na elaboração dos planos de investigação: a) algumas crianças tomam a descrição do modo de obtenção do ar expirado como a tarefa central e um fim em si mesmo; b) a enumeração dos procedimentos tem, frequentemente, um carácter contabilístico e desarticulado, não parecendo significar uma compreensão global da estratégia de resolução do problema formulado; d) nenhuma criança se referiu aos resultados previsíveis em termos de como respondem à questão-problema. A aluna que conseguiu escrever um plano que melhor se aproximava ao desejável foi chamada ao quadro para o escrever, sendo porém cada um dos passos sujeito à discussão e acordo geral da turma, o que dava lugar à introdução de alguns melhoramentos.

Os alunos não foram capazes de executar o plano em grupo, autonomamente. Providenciavam os três frascos com diferentes tipos de ar, mas perdiam o rumo das suas actividades. Foi necessário um forte apoio e incentivo aos diferentes grupos, por parte do investigador e da professora, a fim de que fizessem as medições dos tempos de combustão em ar expirado, ar da combustão da vela e ar atmosférico. No final, quando se promoveu uma discussão plenária tendente à interpretação dos resultados, ficou evidente a dificuldade dos alunos em coordenarem, por um lado, os tempos de combustão da vela em ar expirado e ar resultante da combustão, e por outro lado, com o tempo de combustão no frasco de controle. Pretendia-se que, sendo os tempos de combustão em ar expirado e em ar da combustão inferiores ao tempo de combustão no

frasco de controle, os alunos inferissem que a combustão e a respiração tinham provocado idênticas transformações no ar e, conseqüentemente, seriam fenômenos com semelhanças entre si. Concluimos porém, que desde o início da investigação, estávamos a exigir um raciocínio excessivamente exigente em termos da informação que tem que ser mobilizada de forma simultânea - memória de trabalho de alto nível (Damásio, 1995). A simples constatação de um tempo de combustão em ar expirado inferior ao tempo de combustão em ar atmosférico, seria conclusiva quanto à semelhança entre respiração e combustão, dado que as crianças já tinham o conhecimento de que a chama se extingue ao fim de algum tempo dentro de um frasco.

Na aula nº 16 (2 horas + 1 hora) o problema a investigar era saber se a velocidade de evaporação depende da superfície livre do líquido. A professora começou por perguntar aos alunos o que é que eles achavam que *ajudava* a água a evaporar-se, tendo sido referido: *o sol, o calor, o vento, o ar*. A professora, tendo em mente o factor superfície livre do líquido, insistia para que indicassem mais factores, porém, tornou-se evidente que só confrontados com recipientes com diferentes aberturas os alunos poderiam ser alertados para tal factor. Foi o que se fez. Os alunos confrontados com uma tigela de metal e um copo de vidro de menor abertura, ambos com água, avançaram com as suas ideias: a) *na tigela a água evapora-se mais depressa porque a abertura é maior e dá mais sol*; b) *a tigela é de chapa e aquece mais por isso a água evapora-se mais*; c) *o copo é mais fundo do que a tigela, evapora-se mais na tigela*. Todas as ideias são convergentes no sentido de maior velocidade de evaporação do recipiente de maior abertura, porém apenas uma recorre a esse factor. Decidiu-se orientar os alunos no sentido de focalizarem a sua atenção nesse factor. Era evidente

que todas as crianças sustentavam a hipótese de que a maior abertura favoreceria a evaporação. Na discussão plenária com vista ao plano de investigação, sugeriram a utilização de três recipientes. Mas a partir daí foram muitas as dificuldades. Quando se lhes perguntou *como devem ser as aberturas para sabermos se a abertura tem importância?* a resposta foi *iguais*. Foi necessário fazê-los pensar sobre uma situação de dois recipientes com idênticas aberturas e perguntar-lhes se fazia sentido ao fim de alguns dias dizer que no mais largo houve maior evaporação. Resolvida a questão da variável independente, surgiu facilmente a sugestão de *colocar a mesma medida de água, esperar e ver qual evapora mais*. Para além da quantidade de água inicial, outros factores que foram sugeridos como devendo ser *iguais* foram: o material de que é feito o recipiente; ambos ficarem ao sol; e estarem no mesmo local. Quanto a *ver qual evapora mais* foi necessária aturada discussão e apelo à reflexão no sentido de compreenderem que a água evaporada seria dada pela diferença entre a quantidade de água inicial e a quantidade de água final, sendo necessário fazer medições com um copo graduado. Em todo este processo ia-se revelando muito difícil manter os alunos interessados e capazes de acompanhar o fio condutor do pensamento. Terminada esta discussão, perguntou-se à turma o que é que se iria investigar, mas ninguém se lembrava da questão. Escrita a questão no quadro, sistematizou-se o plano de investigação igualmente de forma escrita, em resposta a várias questões: *Quantos frascos vamos usar?; Em que são diferentes os frascos?; O que é que deve ser igual? etc.* Uma tabela de registos foi apresentada no quadro, para que todos a passassem para o caderno, a fim de ser preenchida na fase de execução. Porém, quando solicitados a executar o plano sentia-se uma grande inércia, pelo que tiveram que ser ajudados e incentivados grupo a grupo. Um dos grupos que não dispunha de proveta para medir a água, não tendo paciência para esperar que alguém a emprestasse,

socorreu-se de uma ideia brilhante: com uma garrafa de plástico cortada, mediam a água para cada recipiente enchendo a citada garrafa até o líquido atingir uma altura determinada, medida em centímetros, com uma régua que introduziam em posição vertical.

Dois dias depois, os alunos mediram a quantidade de água final e registaram-na correctamente na tabela. A atitude foi muito positiva e responsável, patente no cuidado com que transvasavam o líquido para a proveta, e com que se esforçavam por fazer leituras correctas, o que exigia fazer-se interpolações a fim de se saber a quanto corresponde cada espaço menor da escala. As primeiras interpretações limitavam-se à verificação de factos: *Concluimos que no frasco mais largo evaporou-se mais*. Partir daí para a relação entre duas variáveis, expressa na forma *quanto mais ... tanto mais* não foi acessível a uma larga maioria das crianças.

Na aula nº 18 (3 hora e 30 minutos + 1 hora) os alunos começaram por fazer observações do caracol que, depois de uma observação livre numa evidente atitude de prazer e curiosidade, passaram a registar. Vários alunos registaram mais de 20 observações, sendo algumas delas muito pertinentes e inesperadas. Houve quem se detivesse a observar o animal, colado na parede interna do frasco, a pegar na folha de alface abrindo e fechando a boca, tendo desenhado a forma da boca. Uma aluna descobriu o orifício de respiração, no que foi seguida por toda a turma, detendo-se a vê-lo abrir e fechar, chamando a atenção para as bolhas de ar que nele se formavam. Outra aluna registou que as linhas do caderno se apagavam no lugar de passagem do caracol. Um facto importante a sublinhar é o modo como os alunos se sentem completamente absorvidos pelo animal, e a familiaridade e carinho com que o tratam.

Uma aluna está particularmente feliz com o caracol enrolado na ponta do lápis com que regista as observações e, ora olha para o animal ora escreve.

Em dada fase do desenvolvimento das actividades foi introduzida para investigação a seguinte questão: *Será que o caracol gosta mais de couve ou de alface?* Em geral os alunos foram de opinião de que o animal gostaria mais de alface *por ser mais tenrinha*. Na discussão plenária acerca do que *se deveria fazer para sabermos se o caracol gosta mais de alface*, o Vítor sugeriu que se deveria *pôr um caracol num frasco com a mesma quantidade de couve e alface a ver qual ele come mais*. Porém o método de medição da quantidade de vegetal não era uma questão fácil. Houve quem sugerisse pesar a couve e a alface, mas explicou-se-lhes que não tínhamos uma balança que permitisse pesar coisas muito leves. Havia então que pensar noutra solução. A Andreia sugeriu fazer-se *dois quadrados iguais de couve e alface*. Esta ideia estava no caminho para a boa solução, por isso foi devidamente valorizada nestes termos: *Quadrados, é uma boa ideia. Olhem para o papel quadriculado dos vossos cadernos. O que é que isso vos diz?* O Rogério teve o *insight* esperado: contornar a folha de alimento por cima do papel quadriculado e contar o número de quadrículas. Não houve dificuldade na sugestão de que tais medições se fariam para ambos os vegetais, no início e no final da investigação, sendo a quantidade comida pelo caracol a diferença do número quadrículas. Interpelados sobre como saber qual era o alimento preferido, vários alunos sugeriram que se deixasse o caracol com as folhas de couve e alface até ao dia seguinte, e o vegetal preferido seria o que ele tivesse comido mais. Tendo-se acordado na medição no início e no final da experiência, os alunos que haviam sustentado a necessidade de as quantidades de vegetal serem iguais de início, concordaram que essa condição já não se impunha.

Parecendo estar bastante claro na mente dos alunos o que iriam fazer, não se procedeu à escrita do plano de investigação, mas apresentou-se no quadro a tabela de registos que sempre tem funcionado como factor organizador do pensamento e dos procedimentos. Em todos os grupos se fizeram as medições com rigor e paciência, tendo alguns alunos contado 200 quadrículas. Revelaram-se muito expeditos na utilização da tabela de registos. Todos os grupos, exceptuando um, colocaram as folhas medidas num mesmo frasco juntamente com um caracol. Num grupo, porém as medições fizeram-se mecanicamente, sem a compreensão da estratégia de investigação, o que ficou patente no facto de após as medições terem colocado as folhas juntamente com vários caracois no mesmo frasco.

No dia seguinte os alunos logo começaram a fazer as medições das folhas de couve e alface. Fizeram bem os registos das quantidades finais, bem como o cálculo de número de quadrículas consumidas, o que foi registado na mesma tabela. Em geral o número de quadrículas de alface foi manifestamente superior, não tendo os alunos dificuldade em escrever a conclusão de que *o caracol gosta mais de alface porque comeu mais quadrículas de alface do que de couve.*

Na aula nº 20 (3 horas), após alguma discussão sobre a noção de dissolução, identificação de substâncias solúveis e insolúveis, e actividades experimentais de mistura de vinho em água, de azeite em água e sal em água, foi introduzida a seguinte questão: *Será que a temperatura da água tem influência na rapidez de dissolução do sal?* Na discussão plenária os alunos conseguiram verbalizar o plano de investigação para a questão a um nível já bastante razoável. Sugerem que se deverá ter um frasco com água quente e outro com água fria, porém foi necessário interpelá-los no sentido de quantificarem as diferentes temperaturas com recurso ao termómetro. Revelaram

um apurado sentido de controle de variáveis: a mesma quantidade de água e a mesma quantidade de sal em ambos os frascos. Prevendo-se que a água deveria ser agitada pôs-se a questão quanto ao modo de agitação, sugerindo os alunos que não se deveria agitar mais depressa num frasco do que noutra. À questão *o que devemos fazer para sabermos onde é mais rápida a dissolução?* não houve dúvidas de que se teria que medir o tempo de dissolução utilizando o relógio. A professora sugeriu que passassem a fazer a investigação, mas apesar da aparente clareza manifestada pelos alunos quanto ao plano de investigação, verificou-se que não sabiam por onde começar. Faltava uma sistematização final, o que o investigador decidiu fazer, apresentando no quadro a tabela de registos como instrumento auxiliar de clarificação das acções a realizar. A partir daí os alunos executaram o plano com bastante autonomia. Em cada grupo mediram-se duas quantidades de água idênticas, mediram-se as temperaturas das águas e mediram duas quantidades idênticas de sal com uma colher. Depois dois alunos coordenavam-se de modo que um media o tempo de dissolução e o outro agitava. Todos os dados foram em geral correctamente registados ns tabelas. A conclusão mais frequente foi que *na água quente o sal dissolve-se mais depressa*. E houve quem escrevesse *quanto mais quente fôr a água o sal dissolve-se mais depressa*.

Foi dispensada inicialmente a escrita do plano de investigação, mas no final foi solicitado um relatório, em forma de respostas a diversas perguntas: *Que estiveste a investigar?; Que experiência fizeste?; O que é que ficou igual na experiência?; O que é que ficou diferente?; O que é que tiveste que medir para saber se a temperatura influencia a rapidez de dissolução?; Que conclusão pudeste tirar?*. Os alunos escreveram de forma fluente e bastante satisfatória as respostas estas questões.

Na aula nº 22 (3 horas e 15 minutos), depois de uma discussão e apresentação de um pêndulo, foi explicado o que era uma oscilação por via de demonstração experimental e representação gráfica no quadro, tendo-se procedido à contagem de oscilações. Foi sugerido aos alunos que fizessem perguntas sobre o que gostariam de saber acerca do pêndulo. Surgiram, entre outras, duas perguntas que levantam a questão da relação entre tempo e número de oscilações: *Quantas voltas dá por minuto?*; *Será que demora (uma oscilação) mais tempo do que um segundo?*. Procedeu-se então, perante toda a turma, mas com a participação dos alunos, à medição do tempo de 10 oscilações, calculando a média de três medições, um método que as crianças já dominam e compreendem. Foi então sugerido que calculassem o tempo previsível de 30 oscilações e procedeu-se ao teste experimental de tal previsão. Em seguida foram dadas instruções no sentido de que cada grupo construísse dois pêndulos com idênticos comprimentos, mas tendo um suspenso uma anilha de parafuso e outro duas. Construídos os pêndulos, os alunos, de forma espontânea, faziam-nos oscilar e observavam. O Óscar perante os dois pêndulos levantou a hipótese: *O pêndulo mais pesado anda mais depressa*. E logo se pôs a medir o tempo de 10 oscilações do pêndulo leve e do pêndulo pesado, manifestando a sua surpresa pelo facto de os tempos serem iguais. O Hugo e o Rogério, estimulados pela ideia do Óscar realizavam a mesma investigação. Estes alunos concluíram que *um fio com uma chave e outro com duas chaves é a mesma coisa*. Entretanto o Vítor, a Taísa e o Óscar, nas suas observações, levantaram a hipótese de que *quando o pêndulo é mais curto abana mais depressa*.

Apesar de as hipóteses surgirem com naturalidade dos próprios alunos, e haver iniciativas autónomas da parte destes no sentido de testarem as hipóteses, entendeu o investigador que seria conveniente todos os alunos focalizarem-se numa questão e

procederem a uma investigação mais sistemática e estruturada. Foi escrita no quadro a questão: *Será que o pêndulo mais pesado oscila mais depressa do que o pêndulo leve?* Foi-lhes pedido que escrevessem tudo o que deveriam fazer para obter a resposta à questão. Mais uma vez ficaram bloqueados revelando-se assim ser uma exigência que não está ao seu alcance anteciparem de forma escrita o plano na sua globalidade. Foram porém capazes de o fazer por aproximações parcelares, respondendo a questões relativas a diferentes aspectos particulares do plano: *Quantos pêndulos vamos utilizar?; Em que devem ser diferentes os pêndulos?; Em que devem ser iguais os pêndulos?; Que vamos fazer para saber qual dos pêndulos oscila mais depressa?*. A propósito do controle de variáveis foi sugerido: *o fio do mesmo comprimento; o mesmo material; anilhas iguais; têm que começar os dois do mesmo lado e com a mesma largura* (amplitude inicial). Quanto ao modo de fixação da amplitude inicial foi aceite a ideia do Vítor que sugeriu deixar-se cair a massa do pêndulo da altura da mesa, com o fio esticado, estando o ponto fixo da outra extremidade também ao nível da mesa. Tendo-se verificado que o pêndulo batia nas pernas da mesa os alunos fixaram o pêndulo na ponta de uma esferográfica de modo a manter o plano de oscilação afastado da mesa. A resposta à última questão não foi tão bem sucedida como as anteriores. Surgiram formulações como *vamos contar as voltas que dá*. Foi necessário ajudá-los a compreender que os números de oscilações só são comparáveis se for fixado um determinado tempo, ou então, são comparáveis os tempos correspondentes a um determinado número de oscilações.

Nesta altura verificou-se ainda uma grande inércia em termos do início das actividades. Mais uma vez foi a tabela de registos fornecida que desencadeou o trabalho prático dos alunos. Estes realizaram as actividades em grupos de dois, sendo ajudados pela professora ou investigador sempre que necessário. O Rogério e o Hugo

que habitualmente obtinham 19 oscilações em 10 segundos, ficaram perplexos quando em dada altura contaram 27 oscilações. Alertados para a necessidade de verificarem se haviam procedido sempre de modo idêntico, concluíram que na última contagem haviam enrolado o fio no lápis, diminuindo assim o comprimento do pêndulo. Decidiram então fixar o comprimento do pêndulo, fazendo duas marcas no bordo da mesa, onde passaram a fazer coincidir os extremos do pêndulo.

Dos 9 grupos de dois alunos, 4 obtiveram médias de três medições do tempo de 10 oscilações, para os pêndulos *leve* e *pesado*, com diferenças ao nível do algarismo das dezenas de segundos. Quatro grupos obtiveram médias idênticas ao nível do algarismo das unidades e das dezenas, com pequenas diferenças ao nível das décimas de segundo. E um grupo obteve números idênticos de oscilações no tempo de 10 segundos.

Haveria então que discutir se os resultados permitiam acreditar na hipótese da influência do peso na velocidade de oscilação ou não. O Hugo disse que se devia acreditar na não influência porque *a maioria dava resultados parecidos*. A Rosa disse que *o peso do pêndulo não interessa*. O investigador perguntou então quantas oscilações daria um pêndulo com três anilhas suspensas. A aluna ficou pensativa durante algum tempo e acabou por responder que dava o mesmo número de oscilações que os pêndulos com uma e duas anilhas. O Rogério, que tinha construído pêndulos com pregos suspensos, afirmou de forma peremptória que *se tiver três pregos o número de oscilações é o mesmo*.

Na aula nº 23 (2 horas e 30 minutos), em determinada fase do desenvolvimento das actividades, foi solicitado aos alunos que fizessem uma previsão do que aconteceria a uma bola de plasticina introduzida na água. Tendo sido generalizada a previsão de que

se afundaria, propôs-se que testassem a previsão. Foi então lançado o desafio: *Haverá alguma forma de fazer a mesma plasticina flutuar?* Os alunos, depois de ultrapassarem um momento de certa perplexidade perante tal possibilidade, deitaram-se ao trabalho tentando diversas ideias: espalmavam a plasticina, amassavam, alongavam, faziam *tipo rolha*, faziam bonecos *porque uma pessoa estendida com os braços e pernas abertas flutua*. O Bruno teve imediatamente a ideia que resolveria o desafio lançado. Com grande serenidade, alheio à torbulência que se vivia na sala, começou a construir um barco, que foi aperfeiçoando na sequência de tentativas falhadas de o fazer flutuar, e em poucos minutos tinha a plasticina a flutuar. Quase em simultâneo o Hugo obtinha o mesmo resultado. Logo de seguida todos os alunos estão a tentar construir os seus barcos. Porém, o Óscar não conseguindo fazer o seu barco flutuar propõe-se encher mais a bacia pois *a água não tinha força suficiente*. Tendo o sido mal sucedido nessa sua tentativa de resolver a situação, um seu colega alertou-o para o facto de que *as paredes do barco devem ser altas*.

