

JOÃO ROBERT PAULA NOGUEIRA

PROGRAMAÇÃO COMPUTACIONAL E
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM FÍSICA: UM
ESTUDO EXPLORATÓRIO COM ALUNOS DO ENSINO
SECUNDÁRIO

Orientador: Professor Doutor José Bernardino Duarte

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias
Instituto de Educação

Lisboa
2020

JOÃO ROBERT PAULA NOGUEIRA

PROGRAMAÇÃO COMPUTACIONAL E
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM FÍSICA: UM
ESTUDO EXPLORATÓRIO COM ALUNOS DO ENSINO
SECUNDÁRIO

Tese apresentada para a obtenção do grau de Doutor em Educação no Curso de Doutoramento em Educação, conferido pela Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Defendida em provas públicas na Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias no dia 25/06/2020, perante o Júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação nº 113/2020, de 18 de Março de 2020, com a seguinte composição:

Presidente: Professor Doutor António Teodoro, ULHT

Arguentes: Professor Doutor Jorge Valadares, Universidade Aberta
Professor Doutor Vitor Duarte Teodoro, Universidade Nova de Lisboa

Vogais: Professor Doutor Rui Neves, Universidade do Algarve
Professora Doutora Maria Micaela Leal da Fonseca,
Universidade Nova de Lisboa

Orientador: Professor Doutor José Bernardino Duarte, ULHT

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Instituto de Educação

Lisboa

2020

Epigrafe

Every one of our laws is a purely mathematical statement in rather complex and abstruse mathematics. Newton's statement of the law of gravitation is relatively simple mathematics. It gets more and more abstruse and more and more difficult as we go on. Why? I have not the slightest idea. It is only my purpose here to tell you about this fact. The burden of the lecture is just to emphasize the fact that it is impossible to explain honestly the beauties of the laws of nature in a way that people can feel, without their having some deep understanding of mathematics. (Feynman, 1967, p. 39, 40)

If I had to reduce all of educational psychology to just one principle, I would say this: The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly. (Ausubel, 1968, p. vi)

Expanding our students' horizons and teaching them how to think sometimes requires us to overcome years of negative training and what they themselves have come to believe are their own preferences and limitations! (Redisch, 1994, p. 801)

Programming a computer means nothing more or less than communicating to it in a language that it and the human user can both "understand." And learning languages is one of the things children do best. Every normal child learns to talk. Why then should a child not learn to "talk" to a computer? (Papert 1980, p. 5, 6)

Au niveau métacognitif, l'élève tuteur construit des savoirs sur ses propres savoirs. Il aborde la situation tutorale avec ses propres connaissances préexistantes à l'interaction et adopte une attitude réflexive sur celles-ci afin de pouvoir les expliquer à son tuteur. Cette réflexion lui permet de construire des connaissances sur ses prérequis individuels. (Audiber, 2005, p. 3)''

Dedicatória

À minha filha Leonor.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Doutor José Duarte, pela orientação, discussão, disponibilidade permanente e entusiasmo que me proporcionou ao longo desta caminhada.

Ao meu co-orientador, Professor Doutor José Paulo Pinto, pela importante discussão que manteve comigo na construção deste trabalho.

À Professora Sílvia pelo enorme apoio que me deu nesta investigação, adaptando as suas aulas para me permitir realizar a intervenção com os seus alunos.

Aos alunos que participaram neste projecto, sem os quais não poderia ter feito este trabalho.

Ao meu irmão Luís pelo entusiasmo e discussão que manteve comigo ao longo deste trabalho, tendo sido para mim um importante amigo crítico.

Às minhas colegas Gabriela e Nubélia pela ajuda que me deram para realizar a minha análise exploratória.

Aos meus professores de Doutoramento que me abriram as portas da Educação, em especial os Professores Doutores: Rosa Duarte, Óscar Sousa e José Fialho.

Ao Professor Doutor Vítor Teodoro pela disponibilidade que teve sempre para discutir comigo e pelas fundamentais indicações bibliográficas que me facultou ao longo do trabalho.

Aos meus colegas da Faculdade de Engenharia pelo entusiasmo que me foram transmitindo, em especial o Fernando, a Cristina e a Anabela.

À Patrícia que me acompanha há mais de vinte e três anos e que esteve sempre ao meu lado.

À minha filha Leonor que me iluminou constantemente com a sua Música e a sua força.

À minha Mãe e irmãos que me apoiaram sempre neste projecto.

Ao Instituto de Educação da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias pela bolsa que me concedeu.

Resumo

Este estudo inscreve-se na área da Didáctica da Física e em particular na programação computacional associada à aprendizagem significativa. Pretendi observar os efeitos relativos à introdução da programação computacional estruturada nas aulas da disciplina de Física e Química A do Ensino Secundário, procurando perceber se daí resulta um acréscimo no entendimento e integração dos conceitos da Física. Realizei uma investigação-acção com uma turma do Secundário, que se estendeu do 10.º ano ao 11.º ano, em sessões que substituíram as aulas regulares da disciplina, nas quais dei a formação em programação necessária para desenvolver numericamente um projecto do ensino da Física, e ajudei a construir os programas associados. O projecto consistiu na elaboração de um programa computacional que, partindo das definições de velocidade, aceleração, força, energia cinética, energia potencial e trabalho de uma força, permitiu calcular e observar graficamente a evolução destas grandezas no movimento de um pára-quedista. Esta investigação é essencialmente qualitativa, tendo sido feita uma aquisição robusta de fontes de informação, passível de triangulação. A análise efectuada neste trabalho permitiu-me observar que estas estratégias promovem, não só um acréscimo de autonomia e espírito crítico nos alunos, como uma aprendizagem significativa da Física, associada aos processos algorítmicos que desenvolveram.

Palavras-chave: Ensino da Física, Programação computacional, Investigação-acção, Aprendizagem significativa.

Abstract

This study is part of the Physics Didactics axis, particularly, the computational programming associated with meaningful learning. I intended to observe the effects related to the introduction of structured computational programming in the classes of Physics and Chemistry A of the High School, trying to understand if there is an increase in the understanding and integration of the concepts of Physics. I did an action research with a High School class, which extended from 10 to 11 grade, in sessions that replaced the regular classes, in which I gave the programming training necessary to numerically develop a Physical project, and helped build the associated programs. The project consisted of the elaboration of a computational program that, starting from the definitions of velocity, acceleration, force, kinetic energy, potential energy and work, allowed to calculate and to observe graphically the evolution of these quantities in the movement of a parachutist. This research is essentially qualitative, having been made a robust acquisition of information sources, subject to triangulation. The analysis made point out that these strategies promote not only an increase of autonomy and critical spirit in the students, but also a meaningful learning of physics, associated with the algorithmic developed by them.

Keywords: Physics Teaching, Computer Programming, Action Research, Meaningful Learning.

Abreviaturas, siglas e símbolos

MUPPET:	Maryland University Project in Physics Educational Technology
ME:	Ministério da educação
PISA:	Programme for International Student Assessment
TIMSS:	Trends in International Mathematics and Science Study
OCDE:	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
FQA:	Física e Química A
TIC:	Tecnologias de Informação e Comunicação

Índice geral

Epígrafe.....	ii
Dedicatória.....	iii
Agradecimentos	iv
Resumo	v
Abstract.....	vi
Abreviaturas, siglas e símbolos.....	vii
Índice geral.....	viii
Índice de figuras.....	xi
Índice de quadros	xii
Índice de tabelas.....	xiv
Introdução	1
Capítulo 1. Enquadramento teórico.....	3
1.1. Aprendizagem significativa da Física.....	4
1.2. A utilização do computador no ensino da Física	5
1.3. Análise exploratória.....	9
1.3.1. Testes de diagnóstico.....	9
1.3.2. Entrevista a uma professora do ensino secundário	11
1.3.3. Linhas de reflexão	12
1.4. A Física e a Matemática na escolaridade obrigatória.....	14
1.5. Definição da questão de investigação	15
Capítulo 2. Metodologia	21
2.1. Investigação-acção.....	22
2.2. Grupo de intervenção.....	23
2.3. Intervenção e instrumentos de investigação.....	24
2.4. Metodologia de análise da informação	25
Capítulo 3. Apresentação e análise da informação recolhida.....	29
3.1. Enquadramento escolar da turma.....	30
3.2. Caracterização inicial do grupo	31
3.3. Evolução das sessões de programação.....	42
3.3.1. Sessões do 10.ºano.....	42
3.3.2. Sessões do 11.º ano.....	55
3.4. Entrevista à professora da turma.....	70
3.5. Entrevistas aos alunos	74
3.6. Evolução da turma na disciplina de Física e Química A	80
Capítulo 4. Integração e discussão da informação analisada.....	83
4.1. Fragilidades deste trabalho: credibilidade.....	85

4.2. Concretização dos objectivos da pesquisa	86
4.3. Discussão da hipótese: transferibilidade	97
Conclusões	100
Referências	102
Apêndices	107
Apêndice 1. Análise exploratória	107
A.1.1. Teste diagnóstico	107
A.1.1.1 Aplicação ao 9.º ano	107
A.1.1.2. Aplicação do teste aos outros dois níveis de ensino	112
A.1.2. Entrevista a uma professora do ensino secundário	115
A.1.3. Modelo dos testes utilizados na análise exploratória	118
A.1.3.1. Teste utilizado com os alunos do 9.º ano de escolaridade	118
A.1.3.2. Teste utilizado com os alunos do 10.º ano de escolaridade e da Universidade	120
A.1.4. Transcrição da entrevista e selecção de indicadores	124
A.1.4.1. Transcrição	124
A.1.4.2. Selecção de indicadores	133
Apêndice 2. Análise comparativa dos currículos de Física e de Matemática	137
A.2.1. A Física e a Matemática ao longo do tempo	137
A.2.2. Análise das metas curriculares na Física e na Matemática	139
A.2.3. Metas curriculares – Uma perspectiva/análise comparada	143
A.2.4. Aproximações	146
Apêndice 3. Modelo do questionário inicial passado à turma	148
Apêndice 4. Programas desenvolvidos pelos alunos	150
Apêndice 5. Diário das sessões com os alunos	199
1.ª sessão – Seminário (10.º ano)	199
2.ª sessão – Programação matemática (10.º ano)	205
3.ª sessão – Programação matemática (10.º ano)	209
4.ª sessão – Programação Física (10.º ano)	211
5.ª sessão – Programação Física (10.º ano)	216
6.ª sessão – Projecto pára-quedista (11.º ano)	218
7.ª sessão – Projecto pára-quedista (11.º ano)	221
8.ª sessão – Projecto pára-quedista (11.º ano)	224
Apêndice 6. Evolução de cada aluno ao longo das sessões (quadro)	227
Apêndice 7. Ficha de preparação para a 2ª sessão do 11.º ano	239
A.7.1. Modelo da ficha	239
A.7.2. Análise das respostas	241
Apêndice 8. Análise da entrevista à professora de Física e Química	246
Apêndice 9. Análise das entrevistas aos alunos da turma	252
Anexos	275

Anexo 1. Textos recolhidos dos alunos	275
Anexo 1.1. Apontamentos das aulas.....	275
Anexo 1.2. Resposta à questão inicial do 11.º ano	307
Anexo 1.2. Respostas à ficha de preparação	310
Anexo 2. Documentos da entrevista à professora da turma.....	323
Anexo 3. Entrevistas aos alunos da turma	333
Modelo da entrevista	333
Documentos editados pelos alunos.....	334
Respostas da Ana	334
Respostas do Bruno.....	335
Respostas da Luísa	336
Respostas do Luís	338
Respostas do Pedro	339
Respostas do Sérgio	340
Respostas do João	342
Respostas do Lucas	343
Respostas do António	343
Respostas do Miguel.....	345
Respostas do Carlos	346
Respostas do Nuno.....	347
Respostas do Frederico	349

Índice de figuras

Figura 3.1	Gráficos obtidos pelo Nuno na 4ª sessão do 10.º ano. As duas figuras foram geradas pelos dois programas que este aluno enviou, respectivamente. No primeiro, está representada a variação da posição com o tempo e no segundo, a variação da energia cinética (a azul) e da energia potencial (a vermelho), ao longo do tempo.	47
Figura 3.2	Gráficos obtidos pelo Nuno na 5ª sessão do 10.º ano, correspondentes à queda de um corpo com resistência do ar significativa. No primeiro está representada a posição em função do tempo, no segundo a velocidade e no terceiro as energias cinética (a azul) e potencial (a vermelho).	50
Figura 3.3	Gráficos produzidos pelo programa do Sérgio, relativo à queda de um corpo de uma altura de 500 metros, em que nos primeiros 250 metros a resistência do ar é desprezável e a partir dessa altura passa a ser significativa. O gráfico de cima representa a posição em função do tempo e o de baixo a velocidade.	58
Figura 3.4	Gráfico resultante do programa enviado pelo Lucas, que representa a velocidade em função do tempo, de um pára-quedista que salta de uma altura de 3000 metros e que abre o pára-quedas quando se encontra a 1000 metros do solo.	61
Figura 3.5	Aspecto da figura gerada pelos alunos na última sessão do 11.º ano, obtida a partir do programa desenvolvido pela Luísa. Neste gráfico estão representados: a energia cinética, a energia potencial, a energia mecânica e o trabalho das forças não conservativas (a legenda incluída no gráfico, indica as cores correspondentes a cada uma das grandezas representadas)	66
Figura 3.6	Esquema utilizado para proceder à análise de conteúdo das entrevistas passadas aos alunos da turma.	75
Figura 4.1	Esquema utilizado para avaliar a validade da hipótese.	85
Figura A.1.1	Percentagens de respostas certas dadas pelas escolas 1, 2 e 3. Para cada uma das escolas, a primeira coluna diz respeito às questões de resposta múltipla e a segunda às questões de verdadeiro/falso.	108
Figura A.1.2	Percentagens de respostas certas dadas pelas escolas 1, 2 e 3. Para cada uma das escolas, a primeira coluna diz respeito às questões de resposta múltipla e a segunda às questões de verdadeiro/falso.	113
Figura A.1.3	Percentagens de respostas certas dadas pelas turmas 1, 2, 3 e 4. Para cada uma das escolas, a primeira coluna diz respeito às questões de resposta múltipla e a segunda às questões de verdadeiro/falso.	114

Índice de quadros

Quadro 1.1	Esquema para construção da hipótese relativa ao processo ensino/aprendizagem da Física no ensino secundário.	18
Quadro 1.2	Afectação de dimensões e respectivos indicadores aos conceitos sistémicos da nossa pesquisa.	19
Quadro 2.1	Esquema utilizado para triangulação das diferentes fontes de informação. A triangulação é feita em dois níveis. No primeiro faz-se a triangulação de fontes relacionadas entre si, criando um grupo mais pequeno de fontes independentes.	27
Quadro 3.1	Respostas dos alunos às questões do questionário passado no seminário inicial. Relativamente à zona superior do quadro; a segunda coluna responde à questão de preferência entre Física e Química; a terceira diz respeito ao gosto pela matemática; a quarta à comparação da dificuldade entre Física e Matemática (indicam a mais difícil); na coluna do uso de computadores, PP significa Power Point, e Simul, simulações; as duas últimas colunas respondem às questões relativas à utilização de programação e de fórmulas de excel, respectivamente. Na zona inferior do quadro, apresento as médias dos níveis obtidos nas duas disciplinas, bem como os totais e respectivas percentagens de respostas afirmativas às questões colocadas.	32
Quadro 3.2	Respostas da turma ao teste diagnóstico. Nas colunas correspondentes aos nomes, é assinalado com o número 1 a opção escolhida por esse aluno (NR significa que não responde). Na penúltima coluna encontram-se os números totais de respostas em cada questão, e, na última, as correspondentes percentagens. Assinalamos a azul as opções correctas. Na região inferior do quadro, estão apresentadas as percentagens médias da turma (individuais e global) calculadas para a totalidade das questões e separadamente para as questões de escolha múltipla e para as de verdadeiro/falso.	37
Quadro 3.3	Estrutura de análise por categorias dos conceitos da Física associados ao questionário realizado aos alunos. Atribui três subcategorias para cada categoria, indicando quais as questões/alineas (indicadores) que lhes estão associadas, sendo o nível calculado a partir da percentagem de respostas correctas a essas questões.	40
Quadro 3.4	Parte do quadro geral do apêndice 6, correspondente à análise de desempenho da Luísa ao longo das sessões do 10.º ano e do 11.º ano. A segunda coluna indica a sessão (e o ano); a terceira indica os conteúdos e objectivos dessa sessão; a quarta indica a análise que fiz do programa que o aluno realizou nessa sessão; a quinta indica a análise que fiz do desempenho do aluno durante a sessão, incluindo a análise dos apontamentos produzidos.	51
Quadro 3.5	Parte do quadro geral do apêndice 6, correspondente à análise de desempenho do Luís ao longo das sessões do 10.º ano e do 11.º ano. A segunda coluna indica a sessão (e o ano); a terceira indica os conteúdos e objectivos dessa sessão; a quarta indica a análise que fiz do programa que o aluno realizou nessa sessão; a quinta indica a análise que fiz do desempenho do aluno durante a sessão, incluindo a análise dos apontamentos produzidos.	52

Quadro A.1.1	Respostas dos alunos, após selecção, às questões do questionário exploratório, por turma e total. Na coluna três, a hipótese N corresponde à situação em que o aluno não respondeu. As células a azul correspondem à resposta certa.	.....	109
Quadro A.1.2	Estrutura de análise por categorias dos conceitos da Física associados ao questionário realizado aos alunos em final de 9.º ano de escolaridade. Atribui três subcategorias para cada categoria, indicando quais as questões (indicadores) que lhes estão associadas, sendo o nível calculado a partir da média das percentagens correspondentes a essas questões.	.....	111
Quadro A.1.3	Estrutura de análise por categorias dos conceitos da Física associados ao questionário realizado aos alunos no 10.º ano de escolaridade. Atribui três subcategorias para cada categoria, indicando quais as questões (indicadores) que lhes estão associadas, sendo o nível calculado a partir da média das percentagens correspondentes a essas questões.	.....	113
Quadro A.1.4	Estrutura de análise por categorias dos conceitos da Física associados ao questionário realizado aos alunos do 1.º ano de licenciatura em diferentes áreas de Ciências. Atribui três subcategorias para cada categoria, indicando quais as questões (indicadores) que lhes estão associadas, sendo o nível calculado a partir da média das percentagens correspondentes a essas questões.	.....	114
Quadro A.1.5	Análise de conteúdo da entrevista. Divisão em categorias e subcategorias na selecção das respostas dadas pela professora do Secundário (ver tabela A.1.1 da secção A.4.2). Na última coluna é indicada a frequência com que cada subcategoria aparece na selecção de respostas.	.....	117

Índice de tabelas

Tabela 3.1	Classificações obtidas pelos alunos da turma na disciplina de Física e Química A. Apresento a classificação do 1.º período do 10.º ano, a final do 10.º ano, a final de 11.º ano e a classificação no exame final realizado no final do 11.º ano.	80
Tabela A.1.1	Seleção das respostas e afirmações que considere importantes para a análise da entrevista da professora do Secundário tendo em conta a problemática.	133
Tabela A.2.1	Organização curricular da disciplina de Matemática ao longo da escolaridade obrigatória.	140
Tabela A.2.2	Organização curricular da disciplina de Física ao longo da escolaridade obrigatória.	143
Tabela A.2.3	Análise comparada da aprendizagem de alguns conceitos matemáticos e físicos dados durante a escolaridade obrigatória.	144
Tabela A.9.1	Pré-análise das entrevistas aos alunos: conjunto de respostas a cada questão.	255
Tabela A.9.2	Pré-análise das entrevistas aos alunos: discurso de cada aluno	262
Tabela A.9.3	Síntese da análise das entrevistas aos alunos.	269

Introdução

O ponto de partida para este trabalho de investigação está ligado à minha actividade profissional como professor de Física e de Matemática, na qual procurei sempre estratégias de ensino que permitam ao aluno um entendimento (o mais profundo possível) das Ciências, em particular da Física. Por entendimento, refiro-me a uma aprendizagem integrada e não fragmentada da Ciência. Segundo a opinião de grandes físicos e pedagogos portugueses como Rómulo de Carvalho (2007) ou Jorge Valadares (2013), não vale a pena fornecer aos alunos as explicações dos fenómenos da Física em fórmulas avulsas que não lhes dão mais do que um algoritmo de resolução de um problema específico que muitas vezes não se adequa ao estudo de problemas similares. Os resultados desta forma de procura de conhecimento não são eficazes (Fiolhais & Trindade 2003; Valadares 2013) e produzem muitas vezes pré-conceitos erróneos (misconceptions) que tornam ainda mais difícil a tarefa de ensinar de forma consistente os conceitos da Física (Redish 1994). Este trabalho enquadra-se então no Ensino da Física no Secundário, tendo como pré-questão de partida: de que formas se poderá desenvolver uma didáctica integradora de conceitos de modo a contrariar a tendência actual para um ensino fragmentado e não integrado da Física? Neste sentido, procurei encontrar respostas a esta questão relacionadas com a utilização do computador no processo ensino/aprendizagem da Física no Ensino Secundário.