A professora sugeriu: *Vamos ver o barco que aguenta mais peso*. E passou a perorrer todos os grupos e contar o número de tachas que cada barco suportava. Assim se perdeu a oportunidade, que tínhamos previsto, de que fossem os próprios alunos a reflectir sobre um critério de aferição da qualidade do barco, bem como sobre a necessidade de se convencionar uma unidade de peso para medir o peso que sustentavam. Nesta fase os alunos não estão envolvidos numa actividade genuinamente sua, limitando-se a esperar que a professora chegue para contar as tachas que o seu barco sustenta.

Na explicação da flutuação do barco, o Néelson diz que *é porque assim o peso não está todo junto*, o que é uma notável aproximação ao conceito científico de densidade. Tendo sido introduzido o termo *concavidade* há alunos que, depois dos

seus esforços para melhorarem a qualidade dos seus barcos concluem que *com a concavidade maior, o barco flutua melhor porque aguenta mais peso*. Tratada esta ideia como uma hipótese pôs-se a questão: *Como nos podemos certificar de que o barco aguenta mais peso quando a sua concavidade é maior?* O Néelson sugeriu *fazer-se dois barcos com concavidades diferentes e ver qual aguenta mais peso*. Não houve dúvidas de que os barcos deveriam ser feitos com a mesma quantidade de plasticina. O método de medição do volume da concavidade teve que ser induzido de forma interactiva pelo investigador, mas os alunos parecem não ter tido dificuldade em compreender a equivalência entre o volume de água contido na concavidade e o volume da própria concavidade, devendo pois medir-se a quantidade de água nela contida.

A dispersão e falta de concentração de boa parte dos alunos - o que em boa medida se deveu à insuficiente acuidade na orientação das actividades - levou-nos a concluir que não estavam reunidas as condições para que se insistisse na escrita do plano de investigação e sua execução por eles próprios. A professora executou o plano a título de demonstração, limitando-se os alunos a registar os dados obtidos.

3.4.2. Conclusões acerca do desenvolvimento de competências de investigação na turma 92/93

Não chegou a ser alcançado o objectivo de que os alunos, em grupo, realizassem autonomamente investigações, escrevendo o plano de investigação, executando-o e formulando a conclusão em termos de resposta ao problema com base nos dados obtidos. O plano teve que ser sempre sujeito a uma discussão de turma, e uma vez

acordado, quando se solicitava aos alunos que o passassem a escrito, havia um bloqueio quanto a essa tarefa. Foi porém possível desenvolver uma modalidade de escrita do plano, a um nível bastante satisfatório, através da solicitação de respostas a um conjunto de questões, como por exemplo: *Quantos pêndulos vamos utilizar?; Em que devem ser diferentes os pêndulos?; Em que devem ser iguais os pêndulos?; Que vamos fazer para saber qual dos pêndulos oscila mais depressa?*. Este procedimento não deixa, contudo, de ter um carácter de recapitulação do plano acordado em discussão de turma.

As primeiras duas questões incidem sobre a identificação da variável independente, a terceira sobre a identificação das variáveis a controlar, e a última sobre a identificação da variável dependente e a operacionalização de variáveis e procedimentos. Contudo, não é suposto qualquer esquematismo no conteúdo das respostas a cada questão, sendo naturalmente aceite que os alunos ao referirem-se a diferentes variáveis entrem logo no domínio da operacionalização. Não se deu grande importância à formalização da hipótese, e por outro lado, tendo-se revelado particularmente difícil para estes alunos fazer uma previsão de determinado resultado concordante com a hipótese, não se insistiu também nesse ponto.

A escrita do plano de investigação, desta forma parcelar e sustentada pelo investigador, revelou-se frequentemente não corresponder no final a uma compreensão global da estratégia de resolução do problema. Ou seja, a compreensão efectiva do significado de cada uma das fases do processo de construção do plano de investigação por uma via atomística não corresponde necessariamente, na sua conclusão, a compreensão holística da estratégia de investigação. Esta interpretação é sustentada, por um lado, pelo facto de, frequentemente, os alunos ao concluírem o plano de investigação não serem capazes de evocar a questão para a qual buscam uma

resposta, sendo essa questão a razão de ser do plano elaborado. E por outro lado, pelo facto de se sentirem bloqueados quando lhes é solicitado que passem a executar o plano de investigação. A apresentação de tabelas de registos de dados, acompanhada numa fase inicial de uma boa discussão quanto à sua leitura e requisitos para o seu preenchimento, constituiu-se num importante auxiliar de estruturação do pensamento e acção dos alunos na perspectiva da desejável compreensão da estratégia global. Seguindo a tabela os alunos sabiam o que tinham a fazer e assim, foram crescendo em autonomia na realização dos planos de investigação acordados em plenário de turma. A importância das tabelas de registos enquanto factor estruturador do pensamento e acção das crianças, permitiu que de quando em vez, se não impusesse a escrita do plano de investigação acordado em discussão de turma, a fim de se evitar o risco de tédio que a dificuldade dessa tarefa comporta, e se passasse logo à acção. Em tais circunstâncias a escrita de um relatório da investigação efectuada, mais uma vez em resposta a questões formuladas, foi uma estratégia de reforço da compreensão holística das acções e procedimentos realizados.

Apesar das dificuldades manifestadas na realização de investigações de forma estruturada e sistemática, as crianças revelaram um elevado potencial de boas ideias e estratégias de raciocínio, nos quais se ancorou todo o processo interactivo tendente ao desenvolvimento de competências de investigação. Sem essa condição não seria possível o elevado investimento intelectual e sócio-afectivo que fizeram, perante desafios que se esperava e revelaram difíceis.

Perante o desafio de como resolver os problemas as crianças apresentam, por vezes, excelentes ideias que contêm o essencial de uma estratégia geral, resumindo-se o trabalho do adulto a uma interacção que as estimule a melhorarem, aperfeiçoarem e refinarem essa ideia, transformando-a num plano de acções e procedimentos

exequível. Por exemplo a sugestão *Sopramos para dentro de um frasco e pomos dentro uma vela acesa para ver se ela se apaga. Se se apagar o ar expirado é igual ao da vela.*, contém o essencial de uma estratégia geral de resolução do problema relativo à hipotética semelhança entre respiração e combustão. O mesmo se dirá das ideias: *colocar a mesma medida de água, esperar e ver qual evapora mais; pôr um caracol num frasco com a mesma quantidade de couve e alface e ver qual ele come mais; fazemos dois barcos com concavidades diferentes e vemos qual aguenta mais peso.* Por isso, uma boa estratégia de desenvolvimento de competências de investigação deve socorrer-se desse potencial natural que existe nas crianças, começando por uma auscultação das ideias para resolver questões, e estimular a progressiva melhoria da qualidade dessas ideias.

Ao pretender-se transformar uma ideia vaga e imprecisa num plano exequível, a primeira condição é que a criança compreenda o que é que vai tratar como variável independente. Em problemas que incidem sobre contextos familiares as crianças normalmente não têm dúvidas sobre esta questão. No estudo da altura em função do sexo não há hesitações quanto à necessidade de agrupar rapazes e raparigas separadamente. De igual modo no estudo da preferência alimentar do caracol não existem dúvidas de que ao animal há que dar a oportunidade de escolha entre a couve e alface. No estudo da dissolução em função da temperatura era óbvio para os alunos que haveria que utilizar na investigação *água quente e água fria.*

Parece no entanto que há dificuldades quando se trata de problemas relacionados com contextos menos familiares, especialmente numa fase inicial de treino das competências de investigação. A título de exemplo refira-se a grande dificuldade dos alunos em compreenderem, aquando do estudo do débito de água em função da zona do crivo do regador, a necessidade de colocação de um pluviómetro

no centro do chuveiro e outro na periferia. E ainda, aquando do estudo da evaporação em função da superfície livre da água, o facto de boa parte dos alunos sugerirem que as aberturas dos recipientes deveriam ser iguais. Em tais circunstâncias é suficiente fazer os alunos pensarem na situação concreta de dois recipientes com idênticas aberturas e perguntar-lhes se faz sentido, ao fim de alguns dias, dizer que no de maior abertura houve maior evaporação. Trata-se de sublinhar aos olhos dos alunos esta ideia: se queremos saber se um determinado factor tem influência em determinado fenómeno, então há que impôr diferenças nesse factor.

Um dado interessante a sublinhar é a relativa facilidade com que os alunos compreendem e depois sugerem, as circunstâncias mediante as quais dois resultados associados a diferentes valores da variável independente, são comparáveis, e conseqüentemente a investigação é conclusiva - controle de variáveis. Logo na primeira investigação os alunos dão-se conta de que sendo maior o número de raparigas *elas ficavam a ganhar e não estava bem feito*, tendo sido a questão resolvida pela via da média aritmética. No estudo sobre a capacidade pulmonar, interrogados acerca dos cuidados a ter na expiração para que a investigação ficasse bem feita houve quem dissesse: *se um parar a meio para respirar e continuar é batota*. No estudo da semelhança entre a combustão e a respiração, ao ser-lhes perguntado se podíamos utilizar um frasco grande com ar expirado e um frasco pequeno com ar puro, a turma reage em coro dizendo que não: os frascos teriam que ter o mesmo tamanho. Os alunos apresentam-se pois, intelectualmente, em muito boas condições para o desenvolvimento da competência de controle de variáveis, tendo sido visível uma grande evolução nesse domínio. No estudo da evaporação em função da abertura do recipiente sugerem como devendo ser idênticas para os diferentes recipientes as seguintes condições: a quantidade de água inicial, o material de que é feito o

recipiente; estarem ambos ao sol; e estarem no mesmo local. No estudo da dissolução em função da temperatura era muito claro para os alunos que as quantidades de água e de sal em cada frasco seriam idênticas. Neste mesmo estudo foi introduzida para reflexão a variável rapidez de agitação, tendo os alunos sugerido que *não se podia mexer num frasco mais depressa do que no outro*. No estudo da velocidade de oscilação do pêndulo em função do peso suspenso, em resposta ao que deveria ser igual nos dois pêndulos, sugeriram: *os fios do mesmo comprimento; o mesmo material* (dos objectos suspensos); *anilhas iguais* (que são os objectos suspensos); *têm que começar os dois do mesmo lado e com a mesma largura* (amplitude inicial).

As decisões quanto à natureza dos dados a recolher - variável dependente - parece não oferecer grandes dificuldades nas investigações relativas ao estudo da altura em função do sexo e do estudo do débito do crivo do regador em função da zona do crivo. Note-se que nestes casos a formulação do problema praticamente já contém em si a indicação da natureza e modo de recolha dos dados. No primeiro caso a variável dependente não é sujeita a nenhum processo de “transformação” de termos entre o que se diz na formulação do problema e o que há a dizer quanto à natureza dos dados a recolher: o problema sugere, desde logo, a medição de alturas com recurso a fita métrica. No segundo caso há uma “transformação” de termos muito pequena: uma vez clarificada a questão da variável independente, o problema sugere que os dados serão as quantidades de água recolhidas nos pluviómetros. Porém houve necessidade de alertar os alunos para não se ficarem por uma avaliação qualitativa das quantidade de água, por simples observação, sendo necessário medir tais quantidades. Em ambos os casos, pode-se dizer que a operacionalização da variável dependente está praticamente feita de início.

Porém, quando assim não é, a clarificação da natureza dos dados a recolher e modo de recolha, é um processo mais complexo que requer uma acuidada interacção do adulto, de estímulo e incentivo ao pensamento e reflexão dos alunos. Uma das maiores dificuldades, como veremos, e simultaneamente uma das dimensões por via da qual melhor se pode promover a competência de operacionalização de variáveis, é fazer evoluir as crianças de uma tendência natural para avaliar os dados e fenómenos em termos qualitativos para uma avaliação quantitativa.

Por exemplo, no estudo da capacidade pulmonar em função do sexo, as crianças começam por dizer o seguinte, em termos da sua operacionalização: *fazer um raio X; soprar na água e o que mexer mais na água tem maior capacidade pulmonar*. Depois de evocada a experiência de esvaziamento da garrafa cheia de água invertida, e tendo em perspectiva a realização dessa experiência por dois alunos, surge novo contributo para a operacionalização da variável dependente: *quem deitar mais água para fora tem maior capacidade pulmonar*. Porém ficam-se ainda pela ideia de uma apreciação qualitativa, por observação directa, de qual dos dois alunos teria expulso maior quantidade de água, o que não viabilizaria a realização da investigação envolvendo todos os alunos da turma. Interpelados, reconhecem a necessidade de medir o volume de ar expirado, porém confrontam-se com a dificuldade de que tal medição não se pode fazer de forma directa. De novo se impõe a necessidade de estímulo ao pensamento e reflexão para que concluam que a medida da capacidade pulmonar será dada pela diferença entre o volume inicial da água e o volume final, sendo aquele a capacidade do garrafão e este medido com recipiente graduado.

No estudo da semelhança entre respiração e combustão da vela, há uma grande distância entre os termos da formulação do problema e os termos da desejável operacionalização da variável dependente. Por isso foi necessário reformular o

problema em termos da hipotética semelhança entre o ar expirado e o ar resultante da combustão da vela. Quando uma criança preconiza que *Se a vela se apagar nos frascos de ar expirado e de ar da vela são iguais*, está implícito o tempo de combustão como variável dependente. Porém, não sugerindo a medição dos tempos, parece impôr uma condição demasiado restritiva, que é a do apagamento simultâneo ou a do apagamento instantâneo, após a introdução das velas nos frascos.

No estudo da velocidade de evaporação em função da superfície livre do líquido uma criança sugere, em termos da variável dependente, *ver qual evapora mais*, estando a pensar em frascos com diferentes aberturas. Ao dizer isto a criança tem em mente a quantidade de água evaporada em cada frasco, mas há dificuldades em indicar-se os procedimentos a adoptar para se saber em qual dos frascos há maior evaporação. Fazer as crianças adoptarem como medida da quantidade de água evaporada, a diferença entre a quantidade de água inicial e a quantidade de água final, precisando medir uma e outra, é um processo que requer apelo à reflexão e bastante discussão.

No estudo da preferência alimentar do caracol a sugestão *ver qual ele (caracol) come mais*, está implícita como variável dependente a quantidade de alimento comido, mas está por resolver a sua operacionalização, uma questão semelhante à anterior. Porém a complexidade aumenta neste caso, dado que a medição de quantidades de água com recipiente graduado é um processo com o qual as crianças já estão familiarizadas, enquanto que a medição de quantidades de alface e couve requer um método completamente novo. É no entanto de sublinhar que algumas crianças foram criativas nas suas sugestões, e de uma forma geral todas evoluíram rapidamente na direcção da solução, mediante pequenas aproximações.

Como último exemplo atentemos na sugestão *vamos contar as voltas que dá*, apresentada aquando do estudo da velocidade do pêndulo em função do peso. O número de oscilações surge como variável dependente, sem que no entanto a criança esteja a considerá-la na sua relação com o tempo, o que é condição para que os números de oscilações sejam comparáveis para efeito de se saber em que caso é maior a velocidade de oscilação.

Um dos problemas relacionados com o processo de operacionalização de variáveis e procedimentos que identificámos, foi que quando a sua complexidade exige um grande investimento, obrigando a uma excessiva lateralização no desenvolvimento da estratégia global de investigação, as crianças tendem a perder de vista a estratégia geral, passando a tomar como central e um fim em si mesmo o processo de operacionalização.

Um ponto em que as crianças revelaram grandes dificuldades foi na previsão de resultados conforme determinada hipótese. Pusemos pois de parte essa pretensão.

Em termos de registo de resultados, as crianças tornaram-se bastante expeditas no preenchimento das tabelas fornecidas, mas pareceu-nos que não seriam capazes de construir a sua própria tabela de registos. Esta percepção não foi testada nas aulas porém, na investigação final em que todos foram chamados a realizar, 7 (38,89 %) destes alunos foram capazes de construir as suas tabelas de registos e preenchê-las correctamente.

A interpretação dos resultados revelou-se um dos aspectos mais problemáticos. Há uma tendência dos alunos em formular conclusões em termos de factos verificados, e não em termos de resposta ao problema formulado com recurso aos dados. É assim quando concluem deste modo: *o pluviómetro do centro tem mais água; apagou mais depressa no ar expirado do que no ar puro; no frasco mais largo*

evaporou-se mais; na água quente o sal dissolve-se mais depressa. Foi manifesta a dificuldade em formular conclusões em termos de relação entre duas variáveis na forma *quanto mais ... tanto mais...* . Verificaram-se assinaláveis progressos fazendo os alunos recordar o problema formulado, o que nem sempre era fácil, e questioná-los sobre se a conclusão formulada naqueles termos era a resposta ao problema. Aquando no estudo do pêndulo, vários alunos fazem interpretação de resultados a um nível bastante elevado, ao dizerem por estas ou outras palavras, *o peso do pêndulo não interessa*, e fazerem a previsão de que um novo pêndulo com três anilhas ou três pregos suspensos farão o mesmo número de oscilações, em 10 segundos, que os pêndulos com uma ou duas anilhas ou um e dois pregos. É de sublinhar ainda o facto de esta conclusão ser formulada em resultado de um raciocínio probabilístico, em face da preponderância de resultados conforme a hipótese da não influência do peso, a par de outros.

Como última reflexão importa analisar a aparente contradição entre o facto de, conforme foi sublinhado, os alunos apresentarem excelentes ideias que contêm o essencial de uma estratégia geral de resolução do problema, para depois virem a perder de vista essa compreensão global da estratégia, quando solicitados a converter aquela ideia inicial num plano de acções e procedimentos exequível. As boas ideias iniciais não bastam para desencadear a acção, em virtude do seu carácter vago, impreciso e inoperacional. Carecem pois de ser objecto de tratamento exigindo-se às crianças um esforço de antecipação mental das acções, ou seja, requiere-se que operem fundamentalmente ao nível do pensamento. Nesse distanciamento do pensamento em relação à acção, parece existir um risco considerável de que as várias fases do plano vão perdendo o sentido de partes de um todo integrado que constitui a estratégia de

resolução do problema. E quando uma das fases se torna muito absorvente em termos de tempo, atenção e reflexão, ela pode tomar na mente das crianças um lugar central e tornar-se o fim em si mesma.

A natureza deste fenómeno torna-se mais clara se atentarmos no que se passou aquando do estudo do pêndulo. No início das actividades os alunos contaram oscilações e mediram o tempo de 10 oscilações, desenvolvendo nesta actividade a noção de que esse tempo constitui uma medida da velocidade de oscilação. Alguns alunos, de forma espontânea, levantaram a hipótese de que o pêndulo mais pesado oscilaria mais depressa e, autonomamente, logo procuraram satisfazer a sua curiosidade passando à acção. Aplicando a noção de velocidade que tinham acabado de adquirir, logo começaram a medir os tempos de 10 oscilações para o pêndulo leve e para o pêndulo pesado, e manifestaram-se surpreendidos com o facto de os resultados não corresponderem às suas expectativas. Porém, quando o investigador decidiu solicitar a toda a turma que se escrevesse o plano de investigação relativo à eventual influência do peso na velocidade de oscilação, houve uma quebra na fluência do pensamento e acção que alguns alunos vinham manifestando. Foi necessário dar ao plano a forma de respostas dos alunos a questões postas pelo investigador, dado que não pareciam ser capazes de o escrever como um todo. E quando se tratava de decidir quanto à recolha de dados, foi dito *vamos contar as voltas que dá*, sem referência à relação dessa variável com a variável tempo. E no entanto, vários alunos tinham anteriormente realizado medições do tempo de 10 oscilações para saberem qual dos pêndulos era mais rápido. Aparentemente estes alunos teriam regredido em relação à sua *performance* anterior.

O cerne da questão parece residir no facto de haver uma diferença fundamental entre operar de forma circular com as dimensões do pensamento e acção, ambas em

ligação muito estreita, e, por outro lado, operar com as dimensões do pensamento e acção de forma relativamente estanque e separada no tempo. Quando se solicita que a criança opere predominantemente ao nível cognitivo, antecipando mentalmente todo um conjunto sequencial e integrado de acções, para as executar depois, perde-se para muitas delas a conexão necessária entre pensamento e acção, tornando-se mais difícil que um e outra adquiram significado pessoal. Nestas circunstâncias assume uma especial relevância o fornecimento, por parte do adulto, de instrumentos auxiliares da atenção e da memória de trabalho de alto nível (Damásio, 1995), de que falaremos adiante.

3.4.3. Perspectiva evolutiva do desenvolvimento de competências de investigação na turma 93/94

A transcrição de alguns comentários interpretativos, feitos ao tempo em que as aulas decorriam, permitem uma perspectiva evolutiva de como se desenvolveram nesta turma as competências de investigação.

Na aula nº 12 (3 horas) é a 4ª vez que os alunos são solicitados a realizar uma investigação. Foi a seguinte a sequência de estratégias de abordagem dos quatro problemas com os alunos:

- Aula nº 7 (*Será que os meninos são mais altos do que as meninas?*): discussão de turma com vista ao plano de investigação; plano de investigação de turma escrito no quadro; execução do plano em grupo com acompanhamento do investigador e da professora;

- Aula nº 9 (*Sai mais água pelo centro ou pela parte de fora do crivo do regador?*): plano de turma não escrito acordado em discussão plenária; execução da investigação, em grupo, com muito apoio da professora e investigador;

- Aula nº 11 (*Será que os rapazes têm maior capacidade pulmonar do que as meninas?*): discussão em grupo com vista ao plano; plano escrito em grupo; discussão plenária dos planos de grupo; plano de turma escrito; execução da investigação em grupo;

- Aula nº 12 (*Haverá alguma semelhança entre a nossa respiração e uma vela a arder?*): discussão em grupo com vista ao plano; discussão plenária seguido de plano de turma escrito; execução da investigação em grupo.

Nesta altura, à 4ª investigação, os alunos já conseguem, em grupo, dar boas contribuições para o plano de investigação em termos de uma estratégia geral, e até escrevê-las se solicitados. Contudo, esses contributos não têm ainda o carácter de um plano exequível. É ainda necessário um processo de interacção intenso, com toda a turma, fazendo apelo a que os alunos clarifiquem e melhorem as suas ideias, e pondo questões que os estimulem a pensar em aspectos práticos do plano, não contemplados por eles. Este processo de clarificação e melhoria da qualidade das ideias dos alunos termina com a escrita do plano acordado pela turma, através do qual os alunos se conduzirão nos trabalhos que se seguem. Os trabalhos de execução do plano de investigação desenvolvem-se com razoável autonomia, funcionando uma tabela de registos, apresentada no quadro, como factor estruturante do pensamento e acções e, igualmente, como factor de emulação entre os grupos.

Continua sendo problemática a utilização dos resultados obtidos para dar resposta ao problema formulado. Os alunos continuam a revelar uma tendência para considerarem a tarefa concluída logo que terminam a colheita de dados. Quando,

depois de interpelados, reconhecem a necessidade de calcular médias e compará-las, quando é caso disso, tendem a formular a conclusão referindo-se apenas à relação entre médias, e não em termos de uma resposta ao problema, sustentada por tais médias.

A aula nº 16 (2 horas + 45 minutos) situa-se na continuidade da aula anterior. Nessa aula os alunos mediram as quantidades de água evaporada, um fenómeno evidenciado pelo desequilíbrio de balanças improvisadas com copos de plástico, três dias depois do momento em que as balanças se apresentavam equilibradas, com grãos de milho num copo e água noutro copo. As diferenças nas quantidades de água evaporada medidas ($13,5 \text{ cm}^3$, 20 cm^3 , 10 cm^3 e 3 cm^3) suscitaram uma viva discussão sobre as possíveis causas de tais diferenças. Foram assim apresentadas como possíveis causas para as diferentes velocidades de evaporação os seguintes factores: quantidade de água inicialmente contida no copo; proximidade/afastamento do copo em relação à janela; e abertura dos copos. Tais possíveis causas são desde logo apresentadas em forma de hipóteses: *quanto maior a quantidade de água menos água evapora (...)* *porque pouca água aquece mais depressa; a água perto da janela evapora mais porque apanha sol; a água dentro de uma garrafa com uma abertura estreita demora mais a evaporar porque o calor custa mais a entrar.* Assim, em face do grande interesse dos alunos por diferentes factores de evaporação, decidiu o investigador perguntar-lhes se na aula seguinte preferiam investigar todos o efeito da abertura do recipiente (superfície livre do líquido), tal como estava previsto, ou se queriam antes que cada grupo estudasse um factor por si escolhido. Os alunos optaram claramente pela segunda possibilidade, tendo dois grupos escolhido o factor abertura do

recipiente, um a quantidade de água inicial e um outro a localização em relação à janela.

Realizadas as investigações é de sublinhar que: a) os três problemas foram genuinamente suscitados pelos alunos, quando reflectiam sobre os diferentes resultados, quanto às quantidades de água evaporada na aula anterior; b) cada grupo escolheu o problema da sua preferência para investigar, o que deu lugar a que na mesma aula se realizassem três projectos de investigação distintos. Por outro lado, não houve desta vez a construção de um plano de investigação de turma. Os grupos, embora apoiados na medida das suas necessidades, elaboraram os seus planos de investigação escrito (Anexo XII.), executaram-no e extraíram as suas conclusões.

São progressos assinaláveis: a) o facto de o grupo se ter assumido como estrutura funcional ao longo de toda a aula; b) ter cada grupo elaborado e executado o seu próprio plano de investigação; c) ter sido introduzido no plano de investigação a formulação da hipótese ou previsão; d) terem os diferentes grupos elaborado as suas próprias tabelas de registos; e) terem os alunos revelado uma apreciação crítica dos resultados, uns reformulando hipóteses e teorias iniciais, outros disponibilizando-se para repetir a investigação. Outros manifestaram-se no sentido de que os resultados eram comprovativos da hipótese. Estas circunstâncias foram sentidas como a melhor expressão, até aí conseguida, de uma aprendizagem realmente centrada na criança, e tiveram um efeito altamente encorajador, quanto à perspectiva de que as crianças viriam a ser capazes de realizar investigações com mais elevado grau de autonomia.

É de notar que, por vezes, os alunos dão à hipótese a forma de uma previsão. Não se insistiu na distinção entre hipótese e previsão, nem na exigência de escreverem uma e outra, na medida em que a subtilidade da distinção exigiria uma excessiva concentração de energias nesse ponto. Resulta daí, como limitação, que os alunos ao

concluírem em termos de comprovação ou rejeição da hipótese, sendo esta uma previsão, não estão ainda a dar resposta ao problema formulado em termos gerais.

No estudo da preferência alimentar do caracol, aula nº 19 (2 horas e 45 minutos + 1 hora), consolida-se o grupo como unidade funcional permanente na dinâmica da turma. O investigador e a professora interagem muito com os grupos e pouco com a turma em plenário. Em grupo, os alunos fazem o plano de investigação escrito, que é melhorado por via das interacções do investigador, executam o plano e registam os dados. No final discute-se, em plenário, os resultados e conclusões dos grupos.

É de sublinhar a criatividade dos alunos na resolução do problema da medição das folhas de alface e de couve, sugerindo o papel quadriculado como instrumento (Anexo XII).

O problema a investigar na aula nº 21 (*Será que a temperatura da água tem influência na rapidez de dissolução do sal?*; 2 horas e 15 minutos) revelou-se, de um modo geral, mais fácil do que os problemas anteriores. Por isso achou-se dispensável que os alunos tivessem que escrever o plano de investigação que, com bastante clareza, tinham apresentado oralmente. Contudo, a componente escrita continuou a ser valorizada, agora sob a forma de um relatório de actividades. Esta actividade final foi aligeirada com a apresentação de questões a que os alunos respondiam de forma fluente, ao recordarem o que tinham realizado.

Foi excelente a autonomia com que três grupos executaram as acções previstas no plano de investigação, e registaram os dados nas tabelas apresentadas no quadro, sendo visível que estavam a compreender o que faziam. Há um grupo que não

consegue, num primeiro momento, proceder correctamente na medição dos dois tempos de dissolução. Assim aconteceu porque dois alunos começaram a agitar os dois líquidos ao mesmo tempo, enquanto um só aluno media o tempo no relógio, tendo terminado a medição do tempo quando todo o sal se tinha dissolvido em ambos os frascos. Consequentemente, o tempo obtido corresponde ao tempo de dissolução no frasco com água fria. A Inês (9 anos) protestou dizendo que estava tudo mal feito e que tinham que repetir tudo, e foi o que fizeram. As discussões nos grupos são genuínas e as tarefas são encaradas com seriedade e sentido de responsabilidade.

A apresentação, no quadro, de uma tabela de registos a ser preenchida por cada grupo, tem-se revelado muito eficaz quer no processo de estruturação do pensamento e acções, assegurando a estas um fio condutor, quer no processo de emulação dos diferentes grupos, responsabilizando cada um deles perante toda a turma pela apresentação do produto do seu trabalho. Nenhum grupo quer ter o sentimento de fracasso perante toda a turma ao deixar a tabela de registo de dados que lhe está destinada no quadro em branco.

Na aula nº 23 (*Será que o peso suspenso tem influência na velocidade de oscilação do pêndulo?*; 3 horas e 30 minutos), há dois grupos que consideram mais lento o pêndulo mais pesado e outros dois que consideram mais lento o pêndulo mais leve. No primeiro caso parece estar presente a concepção intuitiva de que quanto maior o peso maior a resistência ao movimento. Parece ser evocada uma noção intuitiva de inércia, recorrendo-se a uma teoria da experiência anterior para explicar uma situação que, do ponto de vista científico, não é equivalente às situações que serviram de fundamento àquela teoria. No segundo caso estamos perante a aplicação da concepção intuitiva *quanto mais pesado o objecto mais depressa cai para o solo*, ou seja, é a noção

aristotélica da queda dos graves que é utilizada para explicar a oscilação do pêndulo. Diz um aluno, em sustentação da sua ideia de que o pêndulo mais pesado oscila mais depressa: *Quando lançámos uma pedra e uma folha, a folha anda mais devagar.*

Quanto à estratégia de abordagem do problema a investigar, continua a revelar-se bem sucedida a estrutura que vem sendo amadurecida e consolidada nas últimas aulas: a) discussão do plano de investigação, em grupo, com ajuda interactiva do investigador; b) escrita do plano de investigação, em grupo, depois aperfeiçoado por via das questões e considerações do investigador; c) execução do plano de investigação, em grupo; d) registo dos resultados dos grupos em tabelas existentes no quadro; e) discussão plenária dos resultados e conclusões dos grupos.

Nesta fase é mais clara para o investigador a importância dos alunos escreverem a hipótese no plano de investigação, como forma de estabelecerem o confronto entre ideia inicial e a evidência dos resultados. Trata-se de ajudar as crianças a reflectirem sobre as suas teorias e sobre a evidência como entidades distintas, de desenvolver capacidades de coordenação entre teoria e evidência que segundo Kuhn, (1988) constitui o melhor indicador do nível de pensamento científico. A pertinência desta opção apresenta-se com maior clareza nos casos de discrepância entre a teoria e a evidência, em que se manifesta nas crianças a tendência para ajustarem a evidência à sua teoria, ignorando em parte ou distorcendo a evidência, o que aconteceu neste caso. Com efeito, a hipótese de não influência do peso na velocidade de oscilação não é considerada, e já na discussão final ela só dificilmente é admitida, inclinando-se os alunos a ver em pequenas diferenças de tempo a comprovação das suas hipóteses. As crianças têm dificuldade em considerar uma hipótese, segundo a qual, a uma modificação directamente observável numa variável (o peso) não corresponde uma mudança directamente observável noutra variável (a

velocidade de oscilação). Este facto parece sugerir que, estando focalizada a sua atenção numa eventual relação entre dois factores, a uma variação observável num dos factores terá que corresponder uma variação igualmente observável no outro factor. A covariância de factores como um modo espontâneo do pensamento das crianças, tende a limitar o número de hipóteses admissíveis.

Na aula nº 24 (*Será que o tamanho da concavidade tem importância na flutuação dos barcos?*; 2 horas e 30 minutos) começou-se por proceder à operacionalização das variáveis independente e dependente: a) modo de medir os tamanhos das concavidades; e b) estabelecer como critério de flutuabilidade o peso que o barco sustenta, medido em número de tachas. Quanto à variável independente surgiu como primeira ideia *medir a altura da concavidade*, a que se seguiu a apresentação de uma excelente solução que é aceite por todos: *Enche-se a concavidade com água e mede-se a água com um copo graduado* (Inês, 9 anos). Quanto à variável dependente, grau de flutuabilidade, a primeira sugestão é *ver o nível da água no recipiente quando se introduz o “barco”* (Tiago Mourão, 9 anos). Em face da situação apresentada pelo investigador, os alunos não têm dúvidas em reconhecer que flutua melhor um barco que não se afunde, quando nele se introduz um aluno, em comparação com outro que se afunda: *flutua melhor o que aguenta mais peso*. Ao fim de algum tempo aplicam esta ideia ao problema dos seus “barcos” de plasticina: dois alunos sugerem que *se vai acrescentando uma tacha, uma a uma, e contamos até o “barco” ir ao fundo e o que flutua melhor é o que aguenta mais tachas*. A ideia teve aceitação generalizada.

Feita a operacionalização daquelas duas variáveis, os alunos escrevem o plano de investigação em grupo, tendo o cuidado de o mostrar ao investigador ou à professora antes de passarem à sua execução. Em seguida executam o plano e

concluem que o barco com maior concavidade flutua melhor, mas têm dificuldade em formular a conclusão em termos de relação entre duas variáveis na forma *quanto maior a concavidade melhor flutua*.

Os alunos revelam uma grande maturidade no trabalho de grupo, particularmente na realização do plano de investigação e sua execução, trabalhando com autonomia, cooperando uns com os outros, envolvendo-se em autênticas e genuínas discussões, num clima de grande serenidade. Há contudo um grupo que revelou menor motivação na escrita do plano de investigação e acabou por não concluir a investigação.

3.4.4. Conclusões acerca do desenvolvimento de competências de investigação na turma 93/94

Pode pois concluir-se que os alunos da turma 93/94 conseguiram evoluir até um nível de competências de investigação não expectável, à luz da teoria de estádios de desenvolvimento de cognitivo de Piaget, e à luz do pensamento dominante da comunidade educacional. A experiência com a turma de 92/93 parecia não ser elucidativa e convincente quanto a essa possibilidade. O desempenho de competências de investigação, ao nível mais elevado que foi atingido na turma 93/94, segue um processo que se caracteriza do seguinte modo:

a) discussão do plano de investigação, em grupo, com ajuda interactiva do investigador e/ou professora;

b) escrita do plano de investigação, em grupo, depois aperfeiçoado por via das questões e considerações do investigador e/ou professora;

- c) execução do plano de investigação, em grupo;
- d) registo dos resultados dos grupos em tabelas construídas pelos próprios alunos;
- e) discussão de turma dos resultados e conclusões dos grupos.

3.4.5. A turma 93/94 versus turma 92/93 quanto ao desenvolvimento de competências de investigação

Algumas diferenças de natureza mais particular, que afinal explicam aquela diferença de ordem mais geral, merecem ser sublinhadas. Na 2ª turma experimental foi patente:

- uma maior fluência de ideias e maior veemência na sua sustentação;
- uma maior facilidade em formular hipóteses, teorias e antecipar mentalmente resultados em conformidade com tais hipóteses e teorias;
- uma melhor compreensão dos processos de quantificação e maior sistematicidade na sua utilização. Este facto resultou numa mais apurada competência no processo de operacionalização de variáveis e procedimentos;
- maior espontaneidade na apresentação de interpretações para as suas observações, bem como na apresentação de teorias alternativas quando as teorias iniciais são contrariadas pela evidência;
- melhor aproximação das conclusões da investigação a uma resposta ao problema formulado;
- melhor apreciação crítica de resultados e melhor atitude quanto à disponibilidade para a melhoria de procedimentos.

Passemos a uma melhor fundamentação destas conclusões. A maior fluência de ideias, bem como a veemência com que as defendem - o que denota a atitude de quem considera os seus argumentos no mesmo plano que os do adulto - estão patentes em várias situações que passamos a referir. Aquando da discussão sobre a hipótese de semelhança entre combustão e respiração registámos as seguintes contribuições dos alunos: *o ar que está cá fora é oxigénio e o ar que deitamos para fora tem dióxido de carbono. Se pudéssemos encher só com dióxido de carbono víamos se a vela queimava, porque a chama consome oxigénio* (Filomeno, 9 anos); *respiramos oxigénio e expiramos dióxido de carbono e o mesmo se passa com a vela* (João, 9 anos); *acontece na vela o mesmo que com as pessoas. A vela queima oxigénio, é como se fôssemos nós a respirar* (Zé Pedro, 9 anos); *tem alguma coisa a ver com a respiração. A chama precisa de oxigénio para ficar acesa. Se estivermos num quarto fechado e houver um incêndio, o ar fica sem oxigénio e morremos* (Vítor, 9 anos).