A definição da questão de partida tentou seguir a metodologia proposta por Quivy & Campenhoudt (1998), ao procurar aprofundar e enquadrar teoricamente a pré-questão atrás indicada, pela associação de uma revisão de literatura, com a análise exploratória de uma entrevista e de um teste diagnóstico. É igualmente com base nestes dois autores que é construído o modelo de análise. O enquadramento teórico conduziu-me à escolha da programação computacional como meio auxiliar para integrar as aulas da disciplina de Física e Química A do Ensino Secundário, procurando observar os efeitos que esta pode ter na aprendizagem significativa desta disciplina, em particular da componente de Física. Tratando-se, esta escolha, de uma opção pouco utilizada e referenciada para as aulas de Física no Ensino Secundário, considerei que o estudo deveria ser exploratório, aplicado a um grupo reduzido (uma turma pequena). De forma a conseguir analisar o efeito que este tipo de estratégia tem no ensino da Física, optei por desenvolver uma investigação-acção, procurando aprofundar as ligações entre

a utilização da programação e a aprendizagem significativa desta disciplina. Ao aprofundar a pesquisa, procurei uma possível generalização analítica dos resultados.

Organizei esta tese em quatro capítulos, seguidos de uma conclusão. De forma a não sobrecarregar o corpo da tese, deixei em apêndice as análises mais exaustivas que fiz. Remeto para anexo os documentos que fui recolhendo ao longo desta investigação.

No primeiro capítulo faço uma revisão de literatura relativa, por um lado, ao ensino da Física, e por outro, à utilização do computador no ensino desta disciplina. Neste capítulo, faço também uma análise exploratória para observar o estado de conhecimento de Física que os alunos têm na passagem para o Secundário, bem como uma análise dos currículos de Física e de Matemática ao longo da escolaridade obrigatória. Este capítulo termina com a definição da minha questão de investigação e do modelo de análise que me permitirá confrontá-la com o quadro teórico. No segundo capítulo descrevo a metodologia usada, justificando a opção por uma investigação-acção, e descrevendo os instrumentos utilizados durante a pesquisa em cada momento da intervenção. Termino este capítulo descrevendo a metodologia de análise de informação que faço neste trabalho. No terceiro capítulo apresento o conjunto de informação obtida por cada uma das fontes recolhidas ao longo da pesquisa, analisando-o de forma a obter diferentes olhares sobre a minha problemática. É no quarto capítulo que vou triangular estes diferentes olhares procurando validar a minha hipótese.

Capítulo 1. Enquadramento teórico

Neste capítulo pretendo construir o meu quadro teórico, quer a partir de uma pesquisa bibliográfica consistente com a minha pré questão de partida (de que formas se poderá desenvolver uma didática integradora de conceitos de modo a contrariar a tendência actual para um ensino fragmentado e não integrado da Física?), mas também pesquisando o estado de conhecimento da Física dos alunos em diferentes estádios de escolaridade, desde o final do 3.º ciclo até à entrada na universidade. Foi também minha preocupação analisar os currículos de Física durante os doze anos de escolaridade obrigatória, usando como comparação o ensino da Matemática neste mesmo período. Assim, começo por fazer uma revisão de literatura relativa à questão sensível desta tese que é a aprendizagem significativa, seguindo-se uma revisão de literatura sobre a utilização dos computadores no ensino da Física, estando este tema na base do quadro teórico que discuto. Após esta imersão na teoria, passo então a observar e registar o nível de conhecimento com que os alunos atravessam a escolaridade obrigatória. Ainda antes de definir o meu modelo de análise, fiz um estudo sobre o actual currículo da Física nos doze anos de escolaridade obrigatória, analisando-o e comparando-o com o da Matemática. Finalizo este capítulo com a definição da questão de pesquisa e com o modelo de análise proposto para testar o quadro teórico.

1.1. Aprendizagem significativa da Física

A aprendizagem da Física na escola portuguesa, para alunos candidatos a Ciências ou Engenharias, é feita em dois blocos. O primeiro é feito nos três últimos anos do Ensino Básico (anos 7.º, 8.º e 9.º) na disciplina de Física e Química, para todos os alunos. O segundo é feito nos dois primeiros anos do Ensino Secundário (anos 10.º e 11.º) na disciplina de Física e Química A (FQA). O primeiro bloco não é avaliado por exame nacional, enquanto o segundo tem desde 2006 um exame global no final do 11.º ano. Os resultados obtidos nesta prova são baixos (Madureira & Precioso 2012), indiciando uma desadequação da aprendizagem desta disciplina no Ensino Secundário. Este facto motivou esta pesquisa na procura de hipóteses que possam contribuir para resolução desse problema.

Os pontos de partida para construção de uma Lei Física são empíricos e construídos matematicamente, como por exemplo a Lei da atracção universal de Newton (Feynman, 1967). O insuficiente conhecimento matemático dos alunos pode ser um factor limitador para a compreensão das referidas Leis Físicas e do seu desenvolvimento para níveis mais avançados, como relatado no estudo numa Escola do Baixo Alentejo (Martins, 2015). Por outro lado, verifica-se desde há muito tempo que a extensão dos programas de Física e Química no Ensino

Básico e Secundário pode conduzir a pré-conceitos e representações incorrectas do ponto de vista Físico (Astolfi, 1990; Valadares, 2013).

O Ensino da Física deveria passar pelo uso de modelos cientificamente correctos que permitam ao estudante integrar os conceitos fundamentais e com eles progredir para fenómenos complexos, na construção de um núcleo básico de conhecimentos a partir do qual se organizam os conceitos mais complexos, numa “trame conceptuelle” (Astolfi, 1990), que traduzo como rede conceptual, sendo esta uma das formas de potenciar um ensino integrador de conceitos. Esta rede conceptual actua em oposição a um Ensino fragmentado que dificulta a eliminação de pré-conceitos (Astolfi, 1990), que os alunos trazem no início da sua aprendizagem ou constroem ao longo desta. Esta abordagem encontra-se na esteira da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (Ausubel, Novak & Hanesian, 1978), segundo a qual o novo conhecimento se vai ancorando ao conhecimento prévio que o aprendente possui na sua estrutura cognitiva, sendo este conhecimento prévio o factor mais importante que determina a aprendizagem. Na sua discussão sobre a retenção significativa e o esquecimento, Ausubel (2000) afirma que:

“os processos de assimilação na fase da aprendizagem significativa incluem:(1) ancoragem selectiva do material de aprendizagem às ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva; (2) interacção entre as ideias acabadas de introduzir e as ideias relevantes existentes (ancoradas), sendo que o significado das primeiras surge como o produto desta interacção; e (3) a ligação dos novos significados emergentes com as ideias ancoradas correspondentes no intervalo de memória (retenção).” (p. 8)

Particularizando para o ensino da Física (como das demais ciências), a aprendizagem deverá ser significativa, no sentido em que deve passar por uma mudança na forma como é encarado o objecto de estudo e também pela forma como o aluno lida com ele (Valadares, 2011). Ainda de acordo com o mesmo autor, nesta aprendizagem significativa ausubeliana, o aluno vai construir conhecimento de mais alto nível a partir de conhecimento prévio (subsunçores) existente na sua estrutura cognitiva. Deste modo a aprendizagem acaba por ficar cientificamente muito valorizada com uma estrutura cognitiva prévia do aluno cientificamente coerente. Caberá, assim, ao professor ajudar o aluno na organização e/ou correcção dos conceitos de base para que a aprendizagem construída seja cientificamente válida.

1.2. A utilização do computador no ensino da Física

O aparecimento dos computadores pessoais abriu caminho para uma mudança significativa na forma de Ensino, em particular para o Ensino das Ciências (Papert, 1980). A utilização dos computadores na educação vem desde a década de 1960 (Teodoro, 2002). De

acordo com o mesmo autor, na utilização do computador no Ensino confrontam-se duas abordagens: como máquina de fornecer informação; como ferramenta auxiliar de construção de conhecimento. Na primeira, o computador é utilizado para projecções de filmes ou animações, como auxiliar de pesquisa de informação na internet, entre muitas outras aplicações. Esta abordagem está cada vez mais presente nas escolas, acompanhando uma acessibilidade cada vez maior à internet quer da parte das escolas, com salas de informática e com um número crescente de computadores, quer da parte dos alunos e professores, com as novas gerações de telemóveis com acesso rápido à internet. Como uma ferramenta auxiliar de construção de conhecimento, o computador pode ser utilizado em actividades de simulação e de modelação que exigem uma interacção entre os alunos, os professores e os modelos em causa. Nesta perspectiva, o computador pode ser visto como um objecto complementar de cognição, “object-to-think-with” (Papert, 1980).

Uma importante posição relativamente à utilização dos computadores na educação é a apresentada no livro: *The computer in the school: tutor, tool and tutee* (Taylor, 1980). No subtítulo deste livro o autor classifica a utilização do computador em três vertentes, não necessariamente independentes, como tutor, como ferramenta e como tutorado. Na vertente de tutor, o computador tem de ser programado de forma a poder ensinar o aluno de forma interactiva. Como ferramenta, o computador pode ser utilizado para fazer contas, aceder a informação, entre muitas outras funções. Os desenvolvimentos tecnológicos desde 1980 foram extremamente acelerados, não só com o aparecimento dos computadores portáteis com capacidades de memória e processamento cada vez maiores, mas também o desenvolvimento da comunicação em rede que permitiu uma acessibilidade à informação cada vez maior e mais rápida. Esta nova realidade levou Taylor a redefinir a utilização do computador nas escolas em quatro diferentes vertentes associadas à globalização da informação potenciada por esses desenvolvimentos tecnológicos: acesso, colaboração, comunicação e experiência (Taylor, 2003). Na sua perspectiva inicial (Taylor, 1980), na terceira vertente atrás referida, quando o computador funciona como tutorado, podemos dizer que este acaba por ter o comportamento de um «colega» ao qual o aluno tem de ensinar o que fazer. Nesta perspectiva o também pioneiro livro “*Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*” (Papert, 1980) aponta esta funcionalidade como essencial na utilização do computador na aprendizagem, ao considerar a programação computacional como uma forma privilegiada de ensinar. Este autor defende que a programação computacional não é mais do que uma forma do programador comunicar com o computador, permitindo transmitir-lhe as suas próprias ideias. Uma das

criações importantes à qual Papert está associado é a linguagem de programação Logo, inicialmente utilizada para promover o ensino da Matemática e passado pouco tempo aproveitada para o ensino da Física nas escolas e universidades: *Logo Physics* (Hurley, 1985). Neste livro, Hurley procura abranger um leque muito alargado de programas que possam compensar a insuficiente preparação matemática que os alunos possam ter nos diferentes momentos da sua aprendizagem, através de uma linguagem que ele considera simples: “With the advent of Logo it is now possible for anyone to speak with the computer” (Hurley, 1985, p. xv). Relativamente à utilização da programação computacional no ensino da Física nessa década, é de notar o projecto da Universidade de Maryland MUPPET (Maryland University Project in Physics Educational Technology), vocacionado essencialmente para a aprendizagem da Física no ensino superior, cuja linguagem de programação utilizada era o PASCAL.

“Our MUPPET program at the University of Maryland is a collaboration of research physicists and physics educators. The thrust of this program is to reorganize and broaden the content of introductory physics courses. We feel that computers can help us to emphasize fundamental physics, include more contemporary physics, train student intuition, provide students more experience with complex systems and give them some research experience.” (Wilson & Redish, 1989, p.35)

Neste projecto uma das preocupações era reformular os currículos dos cursos introdutórios de Física a partir das possibilidades abertas pela utilização do computador (Redish & Wilson, 1993), como fica claro no primeiro princípio postulado pelos autores:

It is not enough to use the computer to illustrate examples from the current curriculum. We must rethink the curriculum entirely from the ground up, now assuming the availability of the computer. What can we teach with it that we couldn't teach before? (Redish & Wilson, 1993, p.5)

A posição destes autores relativamente à utilização do computador pelos alunos é a de que estes têm de ter um papel activo, acrescentando ainda: “The computer must be a powerful servant for the student, not a master” (p.5). É também uma preocupação garantir que os alunos ficam a entender a Física a um nível mais próximo da investigação, uma vez que podem modelar sistemas Físicos mais avançados de forma numérica. As dificuldades encontradas nesta abordagem prendem-se, em parte, com o acréscimo de dificuldade introduzido pela aprendizagem da linguagem de programação. De forma a garantir um dos objectivos iniciais deste tipo de estratégias, foram sendo desenvolvidas plataformas de modelação que atenuam o peso da programação, mantendo a possibilidade de estender e ampliar o conhecimento a partir da criação de modelos nesses ambientes. Um dos ambientes mais simples e que já se encontra disseminado pelo mundo é o SCRATCH.

Uma das áreas do Ensino na qual as simulações e modelações têm tido maior desenvolvimento, nos últimos anos, é a da Física (Lopez, Veit & Araujo, 2016), procurando, nas últimas duas décadas, ultrapassar as dificuldades de aprendizagem inerentes a esta disciplina em diferentes níveis de ensino (Neves & Teodoro, 2010, 2013; Carvalho, Christian & Belloni, 2013; Silva, Silva, Guaitolini Junior, Gonçalves & Viana, 2014; Sarabando, Cravino & Soares, 2014; Heidemann, Araujo & Veit, 2016; Neves, 2017; Belcher, 2017; Nogueira, Alves & Marques, 2019). Com o desenvolvimento cada vez maior das potencialidades gráficas associadas às várias linguagens de programação, as actividades de simulação e modelação para o Ensino da Física tornam-se cada vez mais apelativas, facilitando a compreensão/visualização de fenómenos Físicos para os quais o desenvolvimento matemático dos alunos, no momento de aprendizagem, é insuficiente para os alcançar. Recentemente, a aplicação de estratégias de modelação ao nível do ensino secundário nos EUA mostrou que se trata de uma forma eficaz para potenciar a aprendizagem da Física (Belcher, 2017), verificando que a utilização destas estratégias potenciava um ganho no desempenho dos alunos nas provas finais do secundário (provas de acesso ao ensino superior). Note-se que, relativamente a esse estudo, é apontada a ausência de correlação destes resultados com factores como por exemplo a preparação dos alunos (Burkholder & Wieman, 2019). Também recentemente, para alunos de 3.º ciclo em Portugal, a aplicação de estratégias de modelação mostra resultados positivos no entendimento dos conceitos da Física, em particular na distinção entre os conceitos de peso e de massa (Sarabando et al., 2014). Do ponto de vista da programação computacional, parece-nos importante referir o trabalho desenvolvido por Chabay & Sherwood (2008) que consistiu na aplicação de um projecto de programação em Python para o ensino da Física num curso introdutório de engenharia. Neste estudo os autores fazem uma análise dos aspectos positivos e negativos da introdução da programação nos cursos introdutórios de Física. Como aspecto positivo referem que escrever programas pode estimular a compreensão dos princípios fundamentais da Física. O principal aspecto negativo apontado pelos autores é o facto de os alunos não terem bases de programação antes da disciplina de Física, e isso conduzir a uma perda de tempo significativa para leccionar as muitas matérias desta disciplina. Este trabalho deixa-nos então duas questões dicotómicas: a programação computacional potencia a aprendizagem da Física uma vez que fortalece a aprendizagem dos conceitos fundamentais; por outro lado prejudica a sua aprendizagem ao retirar tempo para cumprir a leccionação do programa pelo tempo utilizado na aprendizagem da programação.

1.3. Análise exploratória

Neste subcapítulo, apresento os resultados de um pré estudo exploratório, no qual procurei consolidar o meu quadro teórico, observando, por um lado, o nível com que os alunos terminam o 3.º ciclo, e por outro, caracterizar o nível com que os alunos começam o secundário na área de Ciências e também a alunos acabados de ingressar na universidade. Neste sentido, apliquei um teste diagnóstico a alunos no final do 9.º ano de escolaridade, a alunos no início do 10.º ano e a alunos universitários, no 1.º ano de cursos de Ciências. Para além disto, entrevistei uma professora de Física e Química A do secundário. O estudo realizado nesta análise exploratória, encontra-se em apêndice (Apêndice 1), e apresento aqui apenas os resultados globais, bem como as linhas de reflexão a que fui conduzido. Divido assim este subcapítulo em três secções, a primeira descrevendo as principais observações que encontro na análise dos testes diagnóstico apresentado no apêndice A.1.1, na segunda descrevo as linhas principais que retiro da análise à entrevista apresentada no apêndice A.1.2, e por último apresento as linhas de reflexão a que fui conduzido por esta análise.

1.3.1. Testes de diagnóstico.

No sentido de observar o nível de conhecimento da Física que os alunos transportam ao longo do percurso académico, apliquei testes diagnóstico, adaptados de um estudo realizado na década de oitenta (Halloun & Estenes, 1985), no qual se procurava avaliar o nível de senso comum, relativo aos conceitos da Física, que os alunos apresentam no final do Ensino Secundário. Os testes a aplicar foram previamente discutidos por um grupo de professores do Ensino Secundário e do Ensino Superior e testados em alunos do final do Secundário (12.º Ano). Os enunciados destes testes encontram-se nos apêndices A.1.3.1 e A.1.3.2, e a discussão das suas questões no apêndice A.1.1. Nestes testes os alunos são convidados a responder a questões de escolha múltipla e questões de verdadeiro/falso, que incidem na Cinemática e na Dinâmica. Nas respostas de escolha múltipla é possível observar o nível de senso comum que os alunos possuem relativamente a estas matérias. Na análise que fiz, agrupei as respostas em três categorias: Cinemática, Dinâmica e relação entre os conceitos da Dinâmica. Associadas a estas categorias, considerei diferentes dimensões, como descrevo no apêndice A.1.1.