E acerca de como obter o ar expirado registámos as seguintes contribuições: *soprar para dentro de um frasco*. Interpelados, os alunos dão-se conta de que desse modo ter-se-á sempre uma mistura de ar expirado e ar atmosférico. Surge então em dois grupos - recordados, parcialmente, do que haviam feito aquando do estudo da capacidade pulmonar - a ideia de *colocar o frasco com ar virado para baixo numa bacia com água e com um tubo sopra-se para dentro* (Zé Pedro, 9 anos). Quando o Zé Pedro apresentava esta ideia, a Filipa (9 anos) num ímpeto incontido sugeriu que o frasco deveria estar cheio de água. O Zé Pedro e todos os membros do grupo, Vítor, Tiago Mourão, e Rita, concordam com a ideia da Filipa.

Na comunicação à turma do resultado das discussões travadas nos grupos acerca da flutuação/afundamento dos objectos são as seguintes as conclusões: *o*

volume e o nível da água tem importância; se for mais leve flutua e mais pesado afunda; a quantidade de água tem importância, flutua melhor com muita água (grupo 1); a plasticina vai ao fundo porque é mais pesada do que a água. A água empurra para cima mas não aguenta a plasticina; a água tem força, é como se tivesse braços a segurar (grupo 2). O André (9 anos) contesta o argumento do peso: os barcos são pesados e não vão ao fundo (grupo 3); depende do volume de água, os barcos no mar flutuam mas em sítios baixos não flutuam (Tiago Mourão, 9 anos, grupo 4). Em face da rejeição deste último argumento pela professora, outro aluno reafirma: a força da água depende do volume (da água). O Tiago Mourão insiste: a água tem força superior a tudo. Perante a questão relativa à possibilidade de fazer um prego flutuar este aluno acrescenta: também depende da matéria. O Zé Pedro (9 anos) acrescenta: se afundarmos um tronco de madeira ele vem acima e fica deitado. Quanto à possibilidade de fazer a bola de papel de alumínio afundar-se diversos alunos dizem: pôr menos água; a bolinha não está completamente amassada; se a folha estivesse completamente amassada não flutuava.

Passemos a ilustrar a maior facilidade em formular hipóteses, teorias e antecipar mentalmente resultados em conformidade com tais hipóteses e teorias. No estudo da semelhança entre respiração e combustão há alunos que ao sustentarem a hipótese de semelhança, quando são interpelados, fazem a previsão de que o resultado concordante com tal hipótese será que a chama durará menos tempo em ar expirado do que em ar puro.

Aquando do estudo da evaporação, as diferenças nas quantidades de água evaporada medidas ($13,5 \text{ cm}^3$, 20 cm^3 , 10 cm^3 e 3 cm^3) suscitaram uma viva discussão sobre as possíveis causas de tais diferenças. Foram assim apresentadas como possíveis

causas para as diferentes velocidades de evaporação os seguintes factores: quantidade de água inicialmente contida no copo; proximidade/afastamento do copo em relação à janela; abertura dos copos. Tais possíveis causas são apresentadas em forma de hipóteses e teorias: *quanto maior a quantidade de água menos água evapora (...)* *porque pouca água aquece mais depressa; a água perto da janela evapora mais porque apanha sol; a água dentro de uma garrafa com uma abertura estreita demora mais a evaporar porque o calor custa mais a entrar.*

Aquando do estudo da solubilidade em função da temperatura, ao ser perguntado para que serviria a água quente, uma aluna logo sugeriu: *vamos ver se o sal se dissolve melhor na água quente.* E foi com naturalidade que afirmaram que aquela hipótese se verificaria se a mesma quantidade de sal se dissolvesse em menos tempo na água fria do que na água quente.

No estudo do pêndulo os alunos fizeram, em quatro grupos diferentes, medições de tempo de 10 oscilações, tendo sido obtidos os seguintes resultados: 15,86 s; 18,66 s; 16,66 s; 12,04 s. Houve alunos que estranharam a diferença de resultados, o que deu lugar à discussão das possíveis causas de tais diferenças. Nos vários grupos são referidos como possíveis explicações para as diferenças dos tempos de 10 oscilações a amplitude inicial (*de onde se deixa cair a porca*) e o comprimento do fio. Há alunos que baseando-se nas suas observações *formulam a hipótese* de que *os pêndulos compridos andam mais devagar.* Os alunos discutem e deduzem, correctamente, daquela hipótese, uma *previsão* de seriação dos comprimentos dos quatro pêndulos utilizados pelos diferentes grupos, a partir dos tempos de 10 oscilações calculados: a ordem crescente dos comprimentos corresponderia à ordem crescente dos tempos (12,04 s; 15,86; 16,66 s; 18,66 s). Testam a previsão e consequentemente a hipótese, medindo os comprimentos dos quatro fios, verificando

que a ordem crescente dos tempos corresponde à ordem crescente dos comprimentos (12,04 s está para 35 cm; 15,86 s está para 53 cm; 16,66 s está para 75 cm; 18,66 s está para 86 cm).

Ao discutirem, em grupo, as suas ideias quanto ao efeito do peso suspenso na velocidade de oscilação do pêndulo, surgem as seguintes hipóteses e teorias: *a porca pequena anda mais de “força” porque é mais leve* (Sofia, 10 anos); noutro grupo diz-se que *o pequeno anda menos porque é mais leve*, e exemplificam: *quando lançamos uma pedra e uma folha, a folha anda mais devagar*; outro grupo considera que *anda mais depressa o pesado porque o ar oferece mais dificuldade ao mais leve*; no último grupo considera-se que *a mais leve anda mais lentamente porque se deixarmos a pesada e a leve caírem (em queda livre) a pesada cai mais depressa* (Tiago Mourão, 9 anos).

Quanto à melhor compreensão dos processos de quantificação e sistematicidade na sua utilização, começamos por ilustrar com o processo de medição da capacidade pulmonar. Em resposta à questão sobre como saber se o Zé Pedro tem maiores pulmões do que o Luis diz-se: *O Zé Pedro e o Luis sopram no garrafão (cheio de água e invertido numa bacia) e no fim o que tiver espaço maior (de ar) é o que tem os pulmões maiores* (André, 9 anos); *tenho que ter dois garrafões iguais e eles sopram e o que deixar menos água no garrafão é a que tem os pulmões maiores* (Tiago Mourão, 9 anos). Compreendida a equivalência entre volume de ar expirado e capacidade pulmonar, surge a sugestão: *Vamos medir a água que saiu do garrafão*. Mas como medir a água que saiu? Alguns alunos comentam, numa atitude circunspecta, que a água ao sair fica misturada com a água que já estava na bacia, o que impossibilita a sua medição. Uma aluna sugere a utilização de uma outra bacia

vazia, onde seria recolhida a água expulsa do interior do garrafão para posterior *medição*. A ideia é rejeitada pelo grupo como sendo impraticável. Num outro grupo, ao ter sido sugerido que pensassem na água que ficava no garrafão, diz a Joana (9 anos) depois de alguma discussão: *Fazemos uma subtracção. É a água do garrafão cheio menos a água que fica*. E como saber a quantidade de água que fica? *Mede-se com o copo graduado*. Em todos os grupos, mediante adequada interacção, encontra-se a solução para *medir* o volume de ar expirado.

Na discussão de turma sobre o plano de investigação relativo à hipotética semelhança entre combustão e respiração, vários alunos sugerem que se deveria *medir o tempo da chama em ar expirado e em ar puro e depois compara-se*. Em resposta a uma questão prevêem que a vela no ar expirado *vai-se apagar*. Um aluno fundamenta a previsão dizendo que *o ar que expiramos já está gasto, utilizado*. Alertados para a possibilidade de os tempos de combustão no mesmo tipo de ar não coincidirem por erros de medição, vários alunos sugerem que em cada tipo de ar se deverão fazer três medições de tempo e calcular-se as médias aritméticas. Incitados a prever que tipo de resultados confirmam a hipótese de semelhança entre a chama a arder e a respiração, vários alunos manifestam com clareza a ideia de que o tempo da chama em ar expirado será menor do que em ar puro.

No estudo dos factores de velocidade de evaporação, trabalhando os alunos em grupos autónomos, algumas dificuldades em termos de quantificação foram facilmente superadas por interacção do investigador. Foram elas: a não indicação, no plano de investigação de um grupo que estudava o factor *abertura do recipiente*, do modo de medir as diferentes aberturas dos recipientes; noutra plano de grupo que estudava o factor *localização*, a não especificação da quantidade de água a utilizar de início; e num outro grupo que estudava o factor *quantidade de água inicial*, a não

especificação das quantidades de água que inicialmente introduziriam nos diferentes recipientes.

Na aula de estudo do pêndulo, os alunos discutem em grupo o processo de *medição* do tempo de uma oscilação. Em três grupos é sugerido que se inicie a medição do tempo no momento da largada do pêndulo e se pare no momento em que a massa retoma o ponto de partida, completando a primeira oscilação. Noutro grupo é sugerido que se conte um certo número de oscilações, medindo o tempo correspondente, e se divida o tempo pelo número de oscilações. Estes dois pontos de vista provocam acesa discussão em toda a turma: uns argumentam que as oscilações não são todas iguais, pelo que há que medir o tempo de uma só oscilação; outros argumentam que, justamente por essa razão, então há que medir o tempo de um conjunto de oscilações e calcular a média aritmética. O Tiago Mourão (9 anos) reconsidera o seu ponto de vista inicial e diz que concorda com método de começar por medir o tempo de um certo número de oscilações, em face da informação de que as oscilações mesmo com diferentes amplitudes, demoram o mesmo tempo. Considera ser muito difícil medir directamente o tempo de uma só oscilação. Alguém sugere fixar antes um tempo durante o qual seriam contadas as oscilações, com o que o João (10 anos) manifesta discordância porque *assim podia ficar no fim uma oscilação incompleta*. Os alunos escrevem o modo de medição do tempo de uma oscilação e depois passam a fazer, em grupo, medições de tempo de 10 oscilações, reconhecendo a necessidade de fazerem três medições e calcularem a média.

No estudo da flutuabilidade dos barcos em função da concavidade uma aluna começa por sugerir *medir a altura da concavidade*, como forma de medir o tamanho da mesma. A Inês (9anos) propõe em alternativa *enche-se a concavidade com água e mede-se a água com um copo graduado*. Por seu turno, em discussão plenária, na

tentativa de se operacionalizar a noção de flutuar melhor/pior, o Tiago Mourão (9 anos) sugere *ver o nível da água no recipiente quando se introduz o barco*. Mas em face da situação apresentada pelo investigador, os alunos não têm dúvidas em reconhecer que flutua melhor um barco que não se afunde, quando nele se introduz um aluno, em comparação com outro que se afunda: *flutua melhor o que aguenta mais peso*. No desenvolvimento da discussão acabam por aplicar esta ideia ao problema dos seus “barcos” de plasticina. Dois alunos sugerem que *se vai acrescentando uma tacha, uma a uma, e contamos até o “barco” ir ao fundo e o que flutua melhor é o que aguenta mais tachas*. A ideia teve aceitação generalizada.

Encontrámos também, nesta turma, situações ilustrativas de maior espontaneidade dos alunos na apresentação de interpretações para as suas observações, bem como na apresentação de teorias alternativas quando as teorias iniciais são contrariadas pela evidência. O Zé Pedro (9 anos), perante a informação do sincronismo das oscilações, comenta as suas observações nestes termos: *No início a amplitude é grande mas o pêndulo anda mais depressa e no fim a amplitude é pequena mas o pêndulo anda devagar*.

Vários alunos comentam a flutuação dos barcos de plasticina nestes termos: *a água faz força sobre o “barco” para cima; é como se tivesse braços a segurar; se não tiver água o “barco” cai por causa da força do “barco”; a força do “barco” é o peso; o peso aponta para baixo*. Ao observarem o afundamento da folha de alumínio comprimida alguns alunos *interpretam a observação* comentando: *afundou-se porque não tem ar*. *Interpretam observações* referindo-se ao significado da compressão do bolinha de papel de alumínio: *o peso ficou inferior* (Tiago Mourão); *ficou superior* (Rita, 9 anos); *o volume ficou inferior* (Zé Pedro e Tiago Mourão); *o volume ficou*

igual (Sofia, 10 anos); *o peso não é o mesmo senão ficava a flutuar, só se depender do volume* (Tiago Mourão).

Aquando do estudo dos factores de velocidade de evaporação, no grupo que tomou como variável independente a quantidade de água inicial verificou-se que num frasco com 90 cm³ de água se evaporaram 12 cm³ e num outro com 60 cm³ se evaporaram 10 cm³. Os alunos consideram que os resultados contrariam a hipótese do grupo de que *quanto maior a quantidade de água menos água se evapora*. Igualmente a teoria explicativa da hipótese - *pouca água aquece mais depressa*, o que daria lugar a maior quantidade de água evaporada no recipiente com mais água - é posta em causa. É avançada uma *interpretação dos resultados*, que corresponde a uma nova ideia e à introdução de um novo factor de evaporação: *é porque no frasco mais cheio a água está mais próxima da abertura do frasco* (Filomeno, 9 anos).

Os alunos desta turma, tal como os da anterior, começam por revelar dificuldades em completar a investigação e, particularmente, em formular uma conclusão baseada nos dados, em termos de efectiva resposta ao problema de partida. Nas investigações relativas à altura dos alunos em função do sexo, à capacidade pulmonar em função do sexo e à semelhança entre combustão e respiração, boa parte dos alunos considera a tarefa concluída depois de efectuadas as medições. E quando são interpelados no sentido de prosseguirem, calculam as médias das medidas obtidas, mas formulam a conclusão em termos de afirmação da diferença das médias, não se referindo ao problema. Insistiu-se pois na evocação do problema e na necessidade de reformulação da conclusão de modo a dar-lhe a forma de resposta ao problema. Aquando do estudo da semelhança entre respiração e combustão, já há quem conclua do seguinte modo: *Há semelhança porque a média dos tempos obtida na experiência da combustão da*

vela no frasco de ar expirado é muito menor do que a média obtida na combustão da vela de ar atmosférico.

No estudo dos factores de velocidade de evaporação, fizemos uma avaliação que nos permitiu concluir que em certos grupos os alunos estavam preparados para formalizarem, no plano de investigação, a hipótese ou a previsão. Depois de introduzido esse novo elemento no plano, formularam-se algumas conclusões nestes termos: *A hipótese está certa porque no frasco com abertura mais larga evaporaram-se 8 cm³ de água e no frasco mais estreito só se evaporaram 5 cm³.* Também as conclusões *Este caracol gosta mais de alface do que de couve porque os resultados indicam que ele comeu mais alface, logo gosta mais de alface e Quanto mais quente fôr a água, o sal dissolve-se mais depressa,* revelam uma razoável evolução em termos da desejável utilização dos resultados obtidos para dar resposta ao problema formulado.

Concluimos também que os alunos desta turma revelam melhor apreciação crítica de resultados e melhor atitude quanto à disponibilidade para a melhoria de procedimentos. Aquando do estudo dos factores de velocidade de evaporação, num outro grupo que adoptou como variável independente a *abertura do frasco*, a diferença de quantidades de água nos dois recipientes foi considerada excessiva por parte dos alunos, não sendo por isso merecedora de credibilidade. Concluíram que alguém teria mexido nos frascos e por isso decidiram repetir a investigação. O grupo que adoptou como variável independente a *proximidade/afastamento da janela*, verificou que o recipiente junto à janela estava vazio, mas entornado, e por isso os alunos decidiram, também, de forma autónoma, repetir a investigação.

No estudo da preferência alimentar do caracol houve alunos que introduziram uma discussão quanto à generabilidade dos resultados obtidos. Perante o facto de os quatro caracois terem comido mais alface do que couve, alguns alunos sustentam, na interpretação de resultados, que só se pode dizer que aqueles quatro gostam mais de alface. Outros porém inclinam-se pela generalização. Perante a questão concreta sobre se um quinto caracol investigado comeria mais alface do que couve, torna-se mais visível a tendência dos alunos para acreditarem na maior probabilidade de que se venha a repetir o resultado já ocorrido.

No estudo do pêndulo, perante os tempos de 10 oscilações (15,86 s; 18,66 s; 16,66 s; 12,04 s) medidos por quatro grupos diferentes, o Zé Pedro (9 anos) comentou que os tempos deveriam ser iguais, *porque as porcas* (de parafuso suspensas) *eram todas iguais*. Esta apreciação crítica foi o ponto de partida para uma rica discussão em que os alunos identificaram variáveis que interferem na velocidade de oscilação e formularam hipóteses.

No estudo da solubilidade em função da temperatura, há um grupo que não consegue, num primeiro momento, proceder correctamente na medição dos tempos de dissolução em água fria e água quente. Assim aconteceu porque dois alunos começaram a agitar os dois líquidos ao mesmo tempo, enquanto um só aluno media o tempo no relógio, tendo terminado a medição do tempo quando todo o sal se tinha dissolvido em ambos os frascos. Consequentemente, o tempo obtido corresponde ao tempo de dissolução no frasco com água fria. A Inês (9 anos) protestou dizendo que estava tudo mal feito e que tinham que repetir tudo, e foi o que fizeram.

As vantagens identificadas na turma experimental de 93/94, não podem deixar de ser consideradas à luz de algumas diferenças quanto às condições de partida entre as duas

turmas, e quanto ao modo de desenvolvimento do processo, de que destacamos as seguintes:

1 - A turma experimental 93/94 é constituída por alunos provenientes de estratos da população mais favorecidos em termos socio - económicos e culturais (ver Capítulo III);

2 - A turma experimental 93/94 apresenta no teste de Raciocínio Lógico-Verbal média superior à média da turma experimental 92/93 (ver Capítulo III);

3 - A turma experimental 93/94 apresenta no teste de Competências em Processos Científicos média superior à média da turma experimental 92/93 (ver Capítulo III);

4 - Os alunos da turma 93/94 beneficiaram de um processo de treino em competências em processos científicos e competências de investigação mais apurado, em resultado do facto de o investigador transferir para esta nova turma todo o conhecimento e experiência decorrentes do processo levado a cabo ao longo de 92/93. Nesse apuramento do processo merece um especial destaque a tendência do investigador em ir progressivamente abandonando a dimensão da formação de professores, como objecto de investigação, em favor de uma maior focalização nos objectivos e processo de aprendizagem. Essa tendência tornou-se uma opção claramente assumida na turma 93/94. Consequentemente o investigador passou a assumir sem reservas a orientação das actividades, sempre que a professora revelava insuficiências ou menor acuidade na sua função, fazendo-o contudo sempre com a preocupação de salvaguarda da boa convivência entre ambos. Pensamos que esta opção resultou em vantagem para os alunos da turma 93/94 relativamente aos da turma 92/93.

Embora não tenhamos recorrido a instrumentos de medida que permitissem comparar as turmas quanto aos níveis de desempenho em cálculo, linguagem escrita e linguagem oral, a experiência forneceu-nos forte evidência de que os alunos da turma 93/94 apresentavam níveis de desempenho mais elevados nestas três variáveis. A análise das composições livres efectadas no final do projecto permite ter a percepção de que os alunos da turma 93/94 apresentam um nível de expressão escrita superior.

Naturalmente as professoras eram diferentes, mas não avaliámos em que medida poderiam ter sido um factor diferencial. Aliás, a terem-no sido, é nossa convicção que o teriam sido mais pelos seus métodos de ensino-aprendizagem em geral, e pelas valências do currículo que mais valorizam, do que pelo que terão feito no âmbito deste projecto. Neste âmbito estrito a acção do investigador terá diluído em boa parte o papel específico da professora.

3.5. Papel do investigador e/ou professora

Nas onze aulas cujos diários foram analisados (AnexoXII), as actividades foram no essencial orientadas pelo investigador. Apenas em duas aulas a professora teve uma participação significativa, tendo orientado uma aula quase na totalidade, e dado uma participação razoável noutra aula, não se limitando, neste caso, ao papel de auxiliar do investigador.

Em todas as aulas a acção da professora e do investigador, quando na função de professor, assumiu uma importância decisiva, quanto à perspectiva de que os alunos assumam um papel activo na sua aprendizagem, com o desejável investimento intelectual e sócio-afectivo, trabalhando em grupo, num crescendo de autonomia.

Tomámos a aula relacionada com a flutuação de barcos de plasticina como paradigmática do papel a desempenhar pelo adulto. Nessa aula, mais do que em todas as restantes, o investigador recorreu exaustivamente a todos os recursos que o seu conhecimento, experiência e imaginação podiam oferecer, na aventura de levar tão longe quanto possível as crianças no estudo de problemas bastante complexos para a sua idade.

A partir dos protocolos de análise, no que respeita ao parâmetro *Papel da professora e/ou investigador*, pode sistematizar-se um conjunto de papéis que se distribuem por cinco domínios: a) realizar experiências e sugerir acções; b) evocar e/ou fornecer informação, materiais e instrumentos catalizadores de novas ideias e acções; c) ajudar os alunos na realização de tarefas práticas que não são capazes de realizar sozinhos; d) promover o fluxo do pensamento e acção pela via das questões; e) promover uma atmosfera de emulação e responsabilização dos grupos perante toda a turma. Analisemos cada um dos domínios em particular.

3.5.1. Realizar experiências e sugerir acções

A realização de experiências pelo professor, aqui sugerida, não tem o carácter da tradicional demonstração experimental de uma lei ou princípio científico. Trata-se antes de algo que se integra num processo interactivo entre professor e alunos, destinado a focalizar a atenção e despertar interesse e curiosidade dos alunos para fenómenos, que aqueles irão explorar de seguida em maior extensão e profundidade. Por isso é que tais experiências têm o carácter de sugestões para a acção, sendo mesmo seguidas de indicações explícitas nesse sentido. Ao introduzir-se a experiência

da flutuação da bolinha de papel de alumínio, começa-se por solicitar à turma uma previsão do que irá acontecer para, depois da observação, se incitar os alunos a repetirem o efeito e, em seguida, tentarem encontrar uma forma de fazer o papel de alumínio afundar-se.

Um outro exemplo é que, antes de se passar ao estudo da velocidade de oscilação em função do peso suspenso, foi necessário mostrar a experiência de um pêndulo a oscilar, mostrar experimentalmente o que é uma oscilação, introduzir os termos *pêndulo* e *oscilação* para depois se solicitar aos alunos de contassem oscilações e representassem graficamente uma oscilação.

3.5.2. Evocar e/ou fornecer informação, materiais e instrumentos catalizadores de novas ideias e acções

Podem ter um efeito catalizador na produção de nova ideias e acções das crianças, favorecendo-se deste modo o desenvolvimento e aprofundamento das actividades científicas: a) a evocação de experiências e conhecimentos, em novos contextos em que possam ser aplicados; b) a introdução selectiva ou focalização da atenção em instrumentos e materiais, que possam sugerir a solução para uma questão; c) dispôr os materiais de um modo que possa sugerir aos alunos uma solução. Todas estas formas de intervenção do adulto só são adequadas se utilizadas depois de as crianças terem reflectido sobre as questões, mediante a avaliação de que a ausência de sucesso ameaça dar lugar à frustração e desinteresse.

Quando os alunos se debatiam com a dificuldade de obtenção de ar expirado, na aula em que estudavam a hipótese de semelhança entre combustão e respiração, a

evocação da experiência de esvaziamento de uma garrafa cheia invertida, foi a maneira de os levar a encontrar a solução. Porém, descobrir como esvaziar a garrafa cheia invertida revelou-se ainda mais difícil para os alunos. Foi necessário focalizar a atenção dos alunos na palhinha com dobra. Não tendo sido sugerida a colocação da palhinha no gargalo da garrafa, foi isso que se fez em seguida e se perguntou o que deveria ser feito para esvaziar a garrafa. Quer-se dizer, não tendo sido suficiente a focalização da atenção na palhinha, a solução ocorreu quando palhinha e garrafa foram dispostos de um modo determinado.

Na discussão acerca do processo de medição das folhas de couve e alface, a solução foi encontrada por via de uma focalização da atenção no papel quadriculado dos cadernos dos alunos.

Muitos alunos, depois de terem conseguido montar um circuito só com pilha e lâmpada, quando lhes foi pedido que acendessem a lâmpada com pilha e um fio, não sabiam o que fazer ao fio. O *insight* quanto à sua utilização ocorreu na sequência de o investigador ter estabelecido uma ligação pilha-lâmpada directamente, ficando assim evidenciado que ficava por fazer uma outra ligação para a qual se deveria recorrer ao fio. De novo é a apresentação de um modo determinado de dispôr os materiais que produz uma ideia.

3.5.3. Ajudar os alunos na realização de tarefas práticas

Por vezes os alunos planificam acções, envolvendo destrezas de manipulação que não dominam inteiramente, o que impossibilitaria a sua realização se não tivessem ajuda de um adulto. É então fundamental evitar que os alunos deixem de pôr em prática

boas ideias, o que os faria estagnar nesse ponto, sendo esse bloqueio particularmente negativo quando tal dificuldade se situa numa fase intermédia de desenvolvimento de actividades que é suposto prosseguir. A ajuda fornecida pelo adulto, em tais circunstâncias, é determinante para que o fluxo do pensamento e acção possam prosseguir, evitando-se assim o sentimento de frustração. Por outro lado, tal ajuda contribui para que os alunos desenvolvam as destrezas em que sentem dificuldades. Essa ajuda foi importante, por exemplo, para alunos que tentando moldar barcos de plasticina não conseguiam que eles flutuassem. Foi igualmente importante, para todos os alunos, quando comprimiam entre os dedos a bola de papel de alumínio, sem conseguirem que aquela se afundasse, tendo sido sugerido que a comprimissem entre duas moedas. Semelhante ajuda ocorreu na medição das concavidades dos barcos de plasticina o que requer precisão, rigor e uma fina motricidade no enchimento, transvase para uma proveta e leitura.

3.5.4. Promover o fluxo do pensamento e acção pela via das questões

Em geral, as crianças colocadas sozinhas perante um problema, dificilmente conseguem ou não conseguem mesmo, conceber um plano de investigação, executá-lo e concluir com base nos dados recolhidos. A perspectiva de uma concepção de ensino tradicional perante esta situação, é que as crianças não dispõem de maturidade mental para investigar, e, conseqüentemente será exigir algo para além das suas capacidades intelectuais pretender que o façam. Mais grave que isso é o facto de facilmente se confundir essa suposta incapacidade das crianças para investigar, com a impossibilidade de qualquer tipo de aprendizagem activa.

Apesar da generalizada aceitação do paradigma construtivista da aprendizagem, por parte de formadores e investigadores educacionais, a defesa de tal modelo de aprendizagem pouco tem ido além de vagas e imprecisas generalidades. Sabe-se pouco acerca de como dar corpo a tal modelo de aprendizagem no trabalho prático com os alunos, e menos ainda se sabe acerca de como formar os professores nas competências necessárias para promoverem nos alunos uma tal aprendizagem. O paradigma construtivista continua a ser uma moda discursiva que, muito pacificamente, convive com uma prática absolutamente tradicional. Nessa linha de preocupações, entendemos ser necessário reflectir sobre a função problematizadora do professor, como factor decisivo de um efectivo compromisso das crianças com uma aprendizagem activa.

Todo o projecto que foi levado a cabo, de forma sistemática, em duas turmas, e antes noutras turmas em regime de ensaio, está profundamente impregnado pelas perguntas que se fazem aos alunos. A título de exemplo, no conjunto de actividades relativa à flutuação dos barcos de plasticina, tal como são apresentadas depois de já terem sido aferidas com os alunos (Sá, 1994), são propostas ao professor 41 perguntas. Naturalmente, em situação de aula, na interacção com os alunos este número deverá subir consideravelmente.

Subjacente a esta filosofia de inquérito há um axioma fundamental: apesar da criança ser naturalmente curiosa e activa em relação ao seu meio, o desenvolvimento de um papel activo na aprendizagem, bem como o desenvolvimento de uma atitude investigativa e de competências de investigação não é um processo espontâneo. Não é algo que possa acontecer colocando simplesmente as crianças na presença de objectos, materiais e seres vivos, com a indicação genérica: *toma, observa, investiga, descobre tudo o que quiseres*.

São os seguintes os princípios de que partimos na adopção desta filosofia de inquérito para o professor:

a) é possível desenvolver um papel activo na aprendizagem e desenvolver competências de investigação, pela via de questões adequadas, que estimulam e acompanham o pensamento e acção das crianças, na medida das necessidades identificadas em cada momento;

b) uma informação ou conhecimento fornecidos à criança tem menor valor educativo, e menor período de retenção, do que a informação e conhecimento conquistados pela criança;

c) fornecer informação ou conhecimento que a criança pode adquirir em resposta a uma pergunta estimuladora, é negar à criança oportunidades de pensar e agir;

d) as perguntas, orientadas para o estímulo do pensamento e acção, promovem nos alunos uma nova compreensão do que é a aprendizagem, induzindo neles um novo papel nesse processo.

A competência para formular questões orientadas para o estímulo do pensamento e acção, adequadas em cada momento às necessidades dos alunos, é talvez a mais importante competência de um professor para que possa promover uma aprendizagem activa e o desenvolvimento de competências de investigação. Nos protocolos de análise dos diários foi possível identificar as seguintes tipologias de questões:

a) Questões de identificação e clarificação das ideias dos alunos

A forma mais óbvia de tentar identificar e compreender as ideias das crianças é fazer-lhes perguntas acerca dos objectos e fenómenos como, por exemplo: *Por que razão há objectos que flutuam e outros objectos que vão ao fundo na água?*. Da discussão despelotada por tal questão, sentir-se-á a necessidade de introduzir questões de clarificação de termos, pois, como temos sublinhado frequentemente as crianças utilizam palavras que não significam o que realmente pretendem dizer (Sá, 1994).

Atente-se na discussão entre o André e o Tiago. O André contesta o argumento do peso quanto à flutuação/afundamento dos objectos: *Os barcos são pesados e não vão ao fundo*. Reacção do Tiago: *Depende do volume da água, os barcos no mar flutuam mas em sítios baixos não flutuam*. Será que o Tiago quer realmente dizer que os barcos encalhados nas areias do fundo do mar, junto à costa ou encostados nos rochedos, deixaram de flutuar? Foi necessário perguntar-lhe, não só a ele mas a toda a turma, para que vários alunos manifestassem a sua discordância, ao que o Tiago anuiu.

As questões de identificação e clarificação das ideias dos alunos não cumprem o seu papel apenas na fase introdutória das actividades, ainda antes de qualquer evidência. Pelo contrário, acompanham todo o desenvolvimento das actividades, sendo um instrumento permanente de modelação das situações de ensino-aprendizagem. Por exemplo, pudémos constatar no contexto destas actividades, que o termo *mais pesado* não significa, para alguns alunos, que o objecto tem mais peso, mas antes que a sua matéria se apresenta mais concentrada, ou seja, o objecto apresenta-se com maior densidade, porque o peso *uniu-se, ficou mais junto*. Aquando do afundamento da bolinha de papel de alumínio comprimida, obteve-se essa clarificação por via das seguintes perguntas: *Quando dizes que a bolinha ficou “mais*

pesada” queres dizer que tem mais peso? Tem mais papel de alumínio do que antes de comprimida? Acrescentei-lhe papel de alumínio ao comprimi-la?

b) Questões de reflexão dos alunos sobre as suas próprias ideias

As teorias das crianças começam por ter um carácter muito particular, de modo que cada fenómeno particular tem a sua teoria explicativa própria, surgindo pois teorias diferentes e contraditórias para fenómenos cientificamente semelhantes, mas que são tomados como absolutamente distintos pela criança. Pode mesmo dar-se o caso de uma criança ter uma percepção da semelhança entre dois ou mais fenómenos, e continuar a manifestar-se contraditória, na medida em que no momento em que tenta uma teoria para um deles, não o relaciona com os outros fenómenos afins. O inverso também acontece, embora menos frequentemente, ou seja, a criança toma como semelhantes fenómenos que são cientificamente distintos, procurando transferir uma mesma teoria pessoal de um para outro.

A presente investigação sugere um vasto campo de aplicação de questões que façam as crianças reflectir sobre as suas próprias ideias, como estratégia de as fazer evoluir no seu pensamento e qualidade das suas ideias. O facto de as crianças frequentemente não se revelarem lógicas, não significa que não apreciem a lógica e não apresentem um elevado potencial de reformulação imediata das suas ideias numa perspectiva de maior coerência. Com tais questões trata-se de apelar à lógica e coerência do pensamento das crianças, à eliminação da contradição.

A aula de estudo da combustão da vela em frasco fechado revelou-se bastante rica em termos de ilustração da importância de fazer as crianças reflectir sobre as suas

próprias ideias. A interacção que a seguir se apresenta desenvolveu-se antes de qualquer evidência experimental.

Perante a ideia de que o *frasco tapado não tem ar*, como explicação da previsão de que a chama se apagaria, formulou-se a questão: *Será que o ar contido neste frasco deixa de existir quanto o tapo com a mão?*. Os alunos evoluem para a ideia de que havendo ar dentro do frasco, não há razão para que deixe de existir instantaneamente pelo facto de se colocar a mão na sua abertura. Perante a ideia de que *o frasco aberto tem mais ar porque pode entrar sempre*, colocou-se a questão: *Será que estando o frasco aberto vai entrando sempre mais e mais ar, aumentando sempre a quantidade de ar no frasco?*. As ideias dos alunos evoluíram para a compreensão de que o facto de o frasco estar aberto não permite um progressivo aumento da quantidade de ar *porque o ar entra e sai, e porque o frasco tem um certo tamanho*.

Nesta tipologia de questões se enquadra também a questão: *Será que os barcos encalhados estão a flutuar? Flutuar e encalhar são a mesma coisa?*. Esta questão foi já abordada na categoria anterior, contudo, se o resultado na mente dos alunos não se limitar à correcção de um lapso cometido por mera distração, mas a uma melhor compreensão da noção de flutuação, esta não será uma questão de simples clarificação de uma ideia, aos olhos do professor, mas de reflexão sobre uma ideia com melhoria da qualidade dessa ideia. Note-se que a clarificação ocorrida não se limita ao reconhecimento de que estar encalhado não é equivalente a flutuar, mas pode resultar para muitos alunos numa melhor compreensão do conceito de flutuação. Esta noção pode associar-se simplesmente à visibilidade de um objecto à superfície da água, sem atender a quaisquer formas de sustentação por debaixo da água, que eventualmente existam.

Outro tipo de questões a incluir neste categoria são as que procuram que o aluno se confronte com as consequências das suas formulações. Quando o Tiago insiste que *a água tem força superior a tudo*, decorrem daqui múltiplas deduções que o aluno sabe, por experiência própria, que não se verificam. Bastará perguntar-lhe: *É possível fazer um prego flutuar?*. Tal questão é suficiente para provocar no aluno insatisfação com a formulação apresentada, e desencadeia a necessidade de a reformular de modo a torná-la mais concordante com uma maior gama de fenómenos. Um outro exemplo, muito interessante pela perplexidade que foi visível nas crianças, tem a ver com a vulgar explicação *corpos pesados vão ao fundo e corpos leves flutuam*. Basta que o professor reaja com a questão *Então um grão de areia é pesado e um navio petroleiro é leve?* para que os alunos se apercebam de que a sua teoria dá lugar a um paradoxo que requer resolução imediata.

Ainda outro exemplo bem elucidativo relaciona-se com a descoberta do modo de obtenção de ar expirado aquando do estudo da semelhança entre combustão e respiração. A primeira sugestão das crianças é *soprar para dentro do frasco*. Ao perguntar-se-lhes se, por essa via, obterão um frasco cheio de, apenas, ar expirado, as crianças facilmente reconhecem que é inevitável obter-se uma mistura de ar atmosférico e ar expirado, reconhecendo assim a necessidade de uma outra solução. Em seguida, recordando a actividade em que esvaziaram uma garrafa cheia de água invertida, soprando através de uma palhinha, há alunos que sugerem soprar para dentro de um frasco invertido na água, mas sem água. De novo os alunos reconhecem que se continuará a ter uma mistura, mediante uma questão que os faça pensar sobre a solução avançada.