Relativamente aos alunos do 9.º ano de escolaridade, o teste foi aplicado a um universo de 111 alunos distribuídos por três escolas da região de Lisboa, duas públicas e uma privada. Numa primeira análise verifica-se que, apesar de se tratar de escolas com diferentes níveis sócio culturais os resultados globais são muito semelhantes, apresentando um nível baixo nas

respostas, com manifestação de um nível de senso comum significativa. Da análise direcionada para as dimensões fundamentais relativas ao entendimento da Física, observo da análise apresentada no apêndice A.1.1.1 que as únicas matérias em que os alunos apresentam níveis positivos, são as relacionadas com o conceito de velocidade (ver quadro A.1.2), sendo que, observando as respostas se percebe que mesmo o nível de entendimento deste conceito tem muitas lacunas, como se observa na primeira alínea da questão 3. É de notar que os níveis associados às leis de Newton são particularmente baixos, assim como os associados com a relação entre conceitos da Dinâmica.

Relativamente aos alunos do 10.º ano de escolaridade, o teste foi aplicado a um universo de 54 alunos, distribuídos por três escolas: uma pública na região de Sintra e duas particulares na região de Lisboa. O teste tem um pequeno acréscimo de dificuldade relativamente ao utilizado para o 9.º ano, o que pode explicar os níveis um pouco mais baixos que observo na análise das respostas (apêndice A.1.1.2). Nesta análise também se observa uma uniformidade nos níveis globais das escolas, apresentando um nível baixo nas respostas, com manifestação de um nível de senso comum significativa. Na análise por categorias também observo que as únicas matérias em que os alunos apresentam níveis positivos, são as relacionadas com o conceito de velocidade.

A nível universitário, o teste foi aplicado num universo de 78 alunos do primeiro ano, distribuídos por quatro turmas de cursos de Ciências de uma universidade privada de Lisboa (três diurnas e uma nocturna): 22 alunos, dos cursos de Engenharia do Ambiente e de Engenharia e Gestão Industrial; 26 alunos dos cursos de Engenharia electrotécnica e de Engenharia biomédica; 15 alunos de Biologia; 15 alunos do regime nocturno do curso de Engenharia electrotécnica. O enunciado do teste era igual ao utilizado para o 10.º ano. Feito o mesmo tipo de análise (apêndice A.1.1.2), verifico que os resultados são muito semelhantes aos obtidos para os dois níveis de escolaridade anteriores (um pouco mais baixos). Não considero que se possa concluir alguma coisa relativamente às pequenas diferenças de níveis observados nas três análises, uma vez que as amostras são pequenas. No entanto, não posso deixar de salientar que os níveis de conhecimento dos conceitos da Dinâmica são baixos em todos os casos, reflectindo que ao longo da sua escolaridade, os alunos têm um ensino fragmentado da Física, conferindo-lhes um nível de senso comum significativo.

1.3.2. Entrevista a uma professora do ensino secundário

Como disse atrás, realizei uma entrevista a uma professora, cujo objectivo era, por um lado, o de ter uma melhor caracterização dos alunos do secundário, e por outro, ter a percepção da professora relativamente ao programa da disciplina de Física e Química A, bem como, das formas como este é ensinado nas aulas. A entrevista foi semiestruturada, tendo sido organizada em torno de quatro categorias: o programa de Física no Ensino Secundário; manuais escolares; actividades teórico-práticas e laboratoriais; o uso de computadores na aprendizagem da Física. A análise de conteúdo da entrevista está descrita no apêndice A.1.2, e nesta secção, limito-me a apresentar as minhas principais linhas de reflexão, bem como alguns indicadores que me parecem importantes.

Da análise de frequências aos indicadores que selecionei da entrevista (tabela A.1.1), observa-se uma nota dominante relativa à fraca preparação com que os alunos transitam para o 10.º ano, quer do ponto de vista do conhecimento e integração dos conceitos da Física, quer relativamente à sua preparação matemática. Relativamente ao conceito de velocidade que os alunos têm, a professora afirma:

“Porque eles sabem as velocidades, escrevem as velocidades, calculam as energias cinéticas, mas se sabem o conceito de velocidade, eu não tenho a certeza...”, (retirado da resposta 8 da selecção feita na tabela A.1.1)

Uma dimensão que emerge do discurso da professora é o do senso comum dos alunos, neste nível de ensino, como fica claro na sua afirmação:

“Deixa-me fazer um aparte... Quando estou a falar da bola saltitona e pergunto com que velocidade é que a bola chega ao chão, a resposta é zero, e é um problema que eu tenho porque para eles a bola pára no fim...” (retirado da resposta 21 da selecção feita na tabela A.1.1)

Relativamente ao programa do 10.º ano, a professora realça que tem de começar por fazer uma revisão dos conceitos de velocidade e força, não considerando, no entanto, que essa revisão conduza os alunos ao entendimento desse conceito.

No seu discurso, a professora transmite uma preocupação recorrente relativamente à extensão do programa e à dificuldade de o conseguir transmitir no tempo disponível de aula. Esta preocupação leva a professora a algum cepticismo relativo à utilização do tempo de aula com actividades computacionais, de simulação e modelação, argumentando que não é sempre eficaz (a professora fala por experiência própria), como transparece na resposta que dá relativamente ao uso destas actividades:

“Na minha opinião, são muito úteis, quando tens meia dúzia de alunos e muito tempo para dar a matéria, caso contrário, são muito difíceis de implementar.”; “Acabo por não usar porque... se calhar perde-se tempo demais. Eu prefiro uma coisa mais rápida. É mais fácil no quadro...” (resposta 18 da selecção feita na tabela A.1.1)

Quando, durante a entrevista, coloquei a possibilidade de fazer com os alunos uma sessão de programação computacional (explicando em que consistiria), a professora não deixou de considerar que a introdução de uma actividade desse tipo, no início da entrada na componente da Física do 10.º ano, na qual os alunos seriam conduzidos a calcular a velocidade e posição de um corpo em queda, para com eles calcular as energias, poderia ser uma boa estratégia para entenderem de forma mais integrada os conceitos.

1.3.3. Linhas de reflexão

Nesta subsecção, pretendo integrar a revisão de literatura com a análise realizada no estudo exploratório, no sentido de encontrar questões que me pareceram relevantes para a aplicação da programação computacional no Ensino da Física no Secundário.

Na estrutura actual do programa de Física e Química A do Secundário (Ministério da Educação, 2014a), a componente de Física começa por ser leccionada na segunda metade do 10.º Ano, com o conceito de Energia e de trabalho de forças. Apesar de não ser difícil encontrar formas de aplicação associadas a transferências de energia, o conceito de energia não é fácil de entender, como afirma Feynman (1999), numa edição feita a partir de entrevistas concedidas pelo autor poucos anos antes do seu falecimento (1988):

“Now energy is a very subtle concept. It is very, very difficult to get right. What I mean by that is that it is not easy to understand energy well enough to use it right, so that you can deduce something correctly using the energy idea.” (p. 178).

O programa é claro quanto à continuidade que o Ensino da Física e da Química no Secundário deve ter relativamente ao que foi leccionado no Básico (Introdução - Ministério da Educação, 2014a), garantindo que os conceitos de força, velocidade e deslocamento estão consolidados quando os alunos abordam os conceitos de energia cinética e de trabalho de uma força. A análise exploratória que realizei dá-me indicação de que tal não se verifica.

Uma primeira linha de reflexão que encontro prende-se assim com a necessidade de fortalecer não só os conceitos fundamentais da Física no processo de Ensino/Aprendizagem, mas também com a integração destes conceitos nos diversos desenvolvimentos da Física, propostos nos programas do Secundário. Se por um lado Astolfi (1990) fala numa rede conceptual de conhecimentos, a entrevista reflecte a preocupação/dificuldade de transmitir e integrar esses conceitos fundamentais, e os questionários reflectem o seu insucesso ao longo de

toda a escolaridade. A falta de consistência relativamente aos conceitos fundamentais leva os alunos a uma construção de conhecimentos particular, mas em grande parte dos casos errada, não sendo fácil conduzi-los para um correcto entendimento dos fenómenos físicos (Redish, 1994).

A revisão de bibliografia mostra que a utilização de computadores no Ensino da Física tem já um longo percurso, procurando por um lado, encontrar formas de melhorar as estratégias de Ensino e, por outro, é fundamental criar uma aproximação dos alunos à tecnologia, uma vez que neste momento a sua ligação às novas tecnologias é quase intrínseca, como chama à atenção Serres (2012) no seu livro «Petite Poucette». Por outro lado, a entrevista deixa transparecer algum cepticismo relativamente à utilização de programas de simulação e de modelação, deixando, no entanto, uma porta aberta para a programação computacional, como oportunidade de aprofundamento e integração de conceitos.

Assim, numa segunda linha sou levado a reflectir sobre os três períodos de aplicação da informática discutidos por Fiolhais & Trindade (2003): behaviorista, cognitivista e construtivista. Se por um lado, a vertente behaviorista continua presente no uso da informática no ensino da Física como auxiliar de informação, a vertente construtivista prevaleceu relativamente à cognitivista, com a criação de programas de simulação e de modelação que permitem ao aluno visualizar e construir realidades físicas mais complexas a partir de modelos simples. A necessidade expressa na minha primeira linha de reflexão sugere-me que seja retomada a vertente cognitivista levando os alunos a desconstruir os pré-conceitos, criando os seus próprios programas que lhes permitam adquirir os conceitos fundamentais, por processos de assimilação e acomodação, em termos de Piaget (1977). Esta linha vai ao encontro das ideias desenvolvidas nos anos 80 (Papert, 1980; Taylor, 1980; Hurley, 1985; Wilson & Redish, 1989), no sentido de promover um diálogo entre o aluno e o computador. Para isso, os alunos (e os professores) teriam de aprender as estruturas básicas de programação tais como definição de variáveis de programação, estruturas de comparação e estruturas de repetição. Esta linha de reflexão tem naturalmente problemas no que diz respeito à formação de professores. Apesar de uma grande parte dos professores de Física e Química do Secundário ter tido na sua formação inicial pelo menos uma disciplina de programação, a não utilização desta ferramenta ao longo da sua actividade profissional, e a falta de formação contínua nesta área, constituem obstáculos à implementação de estratégias de programação computacional no processo Ensino/Aprendizagem desta disciplina. Esta dificuldade não se prende apenas com a programação computacional, e é extensível a todas as aplicações em escola de tecnologias de

informação e comunicação (TIC), que falham em grande parte dos casos, por falta de formação na área, por parte dos professores (Sampaio & Coutinho, 2012). Outro obstáculo que aparece neste tipo de abordagem é a dificuldade acrescida para os alunos no processo de aprendizagem da linguagem de programação, que retira tempo para leccionar a totalidade dos conteúdos programáticos da disciplina (Chabay & Sherwood, 2008).

Voltando à afirmação de que, ao programar, o aluno está a comunicar com o computador (Papert, 1980), e que nesta comunicação o aluno pode ser visto como tutor do computador (Taylor, 1980), ao ser colocado como programador, isto sugere-me que esse «efeito tutor» lhe permite consolidar os seus conhecimentos num quadro metacognitivo, como chama à atenção Audibert (2005) no seu estudo sobre o efeito tutor no ensino da Matemática em alunos do 9.º ano. Relativamente aos conceitos adquiridos pelo aluno tutor, a autora afirma: “L’effet tuteur permet de les consolider et son action se place aux niveaux métacognitif et sociocognitif” (p. 2). Acrescentando relativamente à metacognição:

“Au niveau métacognitif, l’élève tuteur construit des savoirs sur ses propres savoirs. Il aborde la situation tutorale avec ses propres connaissances préexistantes à l’interaction et adopte une attitude réflexive sur celles-ci afin de pouvoir les expliquer à son tuteur. Cette réflexion lui permet de construire des connaissances sur ses prérequis individuels.” (p. 3)

Estas linhas de reflexão levaram-me a rever a minha pergunta de partida reformulada agora da seguinte forma: Poderá a Programação Computacional constituir um elemento integrador de conceitos no processo Ensino/Aprendizagem de Física no Ensino Secundário?

1.4. A Física e a Matemática na escolaridade obrigatória

Tendo em consideração a pesquisa bibliográfica realizada e a análise exploratória descrita atrás, considero que a preparação em Matemática que os alunos têm em cada momento da sua aprendizagem é um factor importante no processo ensino/aprendizagem da Física, que por um lado, constitui um problema para os professores, que consideram ser um entrave para o desenvolvimento dos programas de Física a falta de preparação que os alunos apresentam (como transparece da entrevista), e por outro, leva os investigadores a propor estratégias que permitam ultrapassar o desajuste do nível de Matemática dos alunos a desenvolvimentos mais avançados/apelativos da Física (utilização da programação/modelação/simulação proposta pelos vários autores que cito atrás, na secção 1.2). Com base nestas considerações, realizei um estudo comparativo dos currículos de Física e de Matemática ao longo da escolaridade obrigatória que apresento em apêndice (apêndice 2). Neste subcapítulo apresento apenas as

considerações que me parecem mais importantes para o fortalecimento do meu quadro teórico, e que deste modo me permitam reformular as linhas de reflexão expostas no final da análise exploratória.

O estudo foi feito com base nos programas do Ministério da Educação associados ao ensino da Física e da Matemática ao longo dos doze anos da escolaridade obrigatória (Ministério da Educação, 2013a; Ministério da Educação, 2013b; Ministério da Educação, 2014a; Ministério da Educação, 2014b; Ministério da Educação, 2015; Ministério da Educação, 2017). A análise foi suportada pelos trabalhos desenvolvidos sobre os currículos da Física (Fiolhais & Trindade, 2003; Valadares, 2013) e da Matemática (Serrazina & Oliveira 2005; Ponte 2006; Ponte 2009), bem como, pelos trabalhos desenvolvidos sobre, literacia científica (Vieira, 2007; Carvalho, 2009), literacia matemática (Jablonka, 2003; Serrazina & Oliveira, 2005), e as suas definições institucionais (OCDE 2003).

Uma primeira observação é a de que a partir do 2.º ciclo (5.º ano de escolaridade, nas disciplinas de Ciências naturais), existe pouca ligação entre a Matemática e a Física, no sentido em que, por um lado, existe um desajuste entre os conteúdos destas duas áreas ao longo da escolaridade (sobretudo no 3.º ciclo), e por outro, não existe, de forma geral, uma orientação curricular no sentido de promover a ligação entre elas. Relativamente à estrutura curricular da Física, observa-se que não é sequencial, no sentido em que as matérias lecionadas não vão servindo de suporte ao conhecimento subsequente, dificultando uma aquisição estruturada e coerente dos conceitos da Física, com a qual os seus conceitos fundamentais possam estar integrados. Se por um lado, o carácter behaviorista da Física durante o Ensino Básico afasta esta disciplina da Matemática no sentido do rigor e da construção matemática inerente à Física, a forma desestruturada como é aprendida pode conduzir a conceitos erróneos (*misconceptions*) que funcionarão como subsunçores cientificamente mal construídos que não permitem uma aprendizagem significativa da Física (Valadares, 2011).

1.5. Definição da questão de investigação

Pretendo neste subcapítulo descrever as etapas que me guiaram na definição deste projecto de investigação baseado em Quivy e Campenhoudt (1998), definindo os conceitos fundamentais da problemática assim como as relações entre eles que expressam a hipótese. Procuo também aqui definir os objectivos do trabalho. Termino com a definição das dimensões associadas aos conceitos fundamentais da problemática (conceitos sistémicos), bem como dos indicadores que lhes podem ser associados.

Identifico duas questões centrais no quadro teórico. Na primeira, observo que a revisão de literatura mostra que a promoção de uma aprendizagem significativa requer pré requisitos cientificamente coerentes na estrutura cognitiva dos alunos, garantindo uma rede conceptual, capaz de acomodar os conceitos novos que se pretende ensinar, que no entanto a análise exploratória feita indica não existirem. Na segunda, relativamente à utilização dos computadores no ensino da Física, a revisão de literatura mostra que as estratégias de programação/modelação/simulação são indicadas para potenciar esta aprendizagem significativa. A nível do ensino secundário, um trabalho recente (Belcher, 2017) mostra que a modelação computacional pode potenciar bons resultados na aprendizagem da Física. Relativamente à utilização de programação de «baixo nível», para promover a aprendizagem da Física, no ensino secundário, rareiam os trabalhos publicados recentemente. Com a designação de «baixo nível» quero dizer programação estruturada, essencialmente baseada em estruturas de atribuição, repetição e comparação, em oposição a uma programação modular. Neste tipo de programação, os alunos precisam de definir nos seus programas, a forma como calculam os conceitos da Física mais elementares, que no caso da Mecânica são a posição, a velocidade, a aceleração, as forças, as energias e o trabalho das forças. Neste sentido, há mais de trinta anos que a programação é utilizada, com linguagens mais simples (Hurley, 1985) e também de carácter mais científico (Redish & Wilson, 1993), este último apenas a nível universitário, procurando a importância que pode ter a utilização do computador, como tutor ou tutorado, na designação proposta por Taylor (1980). Note-se, como disse atrás, que este autor redefine os traços fundamentais do computador no ensino (Taylor 2003), valorizando mais uma abordagem do computador como instrumento de extensão de informação associado a uma cada vez maior acessibilidade de informação. Neste caso, o aluno é conduzido a uma experimentação avançada, que não se encontra ao alcance curricular tradicional da escola, o que vai ao encontro das ideias propostas no projecto MUPPET (e.g. Wilson & Redish, 1989). Esta falta de alcance curricular da escola está essencialmente relacionada com o desajustamento entre os currículos da Física e da Matemática como expressei no estudo comparativo entre estas duas disciplinas ao longo da escolaridade obrigatória. Considero importante notar que o nível de complexidade das linguagens de programação utilizadas nos anos 80 e 90 não é comparável ao que existe actualmente, o que pode ter condicionado a continuidade da utilização da programação de «baixo nível» (no sentido acima indicado) no processo ensino/aprendizagem da Física no secundário. Note-se que, do ponto de vista universitário, existe um esforço de integração da

programação computacional no currículo de Física (Redish & Wilson, 1993; Chonacky & Winch, 2008; Caballero, 2015; Caballero & Hjorth-Jensen, 2018).