Como último exemplo refira-se o diálogo travado entre o investigador e um grupo de crianças de 5 anos de um Jardim de Infância, no contexto da iniciação de actividades experimentais ao nível da educação pré-escolar:

- *O que há dentro deste frasco?*
- *Não tem nada?*
- *Nada? Já ouviram falar de ar?*
- *Já.*
- *Há ar nesta sala?*
- *Não, só se abirmos uma janela.*
- *Mas vocês respiram ou não dentro da sala?*
- *Sim, respiramos?*
- *E o que é preciso para vocês respirarem?*
- *Ar.*
- *Então nesta sala há ar ou não?*
- *Há?*
- *E dentro deste frasco o que há?*
- *Tem ar.*

Crianças de apenas 5 anos, melhoram substancialmente a qualidade das suas ideias acerca do ar, sem qualquer evidência experimental, mas apenas pensando nas suas próprias ideias, mediante questões estimuladoras dessa reflexão.

c) Questões de incitamento à acção

As questões de incitamento à acção são as que procuram estabelecer uma linha de continuidade entre a acção intelectual e a acção física. Tais questões são particularmente adequadas quando a discussão - em torno de ideias intuitivas dos alunos, ou em torno de ideias adquiridas em experiências já realizadas durante a aula - foi suficientemente desenvolvida, nada mais havendo a acrescentar. Nesse momento há dois objectivos principais no incitamento à acção: a) que as crianças tenham oportunidade de testar as suas ideias, eventualmente novas ideias que lhes ocorreram na discussão; b) fornecer às crianças novas evidências nas quais possa ser ancorada a discussão posterior, tendo em vista o desenvolvimento de ideias que o professor terá identificado como inadequadas e passíveis de rápida evolução. Nas questões de incitamento à acção com o papel de alumínio, bem como com a plasticina, as crianças terão oportunidade de testar a ideia de que é o peso que explica a flutuação/afundamento, ao verificarem que objectos com o mesmo peso podem flutuar e afundar-se. Essa actividade experimental, por outro lado, fornece-lhes evidência que servirá de reflexão no processo de construção de novas ideias para a explicação dos fenómenos em estudo.

e) Questões de abertura de novas possibilidades

Por vezes o pensamento e acção das crianças revela-se bloqueado pela não admissão de novas possibilidades, que embora estando “à mão”, não ocorrem nas suas mentes. Quando se formula o desafio *Haverá alguma forma de fazer com que a plasticina passe a flutuar?*, introduz-se uma possibilidade dificilmente concebível pelas crianças, que é altamente estimuladora do pensamento e acção. As possibilidades tentadas de início são espalmar, alongar, fazer um boneco, etc.. Algumas crianças

precisam ainda de ser alertadas para novas possibilidades para que encontrem a solução, perguntando-lhes o professor: *Como são os barcos?*

No estudo do pêndulo, o bloqueio em relação à hipótese de que o aumento do peso não teria influência na velocidade de oscilação revelou-se muito forte, apesar de toda a evidência ir nesse sentido. Em três hipóteses possíveis, a única que a mente dos alunos não admitia era justamente a que os dados sustentavam. Foi necessário ser-se explícito no sentido de que considerassem essa nova possibilidade, o que gerou um silêncio de certa perplexidade na sala ao terem que a admitir.

As questões de abertura a novas possibilidades, sendo estimuladoras do pensamento e acção, cultivam uma mentalidade aberta à inovação e à invenção, desenvolvem a confiança nas capacidades próprias de exploração, promovem nos alunos uma compreensão positiva do risco, em oposição ao tradicional medo de errar e conseqüente busca de uma segurança inibidora da criatividade.

f) Questões de observação e reflexão sobre a evidência

As crianças revelaram uma grande capacidade de adquirir conhecimentos quando se verificam duas circunstâncias: a) poderem manipular os objectos, materiais e seres vivos; b) serem solicitados a registar o maior número possível de observações. Em resultado do empenho que colocam em dar resposta a esta solicitação, as crianças vão enumerando as observações e acabam por dar-se conta de detalhes relevantes e surpreendentes para os adultos. Embora tais observações devam ser valorizadas, ao professor compete ter uma certa intencionalidade em termos dos objectivos de conhecimento esperados com a actividade de observação. Verificou-se no estudo da chama da vela, da planta, do termómetro, do caracol e da rã, que os alunos numa

primeira fase não fazem parte das observações relevantes. Nestas circunstâncias foi eficaz a professora/investigador dispôr de um banco de questões focalizadoras da atenção dos alunos, no sentido de promover uma segunda fase de maior apuro das observações. Deste modo, um número apreciável de alunos chegou a fazer mais de 20 observações nas actividades antes referidas. É muito elucidativo que grande parte dos alunos tenham aprendido o essencial das características e do funcionamento do termómetro sem outra ajuda que não a formulação de algumas questões e o fornecimento de alguns vocábulos por eles solicitados.

As possibilidades de evolução da compreensão da criança acerca dos fenómenos, objectos e materiais, bem como de evolução da qualidade do seu pensamento, ficam muito limitadas se as crianças simplesmente são colocadas perante as evidências. Para que as evidências sejam úteis em toda a sua plenitude é necessário que estejam enquadradas, entre uma fase prévia de preparação mental das crianças e uma fase de reflexão e mais apurada observação, pós-experimental, ou concomitante com a experiência.

Em termos do papel do professor têm cabimento, na fase de preparação, as questões já referidas de *identificação e clarificação das ideias dos alunos, de reflexão dos alunos sobre as suas próprias ideias, de incitamento à acção e de abertura de novas possibilidades* - embora a função de tais questões não fique limitado a esse momento, devendo constituir importantes instrumentos da desejável interacção que acompanha o desenvolvimento das actividades experimentais. Constatámos, porém, que um conjunto de questões mais focalizadas na evidência, capazes de estimular uma mais acuidada observação e reflexão, são fundamentais para que as crianças retirem o maior benefício possível dessa evidência. Tratam-se de questões que visam estimular o pensamento, pela via de um confronto mais sistemático entre as ideias e a evidência,

tirando partido da proximidade desta. Esse confronto não tem um sentido determinado mas antes assume um carácter circular. Usando a terminologia de Kuhn (1988), ao recorrer-se a tais questões procura-se desenvolver competências de coordenação entre a teoria e a evidência.

Questões deste tipo podem ter por objectivo o desenvolvimento e clarificação de ideias. Trata-se de desenvolver ou clarificar a noção de conservação do peso, bem como de distinguir entre peso e volume quando, após a compressão do papel de alumínio, que se afunda, se pergunta: *O objecto de papel de alumínio ficou mais pesado?; Foi acrescentado papel de alumínio quando se comprimiu?; O volume, ou o tamanho do papel de alumínio aumentou, diminuiu ou ficou igual?*. Idênticos objectivos estão presentes quando se formulam questões da mesma natureza a propósito da transformação da bola de plasticina em barco, que passa a flutuar.

Outro objectivo destas questões, indissociável do anterior consiste em ajudar as crianças a tomarem consciência da falibilidade das suas ideias face à evidência presente - quando é esse o caso -, e a tentarem construir novas teorias. *Será por ser mais pesado que o papel de alumínio comprimido foi ao fundo e quando não comprimido flutuou? Por que foi então?*¹ Tem sido notório que tais questões suscitam boa participação dos alunos e vivas discussões entre eles, que ao professor compete coordenar e orientar.

g) Questões evocativas de situações familiares para introduzir novas ideias

¹A noção de conservação do peso é fundamental para que a criança possa desenvolver qualquer teoria alternativa à de que *os objectos leves flutuam e os objectos pesados vão ao fundo*.

Por vezes o normal desenvolvimento das actividades científicas não é possível, sem que novas ideias sejam introduzidas pelo professor e assimiladas pelos alunos. Em tais situações as referidas ideias são pré-requisitos instrumentais e não tanto o objetivo das actividades em si mesmas. A compreensão de novas ideias, por parte das crianças, sem recurso à experiência presente, tem-se revelado bem sucedida quando aquelas são devidamente ancoradas em situações familiares da sua experiência de vida. Neste caso, o contexto que serve de suporte ao desenvolvimento da nova ideia é a evocação ou recriação da citada situação familiar. Essa evocação pode assumir o carácter de uma experiência imaginária proposta pelo professor.

Exemplifiquemos. A ideia de fluutuabilidade, e especialmente a ideia de grau de fluutuabilidade de um barco, são indispensáveis para que tenha significado para os alunos investigarem se o volume da concavidade tem consequências em termos de o barco de plasticina flutuar melhor ou pior. Considerando a noção vulgar de que um barco simplesmente flutua ou não flutua, falar-se em *flutuar melhor ou pior* significa introduzir uma nova possibilidade. Contudo, essa possibilidade só é mobilizadora do pensamento e acção se as crianças lhe apreenderem o significado. É pois, necessário desenvolver a noção de grau de fluutuabilidade como condição prévia.

Sabe-se que a familiaridade com um determinado contexto favorece as aprendizagens que nele se pretendem promover. Por isso, ao pretender-se introduzir a noção de grau de fluutuabilidade, será mais eficaz invocar-se uma situação suficientemente familiar, do que focalizar essa discussão em torno dos barcos de plasticina, que são uma nova situação com a qual as crianças acabam de se confrontar. A questão *Se o Zé Pedro entrar para um barco A e o barco afundar-se, e depois entrar para o barco B que não vai ao fundo, qual dos barcos flutua melhor?*, revelou-se bastante apelativa em termos de uma discussão, que teve por objectivo conduzir à

compreensão de que o critério operacional do grau de flutuabilidade do barco é o peso máximo que consegue sustentar, sem ir ao fundo.

Igualmente a discussão em torno do equilíbrio de uma esferográfica sustentada pela mão, tendo em vista a compreensão, por parte das crianças, de que o barco flutuante está sujeito a duas forças de sentidos contrários, sendo uma exercida pela água e outra o seu próprio peso, é dinamizada por questões evocativas de situações familiares (e de natureza mais concreta, dado que a noção de força exercida pela mão sobre a esferográfica é bastante mais perceptível por observação directa do que a noção de força exercida pela água sobre o barco) para introduzir novas ideias.

Estas questões são também úteis, não apenas para desenvolver ideias que têm um carácter instrumental na prossecução de certas actividades, mas igualmente para estimular os alunos a resolver novos problemas. Atentemos na seguinte questão: *Se tivermos água salgada, como poderemos separar o sal da água?* Trata-se de uma questão que as crianças não conseguiriam resolver sem que, após algum tempo de reflexão, se lhes tivesse perguntado: *Como é que fica a vossa pele, na praia, quando depois do banho no mar o vosso corpo fica seco?(...) E porque razão ficou a pele a saber a sal?*

h) Questões mobilizadoras de ideias adquiridas para novas situações

As novas ideias introduzidas em contexto de situações familiares, evocadas ou recriadas, podem tornar-se instrumentos imediatos de acção da criança se esta for sujeita ao desafio de as aplicar a novas situações. Assim, por um lado, promove-se o reforço do papel activo da criança na aprendizagem. Por outro lado, tais ideias consolidam-se e adquirem aos olhos da criança um mais amplo domínio de aplicação,

o que contribui para uma visão unificada de fenómenos afins, eventualmente, tidos por completamente estanques. Eis alguns exemplos de questões mobilizadoras de ideias adquiridas para novas situações, após a discussão relativa ao equilíbrio da esferográfica: *Então o que faz a água sobre o “barco” para que ele não vá ao fundo?(...); E a força da água aponta para onde?(...); E o peso do “barco” aponta para onde?; Filomeno vai ao quadro desenhar um “barco” a flutuar e representa com duas setas o peso e a força da água. (...); Se o peso for maior do que a força da água o que acontece a um objecto introduzido na água?(...); E quando flutua, o peso e a força da água são diferentes ou iguais?.* A noção de grau de flutuabilidade - introduzida no contexto da evocação de uma situação em que um barco A consegue flutuar com um aluno dentro e um barco B não consegue - é mobilizada para o problema da flutuabilidade do barco de plasticina em função da concavidade com a seguinte questão: *Como poderemos nós saber se o barco de plasticina do Luis flutua melhor do que o do André?(...) Vocês dispõem de tachinhas; que podem fazer com elas?.*

Importa sublinhar que as *questões evocativas de situações familiares para introduzir novas ideias* e as *questões mobilizadoras de ideias adquiridas para novas situações*, surgem intimamente associadas formando conglomerados de questões. É a contiguidade do segundo tipo de questões em relação ao primeiro, que possibilita a aplicação, bem sucedida, de novas ideias a novas situações.

i) Questões de relações (dos dados da evidência entre si; dos dados da evidência com ideias; das acções com os seus efeitos, de ideias com outras ideias)

No conjunto de actividades relativas à flutuação/afundamento, o que se revelou mais difícil para os alunos foi a indução - a partir das manipulações que foram realizando e

das evidências com que se confrontaram - de uma relação entre a variação do tamanho do corpo imerso e a sua melhor/pior fluutuabilidade, formulada em termos gerais. É essa relação que confere uma unidade global aos fenómenos de flutuação e afundamento, quer do papel de alumínio quer da plasticina. Recorreu-se para isso a um conjunto de questões que, no seu conjunto, tinham por objectivo mobilizar na mente dos alunos todas as evidências e novas ideias delas decorrentes, no sentido de que uma visão global possibilitasse o estabelecimento daquela relação.

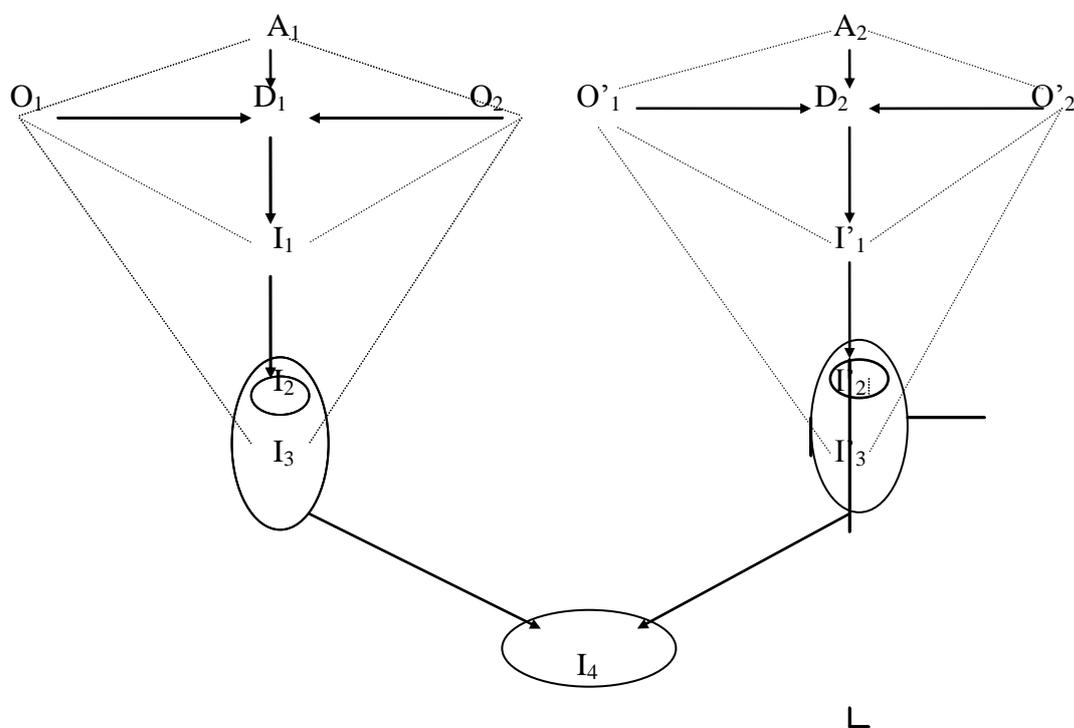
Atente-se na seguinte questão: *Se a bolinha de papel de alumínio flutuava e depois de comprimida se afundou, a força da água aumentou ou diminuiu?*. Esta questão faz apelo a que a criança associe duas observações (O_1 e O_2) - flutuação antes de comprimida e afundamento depois de comprimida -, e relacione a diferença (D_1) entre elas com uma determinada acção (A_1) - a compressão. Procura, igualmente, que a acção e a diferença nas observações dela resultante, estimulem uma nova ideia (I_1): *a força da água sobre o papel de alumínio diminuiu quando este foi comprimido*.

Nas questões *Como variou o volume do alumínio? E como variou a força da água?*, estimula-se a criança a construir a ideia (I_2) de uma relação: *a diminuição do volume de alumínio fez com que a força da água ficasse menor*.

Analisemos agora a seguinte questão: *Então quando o volume do corpo diminui, como varia a força da água?*. Esta questão faz apelo a que a criança extraia uma generalização (I_3) - *quando o volume do corpo diminui a força da água diminui* - do caso particular do papel de alumínio em que a diminuição de volume provocou uma diminuição da força da água (I_2). Trata-se de, b partir da evidência, construir a nova ideia de uma relação entre a diminuição do volume do corpo e a variação da força da água.

Com as questões relativas à plasticina, que são da mesma natureza, trata-se de estimular as crianças a pensar de modo semelhante, com a diferença de que agora a acção e observações conduzirão a uma relação recíproca da anterior, ou seja, o aumento do volume/tamanho do corpo introduzido na água provoca um aumento da força da água. Fazendo uma correspondência biunívoca com todo o processo anterior, teríamos observações O'_1 e O'_2 , uma acção A_2 , uma diferença D_2 , e ideias I'_1 , I'_2 e I'_3 .

Este conjunto de questões, envolvendo um processo relativo à folha de alumínio e outro relativo a plasticina, vistos em relação mútua, pretenderiam conduzir as crianças à generalização (I_4) de que *quanto maior o volume/tamanho do corpo introduzido na água* (em rigor trata-se de parte imersa do corpo), *maior é a força da água*. Poderíamos esquematizar todo o processo mental com a seguinte figura.



No processo de construção mental da generalização I_4 requiere-se, da parte da criança, que evoque, simultaneamente, as representações $A_1, O_1, O_2, D_1, I_1, I_2$ e I_3 , bem como as representações $A_2, O'_1, O'_2, D_2, I'_1, I'_2$ e I'_3 , relacionando os elementos de cada conjunto entre si, e relacionando as duas sequências uma com a outra. Trata-se pois, de um processo difícil para as crianças, em virtude da elevada quantidade de representações que, em simultâneo, precisam ser recordadas e relacionadas. Segundo Damásio (1995),

...visto o conhecimento (factos sobre os objectos, pessoas e situações do mundo) só poder ser recuperado, de forma distribuída e parcelar, a partir de locais existentes em muitos sistemas (do cérebro) paralelos, a operação das estratégias de raciocínio requer a retenção activa da representação de miríades de factos numa ampla exposição paralela durante um extenso período de tempo (no mínimo por vários segundos). Por outras palavras, as imagens sobre as quais nós raciocinamos (imagens de objectos específicos, acções e esquemas relacionais; imagens de palavras que ajudam a traduzir tudo isso sob a forma de linguagem) não só devem estar em "foco" - algo que é obtido pela atenção - como devem também ser "mantidas activas na mente" - algo que é realizado pela memória de trabalho a alto nível (Damásio, 1995, pg 100).