Tendo em conta a acessibilidade da linguagem OCTAVE para programar, a minha questão de investigação passa por retomar a posição inicial relativa à utilização dos computadores no ensino da Física, correspondente à introdução da programação computacional de «baixo nível» (no sentido acima indicado), durante o processo de ensino aprendizagem desta disciplina. Para o fazer, tendo em consideração o enquadramento teórico atrás exposto, é minha preocupação observar as seguintes questões:

- A facilidade/dificuldade que os alunos têm na aprendizagem da programação;
- As consequências que o tempo de aula despendido na utilização deste tipo de abordagem pode ter no cumprimento dos objectivos da disciplina;
- A adequabilidade destas estratégias para os alunos e professores;
- O contributo que este tipo de estratégias tem no processo ensino/aprendizagem da Física (do ponto de vista da aprendizagem significativa);

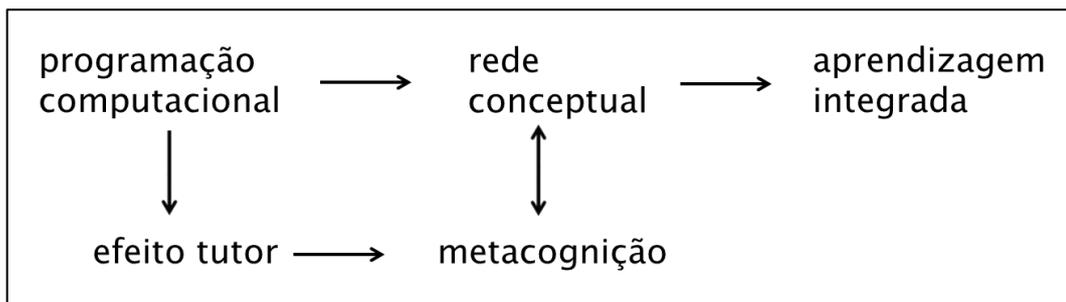
Com base no enquadramento teórico exposto, fui procurar um conjunto de conceitos centrais que me permita a reformulação da questão de partida e consequentemente da hipótese de investigação. Assim, como conceitos centrais desta investigação seleccionei: Programação computacional; Reconstrução de conceitos; Conceitos fundamentais da Física; Rede conceptual (núcleo básico de conhecimentos de Física, a partir do qual se organizam os conceitos mais complexos); Aprendizagem integradora; Efeito tutor; Metacognição. Com este conjunto de conceitos reconstruí a questão central de pesquisa, que enuncio da seguinte forma:

«De que forma poderá a Programação Computacional constituir um elemento integrador de conceitos no processo Ensino/Aprendizagem de Física no Ensino Secundário?»

Na minha heurística teórica coloco ainda uma questão acessória que enuncio da seguinte forma:

«Poderá a Programação Computacional promover um processo de metacognição associado ao efeito tutor que os alunos experimentam com a construção de algoritmos?»

Com base nestas questões e com os conceitos atrás definidos elaborei um esquema (quadro 1.1), de relação entre os conceitos centrais da minha investigação, de forma a construir a minha hipótese de investigação.



Quadro 1.1. Esquema para construção da hipótese relativa ao processo ensino/aprendizagem da Física no ensino secundário.

Este esquema atrás exposto pode ser expresso em termos daquela que será a minha hipótese central:

«A programação computacional pode conduzir o aluno a uma aprendizagem integrada da Física no Ensino Secundário devido ao efeito tutor associado à construção de algoritmos»

Ficando esta hipótese associada às proposições acessórias:

«A programação computacional promove o efeito tutor»

«O efeito tutor promove a metacognição»

«A metacognição é importante para a integração de conceitos na Física»

Definidas as hipóteses (central e acessórias), passo então a descrever os objectivos desta investigação. Dividi os objectivos em três categorias: principal, secundários e específicos. Como objectivo principal pretendo observar se os alunos aos quais foram ministradas as actividades de programação melhoram, de forma significativa, a sua percepção dos conceitos fundamentais da Física, adquirindo uma formação mais integrada da Física. Como objectivos secundários, pretendo observar em que medida a programação computacional se associa ao efeito tutor, assim como observar em que medida o desenvolvimento deste efeito tutor se associa à metacognição. Estes objectivos (principal e secundários) estarão associados aos objectivos específicos: facultar aos alunos conhecimentos estruturais da programação; orientar os alunos na construção de algoritmos; orientar os alunos na construção de programas computacionais; observar os níveis de conhecimento e de integração de conceitos fundamentais da Física; reflectir sobre a adequabilidade das actividades computacionais, em particular às actividades de programação, para professores e alunos.

Para terminar este subcapítulo, apresento um quadro (quadro 1.2) no qual associo aos conceitos sistémicos as dimensões que pretendemos observar bem como os indicadores correspondentes.

Conceitos sistémicos	dimensões	indicadores
rede conceptual	reconstrução de conceitos básicos	noção de velocidade
		noção de aceleração
		noção de força
	noção de tempo nos processos físicos	noção de sequência temporal
		noção de grandeza instantânea
aprendizagem integrada	ligação entre conceitos da Dinâmica	relação entre posição e velocidade
		relação entre velocidade e aceleração
		Leis de Newton
	ligação entre os conceitos da Mecânica	relação entre velocidade e energia cinética
		relação entre força e trabalho
		relação entre a conservação de energia e as forças conservativas
efeito tutor	Clarificação das relações entre conceitos	
metacognição	Percepção dos processos cognitivos na resolução de um problema da Física	

Quadro 1.2: Afectação de dimensões e respectivos indicadores aos conceitos sistémicos da nossa pesquisa.

Capítulo 2. Metodologia

Neste capítulo descrevo a metodologia utilizada neste trabalho, cuja escolha de uma metodologia de carácter fundamentalmente qualitativo não permitirá uma generalização estatística, podendo, no entanto, permitir uma generalização analítica, por parte dos meus leitores, se conseguir um nível de profundidade suficientemente grande, no sentido indicado por Yin (2005) ao discutir o alcance científico dos estudos de caso: “generalizing from case studies reflects substantive topics or issues of interest, and the making of logical inferences (analytic generalization)” (2005, p.385). Assim, começo por justificar o tipo de investigação escolhido (investigação-acção), apresentando a seguir o grupo de investigação bem como da intervenção e dos instrumentos de investigação utilizados. Termino este capítulo com a explicação da forma como vou tratar a informação recolhida.

2.1. Investigação-acção

Ao procurar uma metodologia para testar a minha hipótese, tive em consideração que a revisão de literatura mostra que já existem trabalhos que se aproximam dessa problemática, não havendo, no entanto, trabalhos que explorem a aplicação da programação computacional no ensino da Física do secundário. Deste modo, considero que é importante desenvolver um trabalho que procure observar, na interacção com os alunos, o alcance destas metodologias, no sentido de verificar os resultados previstos em trabalhos anteriores, mas agora, para o ensino secundário. Pretendo assim realizar um estudo exploratório com um grupo pequeno, que me permita reflectir, em profundidade, sobre a minha pergunta de partida.

Na revisão bibliográfica levada a cabo por Coutinho (2015), fica claro que não existe uma definição unívoca para investigação-acção, podendo, no entanto, associar-lhe quatro características: situacional, interventiva, participativa, auto-avaliativa; a minha investigação reveste-se destas quatro características. Se a investigação-acção tem como objectivo compreender, melhorar e reformar práticas, também pretende ser uma intervenção em pequena escala na qual é feita uma análise detalhada dessa intervenção (Coutinho, 2015), o que se enquadra nos objectivos que defini no meu modelo de análise. Por outro lado, tendo em conta que neste trabalho procuro avaliar a implementação de uma nova metodologia de ensino, a escolha de uma investigação-acção mostra-se uma opção acertada (Coutinho et. al., 2009):

“... sempre que numa investigação em educação se coloca a possibilidade, ou mesmo a necessidade, de proceder a mudanças, de alterar um determinado *status quo*, em suma, de intervir na reconstrução de uma realidade, a Investigação-Acção regressa de imediato à ribalta como a metodologia mais apta a favorecer as mudanças nos profissionais e/ou nas instituições educativas que pretendem acompanhar os sinais dos tempos, ...” (p. 2)

Em todas as definições de Investigação-acção o carácter cíclico, associado ao paradigma sócio-crítico em que, em geral, este tipo de investigação se baseia (Coutinho et. al., 2009), é de fundamental importância, obrigando o investigador a observar criticamente a evolução da sua pesquisa, procurando redefinir o plano inicial de acordo com os resultados das acções realizadas. O processo de observação e redefinição é feito repetidas vezes ao longo da pesquisa, levando o investigador a encontrar um consenso entre o seu plano original e o retorno que vai tendo do grupo, permitindo assim que emane desta interacção resultados que não são necessariamente aqueles que o investigador esperava no início da sua acção, mas sim aqueles que resultam da intervenção e que reconstruem o significado da situação problemática que motivou a investigação (Coutinho et. al., 2009). Deste ponto de vista, a minha investigação, para além de procurar observar a evolução das dimensões associadas aos conceitos sistémicos da minha problemática, procura também encontrar dimensões emergentes da utilização da programação computacional no processo ensino/aprendizagem da Física, que não estão explícitas no quadro teórico, e que podem ajudar a perceber o alcance destas estratégias educativas.

Na implementação desta metodologia, procurei multiplicar, e diversificar, os instrumentos de recolha de informação, prolongando no tempo a intervenção (Coutinho et. al., 2009), e procurando em cada momento, fontes que pudessem constituir diferentes olhares da mesma realidade, de forma a verificar se o confronto entre a informação recolhida, por cada uma delas, formava um todo coerente. Uma parte destas fontes foi recolhida a partir de instrumentos, que fui criando à medida que a intervenção decorria, resultantes da interacção que fui tendo com o grupo. A planificação temporal inicial da intervenção foi sofrendo modificações, fruto do retorno que tive ao longo das sessões, sendo que a informação recolhida em cada sessão determinou a estrutura inicial da seguinte.

2.2. Grupo de intervenção

Esta investigação-acção incidiu sobre uma turma de um colégio de Lisboa constituída por 13 alunos (11 rapazes e 2 raparigas) no 10.º ano, tendo sido reduzida para 12 alunos na passagem para o 11.º ano com a saída de um dos alunos. No trabalho desenvolvido no 11.º ano, juntou-se um aluno de outra turma que mostrou interesse em participar nas sessões. Todos os alunos se encontravam em idade normal para o nível de ensino que frequentavam. A professora de Física e Química desta turma participou também no trabalho, tendo tido duas sessões prévias de preparação. Infelizmente, a sua participação não pôde ser total, no sentido de não ter podido

acompanhar todas as sessões. A professora responsável pela informática esteve também presente nas sessões de preparação, tendo participado igualmente nalgumas das sessões com os alunos. A intervenção com este grupo realizou-se entre Setembro de 2017 e Junho de 2019, sendo que o contacto directo com os alunos se cingiu ao período entre Março de 2018 e Dezembro de 2018.

2.3. Intervenção e instrumentos de investigação

Por forma a obter o maior número possível de fontes de informação, tentei, como disse atrás, alargar e diversificar, o mais possível, os meios de recolha de informação. Neste sentido, prolonguei no tempo a intervenção, recolhendo, ao longo desta toda a informação que consegui. Passo então a descrever cronologicamente, todas as fontes que recolhi:

- Tive uma reunião com o director da escola para apresentação do projecto e obtenção de autorização para a sua execução (Maio 2017);
- Participei em duas reuniões de departamento de Física e Química com a intenção, por um lado, de perceber o projecto educativo seguido, e por outro, de apresentar meu projecto e discuti-lo com os vários professores (Setembro e Outubro 2017);
- A segunda fase do trabalho consistiu na explicação mais pormenorizada do projecto à professora da turma com a qual fiz a intervenção, bem como à professora responsável pela informática do colégio. Estas duas sessões serviram, por um lado, para apresentar o plano de trabalho proposto e sua possível calendarização, e por outro, para dar formação de base em programação MATLAB/OCTAVE (Janeiro 2018);
- De forma a caracterizar o tipo de conhecimento que os alunos tinham em Física, foi passado em aula, pela professora, um teste diagnóstico com o mesmo enunciado utilizado na análise exploratória referida no capítulo anterior (para o 10.º ano e faculdade), alterando apenas a ordem das questões 4 e 5. Este teste foi passado na semana anterior à passagem para a componente da Física (Janeiro 2018);
- Realizei um seminário de 50 minutos com os alunos e as duas professoras atrás mencionadas, no qual apresentei o projecto à turma e no qual passei um questionário aos alunos de forma a recolher informação individual sobre a sua formação anterior (Março de 2018). Registei desenrolar do seminário num documento (diário da intervenção) que me acompanhou ao longo das sessões;

- Realizei quatro sessões de programação durante o 10.º ano nas quais foram introduzidos os conceitos fundamentais de programação em MATLAB/OCTAVE e os alunos programaram aplicações matemáticas, nas duas primeiras, e, nas duas últimas, programaram uma aplicação da Física (entre Março e Junho de 2018). A descrição destas sessões ficou registada no referido diário, tendo também recolhido alguns materiais que cada um dos alunos realizou durante as sessões;
- Reuni com a professora para definição das sessões seguintes a realizar no 11.º ano. Nesta reunião discutimos o projecto (Setembro 2018);
- Para terminar a intervenção em sala com os alunos, realizei três sessões com a mesma turma já no 11.º ano (a primeira em Outubro de 2018 e as outras em Dezembro de 2018). Nestas sessões pretendi tratar um problema concreto de Física, associado à matéria que estavam a leccionar no momento. Na primeira sessão foi recolhido um pequeno texto que cada um escreveu sobre o que tinha retido das sessões do ano anterior. Antes da segunda sessão recebi as respostas dos alunos a uma ficha que desenvolvi para preparação do projecto. Recolhi os programas computacionais executados pelos alunos, bem como, os apontamentos que estes foram tomando ao longo das sessões. A descrição destas sessões encontra-se também registada no diário da intervenção (Apêndice 5);
- Realizei uma entrevista oral semiestruturada com perguntas abertas à professora de Física e Química da turma (Janeiro 2019). Fiz a respectiva análise de conteúdo.
- Realizei entrevistas escritas com perguntas abertas aos alunos da turma (Janeiro 2019). Tendo também sido feita a respectiva análise de conteúdo;
- Reuni com a professora (Junho 2019) de forma a poder completar os registos das classificações obtidas pelos alunos ao longo dos dois primeiros anos do ensino secundário na disciplina de Física e Química A, incluindo a classificação do correspondente exame nacional. Foi ainda feita uma apreciação final da evolução da turma.

O registo das várias fontes acima descritas encontra-se para consulta em anexos que vou indicando à medida que forem citados.

2.4. Metodologia de análise da informação

No sentido de obter uma profundidade capaz de permitir uma generalização analítica da minha pergunta de partida, comecei por analisar individualmente cada fonte de informação,

ou por blocos agregadores de várias fontes relacionadas entre si (a fonte de informação a que chamo caracterização inicial da turma é, por exemplo, construída por análise conjunta das fontes: questionário inicial, teste diagnóstico e descrição do seminário, incluído no diário da intervenção), à luz dos conceitos sistémicos do nosso quadro teórico, construindo, deste modo, um conjunto menor de fontes independentes de informação, já tratada, passíveis de triangulação. A designação de fontes independentes é utilizada para referir, apenas, que cada uma delas é construída não tendo em conta a informação das outras. Apresento no quadro 2.1 o esquema de triangulação que segui.

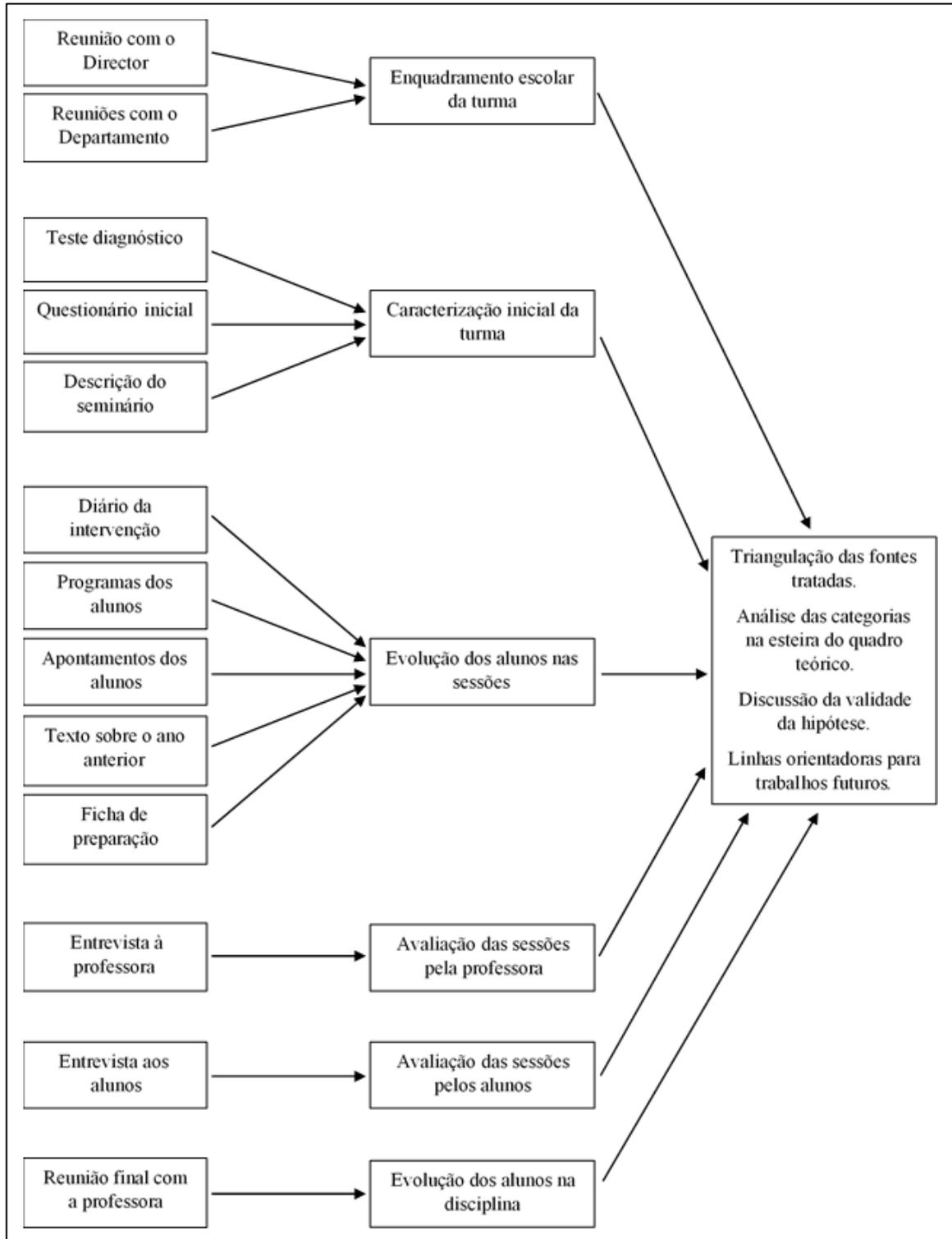
Deste modo, de forma a obter uma caracterização inicial da turma, comecei por comparar o teste diagnóstico, realizado pelos alunos, com os resultados que tinha obtido na análise exploratória, cruzando esta informação com a que obtive do questionário, passado durante o seminário, elaborando as linhas de reflexão que me pareceram pertinentes.

Analisei o desempenho de cada aluno ao longo das sessões a partir das descrições registadas no diário atrás referido, cruzando essa informação com os restantes materiais recolhidos durante as sessões (apontamentos, textos e programas). Nesta análise preocupei-me em observar o desempenho computacional dos alunos, tal como a sua evolução quanto ao nível de conhecimento dos conceitos da Física.

A entrevista à professora foi sujeita a uma análise de conteúdo seguindo um modelo reconhecido (Bardin, 2009), na procura de indicadores das categorias associadas ao quadro teórico, bem como de categorias emergentes do discurso da professora.

Quanto às entrevistas aos alunos, foi igualmente feita uma análise de conteúdo, acrescentando mais níveis de análise de forma a obter informação geral da turma, mas também individual para cada aluno. Tal como na entrevista à professora, tive a preocupação de procurar indicadores das categorias associadas ao quadro teórico, bem como de categorias emergentes.

Cada uma das fontes de dados foi individualmente analisada na esteira do quadro teórico, tendo seguidamente sido feita a triangulação e análise em profundidade no sentido de verificar se o quadro teórico apresentado pode contextualizar a pergunta de partida e as questões acessórias apresentadas, bem como as hipóteses propostas.



Quadro 2.1: Esquema utilizado para triangulação das diferentes fontes de informação. A triangulação é feita em dois níveis. No primeiro faz-se a triangulação de fontes relacionadas entre si, criando um grupo mais pequeno de fontes independentes.

Capítulo 3. Apresentação e análise da informação recolhida

Neste capítulo, descrevo e analiso a informação recolhida de cada uma das fontes nesta investigação, apresentando algumas reflexões que cada uma delas me sugere. Deixo em apêndices, identificados adiante, os quadros mais extensos da minha análise, apresentando neste capítulo, apenas os que considero mais relevante para o enquadramento do texto. Os registos das fontes encontram-se em anexo. Os apêndices e anexos serão indicados à medida que forem referenciados no texto.

3.1. Enquadramento escolar da turma

A escola é, como disse, um colégio da região de Lisboa, que ocupa uma posição de topo no *ranking* nacional. O colégio acolhe alunos desde o Jardim infantil até ao 12.º ano, assumindo uma perspectiva inovadora nas metodologias de ensino, de acordo com a reunião tida com o seu director. Esta abertura a novas metodologias permitiu que o projecto pudesse ser posto em prática no colégio, ao contrário do que aconteceu noutras escolas, públicas e privadas, que contactei. Foi-me pedido para garantir a confidencialidade da escola, bem como dos alunos e professores, o que se reflecte na utilização de nomes fictícios para os alunos que participaram neste projecto.

No que diz respeito ao grupo de Física e de Química, é constituído por 5 professores que asseguram o ensino do 3.º ciclo e do secundário. Nas reuniões em que participei verifiquei que se trata de um grupo muito activo, preocupado em estender o nível de conhecimento dos alunos para além do programa, levando-os a participar em actividades extracurriculares relevantes para o alargamento do conhecimento científico nestas áreas. Não deixam, no entanto, de expressar preocupação com os resultados dos alunos nos exames nacionais. Uma vez que se encontravam na altura no início de uma reestruturação curricular que reduzia o tempo lectivo para a disciplina de Física e Química A, expressaram alguma reserva relativamente à implementação do projecto por mim proposto. Assim, das duas professoras que lecionavam o 10.º ano, uma delas aceitou em participar com uma das suas turmas no projecto. A professora mostrou-se bastante entusiasmada com a sua participação, oferecendo-se de imediato para calendarizar reuniões de preparação.

Do ponto de vista das condições materiais para a implementação do projecto, a escola possui uma sala de informática com dezasseis computadores pessoais nos quais a professora responsável pela informática instalou a última versão disponível na altura do OCTAVE. Esta sala encontra-se disponível por marcação. A escola possui também um conjunto de computadores portáteis que podem ser requisitados para as salas de aula comuns. O programa

também foi instalado nestas máquinas. A sala de aula destes alunos era fixa em cada um dos anos, sendo que as mesas eram individuais.

3.2. Caracterização inicial do grupo

Para fazer esta caracterização, comecei por utilizar a informação recolhida no questionário passado no seminário inicial, bem como a informação fornecida pelo teste diagnóstico realizado pelos alunos antes do início das sessões. Tendo em conta que um dos alunos abandonou o colégio no final do 10.º ano, não apresento a informação correspondente. Note-se que esse aluno se enquadra na média das respostas globais, pelo que não influenciaria a análise da turma no seu todo. Organizei a informação em dois quadros correspondentes a cada uma dessas fontes (quadro 3.1 e quadro 3.2), deixando de fora as duas primeiras questões do questionário (a primeira relativa ao género e idade e a segunda relativa à ocorrência de retenção em anos anteriores anterior). Os enunciados relativos a cada uma destas fontes encontram-se nos apêndices 3 e 4, respectivamente. Note-se que, tal como disse atrás, os nomes utilizados para os alunos são fictícios de forma a garantir a confidencialidade.

Numa primeira análise às respostas ao questionário, verifiquei que nenhum dos alunos reprovou ao longo da sua escolaridade e que todos se encontravam no nível etário próprio do 10.º ano (15 ou 16 anos). Das respostas apresentadas no quadro 3.1 (relativas ao enunciado apresentado no apêndice 3), podemos ver que de uma forma geral os alunos desta turma preferem a Física (relativamente à Química), todos gostam de Matemática e, também de uma forma geral, terminaram o 3.º ciclo com níveis elevados na disciplina de Ciências Físico-Químicas, assim como na de Matemática. Podemos, pois, de acordo com esta informação afirmar que se trata de uma turma de nível elevado, com uma pré-disposição para aprender Ciências e, em particular, Física. Do ponto de vista individual, os alunos que apresentam níveis mais elevados são o Sérgio, o Miguel, o Carlos e o Nuno, enquanto que os mais fracos são o Luís, o Pedro, o João e o António (este último é o único com nível 3 na disciplina de Ciências Físico-Químicas no final do 9.º ano).

Relativamente aos conceitos retidos do 3.º ciclo, verifica-se de uma forma geral que é boa, sobressaindo o Sérgio como o único que reteve mais do que as opções apresentadas. Parece-nos importante realçar (pela negativa) os casos da Ana, do Luís e do António, especialmente o caso da Ana que não identifica nenhum conceito retido dos anos anteriores. Note-se que as respostas dadas pelos alunos podem não corresponder totalmente à realidade,

uma vez que, podem reflectir algum desinteresse sentido pelo projecto no momento em que o questionário foi aplicado.

Observando as respostas dadas à questão relativa ao uso dos computadores em sala de aula, na sua maioria os alunos associam o uso do computador ao *Power Point* (100%) e à apresentação de filmes (83,3%), sendo também significativo o número de alunos que afirma ter tido experiências com simuladores (41,7%). Um dado que me parece importante realçar é o de nenhum dos alunos afirmar ter utilizado o *excel* durante as aulas, sendo que um número significativo (41,7%) afirma, na última questão, ter utilizado as fórmulas do *excel* para fazer contas. Na resposta à penúltima questão, na qual os alunos dizem se já tiveram alguma experiência de programação, um terço dos alunos afirma ter tido.

Nome	Fís/Quím	Mat.	Dific.	Nível 9.º ano		Lembra 3.º ciclo					Uso do computador nas aulas					Program.	Form. Excel
				FQ	Mat	Cin/Din	Univ.	Elec.	Luz	Outros	PP	Filmes	Simul.	Excel	Outros		
Ana	Química	Sim	Física	4	4	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Bruno	Física	Sim	Física	4	4	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Luisa	Química	Sim	Física	4	5	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Luís	Física	Sim	Física	4	3	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim
Pedro	Física	Sim	Física	4	3	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Sérgio	Física	Sim	Física	5	5	Sim	Sim	Sim	Sim	Som	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim
João	Física	Sim	Matem	4	3	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
Lucas	Física	Sim	Física	4	5	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
António	Física	Sim	Física	3	4	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
Miguel	Física	Sim	Matem	5	5	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Carlos	Física	Sim	Matem	5	5	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim
Nuno	Física	Sim	Matem	5	5	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim
Média				4,3	4,3												
Totais						10	8	9	9	1	12	10	5	0	0	4	5
%						83,3	66,7	75,0	75,0	8,3	100,0	83,3	41,7	0,0	0,0	33,3	41,7

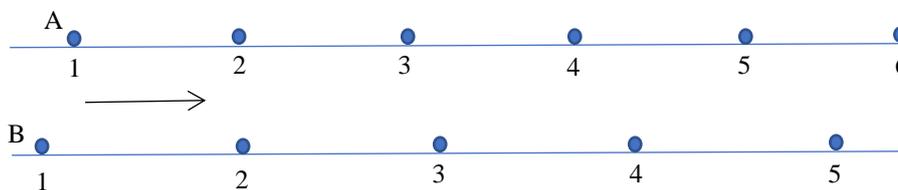
Quadro 3.1: Respostas dos alunos às questões do questionário passado no seminário inicial. Relativamente à zona superior do quadro; a segunda coluna responde à questão de preferência entre Física e Química; a terceira diz respeito ao gosto pela matemática; a quarta à comparação da dificuldade entre Física e Matemática (indicam a mais difícil); na coluna do uso de computadores, PP significa Power Point, e Simul, simulações; as duas últimas colunas respondem às questões relativas à utilização de programação e de fórmulas de excel, respectivamente. Na zona inferior do quadro, apresento as médias dos níveis obtidos nas duas disciplinas, bem como os totais e respectivas percentagens de respostas afirmativas às questões colocadas.

Analisando de forma global o questionário, a turma parecia oferecer boas condições para a aplicação de uma estratégia de programação. No momento deste questionário, dadas as suas múltiplas respostas negativas (ver quadro 3.1), a aluna Ana merece atenção relativamente à problemática da sua relação com a Física.

A segunda fonte que utilizei para fazer a caracterização desta turma é dada pelo conjunto dos testes de diagnóstico respondidos pelos alunos antes de começarem as sessões de programação. Este teste foi aplicado antes do questionário atrás analisado, não me parecendo isso relevante para a esta análise. Apresento seguidamente o enunciado deste teste:

Enunciado do teste diagnóstico passado aos alunos da turma

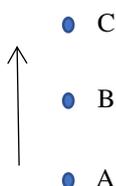
1. Duas bolas A e B deslocam-se com velocidades constantes em pistas paralelas, como mostra a figura. A numeração indica a posição das bolas nos mesmos instantes:



Indica com uma cruz qual das 5 afirmações está certa:

- As bolas têm a mesma velocidade apenas no instante 2
- As bolas têm a mesma velocidade no instante 5
- As bolas têm a mesma velocidade apenas no instante 6
- As bolas têm a mesma velocidade nos instantes 2 e 6
- As bolas nunca têm a mesma velocidade

2. Na figura que se segue está representada uma bola que é lançada verticalmente para cima a partir do ponto A (ponto no qual se solta da mão). Sabemos que a bola atinge uma altura superior a C e que B é a posição que está entre A e C. (Ignoramos a força de resistência do ar)



a) Indica com uma cruz qual das 5 afirmações está certa:

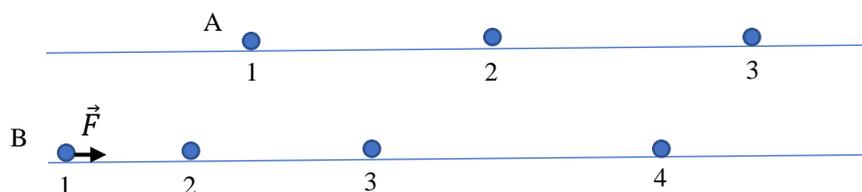
- A velocidade em C é metade da velocidade em B.

- A velocidade em C é menor (mas não necessariamente metade) do que a velocidade em B.
- A velocidade em C é igual à velocidade em B.
- A velocidade em C é o dobro da velocidade em B.
- A velocidade em C é maior (mas não necessariamente o dobro) do que a velocidade em B.

b) Após o lançamento, no que diz respeito às forças sentidas pela bola enquanto sobe, indica com uma cruz qual das 5 respostas está certa:

- É o peso apontado para baixo.
- É a força que mantém o movimento e está apontada para cima.
- Tem duas forças: o peso apontado para baixo e uma força constante apontada para cima.
- Tem duas forças: o peso apontado para baixo e uma força que vai diminuindo, apontada para cima.
- Tem uma força apontada para cima desde o ponto A até atingir uma certa altura, a partir da qual a bola passa a estar sujeita ao peso apontado para baixo.

3. Duas bolas A e B deslocam-se em pistas paralelas, como mostra a figura. A bola A desloca-se com velocidade constante. Na primeira posição observada (posição 1) a bola B tem velocidade nula, ficando nesse instante sob a acção de uma força constante como mostra a figura. A numeração indica a posição das bolas nos mesmos instantes (para a bola A a distância entre as posições 1 e 3 é o dobro da distância entre as posições 1 e 2):



a) Relativamente ao tempo que a bola A leva a ir da posição 2 à posição 3, indica com uma cruz qual das 5 respostas está certa:

- É o dobro do tempo que leva a ir da posição 1 à posição 2.
- É metade do tempo que leva a ir da posição 1 à posição 2.

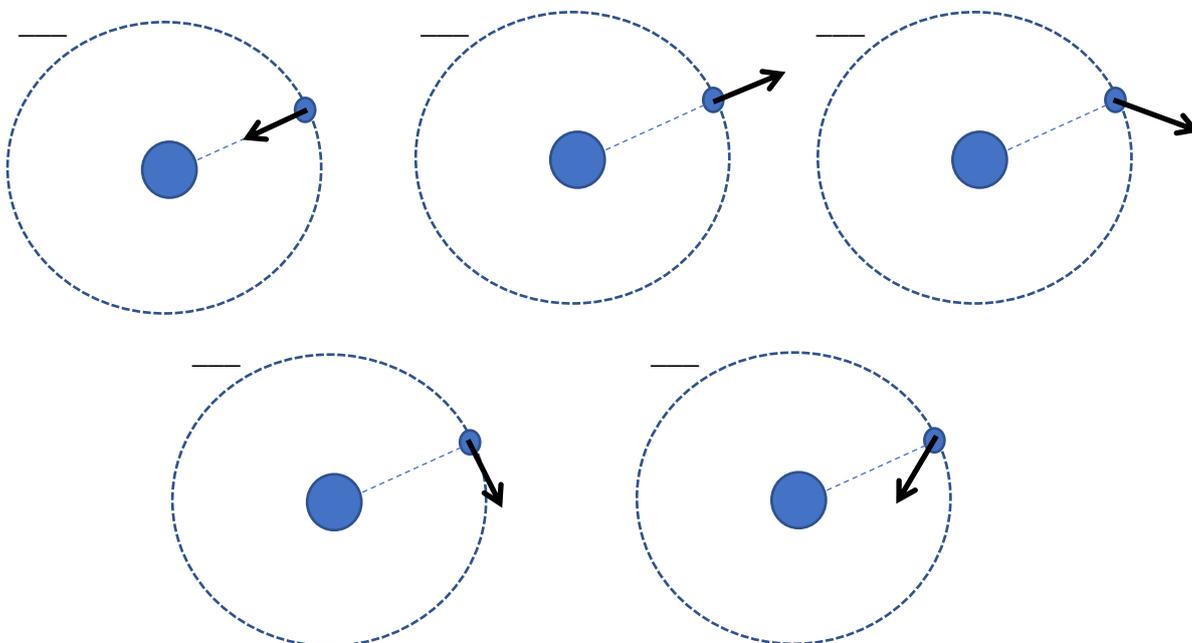
- É igual ao tempo que leva a ir da posição 1 à posição 2.
- Não é possível conhecer porque depende da distância entre as posições 2 a 3.
- Não é possível conhecer porque depende da força aplicada à bola.

b) No que diz respeito à questão da bola B poder passar à frente da bola A, indica com uma cruz qual das 5 respostas está certa:

- Nunca passa.
- Depende da distância a que inicialmente a bola A está da bola B.
- Depende do valor da força aplicada na bola B.
- Vai acabar por passar.
- Depende da velocidade a que a bola A se desloca no ponto 1.

4. Considera o movimento da Lua em torno da Terra (no sentido dos ponteiros do relógio) apresentado nas figuras que se seguem. O vector representa a resultante das forças aplicadas na Lua.

a) Indica com uma cruz, no espaço à esquerda de cada figura, qual das cinco opções está certa:



b) Relativamente à intensidade da força sentida pela Terra por acção da Lua, indica com uma cruz, qual das respostas está correcta:

- ___ É nula.
- ___ É maior do que a que a Lua sente.
- ___ É menor do que a que a Lua sente.
- ___ É igual à que a Lua sente.
- ___ É maior ou menor do que a que a Lua sente, consoante a posição em que a Lua se encontra relativamente à Terra.

5. Considera a situação em que viajas de carro de Lisboa para o Porto, com uma mais pesada do que tu a conduzir. Em cada uma das alíneas indica se são verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmações:

- a) A tua velocidade é igual à do condutor ao longo da viagem. ___
- b) A tua aceleração é igual à do condutor ao longo da viagem. ___
- c) A resultante das forças aplicadas a cada um de vocês é igual ao longo da viagem. ___
- d) Durante o arranque existe uma força que vos puxa para trás. ___
- e) Durante a travagem para a portagem, ficas sujeito a uma força menor do que a do condutor. ___

No quadro 3.2 apresento o conjunto de todas as respostas a este teste, bem como as percentagens de respostas certas, individuais e global. Do ponto de vista global, a turma apresenta resultados pouco superiores aos encontrados na análise exploratória reportada no capítulo 1, mostrando, também neste caso, que os alunos têm uma percepção ao nível do senso comum da Física, apesar de se tratar de uma turma de nível elevado (relativamente aos níveis obtidos no final do 9.º ano).

Analisando agora cada uma das questões, na primeira é claro que de uma forma geral a turma entende o conceito de velocidade constante como o espaço percorrido dividido pelo tempo gasto. A exceção é a Luísa que confunde a noção de velocidade com a de posição, considerando que a velocidade é a mesma quando os corpos se encontram lado a lado.

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

Questão	Alinea	Resposta	Ana	Bruno	Luisa	Luís	Pedro	Sergio	João	Lucas	António	Miguel	Carlos	Nuno	Total	%	
1		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
		2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8,3
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		5	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	91,7
		NR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
2	a)	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	16,7
		2	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9	75,0
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8,3
		NR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	b)	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	8,3
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		4	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	7	58,3
		5	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	4	33,3
		NR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
3	a)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
		3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	10	83,3
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	8,3
		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	8,3
	NR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
	b)	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	16,7
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		3	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	5	41,7
		4	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	5	41,7
5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
NR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0		
4	a)	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	6	50,0
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	8,3
		4	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	5	41,7
		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	NR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
	b)	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8,3
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		3	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	9	75,0
		4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	16,7
5		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
NR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0		
5	a)	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9	75,0
		2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8,3
	b)	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	6	50,0
		2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	4	33,3
	c)	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	16,7
		2	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	8	66,7
	d)	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	6	50,0
		2	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	5	41,7
	e)	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	5	41,7
		2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	5	41,7
		NR	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	16,7	
%	Total		50,0	66,7	16,7	58,3	58,3	83,3	50,0	58,3	50,0	41,7	58,3	50,0		53,5	
	Esc. Mult.		42,9	57,1	28,6	57,1	42,9	71,4	85,7	42,9	42,9	42,9	71,4	42,9		52,4	
	V/F		60,0	80,0	0,0	60,0	80,0	100,0	0,0	80,0	60,0	40,0	40,0	60,0		55,0	

Quadro 3.2: Respostas da turma ao teste diagnóstico. Nas colunas correspondentes aos nomes, é assinalado com o número 1 a opção escolhida por esse aluno (NR significa que não responde). Na penúltima coluna encontram-se os números totais de respostas em cada questão, e, na última, as correspondentes percentagens. Assinalamos a azul as opções correctas. Na região inferior do quadro, estão apresentadas as percentagens médias da turma (individuais e global) calculadas para a totalidade das questões e separadamente para as questões de escolha múltipla e para as de verdadeiro/falso.