Nesta contribuição do conhecido neurocientista parece-nos estar a explicação para as dificuldades encontradas - aliás esperadas tendo em conta o conhecimento empírico resultante da experiência - nas crianças, em fazer uma generalização, por via da estratégia adoptada, quanto ao efeito do volume do corpo na força de impulsão. A limitada capacidade de *atenção* da criança a tantas imagens em simultâneo, fornecidas por diferentes sistemas cerebrais actuando em paralelo, e a limitada *memória de trabalho a alto nível*, condicionam a capacidade de raciocínio requerida para se chegar a tal generalização.

Aquando da realização das actividades, recorreremos a uma estratégia para as ajudar as crianças a superar as suas dificuldades. Foi fornecido o quadro seguinte, não preenchido nas celas onde existe um ponto de interrogação, sendo os alunos solicitados a interpretar e preencher o quadro, mediante adequada interacção do investigador.

	Acção	Var. Tamanho	Var. Fça Água	Flutuabilidade
Bola Alumínio	? Comprimir	? Diminui	? Diminui	? Afunda-se
Bola Plasticina	? Mold. em <i>Barco</i>	? Aumenta	? Aumenta	? Flutua

O quadro facilita a mobilização da atenção sobre todas as imagens necessárias e, igualmente, ajuda as crianças a que tais imagens sejam activadas na sua mente sob a forma de relações que se buscam entre umas e outras. A estratégia adoptada terá sido, pois, um instrumento auxiliar de amplificação da atenção e da memória de trabalho a alto nível, o que terá então permitido a algumas crianças terem chegado à generalização I₄. As tabelas de registos que se revelaram muito úteis em termos de clarificação e estruturação do pensamento e acção das crianças na realização de investigações, têm igualmente o carácter de instrumentos auxiliares de atenção e de memória de trabalho a alto nível.

Inserem-se também nesta categoria as questões que têm por objectivo fazer as crianças reflectirem sobre a possível semelhança de fenómenos que são tomados como distintos ou, inversamente, fazê-las reflectir sobre a possível diferença de fenómenos que são tomados como idênticos. Como exemplos temos questões como: *Que há de comum nos três casos em que conseguimos acender a lâmpada (sem fios, com um fio e com dois fios)?; Quando bafejamos um espelho, quando num copo com*

água e gelo se formam gotas por fora e quando vemos escorrer água nas paredes da casa de banho, na hora do banho, que há de parecido em todos estas situações?.

As questões de relações procuram ligar os dados da evidência entre si, os dados da evidência com ideias, as acções com os seus efeitos, as ideias com outras ideias, com vista ao estabelecimento de relações e desenvolvimento de raciocínios de nível elevado. Em tais circunstâncias é recomendável que o professor acompanhe as suas questões com instrumentos que facilitem a visualização de conjunto do que se pretende evocar e relacionar amplificando, desse modo, a atenção e a memória de trabalho de alto nível que o desenvolvimento das relações e raciocínios exige.

3.5.5. Promover uma atmosfera de emulação entre os grupos e responsabilização dos mesmos perante toda a turma

Os objectivos com que foram introduzidos, nas aulas, momentos de comunicação de conclusões e resultados dos trabalhos de grupo à turma, foram o de estimular a discussão e a troca de pontos de vista, por um lado, e dar a oportunidade de que todos os alunos tirassem benefícios do trabalho de cada grupo em particular, por outro lado. Para além disso, esses momentos preparavam os alunos para o posterior desenvolvimento das actividades, e forneciam ao investigador elementos de avaliação que, por sua vez, o norteavam na orientação subsequente das actividades. Contudo, foi-se tornando visível, aos olhos do investigador, que a necessidade dos grupos apresentarem à turma o resultado dos seus trabalhos tinha um efeito de reforço do nível de responsabilização dos alunos no trabalho de grupo, e estimulava cada grupo a um esforço superação dos outros quanto à qualidade do trabalho a apresentar. Em

determinada fase de maturação do funcionamento dos grupos, havia manifestações de desagrado e frustração em alguns alunos de grupos que nada tinham para comunicar, alunos esses que imputavam a responsabilidade do insucesso do grupo a outros elementos que tinham tido uma acção perturbadora. Era visível, depois, que se chamavam à responsabilidade uns aos outros, no sentido de darem resposta ao trabalho proposto, e evitarem a humilhação, perante a turma, de nada terem para apresentar. Este efeito de responsabilização e emulação, fez com que passássemos a recorrer a esses momentos de comunicação de cada grupo à turma, de forma mais sistemática e com uma intencionalidade acrescida.

Uma outra estratégia que se revelou eficaz, particularmente quando os projectos de investigação se tornaram mais exigentes em termos intelectuais, foi o da apresentação de tabelas de registos para cada um dos grupos no quadro. As tabelas em si mesmas tinham um carácter de síntese e sistematização das acções planeadas, funcionando como guias para os alunos, em virtude do seu efeito clarificador e estruturante do pensamento e dos procedimentos a desenvolver. Por outro lado, a existência de uma tabela vazia a ser preenchida por cada grupo, perante toda a turma, revelou também produzir um efeito de responsabilização e emulação, porventura mais acentuado do que a necessidade de uma comunicação oral. Finalmente, a possibilidade de toda a turma visualizar os dados obtidos pelos diferentes grupos favorece a discussão, o confronto de opiniões e a reflexão crítica.

A adopção destes dois procedimentos foi particularmente importante na orientação das actividades mais exigentes em que o interesse, a curiosidade e o investimento intelectual dos alunos se mantiveram no limiar de um equilíbrio instável, sob ameaça de ruptura que, a verificar-se impediria o posterior desenvolvimento das actividades.

4. SENTIMENTOS E ATITUDES DOS ALUNOS

Consideremos em planos distintos, as atitudes e sentimentos dos alunos em termos do envolvimento pessoal verificado na realização das actividades de cada aula, por um lado, e as atitudes em termos da sua apreciação e avaliação acerca das aulas de Ciências, expressas por escrito, por outro lado.

4.1. Sentimentos e atitudes no desenvolvimento das actividades científicas

No que se refere ao grau de envolvimento pessoal, consideramos importante distinguir as atitudes positivas espontâneas dos alunos, de outras atitudes positivas que, não sendo espontâneas, são tidas como desejáveis e, por isso, tivemos o propósito de promover por via da nossa acção. Por atitude espontânea entendemos, por exemplo, o prazer e contemplação com que os alunos se entregam a observar um caracol, chamando-se a atenção uns aos outros para sucessivas descobertas e explorações. Para que isso aconteça basta às crianças terem os animais ao seu dispor e lhes seja solicitado que os observem. Já a atitude metódica e sistemática requerida pelo registo das observações em forma de proposições, indicação do sentido utilizado em tais observações e parte do corpo utilizada não é espontânea, mas é algo importante a desenvolver no contexto das actividades científicas.

O empenho das crianças em modelarem plasticina em forma de barcos, depois de terem visto outras crianças conseguirem esse resultado, esforçando-se por melhorar a qualidade dos barcos a cada insucesso, é também uma atitude positiva espontânea.

Porém a disciplina, rigôr e método com que se fazem dois barcos com a mesma quantidade de plasticina e concavidades diferentes, se medem os volumes das concavidades por via da medição das quantidades de água que podem conter, e se medem os pesos que sustentam, expressos em número de tachas, a fim de se estudar o efeito do tamanho da concavidade na flutuabilidade, são atitudes cujo desenvolvimento depende de uma acção sistemática e intencional do adulto.

Pode dizer-se que as atitudes positivas espontâneas se caracterizam pelo elevado investimento ao nível dos sentimentos e emoções e mais baixo nível de investimento intelectual. Recorrendo à terminologia de Damásio (1995), são atitudes associadas ao carácter mais básico dos impulsos biológicos. Na actividade de moldagem de barcos de plasticina, o que move a criança é o prazer do jogo, a alegria esperada de ver o barco flutuar, algo que tem o carácter de sucesso imediato e facilmente perceptível. A atitude da criança é da mesma natureza da que tem perante as actividade lúdicas em geral.

Por seu turno, nas atitudes positivas não espontâneas, requeridas por mais elevados desempenhos científicos, sobe o nível de investimento intelectual e baixa o nível de investimento em termos de emoções e sentimentos. A atitude associada ao desenvolvimento de procedimentos e medições necessárias ao estudo da importância do volume da concavidade na flutuabilidade dos barcos, requer uma motivação para além do simples prazer associado às actividades lúdicas.

No primeiro caso o prazer da criança advém do imediatismo, da imagem antecipada de um resultado esperado e desejado, bem como da grande visibilidade aos olhos de todos desse efeito, quando produzido. No segundo caso o prazer da criança não se associa ao imediatismo, nem à imagem de um efeito conhecido e desejado, nem à visibilidade externa de um sucesso previsível. Tem antes um carácter intrínseco

de realização pessoal, inerente à descoberta do prazer intelectual de resolver problemas e desafios, e o conseqüente desenvolvimento da vontade em lhes fazer face. Tudo isso é indissociável do desenvolvimento, na criança, da confiança nas suas próprias capacidades. Citando Damásio (1995),

A força de vontade exerce-se sobre a avaliação de uma perspectiva, e a avaliação pode nem sequer ter lugar se a atenção não for devidamente canalizada tanto para as dificuldades imediatas como para êxitos futuros, tanto para o sofrimento agora como para a compensação futura. (pg 187) (...) Não é por milagre que a localização e a manutenção da atenção e da memória de trabalho acontecem. Primeiro, são motivadas pelas preferências inerentes ao organismo e depois pelas preferências e objectivos adquiridos com base nas que são inerentes. (pg 208).

Esta última asserção ilumina em maior profundidade a proposta de uma distinção entre atitudes positivas espontâneas e atitudes positivas induzidas. As primeiras ligam-se às *preferências inerentes ao organismo* e as últimas ligam-se às *preferências e objectivos adquiridos*, estes por sua vez, desenvolvidos a partir de, e na continuidade das preferências básicas do organismo. A ser assim, as inferências que vimos fazendo relativamente à natureza das atitudes, a partir da análise do comportamento observável, tem o seu mais profundo substrato em resultados recentes da neurociência.

Estas considerações têm importantes implicações quanto ao papel do professor que enformaram a acção do investigador. O professor precisa ser um bom gestor de atitudes positivas espontâneas, para nelas ancorar o desenvolvimento de atitudes positivas induzidas. Recorrendo a Damásio, importa criar situações de aprendizagem que estejam em conformidade com as preferências do organismo que se constituam, por sua vez, em patamares de desenvolvimento de preferências e objectivos

adquiridos. Compete-lhe pois criar situações que naturalmente suscitem curiosidade, interesse, prazer e diversão, devendo as orientações tendentes a uma acção mais disciplinada, metódica e sistemática vir sempre depois. A observação de pequenos animais suscitam tais sentimentos e atitudes. O mesmo se dirá de novos materiais apresentados às crianças devendo ser respeitado um período de livre exploração. Situações experimentais cujas evidências contrariem as expectativas das crianças, suscitam perplexidade, interesse e uma grande apetência para a exprimir ideias e pontos de vista. Está nesse caso a verificação de diferentes sensações térmicas quando se introduzem as mãos em água tépida, sendo uma proveniente de água quente e outra proveniente de água fria. Outro exemplo é o afundamento de uma porção de papel de alumínio, depois de comprimido entre duas moedas, tendo-se observado antes que a mesma quantidade alumínio flutuava.

Têm um carácter afim às anteriores, as situações experimentais que apresentem resultados visualmente agradáveis, com grande intensidade perceptiva. Estas situações suscitam nas crianças uma apetência para se divertirem reproduzindo repedidas vezes esse efeito. Estão nesse caso: o permitir que a chama da vela dentro de um frasco quase se extinga para depois levantar-se o frasco a tempo de a chama retomar a sua intensidade inicial; o acender das lâmpadas; observar e desenhar letras e palavras invertidas num espelho; mexer a mistura de azeite e água e esperar que os líquidos se separem; esvaziar uma garrafa cheia de água invertida soprando; pôr os barcos de plasticina a flutuar. Por vezes as crianças manifestam-se muito entusiasmadas, alegres e eufóricas, fazendo eventualmente excessivo ruído nas suas exclamações, e provocando alguma desorganização na sala com a qual não é possível conviver por muito tempo. Importa porém ter a noção de que a seguir a um pico de euforia as crianças apresentam-se mais predispostas, em termos emocionais, a

enveredar por um processo de serena reflexão. Há pois que contemporizar com tais momentos de expansão da alegria das crianças, reconhecendo que eles favorecem o desenvolvimento de outras atitudes requeridas por um posterior desenvolvimento das actividades¹.

Despelotadas as atitudes espontâneas, compete ao adulto saber intervir de modo a induzir nas crianças o desenvolvimento de atitudes de sistematicidade, rigor e método que são indispensáveis a uma maior profundidade da acção e pensamento na extensão das actividades científicas iniciadas. Essa acção do adulto consiste numa adequada problematização, por via de questões, tendo por objectivo suscitar novos interesses e aguçar novas curiosidades, promovendo nos alunos um nível de tensão cognitiva dentro de limites determinados. Deste modo a criança evolui para um estágio em que se liberta do simples prazer lúdico imediato, passando a prevalecer o sentimento de realização pessoal de resolver problemas e satisfazer curiosidades, socorrendo-se dos materiais ao seu dispôr e fazendo sobre eles um crescente investimento das suas próprias capacidades cognitivas. Trata-se de um estágio de atitudes caracterizado por elevado nível de esforço intelectual para o qual a criança foi capaz de evoluir na medida de uma percepção tácita de que o esforço de agora é fonte de compensação mais adiante.

A manutenção de um elevado investimento intelectual depende sempre de uma adequada apropriação, pelas crianças, das novas questões no plano pessoal. Para isso há que ter em consideração dois critérios: a) a relevância das novas questões para a vida das crianças; e b) a acessibilidade das questões em termos cognitivos, pelo

¹ Nunca foi sentido pelo investigador o risco de a situação descambar em total descontrolo. Tivemos uma forte evidência de que as crianças desenvolvem facilmente uma noção de respeito e estima por quem as respeita nas suas ideias, nos seus sentimentos e atitudes, e neste caso particular no prazer e alegria que as actividades lhes proporcionam.

menos para uma boa parte dos alunos que possam estimular os restantes para mais elevado níveis de pensamento. É pois necessário que as questões incidam sobre fenómenos, objectos e materiais que integram o seu meio. Por outro lado, é necessário que, a todo o momento, na acção problematizadora a desenvolver se tenha a percepção de quando há uma excessiva discrepância entre o nível de exigência intelectual do desafio colocado e o nível de alcance das crianças. Quando tal se verifica é necessário que sejam introduzidas questões focalizadoras, seja fornecida alguma informação ou recordadas experiências anteriores, que reconduzam a tensão cognitiva para níveis que assegurem o interesse e desejável investimento intelectual. Isto significa que não é recomendável actuar-se permanentemente com uma ideia rigidamente pré-concebida do nível de alcance das crianças. Importa ter-se a atitude experimental de introduzir questões que nos pareçam difíceis, e avaliar em situação se é adequado prosseguir com elas, se reformulá-las ou mesmo abandoná-las.

4.2. Sentimentos e atitudes face às aulas de Ciências

Analisemos agora as atitudes dos alunos enquanto apreciação global das aulas de Ciências. A nossa análise incide sobre dois documentos escritos pelos alunos das duas turmas experimentais, em dois momentos diferentes:

- as respostas dadas, no final do primeiro período lectivo, à questão: *Gostas das aulas de Ciências? Porquê?*;

- uma composição realizada no final de todas as actividades, em que foi solicitado aos alunos que exprimissem livremente o que sentiam e pensavam das aulas de Ciências que tinham tido.

Todos os 38 alunos que responderam à questão afirmaram ter gostado das aulas de Ciências. Treze dos alunos (34,21 %) afirmaram *gostei muito* ou *adorei*.

Constituíram-se categorias quanto às razões invocadas para terem gostado de Ciências, recorrendo-se aos termos utilizados por alguns alunos, sendo a frequência determinada pelo número de alunos que por essas ou por outras palavras exprimem a mesma ideia. As principais razões invocadas são, por ordem decrescente de frequência, as seguintes:

- nas aulas de Ciências *estou sempre a aprender coisas novas* (22; 57,89 %);
- nas aulas de Ciências *faço coisas alegres e bonitas* (12; 31,58 %);
- nas aulas de Ciências *aprendemos a ser cientistas* (5; 13,16 %);
- as aulas de Ciências *obrigam-nos a pensar* (2; 5,26%).

Em ambas as turmas as categorias de mais elevadas frequências são as relativas a *aprender coisas novas* e *fazer coisas alegres e bonitas*, tendo maior frequência, em ambos os casos, a primeira daquelas categorias. Ao fim do primeiro período lectivo de actividades, não se vislumbram diferenças significativas entre as duas turmas quanto à natureza das razões invocadas para se gostar das aulas de Ciências.

O Tiago Mourão (9 anos) exprime do seguinte modo a razão por que gosta das aulas de Ciências:

Porque nas aulas de Ciências nós não só vemos mas observamos, investigamos e nós adoramos isso, são maravilhosas, espectaculares, enfim não há palavras para dizer isto.

Nas composições livres sobre as aulas de Ciências, depois de concluídas todas as actividades, identificámos 8 categorias, uma das quais com 4 subcategorias.

Apresenta-se a seguir o quadro do qual constam as categorias, frequências e percentagens por turma, e frequências e percentagens globais.