Na primeira alínea da segunda questão pretende-se verificar se o aluno entende que na subida de um corpo lançado verticalmente a velocidade diminui, e em que medida é feita essa diminuição. Quase todos os alunos entenderam que a velocidade diminui na subida, no entanto, a Luísa e o Nuno consideraram que essa diminuição seria proporcional à distância percorrida. A resposta da Ana é a mais surpreendente, considerando que a velocidade teria aumentado. Na segunda alínea desta questão, onde se pretende verificar se os alunos entendem o modelo Físico associado ao lançamento vertical de um corpo sem resistência do ar, os resultados, tal como se observou na análise exploratória feita no capítulo 1, reflectem que os alunos têm um modelo mental de senso comum assente na existência de uma força vertical responsável pela subida do corpo. A excepção é a resposta do Sérgio que considera que a única força aplicada ao corpo durante o movimento é o peso.

Na primeira alínea da terceira questão pretende-se verificar se o aluno entende a definição de velocidade constante, no sentido de que espaços iguais são percorridos em tempos iguais. Tal como na 1ª questão os alunos respondem globalmente bem, exceptuando-se o caso do António, que considera existir uma força resultante aplicada a um corpo com velocidade constante, e o caso do Miguel que não consegue perceber a relação entre as distâncias. Na segunda alínea desta questão, procurámos observar se os alunos entendem a Lei fundamental da Dinâmica, associada à definição de força. Neste caso, menos de metade dos alunos percebeu que um corpo actuado por uma força (independentemente da sua massa e da intensidade dessa força) alcançará sempre outro que, estando à sua frente, se move na mesma direcção e sentido, com velocidade constante. Os alunos Luís e Pedro consideraram que nunca alcançava e os alunos Lucas, António e Miguel consideraram que dependeria da intensidade da força.

A quarta questão relaciona-se com o movimento da Lua relativamente à Terra. Na primeira alínea o aluno tem de perceber que as duas massas se atraem e que, não existindo outras interacções, a resultante das forças na Lua aponta para a Terra. Apenas metade dos alunos respondeu correctamente, tendo a outra metade optado por considerar a existência de uma componente tangencial com o sentido do movimento, sendo que, o Bruno, o Sérgio, o Lucas, o Carlos e o Nuno consideraram que a força tem o sentido da velocidade e o Pedro considerou que a componente normal seria centrífuga. Na segunda alínea desta questão, pretendia-se verificar se os alunos têm a noção do princípio de acção-reacção. Com excepção do João e do Carlos, todos os alunos responderam erradamente, sendo que a Ana considerou que a força que

a Terra sente é nula e os restantes consideraram que essa força é menor do que a que a Lua sente.

A quinta questão era de verdadeiro/falso e procurava observar se os alunos entendiam as noções de velocidade, aceleração e força no movimento de duas pessoas que viajam de carro com movimento acelerado. Na primeira alínea o aluno tinha de perceber que se dois corpos viajam lado a lado a sua velocidade é igual. Com excepção da Ana que respondeu erradamente e da Luísa e do João, que não responderam, os restantes responderam correctamente. A segunda alínea desta questão repetia-se a pergunta anterior, mas agora relativa à aceleração. Neste caso apenas metade da turma respondeu correctamente, sendo que a Luísa e o João voltaram a não responder, e responderam erradamente o Luís, o Miguel, o Carlos e o Nuno. Na terceira alínea, repetia-se a pergunta anterior, mas agora relativamente à força. Mais uma vez a Luísa e o João não responderam, e dos restantes, o Luís e o Lucas responderam erradamente. Na quarta alínea o aluno tinha de perceber que se não existisse uma força a empurrá-lo para a frente ele ficaria na mesma posição. Aqui, apenas o João não respondeu, sendo que responderam erradamente a Luísa, o Pedro, o António, o Miguel, o Carlos e o Nuno. Na última alínea, o aluno deveria perceber que uma massa menor em movimento precisa de uma força menor para parar. Tal como na alínea anterior, apenas cinco alunos responderam correctamente, sendo que a Luísa e o João não responderam e a Ana, o Bruno, o António, o Miguel e o Carlos responderam mal.

Do ponto de vista global, verifica-se o que foi dito anteriormente, ou seja, o conhecimento dos conceitos da Física nesta turma é em geral de senso comum e pouco consistente. Individualmente, nesta primeira análise, o conjunto de respostas não é muito consistente e, com excepção do Sérgio os níveis de respostas correctas não é bom. Vale a pena salientar os casos da Luísa e do João que não responderam às questões de verdadeiro/falso (a Luísa respondeu apenas a uma das alíneas por que considerou ser essa a tarefa a realizar).

Para prosseguir a minha análise, com base nos mesmos critérios utilizados na análise exploratória do apêndice A.1.1, no qual associei às nove subcategorias (de três categorias) os indicadores dados pelas várias perguntas feitas no teste diagnóstico, procurei observar o nível de entendimento significativo da Física, para cada aluno e para a turma em geral. Com base nisso construí o quadro 3.3.

Categorias	Subcategorias	Indicadores	Nível (%)												
			Ana	Bruno	Luisa	Luís	Pedro	Sergio	João	Lucas	António	Miguel	Carlos	Nuno	Geral
Cinemática	velocidade	1;2a);3a);5a)	50,0	100,0	25,0	100,0	100,0	100,0	75,0	100,0	75,0	75,0	100,0	75,0	81,8
	aceleração	3b);4a);5b)	66,7	66,7	33,3	33,3	33,3	66,7	66,7	33,3	66,7	33,3	33,3	33,3	48,5
	movimento vertical	2a)b)	0,0	50,0	0,0	50,0	50,0	100,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	0,0	45,5
Dinâmica	Lei da inércia	2a)b);4a);5d)	50,0	50,0	25,0	75,0	25,0	75,0	50,0	50,0	50,0	50,0	25,0	0,0	47,7
	Lei fundamental	2b);3b);4a);5c)d)e)	50,0	50,0	16,7	50,0	33,3	83,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	50,0	40,9
	força	2a);b);3b);4a)b);5c)d)	42,9	57,1	14,3	42,9	28,6	71,4	57,1	28,6	42,9	42,9	57,1	28,6	44,2
Relação entre conceitos	velocidade/posição	1;2a);3a);5a)	50,0	100,0	25,0	100,0	100,0	100,0	75,0	100,0	75,0	75,0	100,0	75,0	81,8
	aceleração/velocidade	2a);3a)b);5a)	25,0	100,0	25,0	75,0	75,0	100,0	75,0	75,0	50,0	50,0	100,0	75,0	68,2
	força/aceleração	2a)b);3a)b);4a);5c)d)e)	50,0	62,5	25,0	62,5	50,0	87,5	50,0	50,0	37,5	37,5	50,0	50,0	51,1

Quadro 3.3: Estrutura de análise por categorias dos conceitos da Física associados ao questionário realizado aos alunos. Atribui três subcategorias para cada categoria, indicando quais as questões/alíneas (indicadores) que lhes estão associadas, sendo o nível calculado a partir da percentagem de respostas correctas a essas questões.

Do ponto de vista global da turma, comparando com o correspondente quadro construído na análise exploratória para o 10.º ano (quadro A.1.3), podemos ver que este conjunto de alunos apresenta níveis mais elevados em todas as subcategorias analisadas. Devemos notar, no entanto, que as únicas subcategorias positivas (com nível maior ou igual a 50) são aquelas que se relacionam com o conceito de velocidade e que, por outro lado, as que dizem respeito à Dinâmica apresentam níveis baixos.

Individualmente os níveis observados são muito heterogéneos, verificando-se situações em que todas as subcategorias (observadas no aluno) têm nível positivo, e numa situação, todas têm nível negativo. De forma a fazer uma avaliação individual, apresento, com base nos dois quadros anteriores (quadro 3.2 e quadro 3.3), a minha reflexão sobre cada aluno:

Ana – Apresenta resultados medianos nas duas tabelas não sendo, no entanto, consistente no conjunto das respostas como é o caso da resposta dada na primeira alínea da questão dois, ou a resposta dada na primeira alínea da questão cinco. Assim, no primeiro caso, considera que à medida que um corpo sobe, após o seu lançamento, a velocidade aumenta. No segundo, considera que dois corpos que viajam lado a lado num carro têm velocidades diferentes. Ficamos com dúvidas relativamente à concentração com que respondeu, podendo os níveis observados resultarem de respostas aleatórias.

Bruno – É um dos alunos que apresenta melhores resultados, apresentando níveis positivos em todas as subcategorias analisadas. Nas subcategorias associadas à Dinâmica os níveis não são altos, mostrando alguma estrutura cognitiva de senso

comum. Este carácter fica mais claro observando as opções que considerou, nas respostas erradas dadas nas questões de escolha múltipla.

Luísa – Trata-se do caso atrás referido em que todos os níveis observados são negativos. O conjunto de respostas mostra um nível de senso comum elevado, bem como níveis de conhecimento significativo muito baixos, nas várias subcategorias analisadas. Fica a dúvida relativamente às questões de verdadeiro/falso que não respondeu (por má interpretação da questão).

Luís – No caso deste aluno, os níveis observados não são muito fracos, apresentando valores elevados nas subcategorias relacionadas com a velocidade. Analisando o conjunto das respostas, observamos um nível de senso comum significativo, por exemplo, nas respostas dadas na segunda alínea da questão 2 e na segunda alínea da questão 3.

Pedro – No conjunto das suas respostas aproxima-se do quadro observado no Luís, com níveis de senso comum que se observam nas opções escolhidas.

Sérgio – Trata-se do aluno com melhor desempenho no teste, errando apenas as questões relativas ao sistema Terra-Lua. Os níveis observados são todos muito bons, observando-se, no entanto, traços de senso comum associados às duas respostas erradas que deu (associa a força à direcção do movimento e confunde massa com força).

João – As respostas dadas nas perguntas de resposta múltipla têm o nível mais alto da turma, ficando penalizado com o facto de não ter respondido às perguntas de verdadeiro/falso. O seu nível de senso comum fica expresso pela resposta dada na segunda alínea da questão 2. Tal como no caso da Luísa, fica a dúvida relativamente às questões a que não respondeu.

Lucas – Tal como em quase todos os alunos, os níveis observados baixam nas subcategorias da Dinâmica. Os níveis de senso comum expressam-se também da mesma forma que a generalidade da turma.

António – Este aluno enquadra-se, tal como o Lucas, nos padrões gerais da turma, apresentando, no entanto, níveis um pouco inferiores nas várias subcategorias. O nível de senso comum também se manifesta com o conjunto das respostas dadas, particularmente na resposta dada à primeira alínea da questão 3.

Miguel – O perfil deste aluno observado no teste é praticamente igual ao do António, não havendo nada a acrescentar.

Carlos – Este aluno apresenta níveis fracos relativos às subcategorias associadas à Dinâmica, ficando um pouco abaixo do nível da turma. O nível de senso comum é também significativo, à luz das respostas dadas.

Nuno – Os níveis observados para este aluno apresentam valores baixos, situando-o numa posição baixa em relação à média. O nível de senso comum é bastante elevado, como se pode ver nas respostas dadas.

Desta análise individual ao teste diagnóstico sobressai o facto de que quase todos os alunos apresentam um nível de senso comum significativo e um conhecimento não elevado dos conceitos fundamentais da Física, contrastando com o facto de se tratar de uma turma que transitou para o 10.º ano com níveis elevados na disciplina de Ciências Físico-Químicas, como ficou claro na análise feita ao questionário.

Para terminar esta caracterização inicial do grupo de intervenção, é importante observar o primeiro contacto directo que tive com a turma, relatado no diário atrás referido, e que apresento no apêndice 5 (1ª sessão). A turma foi de modo geral participativa, com participação mais activa dos alunos: Sérgio, Miguel e Nuno. Os alunos menos participativos foram a Ana, o João, o Lucas e o António. No final da sessão, de uma forma geral, a turma manifestou vontade de saber mais sobre programação, ficando entusiasmada com a hipótese de termos mais sessões e de poder utilizar o programa.

3.3. Evolução das sessões de programação

Anteriormente, analisei diferentes fontes documentais de informação, bem como reuniões tidas com professores e director. Neste subcapítulo pretendo apresentar e analisar as diferentes fontes de informação directas que fui recolhendo ao longo das sessões. Para isso construí um quadro síntese, onde junto toda a informação relativa a estas fontes e que apresento no apêndice 6. As fontes utilizadas são: diário da intervenção (apêndice 5); programas desenvolvidos pelos alunos apêndice 4); apontamentos escritos pelos alunos nas sessões (anexo 1.1); resposta à questão sobre o 10.º ano (anexo 1.2); resposta à ficha de preparação (anexo 1.3).

3.3.1. Sessões do 10.º ano

Como disse anteriormente, realizei 5 sessões com os alunos (uma de 50 minutos e quatro de 100 minutos) enquanto se encontravam no 10.º ano, sendo que a primeira consistiu num seminário de apresentação com 50 minutos. Na análise que farei começo por descrever a evolução das sessões do ponto de vista global da turma e depois farei uma análise individual da evolução de cada aluno ao longo delas. Note-se que todos os alunos participaram nas cinco

sessões com excepção do António que não participou na última. Nesta análise procuro expor os pontos mais relevantes da análise mais exaustiva que é apresentada no apêndice 6.

Na primeira sessão (seminário), a turma limitou-se a reflectir sobre questões como: o que é um programa? O que é um algoritmo? Quais as estruturas básicas de programação? O que é uma linguagem de programação? Nesta sessão discutimos ainda um algoritmo para contagem de uma série de números naturais.

Só na segunda sessão os alunos começaram a entrar em contacto directo com a plataforma de programação OCTAVE, explorando o ambiente de trabalho e desenvolvendo programas simples. Começámos por executar na linha de comando operações de atribuição de variáveis, observando o resultado no ambiente de trabalho. Seguiu-se a construção de um programa para contagem de uma série de números naturais, utilizando para isso as estruturas de atribuição e de repetição (utilizámos os dois ciclos de repetição FOR e WHILE). Este programa, cujo algoritmo já tinha sido discutido na sessão anterior, foi construído por mim e reproduzido pelos alunos. Não tendo havido diferenças entre os programas realizados pelos alunos, não os recolhi e apresento no apêndice 4 os códigos desenvolvidos. Chamei à atenção para o carácter sequencial da programação, alertando para a necessidade de ter as variáveis definidas antes de as utilizar para atribuir o valor a outras. Após este primeiro exercício, os alunos construíram o programa para a determinação das raízes de uma equação do 2.º grau a partir do algoritmo a que tínhamos chegado, interactivamente. Os programas foram realizados com diferentes níveis de autonomia (auxiliava alternadamente os alunos), tendo todos terminado com o mesmo código que também apresento no apêndice 4. Nesta sessão comecei a observar acções de tutoria por parte de alguns alunos, relativamente aos colegas.

Na terceira sessão, comecei por discutir o gráfico de uma função quadrática, analisando a forma parabólica deste tipo de função. Expliquei a necessidade de ter um conjunto de pares ordenados para representar graficamente a função. Partindo de uma representação no quadro de uma função quadrática, passámos a construir o programa, que mostro no apêndice 4, no qual o aluno podia observar o gráfico resultante para diferentes intervalos entre pontos. Ao nível da participação os alunos, de uma forma geral, ganharam entusiasmo, ficando muito satisfeitos com o facto de poderem observar o gráfico a partir do programa, e modificá-lo para diferentes valores de entrada. Mesmo os alunos que nas sessões anteriores não tinham participado mostraram-se mais interessados. É de realçar as diferenças de autonomia e eficiência dos vários alunos, o que levou a que, os que terminaram mais cedo tivessem ajudado os que apresentavam maiores dificuldades. No final desta sessão, discutimos o que seria

necessário para representar graficamente a posição e a velocidade de um corpo em queda livre. Os alunos perceberam de uma forma geral que seria necessário ter conjuntos de pares ordenados (tempo, posição) e (tempo, velocidade). Discutimos também a experiência de Galileu na Torre de Pisa, ficando a sugestão de realizar um programa para tentar analisar o problema.

É na quarta sessão que os alunos começam a programar um problema da Física. O objectivo nesta sessão seria o da elaboração de um programa para observar a variação da altura e da velocidade ao longo do tempo na queda de um corpo sem resistência do ar significativa. Como segunda parte do objectivo, a adaptação do programa para representar, na mesma situação, a variação da energia potencial e da energia cinética ao longo do tempo. A parte introdutória desta sessão tomou uma parte significativa do tempo de que dispúnhamos, uma vez que os alunos se mostraram interessados no modelo Físico que estávamos a usar, questionando a não utilização do efeito de resistência do ar. Após a discussão, que descrevo no apêndice 5, comecei a expor o método de Euler semi-implícito para resolução das equações do movimento, reflectindo sobre a definição de velocidade e na possibilidade de considerá-la constante em intervalos de tempo muito pequenos. Neste método as velocidades e posições são calculadas iterativamente a partir das equações:

$$v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \times \Delta t$$

$$x(t + \Delta t) = x(t) + v(t + \Delta t) \times \Delta t$$

(onde: $v(t + \Delta t)$ é a velocidade no tempo $(t + \Delta t)$; $v(t)$ é a velocidade no tempo t ; $a(t)$ é a aceleração no tempo t ; Δt é o incremento temporal; $x(t + \Delta t)$ é a posição no tempo $(t + \Delta t)$; $x(t)$ é a posição no tempo t). As equações discretizadas para implementar no programa foram apresentados em diapositivo, e com esta base os alunos tentaram realizar por eles o programa. Apenas um aluno conseguiu começar de forma consistente o programa, o que me levou a apresentar um algoritmo de resolução no quadro. A partir daqui praticamente todos os alunos conseguiram, com diferentes níveis de autonomia, fazer o programa relativo à primeira parte do objectivo, tendo apenas um aluno conseguido fazer o programa correspondente à segunda parte. Os alunos enviaram os programas no final, o que permitiu analisar o seu desempenho na sessão. Note-se que também nesta sessão os alunos interagiram de forma a que os alunos mais atrasados recebessem ajuda dos mais adiantados. Apresento na figura 3.1, os gráficos obtidos pelo aluno mais adiantado nesta sessão. Os programas desenvolvidos pelos alunos encontram-se no apêndice 4, e apresento de seguida os programas do aluno atrás referido:

Programas realizados pelo Nuno:

1.º programa

```
clear
clc

h(1)=50;
v(1)=0;
a=-9.8;
t(1)=0;
dt=0.1;
i=0;
while h(i+1)>0
    i=i+1;
    v(i+1)=v(i)+a*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    t(i+1)=t(i)+dt;
end

plot(t,h)
```

2.º programa

```
clear
clc

m=25;
h(1)=50;
v(1)=0;
a=-9.8;
t(1)=0;
dt=0.1;
i=0;
Ec(1)=0;
Ep(1)=25*(-a)*50;

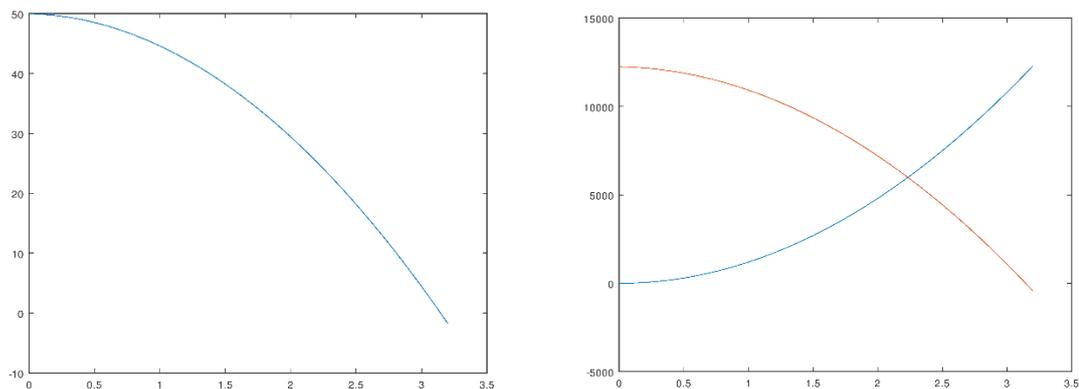
while h(i+1)>0
```

```
i=i+1;  
v(i+1)=v(i)+a*dt;  
h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
t(i+1)=t(i)+dt;  
Ec(i+1)=m/2*v(i+1)^2;  
Ep(i+1)=m*(-a)*h(i+1);  
end  
  
plot(t,Ec,t,Ep)
```