CATEGORIA	T. 92/93		T. 93/94		TOTAL	
	f _i	%	f _i	%	f _i	%
Manifestações de apreço pelo investigador	2	11,11	9	40,91	11	27,50
Comentários relativos a nervosismo e expectativas iniciais desfavoráveis que se dissiparam	5	27,78	11	50	16	40,00
Comentários relativos a prazer, alegria e divertimento vivenciados	7	38,89	10	45,45	17	42,50
Evocação e/ou descrição de experiências que mais gostaram	18	100	4	18,18	22	55,00
Referências às suas descobertas e conhecimentos adquiridos	11	61,11	4	18,18	15	37,50
Comentários relativos à oportunidade de aprender coisas novas proporcionada pelas Ciências	8	44,44	10	45,45	18	45,00
Comentários relativos à utilidade das aulas de Ciências com vista ao 2º ciclo ou vida futura	1	5,56	11	61,11	12	30,00
Comentários com carácter de metaprendizagem	0	0	10	45,45	10	25,00
a) valorização da sua participação	0	0	5	22,73	5	12,50
b) valorização das responsabilidades assumidas	0	0	3	13,64	3	7,50
c) reconhecim. do papel experimentação/manipulação na aprendizagem	0	0	4	18,18	4	10,00
d) reconhecimento do desenvolvimento da capacidade de pensar	0	0	9	40,91	9	22,50

A apreciação que os alunos fazem acerca das aulas de Ciências é em ambas as turmas altamente favorável. Apresentam-se de seguida, a título ilustrativo, alguns dos excertos mais significativos das composições dos alunos:

Com estas aulas dadas já me apetecia ser professor de Ciências. Isto resume-se numa coisa apenas. As Ciências são um espectáculo. (Vitor Sérgio, 9 anos)

Eu me ri tanto a fazer experiências. (Sandrina, 11 anos)

Eu cada dia que faço experiências sinto-me outra pessoa, mais adulta e sempre contente. Foram as aulas que eu mais gostei. (Rosa Marlene, 9 anos)

Ao princípio eu achava que ia ser uma chatisse, mas depois quando comecei a fazer experiências foi uma maravilha. Só não gosto quando o professor se vai embora. Eu gostava de ter aulas de experiências todos os dias, menos ao fim de semana. (Carla Sofia, 9 anos)

As experiências são muito boas e eu para o ano gostaria de continuar nesta escola. (Hugo, 9 anos)

Quando terminou essa aula fiquei muito feliz porque a primeira vez que vi as rãs tinha um medo desgraçado e ao fim eu já não tive medo delas. (Sónia, 9 anos)

Agora quando o professor de experiências entra na sala toda a gente fica contente com um sorriso nos lábios. (...) Todos gostam destas aulas de experiências e quem me dera ter sempre estas aulas, só que quando acabar estas aulas tenho a certeza que todos ficarão muito tristes. (José Miguel, 10 anos)

Quando a professora falou das experiências eu pensei que não ia gostar. Mas depois da primeira experiência eu percebi que estava em grande. (Liliana, 11 anos)

Ao princípio eu estava nervoso, por ser a minha primeira aula de ciências com um professor de ciências a sério. Mas lá consegui bater o meu nervosismo. Gostei

muito da aula (...). E daí em diante foi sempre assim, muito entusiasmo e muita alegria. (José Pedro, 9 anos)

Nós sentimos uma sensação muito boa durante estas vinte e duas aulas, e agora temos muita pena por não termos mais aulas de ciências. (Rui Alexandre, 9 anos)

Quando a primeira aula acabou eu fiquei maravilhado. As aulas passavam e cada vez eram melhores. (Luis Jorge, 9 anos)

Na primeira aula reparei que me ia dar bem com o Doutor Sá. Foram passando as aulas e eu comecei a reparar que aquilo era uma entrada para o nosso futuro. Mas agora que chegámos a este ponto que me disseram que as aulas iam acabar eu fiquei assim meia confusa e triste por que gosto muito das aulas. (Rita, 9 anos)

Bem, foi incrível da primeira vez pois tivemos uma aula de plantas. Bem foi cada vez mais emocionante. (Paula Filipa, 9 anos)

Eu gosto das aulas de ciências porque descobrimos coisas fantásticas e maravilhosas. (Marisa, 10 anos)

Depois da primeira experiência, e das outras que se seguiram percebi que as aulas de ciências seriam úteis para o nosso futuro e para perceber e conhecer melhor o nosso mundo. (Paulo Ricardo, 9 anos)

Fazendo uma análise comparativa das duas turmas, verifica-se que existem diferenças qualitativas quanto à natureza das apreciações sobre as aulas de Ciências. Apenas no que se refere às categorias relativas a *prazer, alegria e divertimento e oportunidade de aprender coisas novas* se verifica razoável proximidade de frequências relativas (38,89 % versus 45,45 %; e 44,44 % versus 45,45 %). A tendência generalizada na turma 92/93 para a *evocação e/ou descrição de experiências* (100 %), a par de uma

diminuta percentagem de frequências nessa categoria na turma 93/94 (18,18 %), parece revelar uma grande diferença de abordagem na apreciação que foi pedida. Por outras palavras, os alunos da turma 92/93 para além de manifestarem ter gostado das aulas por razões do prazer e alegria proporcionados, e pela possibilidade que tiveram de aprender coisas novas, parecem refugiar-se na dificuldade em procederem a outro tipo de avaliação, enumerando e descrevendo experiências. O sentido dessa diferença entre as duas turmas parece ser corroborado pelo facto de a referência a descobertas e conhecimentos específicos adquiridos ser de 61,11 % na turma 92/93 e apenas 18,18 % na turma 93/94.

Os alunos da turma 93/94 parecem revelar uma capacidade de apreciação das aulas de Ciências de qualidade superior. A diferença percentual (27,78 % versus 50 %) de comentários relativamente a *nervosismo e expectativas iniciais desfavoráveis* dissipados, indicia uma mais elevada consciência de como evoluíram favoravelmente as suas atitudes. A diferença percentual (5,56 % versus 61,11 %) de comentários relativamente à *utilidade das aulas de Ciências com vista ao 2º Ciclo ou vida futura*, revela uma compreensão mais profunda do papel das Ciências na sua formação. Finalmente, o dado mais consistente com a hipótese de uma apreciação de qualidade superior por parte dos alunos da turma 93/94, é o facto de 10 alunos dessa turma (45,45 %) fazerem comentários com carácter de meta-aprendizagem. *Como Stodolsky (1984) sublinha, a forma como o professor organiza quer as actividades de aprendizagem, quer os contextos nos quais ocorre o trabalho dos alunos produz conhecimento acerca do que é aprender.* (Sanches,1994, pg 31). Dez alunos manifestam uma nítida consciência de terem vivenciado uma renovada forma de aprender e terem assumido um renovado papel nessa aprendizagem. Na turma 92/93 nenhum aluno faz apreciações com esse carácter. Trata-se porém de uma diferença

quanto à consciência explícita desse novo papel na aprendizagem, e não que apenas estes alunos assumiram os comportamentos inerentes a esse novo papel.

Nas considerações com carácter de meta-aprendizagem identificámos quatro subcategorias:

a) valorização da sua participação (f=5);

Exemplos:

Fazemos os nossos planos de investigação, tiramos as nossas próprias conclusões. (...) São aulas em que todos participamos muito e que nos vão ajudar para o futuro. (Paula Alexandra, 8 anos)

De início tivemos algumas dificuldades em acompanhar as aulas mas habituámo-nos a elas e, então, desenvolvemos as nossas capacidades, tendo a oportunidade de participar activamente. Nas aulas fomos fazendo experiências com seres vivos, observando o seu comportamento. Construámos vários aparelhos e concluimos da sua utilização. (Sofia, 10 anos)

Ao primeiro eu sentia uma coisa que me dava um bocado de tristeza porque não sabia nada. Depois ao longo do tempo fiquei a saber mais coisas e a me entregar mais ao trabalho. (Tiago José, 9 anos)

b) valorização das responsabilidades assumidas (f=3);

Exemplos:

Quando conheci o Dr. Sá fiquei com uma grande admiração por ele, porque a maneira que ele nos ensina as coisas é a mais correcta. Acho que aos poucos e poucos eu comecei a entusiasmar-me mais com as Ciências porque eu percebi que tinha de trazer material também percebi que tinha responsabilidades. (Vitor Sérgio, 9 anos)

c) reconhecimento do papel da experimentação/manipulação na aprendizagem (f = 4)

Exemplos:

Foi uma ideia muito engraçada (as aulas de Ciências) pois nós fazendo experiências, não esquecemos aquilo que observamos. (Paula Alexandra, 8 anos)

Acho que só com experiências verdadeiras que nós realizamos pudemos chegar ao conhecimento verdadeiro das Ciências da Natureza e assim estarmos motivados para uma disciplina tão bonita. (Ana Teresa, 9 anos)

(...) durante cada aula que foi passando eu ia ficando cada vez mais interessado e espantado, pois as aulas foram sempre interessantes e cada vez eu ia aprendendo mais coisas. E agora que está no fim eu pego num objecto e sei que se eu o observar e investigar vou saber tudo acerca dele. (Tiago Mourão, 9 anos)

d) reconhecimento do desenvolvimento da capacidade de pensar (f = 9)

Exemplos:

Eu gosto muito das aulas de Ciências porque é um dos meios onde nós aprendemos. (...) Eu também gostei que o doutor Sá nos ensinasse a pensar. (Vânea, 9 anos)

Ao fim destas experiências e dos planos de investigação cheguei à conclusão que as aulas de ciências são muito interessantes e desenvolvem-me a cabeça e o meu raciocínio. (Maria Joana, 9 anos)

Com estas aulas descobri muitas coisas engraçadas sobre o que acontece à nossa volta, sem nos darmos conta delas. Fez-me, por isso, olhar para a Natureza com outros olhos. (Inês, 9 anos)

Eu penso que no futuro estas aulas nos vão ser úteis. Com elas podemos provar várias coisas que outras pessoas não acreditam. (Ana Teresa, 9 anos)

Quando começaram as ciências eu estava com um bocado de medo mas quando eu ví que não era assim tão difícil correu tudo bem. Mas depois ia sendo mais difícil. Eu comecei a perceber que as aulas de ciências estavam-me a por a cabeça a funcionar e a desenvolver para os problemas e principalmente para os planos de investigação. (Maria Francisca, 9 anos)

(...) se não fosse o Dr Sá eu não sabia como investigar, como fazer planos de investigação... Eu acho que o Dr Sá nos tornou uns pequenos Cientistas. (Tiago Mourão, 9 anos).

A compreensão, por parte dos alunos, da natureza da aprendizagem vivenciada ficou bem patente nas respostas de vários alunos, dadas durante uma aula, a uma questão colocada pelo investigador. Passamos a transcrever o excerto do diário em que isso é relatado.

A professora sugere que durante cinco minutos observem e brinquem com a rã sem a molestarem. Observo que em dois grupos os alunos se dão conta de que a rã é mais escura fora da água do que dentro, algo que eu desconhecia e prendeu a minha atenção. É visível o interesse e satisfação dos alunos em observarem, mexerem, pegarem nas rãs. Passado esse tempo é dada a indicação para registarem o maior número de observações. Durante os registos os alunos interrogam-se acerca dos termos a utilizar e sobre como se escrevem. Quando não conseguem resolver as suas dificuldades quanto aos termos necessários para registar observações pedem ajuda ao investigador ou à professora. (...) Num dos grupos viram a rã ao contrário para constatarem que tem a parte de baixo branca. Os alunos estão altamente interessados e completamente absorvidos. Não resisti, por isso, a pôr-lhes uma pergunta, ainda antes da discussão das observações: “Imaginem que em vez de terem aqui as rãs dávamos esta aula de outra maneira. Eu dizia-vos por palavras como era a rã, escrevia no quadro para vocês copiarem e até podia fazer um desenho. Que acham vocês de uma aula assim?”. Instantaneamente muitos braços se erguem no ar para pedirem a palavra, sendo algumas das respostas as seguintes: “Nós ficávamos a saber que o Dr Sá sabe coisas acerca da rã mas nós ficávamos sem saber nada”; “O Dr Sá tinha observado uma rã e nós também queríamos observar para aprender como ele”; “Com a rã aqui na sala nós descobrimos por nós mesmos”, diz o Fernando enfatizando o significado das palavras com o gesto de bater com a mão no peito; “Se o Dr Sá desse esta aula a escrever coisas no quadro nós perdíamos o interesse”; “A professora às vezes diz que desiste das aulas de Ciências por causa do barulho, mas se estas aulas fossem dadas só a escrever no quadro éramos nós que desistíamos” (Tiago Filomeno, 9 anos). Fiquei completamente siderado perante a impressionante força da mensagem expressa pelas crianças. Muita da psicologia da aprendizagem contida nos manuais estava ali, dita em palavras simples de crianças de 9/10 anos.

As diferenças assinaladas entre as duas turmas quanto à apreciação que fazem das aulas de Ciências, têm a sua mais provável explicação nas diferenças com que à

partida as duas turmas se apresentam, bem como nas diferenças com que o processo foi orientado nas duas turmas. O facto de apenas 2 alunos (11,11 %) da turma 92/93 fazerem comentários de apreço pelo investigador e 9 (40,91 %) da turma 93/94 o fazerem, muito provavelmente reflecte uma relação mais afectuosa e empática do investigador com a segunda turma, o que poderá ter sido consequência de um maior envolvimento e protagonismo do investigador na orientação das actividades nesta turma. Este facto constitui uma diferença importante quanto ao desenvolvimento do processo, com vantagem para a turma 93/94.

5. O IMPACTO DA EXPERIÊNCIA NAS PROFESSORAS PARTICIPANTES

Foi já amplamente documentado que nesta investigação não foi alcançado o objectivo de que as professoras participantes na experiência se autonomizassem na orientação dos alunos na realização das actividades científicas. Este não é contudo o único dado a ter em conta quanto ao impacto da experiência nas professoras. A fim de obtermos mais elementos quanto a essa dimensão do processo foram realizadas duas entrevistas individuais de cerca de 1 hora, em Fevereiro de 1996. Assim, a professora A foi entrevistada 1 ano e oito meses após a conclusão da sua participação na experiência, e a professora B foi entrevistada 8 meses após a conclusão da sua participação na experiência. Da análise das entrevistas são de salientar as seguintes ideias:

a) O projecto permitiu às crianças participarem na construção do conhecimento e melhorarem a qualidade das suas aprendizagens

Professora A: *No método tradicional as crianças ouvem falar muito de um conhecimento teórico que não lhes diz nada. As crianças não gostam da escola, por*

alguma coisa é. Neste projecto eles aprenderam muito fazendo coisas como se estivessem a brincar.

Professora B: *Neste projecto os alunos em vez de receberem coisas feitas são eles próprios a dar respostas. (...) Isso aconteceu sem dúvida alguma na totalidade.*

b) Os alunos sentiram alegria, prazer e entusiasmo na realização das actividades

Professora A: *Notei, notei muito entusiasmo. Eles por eles queriam actividades de Ciências todos os dias. Eles no dia antes já falavam no material porque sabiam que se não o trouxessem não podiam participar.*

Professora B: *Existiu entusiasmo, alegria e de que maneira? Esta experiência demonstrou que as crianças preferem este tipo de ensino. As crianças podem ter uma aula de Português bem orientada e até aprenderem. Mas nestas actividades eles aprendem muito mais motivados.*

c) O trabalho de grupo foi frutuoso em termos de aprendizagem e desenvolvimento pessoal

Professora A: *De início pensei: “isto vai ser uma enorme confusão” (com os trabalhos de grupo). Eu no meio do barulho e da desordem não sei trabalhar. Mas não há dúvida que houve um grande amadurecimento. (...) Não há dúvida que o trabalho de grupo resultou. Uns grupos queriam descobrir coisas primeiro que os outros. Todos queriam ser bons.*

Professora B: *Eu já utilizava o trabalho de grupo, mas constatei que nestas actividades os grupos funcionam melhor e o trabalho é mais produtivo. O trabalho de grupo foi uma maravilha.*

d) Houve inseguranças, inquietações a par de uma grande satisfação pessoal

Professora A: *Por vezes senti-me insegura. Duvidava que os alunos pudessem discorrer e atingir aqueles objectivos. Não esperava que eles canalizassem tanto as suas atenções para aquelas actividades. Não esperava que fossem tão longe. (...) Os meus conhecimentos eram poucos e às vezes eu não sabia que linguagem utilizar para que eles me entendessem.*

Professora B: *É tão mais bonito, tão melhor que o problema da dificuldade nem se põe. (...) A satisfação foi imensa. Cada momento era uma satisfação, outra e outra. A minha primeira preocupação foram aquelas quintas-feiras inteiras de manhã. Ainda me poderia roubar tempo a isto ou àquilo... Ainda tive alguma relutância de início mas ultrapassou-se completamente.*

e) As maiores dificuldades estão na aplicação do método de ensino e não no domínio dos conhecimentos científicos

Professora A: *Acho que senti maior dificuldade na aplicação do método de ensino, porque os miudos têm que ver, e quando eles dizem “não deu nada”, uma pessoa fica logo atrapalhada. (...) A gente pode fazer experiências, agora tirar resultados dessas experiências é muito mais difícil. (...) A gente pode dizer-lhes “Ah isso é a pressão do ar”, mas eles sabem lá o que é a pressão do ar.*

f) A presença e intervenções do investigador tiveram um carácter securizante e não um carácter de intromissão perturbadora

Professora A: *O facto de o professor estar presente era um grande alívio para mim porque se eu falhasse tinha quem me aguentasse, quem me apoiasse. Só a sua presença me fazia sentir mais segura. E as suas intervenções permitiram atingir-se melhor os objectivos.*

Professora B : *Não, (era intromissão) de maneira nenhuma. Eu achava o “máximo”. Lembro-me perfeitamente daqueles momentos em que, tendo eu tantos anos de experiência e o senhor, que eu saiba nunca trabalhou a tempo inteiro com crianças, conseguia superar-me na atenção, na espera que dava aos pequenos. O Dr Sá esperava, agarrava em tudo o que eles diziam. (...) Eu aliás falei disso a muita gente e disse “aquele devia estar numa sala de aula com miudos pequenos”, porque de facto tinha essa capacidade que eu acho fora de série. É raro encontrar.*

g) A inovação para ser tentada carece de apoio e uma base mínima de segurança

Professora A: *Eu aceitei este projecto porque tive o apoio do professor, tanto nas matérias como na orientação da aula. (...) O problema das coisas novas é, por vezes, começarmos muito bem e depois surgir um impasse e não termos apoio para o resolver. É por isso que temos medo de fazer coisas novas (...) Não sabermos os resultados que vamos ter faz-nos recuar fazer novas experiências. (...) E um novo ensino só é aceite se os pais acharem que os seus filhos aprendem.*

Professora B : *Há um certo medo de se desestabilizar tudo aquilo que se está habituado a fazer. Sair da “vidinha” habitual é difícil. (...) Eu pesquisei muito sozinha, fiz alguns cursos, poucos. (...) De cada vez que se lançavam novos programas parecia haver uma certa aragem, mas passado pouco tempo voltava-se sempre ao mesmo marasmo. Nunca tive pena da idade que tenho, mas neste momento tenho uma certa pena. E tenho pena porque estas coisas novas apareceram tarde para mim.*

h) A formação de professores deveria dar mais atenção à dimensão prática do ensino

Professora A: *Esta experiência foi um processo de formação. Era preciso uma formação que não fosse só teoria e fizesse mais ligação ao ensino. (...) Há nos alunos uma rejeição muito grande da escola. (...) Estamos fartos de pessoas que nos vêm vender teorias sem conhecer nada dos problemas práticos. Uma formação assim cai no descrédito. Há por aí muita formação mas a prática continua na mesma.*

i) O projecto de Ciências promoveu aprendizagens em diversos domínios curriculares

Professora B : *Quem pegar neste projecto percebe que se trabalhou imenso o Português, a Matemática, fazendo cálculos, fazendo registos. A expressão oral foi riquíssima.*