O segundo programa, apresentado acima, é uma extensão do primeiro para cálculo das energias potencial e cinética. Considero que é importante, para o leitor que não esteja familiarizado com a linguagem de programação, descrever aqui o significado de cada uma das linhas de programação dos programas acima apresentados. Dado que o segundo é uma extensão do primeiro, farei apenas a descrição do segundo. Assim, as duas primeiras linhas correspondem a funções pré-definidas do OCTAVE, a primeira (clear) apaga todas as variáveis que pudessem estar definidas anteriormente, e a segunda (clc) apaga tudo o que estava escrito na linha de comando. Na terceira linha ($m=25$), cria-se uma variável **m** (massa), à qual se atribui o valor 25 (kg). Nas linhas quatro e cinco ($h(1)=50$ e $v(1)=0$), criam-se as variáveis **h** (altura) e **v** (velocidade), iniciando os seus valores em 50 (m) e 0 (m/s), respectivamente (condições iniciais do movimento). Na sexta linha ($a=-9.8$), cria-se a variável **a** (aceleração) à qual se atribui o valor -9,8 (m/s^2). Na sétima linha ($t(1)=0$), cria-se a variável **t** (tempo), inicializando o seu valor em 0 (s). Na oitava linha ($dt=0.1$), cria-se a variável **dt** (incremento temporal) atribuindo-lhe o valor 0,1 (s). Na nona linha ($i=0$), cria-se a variável **i** (índice para as variáveis dinâmicas calculadas iterativamente), atribuindo-lhe o valor 0. Nas linhas dez e onze ($Ec(1)=0$; $Ep(1)=25*(-a)*50$), criam-se as variáveis **Ec** (energia cinética) e **Ep** (energia potencial), iniciando os seus valores em 0 (J) e 12250 (J), respectivamente. Na linha doze (while $h(i+1)>0$), inicia um ciclo de repetição, no qual o programa repete as linhas que se apresentarem abaixo desta instrução e acima do comando «end», correspondente a esta estrutura de repetição (linha dezanove), enquanto se verificar a condição $h(i+1)>0$ (que corresponde a ter uma altura superior a zero). Na linha treze ($i=i+1$), o índice **i** é actualizado para o valor seguinte. Na linha quatorze ($v(i+1)=v(i)+a*dt$), calcula-se a velocidade no instante seguinte ($v(i+1)$), somando à velocidade

que a esfera tinha ($v(i)$) o produto da aceleração pelo incremento temporal. Na linha quinze ($h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt$), calcula-se a altura no instante seguinte ($h(i+1)$), somando à altura anterior ($h(i)$) o produto da velocidade acabada de calcular pelo incremento temporal. As duas linhas anteriores correspondem ao método numérico de Euler semi-implícito atrás referido. Na linha dezasseis ($t(i+1)=t(i)+dt$), calcula-se o tempo no instante seguinte ($t(i+1)$), somando ao anterior ($t(i)$) o incremento temporal. Nas duas linhas seguintes ($Ec(i+1)=m/2*v(i+1)^2$; $Ep(i+1)=m*(-a)*h(i+1)$), calculam-se as energias cinética e potencial, respectivamente, no instante seguinte, a partir das expressões que as definem, utilizando os valores da velocidade e da altura calculados nas linhas anteriores. Como disse, o ciclo termina quando a esfera atinge o chão, ficando assim determinados os valores do tempo, da altura, da velocidade, da energia cinética e da energia potencial, numa sequência de instantes que permitem a representação gráfica das grandezas em função do tempo. É na última linha deste programa que esta representação é feita a partir de uma função pré-definida do OCTAVE (plot), cujos argumentos são os dois conjuntos de pares ordenados (t, Ec) e (t, Ep), e que neste caso, como se pode observar no segundo gráfico da figura 3.1, correspondente a este programa.

Figura 3.1. Gráficos obtidos pelo Nuno na 4ª sessão do 10.º ano. As duas figuras foram geradas pelos dois programas que este aluno enviou, respectivamente. No primeiro, está representada a variação da posição com o tempo e no segundo, a variação da energia cinética (a azul) e da energia potencial (a vermelho), ao longo do tempo.



Na última sessão relativa ao 10.º ano, pretendia que os alunos evoluíssem no programa desenvolvido na sessão anterior, considerando agora que a resistência do ar é significativa, estando-lhe associada uma força proporcional ao quadrado da velocidade. Após uma explicação teórica do modelo utilizado para descrever o movimento, ficaram escritas no quadro as expressões para a força de resistência do ar (F_{AR}), para a resultante das forças (F_R) e para a

aceleração a que o corpo fica sujeito durante a queda (b é o coeficiente de proporcionalidade entre a força de resistência do ar e o quadrado da velocidade):

$$F_{AR} = b \cdot v^2$$
$$F_R = -m \cdot g + bv^2$$
$$a = -g + \frac{b}{m} v^2$$

Os alunos perceberam que o programa que teriam de fazer seria igual ao da aula anterior, tendo apenas o cuidado de calcular a aceleração ao longo do tempo com os valores calculados para a velocidade. Antes de lhes pedir para desenvolverem o programa, descrevi algumas funcionalidades gráficas do OCTAVE: SUBPLOT, XLABEL, YLABEL, GRID ON, TITLE e AXIS. Mostrei o que se pretendia obter, com exemplos nos quais são representados na mesma figura diferentes gráficos (altura, velocidade, energia potencial e energia cinética). Como primeiro objectivo propus que fizessem, a partir do trabalho desenvolvido na sessão anterior, um programa para representar a velocidade em função do tempo para um corpo largado de uma dada altura. Com base no programa da sessão anterior quase todos os alunos conseguiu terminar a primeira parte do trabalho, observando a velocidade terminal ao aumentar a altura inicial e verificando que para valores elevados da constante de arrastamento, as diferenças de tempo de queda começam a ser significativas. Os níveis de autonomia foram superiores aos observados nas sessões anteriores, tendo-se observado uma interacção maior entre os alunos, com processos de tutoria mais sustentados (no sentido de uma maior capacidade de explicar) Na sequência deste programa, no tempo que restava, os alunos adaptaram-no de forma a poder representar a energia cinética, a energia potencial e a variação da energia mecânica (como medida do trabalho das forças não conservativas). Nenhum dos alunos conseguiu a representação da variação da energia mecânica, no entanto, grande parte consegue a representação da energia cinética e da energia potencial (os programas podem ser consultados na 5ª sessão do apêndice 4). Apresento na figura 3.2 os gráficos obtidos pelo Nuno, correspondentes ao programa que apresento a seguir:

Programa realizado pelo Nuno:

```
clear  
clc
```

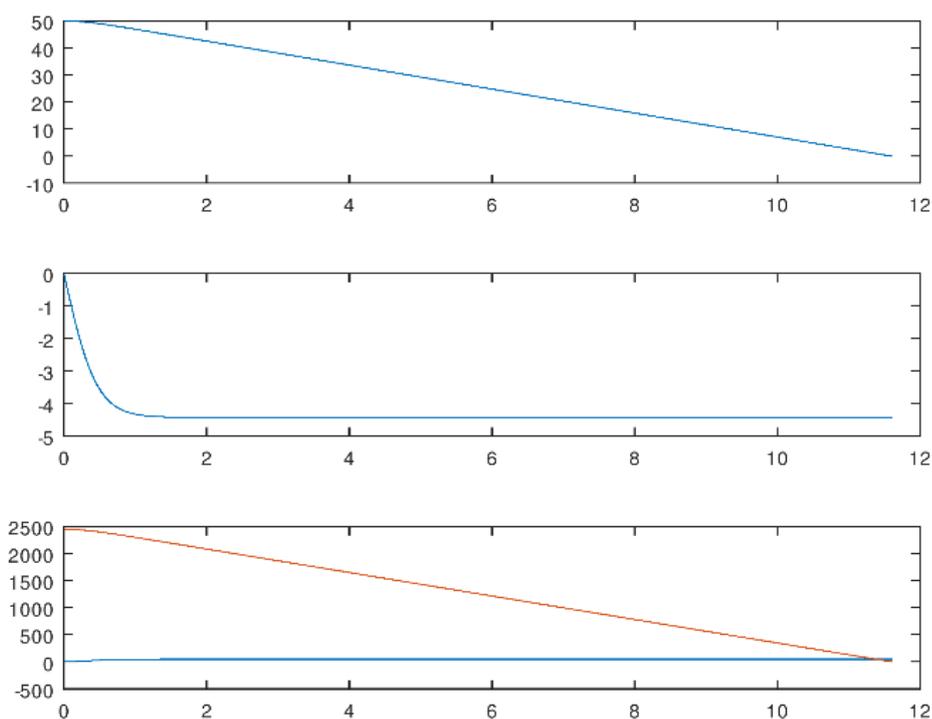
```
m=5
h(1)=50;
v(1)=0;
a(1)=-9.8;
t(1)=0;
dt=0.001;
i=0;
bm=0.5;
Ec(1)=0
Ep(1)=m*9.8*50
while h(i+1)>0
    i=i+1;
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    a(i+1)=-9.8+bm*v(i+1)^2;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    Ec(i+1)=1/2*m*v(i+1)^2;
    Ep(i+1)=m*9.8*h(i+1);
end

subplot(3,1,1);
plot(t,h);
subplot(3,1,2);
plot(t,v);
subplot(3,1,3);
plot(t,Ec,t,Ep);
```

Os programas desenvolvidos nesta sessão, apresentam, nalguns casos, pequenos erros de cálculo, que não comprometem o objectivo. Realço que cada um fez uma representação gráfica particular das várias grandezas calculadas, reflectindo a autonomia de grande parte dos alunos na realização do seu programa, bem como o entendimento do trabalho que estavam a

fazer. É de referir que recolhi os apontamentos que foram tomando ao longo desta sessão (anexo 1.1), o que me permitiu, nalguns casos, observar o nível de entendimento que cada um tinha do problema, assim como, do nível de interesse com que seguiram a sessão. No programa apresentado acima, podemos ver que a diferença fundamental em relação ao da sessão anterior, prende-se com o facto da aceleração ser neste caso variável com o tempo, o que faz com que seja, também ela, recalculada dentro do ciclo, para cada instante. Note-se que neste programa é utilizada mais uma função pré-definida do OCTAVE (subplot) que permite localizar cada gráfico na mesma figura.

Figura 3.2. Gráficos obtidos pelo Nuno na 5ª sessão do 10.º ano, correspondentes à queda de um corpo com resistência do ar significativa. No primeiro está representada a posição em função do tempo, no segundo a velocidade e no terceiro as energias cinética (a azul) e potencial (a vermelho).



Do ponto de vista da evolução individual de cada aluno, vou-me basear no quadro que apresento no apêndice 6, no qual junto várias fontes, como disse atrás, e faço a descrição de desempenho de cada aluno ao longo das sessões. De forma a que o leitor entenda a forma como está construído o quadro do anexo 6, apresento a seguir duas partes desse quadro, uma correspondente à Luísa e o outro correspondente ao Luís (quadro 3.4 e quadro 3.5). Note-se que este quadro contém a informação conjunta de todas as sessões (10.º ano e 11.º ano).

Aluno	Sessão	Conteúdos/Objectivos	Programação	Desempenho
Luísa	10.º - S1	Seminário de apresentação	Não houve	Aluna reservada, não se mostra muito interessada em participar. Responde bem quando questionada. Mostra alguma curiosidade pelo projecto.
	10.º - S2	Estruturas de programação; exemplos. Equação do 2.ª grau	Reproduz correctamente o que é feito	Mostra bastante autonomia, denotando um aumento de interesse. Responde bem quando é questionada. Ajuda os colegas com maiores dificuldades na realização dos programas.
	10.º - S3	Construção de um gráfico de uma função quadrática	Reproduz correctamente o que é feito	Também nesta sessão mostra bastante autonomia, e satisfação com o resultado obtido. Aumenta um pouco a sua participação, levantando questões relativamente à função quadrática.
	10.º - S4	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda livre. Adaptação do programa para cálculo e representação das energias cinética e potencial.	Faz um programa que permite visualizar separadamente os gráficos da altura e da velocidade (mudando a variável no PLOT).	A aluna continua a mostrar grande autonomia e capacidade de resolver os problemas dos colegas. Não consegue fazer o cálculo das energias durante a queda, aparentemente por falta de tempo.
	10.º - S5	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e variação da energia mecânica (em função do tempo) de um corpo em queda com resistência do ar significativa.	Faz um programa que permite visualizar os gráficos das energias cinética e potencial (cada uma em seu gráfico) na mesma figura (usando o SUBPLOT)	Nesta sessão a aluna consegue por si chegar à solução do problema, no entanto, não consegue calcular a variação da energia mecânica (indicou-me no final da aula de que forma faria). Os apontamentos são simples, tendo a aluna realçado a expressão para o cálculo da aceleração. Aluna reservada, mas deixando transparecer interesse pelo trabalho. Manifesta alguma insatisfação por não ter conseguido terminar.
	11.º - S1	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda, inicialmente livre, e que a partir de determinada altura passa a ter resistência do ar significativa.	Faz um programa que calcula correctamente a altura e a velocidade durante a queda, mas troca os eixos no gráfico.	Na questão inicial é muito sucinta, realçando a relação entre as grandezas Físicas. Trabalha em conjunto com o Bruno, mostrando bastante autonomia (o grupo), continua a mostrar entusiasmo no projecto. É a única que utiliza a estrutura de comparação exclusivamente para o cálculo da aceleração. Boa participação. Nos seus apontamentos, mostra um bom entendimento do problema Físico que pretende abordar.
	11.º - S2	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um pára-quadista.	Faz um programa para representar graficamente a velocidade de queda do pára-quadista. O programa não corre.	Faz autonomamente o programa, no entanto, a má escolha do intervalo de tempo conduziu a um loop infinito o que dificultou a correcção do erro. Mostrou alguma insatisfação pelo facto de eu não lhe ter resolvido o problema. Os apontamentos reflectem um esquema correcto de resolução do problema.
	11.º - S3	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e o trabalho das forças não conservativas (em função do tempo) de um pára-quadista	Faz um programa que representa graficamente as energias cinética, potencial e mecânica, bem como o trabalho das forças não conservativas.	Programa exemplar onde calcula o trabalho das forças não conservativas a partir da variação da energia mecânica. Ótima utilização das funções associadas ao PLOT, com uma pequena falha no LEGEND. Os apontamentos produzidos referem-se à questão do cálculo do trabalho das forças não conservativas.
	Análise global	Aprende bem as bases de programação, superando as expectativas. Bastante segura na programação.	Não mostrando inicialmente grande interesse, este acaba por surgir. Ganha uma grande autonomia, na resolução de problemas a partir da programação e mostra um aprofundamento relativamente aos conceitos, assim como às relações entre eles.	

Quadro 3.4. Parte do quadro geral do apêndice 6, correspondente à análise de desempenho da Luísa ao longo das sessões do 10.º ano e do 11.º ano. A segunda coluna indica a sessão (e o ano); a terceira indica os conteúdos e objectivos dessa sessão; a quarta indica a análise que fiz do programa que o aluno realizou nessa sessão; a quinta indica a análise que fiz do desempenho do aluno durante a sessão, incluindo a análise dos apontamentos produzidos.

Aluno	Sessão	Conteúdos/Objectivos	Programação	Desempenho
Luís	10.º - S1	Seminário de apresentação	Não houve	Aluno reservado, mas que tenta participar. Põe algumas questões, mostra algum entusiasmo e curiosidade relativamente ao projecto.
	10.º - S2	Estruturas de programação; exemplos. Equação do 2.ª grau	Reproduz correctamente o que é feito	Mostra pouca autonomia, procurando, no entanto, participar. Mostra algumas dificuldades na reprodução. Manifesta satisfação com o resultado obtido.
	10.º - S3	Construção de um gráfico de uma função quadrática	Reproduz correctamente o que é feito	Mantêm-se as observações feitas na aula anterior. Mostra satisfação com o gráfico.
	10.º - S4	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda livre. Adaptação do programa para cálculo e representação das energias cinética e potencial.	Faz um programa que permite visualizar separadamente os gráficos da altura e da velocidade (mudando a variável no PLOT). Esquece-se de inibir a escrita das variáveis na janela de comandos dentro do ciclo.	Mostra mais autonomia, no entanto, continua a depender da ajuda dos colegas. Não é muito consistente uma vez que inibe a escrita das variáveis fora do ciclo. Não consegue fazer o cálculo das energias durante a queda. Mostra-se um pouco perdido durante esta sessão.
	10.º - S5	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e variação da energia mecânica (em função do tempo) de um corpo em queda com resistência do ar significativa.	Faz um programa que permite visualizar os gráficos da altura e da velocidade na mesma figura (usando o SUBPLOT). Persiste a situação do programa anterior.	Mantêm-se os níveis de autonomia e consistência da sessão anterior. Também neste trabalho não consegue calcular as energias (sendo que neste caso apenas três alunos não conseguiram). Os apontamentos são pouco consistentes.
	11.º - S1	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda, inicialmente livre, e que a partir de determinada altura passa a ter resistência do ar significativa.	Não consegue realizar o trabalho.	Na questão inicial fala dos desenvolvimentos em programação e na sua ligação à Física, realçando a relação entre as grandezas Físicas que se obtém a partir dos gráficos construídos. Mantem-se a falta de autonomia. Não consegue terminar o programa. Apontamentos pouco consistentes, e pobres.
	11.º - S2	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um pára-quadras.	Faltou	Faltou
	11.º - S3	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e o trabalho das forças não conservativas (em função do tempo) de um pára-quadras.	Não consegue realizar o trabalho.	Continua com muito pouca autonomia. O programa não está bem construído, revelando inconsistências algorítmicas. O aluno mostrou-se interessado durante a aula. Os apontamentos que tirou são consistentes.
		Análise global	Não consegue adquirir as bases de programação de forma sólida, conseguindo, no entanto, realizar as tarefas com apoio.	O nível de autonomia é baixo, apesar do empenho. A intervenção não parece ter efeitos significativos na aprendizagem da Física.

Quadro 3.5. Parte do quadro geral do apêndice 6, correspondente à análise de desempenho do Luís ao longo das sessões do 10.º ano e do 11.º ano. A segunda coluna indica a sessão (e o ano); a terceira indica os conteúdos e objectivos dessa sessão; a quarta indica a análise que fiz do programa que o aluno realizou nessa sessão; a quinta indica a análise que fiz do desempenho do aluno durante a sessão, incluindo a análise dos apontamentos produzidos.

Passo então agora a descrever a síntese da análise que fiz para cada aluno da turma, das sessões do 10.º ano:

Ana – A aluna não demonstra muito entusiasmo ao longo das sessões, melhorando um pouco no final. Mostra pouca autonomia, sendo frequentemente auxiliada pelos colegas. Consegue, no entanto, desenvolver de forma correcta os programas, parecendo ganhar alguma consistência nos trabalhos que vai fazendo. Não mostra entender de forma integrada os diferentes conceitos da Mecânica.

Bruno – Aluno inicialmente muito reservado, mas com alguma autonomia. Alguma falta de segurança que se revela ao longo das sessões, retira-lhe autonomia e parece inibir uma boa integração de conceitos. Mostra-se interessado ao longo de todas as sessões, adquirindo competências de programação e de Física.

Luísa – Inicialmente com pouco entusiasmo e autonomia, esta aluna vai aumentando os seus níveis de participação e autonomia, adquirindo boas capacidades de programação e desenvolvendo competências na Física. Desenvolve de forma particularmente boa os vários programas, funcionando ao longo das sessões, como tutora de alguns dos colegas. Mostra integrar correctamente os conceitos da Mecânica.

Luís – Este aluno, apesar de reservado, mostra entusiasmo e vontade de participar. Não consegue adquirir um nível de autonomia suficiente ao longo das sessões, o que o coloca na posição de tutorado pelos colegas e por mim. Consegue desenvolver alguma competência de programação e não mostra particular entendimento dos conceitos da Física.

Pedro – Demonstra interesse em participar, no entanto é muito pouco consistente. É um dos alunos com um nível mais baixo de autonomia, apesar de se notarem diferenças ao longo das sessões (melhorando um pouco). Não mostra ter adquirido competências significativas quer na programação, quer na Física, notando-se, no entanto, uma pequena evolução.

Sérgio – Aluno participativo que mostra curiosidade relativamente à Física e à programação. Demonstra de início boa autonomia, que vai aumentando com o desenrolar das sessões. Apesar de se mostrar um pouco individualista, não se assumindo muito como tutor dos colegas, mantém uma interacção com o Carlos durante a realização dos programas. Ultrapassa bem as dificuldades apresentadas pela programação, adquirindo boas competências que o levam a desenvolver bem e de forma original os programas propostos em cada sessão. Mostra um bom entendimento dos conceitos da Física, conseguindo integrá-los.

João – Aluno extrovertido com vontade de participar. A sua participação nem sempre é sustentada, divergindo por vezes do assunto em análise. Nas primeiras sessões mostra alguma autonomia, que se perde nas últimas. O aluno parece perceber bem os assuntos, no entanto, a partir da terceira sessão começa a adoptar uma postura distante que parece ser responsável pela má prestação que tem nas duas últimas sessões. Não

consegue desenvolver os programas dessas sessões. Não mostra ter adquirido competências de programação, tal como não mostra evolução nos conhecimentos da Física.

Lucas – Aluno muito reservado, sempre muito próximo do António, que, inicialmente participa pouco. O seu nível de autonomia começa por ser baixo e aumenta significativamente ao longo das sessões. Este aumento poderá estar relacionado com o facto de ter, durante as primeiras sessões, a função de tutor do António. Adquire boas competências de programação e mostra profundidade no entendimento dos conceitos da Física, conseguindo integrar os conceitos da Mecânica.

António – Muito reservado, não consegue adquirir autonomia no desenvolvimento dos projectos, é tutorado pelo Lucas, o que lhe permite terminar os programas. Foi o único aluno que não completou as cinco sessões. O aluno não mostra entusiasmo ao longo das sessões, acabando por não participar na última. Do ponto de vista da programação, o aluno não demonstra ter adquirido competências significativas. Do ponto de vista dos conceitos da Física não consegui observar qualquer evolução.

Miguel – Tal como o Sérgio, este aluno é participativo, mostrando curiosidade relativamente à Física e à programação. Mostra boa autonomia desde o início, com um ligeiro aumento ao longo das sessões. Mantém uma postura entusiasmada durante as sessões, assumindo sempre uma boa participação. Consegue ajudar os colegas com maiores dificuldades durante as sessões, assumindo um papel de tutor. Demonstra ter desenvolvido boas competências de programação, conseguindo desenvolver bem os programas de cada sessão. Do ponto de vista da Física, parece ter conseguido integrar bem os conceitos da Mecânica.

Carlos – Este é mais um caso de aluno participativo e curioso que mostra desde o início ter autonomia. Na realização dos programas tem o Sérgio como fonte de discussão, mantendo com ele um diálogo interactivo, apesar de o Sérgio ser mais fechado. Nas sucessivas sessões mostra um aumento de autonomia, assumindo também a função de tutor relativamente aos colegas com maiores dificuldades. Desenvolve bem os programas propostos durante as sessões, mostrando ter adquirido competências de programação significativas. Demonstra profundidade no entendimento da Física, mostrando integrar os conceitos da Mecânica.

Nuno – Tratando-se também de um aluno muito participativo e autónomo, podemos dizer que terá sido aquele que atingiu o nível de autonomia mais elevado do grupo.

Sempre pronto a ajudar os colegas com mais dificuldades, assumiu a função de tutor com um nível crescente que acompanhou a evolução das suas competências de programação. Conseguiu desenvolver os programas propostos sempre a um nível superior aos colegas, tendo sido o único que na quarta sessão consegue desenvolver um programa para calcular e representar graficamente as energias cinética e potencial. Demonstrou uma compreensão significativa da Física, integrando bem os conceitos da Mecânica.

No final destas sessões, os alunos mostraram-se, de forma geral, satisfeitos e com vontade de continuar. Ficou assim agendado que teríamos novo contacto no ano seguinte. Analisando as sessões no seu conjunto, e individualmente, podemos observar, por um lado, que os alunos ganharam competências de programação, quer ao nível da linguagem, quer ao nível do pensamento algorítmico, e por outro, que os níveis de autonomia melhoraram e que as acções de tutoria que alguns dos alunos experimentaram, ao ensinar os que tinham maiores dificuldades, parecem ter melhorado a percepção dos conceitos da Física. Realço ainda que, de uma forma geral, os alunos perceberam a ligação entre os conceitos da Mecânica, associando as energias cinética e potencial com a velocidade e com as forças envolvidas. O facto de no próximo ano estes alunos começarem a aprender Cinemática e Dinâmica, abriu a perspectiva de continuar o trabalho no sentido de promover essa integração dos conceitos da Física.

3.3.2. Sessões do 11.º ano

As sessões do 11.º ano foram precedidas por uma reunião, com a professora da turma, na qual apresentei a proposta de projecto a desenvolver com os alunos. Acordámos em realizar três sessões de 100 minutos para desenvolver um programa que permitisse descrever a evolução das grandezas Mecânicas durante a queda de um pára-quedista, uma vez que este assunto seria abordado nesse ano do ponto de vista da Dinâmica. Note-se que abordagem desse problema nas aulas é qualitativa, limitando-se a professora a descrever a evolução da velocidade ao longo da queda (introduzindo a noção de velocidade terminal).

O projecto consistia em conduzir os alunos na elaboração de um programa que calculasse e representasse graficamente a altura, a velocidade, a energia potencial, a energia cinética e o trabalho das forças não conservativas na queda de um pára-quedista de uma altura de 3000m, abrindo o pára-quedas quando a sua altura fosse de 1000m. Como modelo Físico considerámos que a força correspondente à resistência do ar é dada pela expressão:

$$F_{AR} = b \cdot v^2$$

onde o factor de proporcionalidade, b , depende da forma do corpo em queda, da densidade do ar e da área ocupada pelo corpo, no plano perpendicular à velocidade. Como ponto de partida, os alunos pegariam no último programa desenvolvido no ano anterior, adaptando-o ao problema em estudo.

Vou agora seguir o mesmo esquema de análise utilizado nas sessões do 10.º ano, pelo que, começo por fazer uma descrição e análise de cada uma das sessões realizadas durante o 11.º ano, e depois, analisarei individualmente a evolução de cada aluno. Também neste caso, esta análise procura expor os pontos mais relevantes da análise mais exaustiva que é apresentada no apêndice 6.

Na primeira sessão comecei por pedir aos alunos que, em dez minutos, escrevessem numa folha o que recordavam das sessões do ano anterior (as respostas encontram-se digitalizadas no Anexo 1.2). As respostas foram muito variadas, emergindo do seu todo as categorias: integração de conceitos da Física; entendimento da Física; estruturas de programação; pensamento computacional. Algumas respostas não foram consistentes (o António não esteve presente nesta sessão). Após entregarem a folha, fiz uma pequena revisão das estruturas de programação, bem como dos conceitos fundamentais da Dinâmica, na qual os alunos participaram de uma forma geral. Posto isto, apresentei o projecto aos alunos, fazendo um pequeno enquadramento teórico do problema (que descrevo em pormenor na sexta sessão do apêndice 5). Como teste, para poderem adaptar o programa desenvolvido no ano anterior, pedi-lhes para considerarem que o corpo em queda era a mesma esfera considerada no ano anterior, largada inicialmente de 500 metros que durante os primeiros 250 metros cai em queda livre, ficando depois disso sujeita a uma resistência do ar significativa. Os alunos recuperaram então os programas do ano anterior e tentaram adaptá-lo. Dado que o tempo era pouco, apenas cinco alunos conseguiram terminar o programa, o que poderá ter constituído um factor de desmotivação para os que não conseguiram. Os programas desenvolvidos pelos alunos nesta sessão encontram-se no apêndice 4 (dois dos alunos que conseguiram não enviaram o código). Resta referir que nos apontamentos tomados pelos alunos durante a sessão, e que eu recolhi, são de uma forma geral pobres (os alunos tiveram pouco tempo), com excepção de casos particulares que discuto à frente na análise individualizada das sessões. Com o programa desenvolvido, os alunos conseguiram visualizar os gráficos, em função do tempo, da posição e da velocidade da esfera durante a queda (figura 3.3). Apresento a seguir o programa desenvolvido pelo Sérgio, correspondente à figura escolhida:

Programa realizado pelo Sérgio:

```
clc
clear

a(1)=-9.8;
i=1;
h(1)=500;
v(1)=0;
t(1)=0;
dt=0.001;
g=9.8;
Bm=0;
m=1;

while h(i)>250;
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    a(i+1)=-g+Bm*v(i+1)^2;
    i=i+1;
end

while h(i)<250 && h(i)>0;
    Bm=0.5;
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    a(i+1)=-g+Bm*v(i+1)^2;
    i=i+1;
end

subplot(2,1,1);
plot(t,h);
```

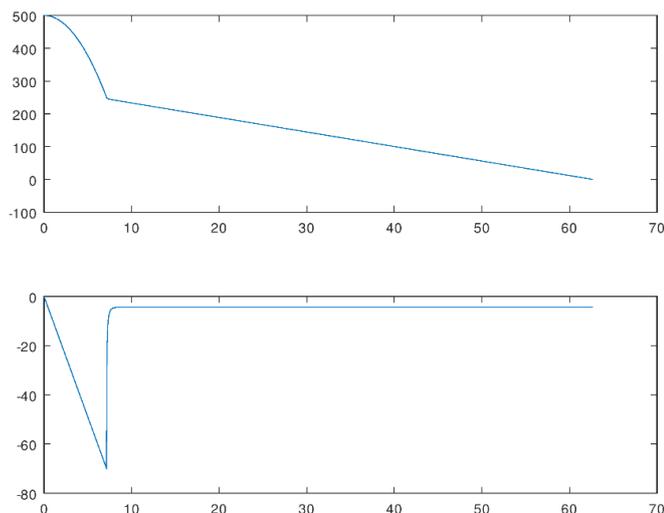
```
subplot(2,1,2);
```

```
plot(t,v);
```

```
***
```

Realço neste programa que o Sérgio considerou que o modelo Físico é o mesmo, quer exista ou não resistência do ar significativa. De facto, ele utiliza exactamente as mesmas equações para determinação da aceleração ao longo da queda da esfera, considerando apenas que nos primeiros 250 metros, o factor de proporcionalidade da força relativamente ao quadrado da velocidade é nulo, ou seja, considera que o facto de ser desprezável o efeito da força de resistência do ar não impede que ela exista com valor nulo nos cálculos. Todos os outros consideraram, também correctamente, que nos primeiros 250 metros a única força responsável pelo movimento era o peso. Realço também nesta sessão, que os alunos optaram por estruturas de programação diferentes para distinguir as duas situações de movimento. Enquanto que o Sérgio, como se pode ver acima, utiliza dois ciclos para calcular as grandezas nas duas situações, a Luísa e o Bruno, utilizam apenas um ciclo, introduzindo dentro deste uma estrutura de comparação para diferenciar a expressão utilizada no cálculo da aceleração nas duas situações (como se pode ver na 6ª sessão do apêndice 4).

Figura 3.3. Gráficos produzidos pelo programa do Sérgio, relativo à queda de um corpo de uma altura de 500 metros, em que nos primeiros 250 metros a resistência do ar é desprezável e a partir dessa altura passa a ser significativa. O gráfico de cima representa a posição em função do tempo e o de baixo a velocidade.



Como referi anteriormente, a segunda sessão do 11.º ano foi precedida por uma ficha de preparação da sessão (cujas respostas estão digitalizadas no anexo 1.3), discutida com a professora da turma e com o meu orientador e co-orientador. Nesta ficha pretendia, por um lado, que os alunos entendessem melhor o projecto apresentado na primeira sessão, fazendo uma descrição do movimento do pára-quedista, por outro, queria observar o nível de entendimento dos conceitos fundamentais da Física, bem como a capacidade de estruturação da resolução do problema. Apesar de ter sido discutida, como disse acima, verifiquei, das respostas dadas pelos alunos, que esta ficha apresentava perguntas que não eram claras para os alunos. Considero, no entanto, que esta fonte contém informação relevante para a investigação. A análise que fiz das respostas, bem como o modelo da ficha, encontra-se no apêndice 7, e apresento aqui apenas as linhas de reflexão que me parecem mais relevantes. Relativamente aos conceitos da Física, os alunos, em geral, apresentam um nível de conhecimento bom, notando-se alguma dificuldade nas questões onde pedia para relacionar a resultante das forças com a velocidade de queda, o que pode estar relacionado com alguma formatação que têm relativamente às expressões que vão adquirindo ao longo da escolaridade. Apresento à frente, na análise individual de cada aluno, a discussão das respostas particulares. Apesar de ainda ser observável, o nível de senso comum parece ser menor. Outra observação que me parece importante é a de que, de uma forma geral, os alunos parecem ter adquirido ferramentas de estruturação do raciocínio para resolução de problemas de Física.

Passando agora à descrição e análise da segunda sessão do 11.º ano, começo por chamar à atenção de dois factores que podem ser relevantes. O primeiro diz respeito aos participantes na sessão, uma vez que quatro alunos faltaram, e que por outro lado a sessão teve a presença de um aluno (Frederico) de outra turma que se quis juntar ao projecto. O segundo factor prende-se com o facto de que esta sessão se realizou com um afastamento temporal de mais de dois meses da anterior. Posto isto, comecei a sessão por discutir com os alunos a ficha de preparação, revendo as características do modelo Físico associado ao movimento do pára-quedista, e salientando que a aproximação na qual a resistência do ar é desprezável antes da abertura do pára-quedas não é realista e que antes e depois a resistência do ar é significativa, diferindo apenas no valor do coeficiente de proporcionalidade entre a força e o quadrado da velocidade. Concluimos que a expressão geral da resultante das forças seria dada por:

$$F_R = -m \cdot g + b \cdot v^2$$

Consequentemente a aceleração em qualquer dos casos seria dada por

$$a = -g + \frac{b}{m}v^2$$

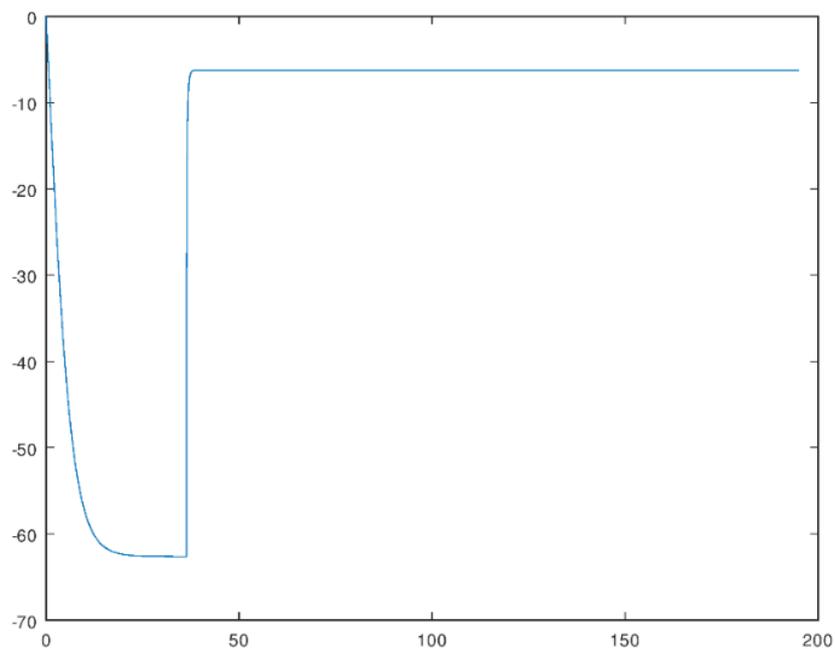
diferindo apenas o valor de b para alturas superiores a 1000m e para alturas inferiores a essa. Pedi aos alunos que, antes de começarem a fazer o programa para calcular e representar graficamente a velocidade ao longo do tempo, tentassem escrever um algoritmo para a sua realização. Verifiquei que poucos conseguiram elaborá-lo, pelo que faltando pouco tempo, propus um algoritmo de resolução (que apresento na descrição feita da 7ª sessão do apêndice 5). A partir daqui, com base no programa elaborado na sessão anterior, os alunos começaram com bastante autonomia a elaborar o programa para cálculo da velocidade de queda do paraquedista ao longo do tempo. Dos presentes, apenas um aluno não conseguiu desenvolver um código consistente, apesar de que a maioria dos que conseguiram terem feito uma escolha incorrecta do intervalo de tempo de iteração, impedindo que o programa fosse executável (os programas enviados encontram-se na 7ª sessão do apêndice 4). Como resultado dos programas, os alunos obtiveram um gráfico no qual podem observar a variação da velocidade com o tempo, durante a queda do para-quedista (figura 3.4). Apresento a seguir o programa elaborado pelo Lucas, correspondente à figura apresentada.

Programa realizado pelo Lucas:

```
clc
clear all
v(1)=0;
h(1)=3000;
t(1)=0;
i=1;
b1=0.25;
b2=25;
dt=0.01;
m=100;
g=-9.8;
a(1)=g;
while h(i)>0
if h(i)>=1000
```

```
v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;  
h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
a(i+1)=g+b1/m*(v(i+1))^2;  
t(i+1)=t(i)+dt;  
i=i+1;  
else  
v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;  
h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
a(i+1)=g+b2/m*(v(i+1))^2;  
t(i+1)=t(i)+dt;  
i=i+1;  
end  
end  
plot(t,v)
```

Figura 3.4. Gráfico resultante do programa enviado pelo Lucas, que representa a velocidade em função do tempo, de um pára-quadista que salta de uma altura de 3000 metros e que abre o pára-quedas quando se encontra a 1000 metros do solo.



No que diz respeito aos casos em que o programa não era executável, não houve tempo para explicar que, apesar de utilizarem um valor pequeno do intervalo de tempo, a aceleração a que o corpo fica sujeito no momento da abertura do para-quedas (que tem sinal contrário à velocidade) assume um valor muito elevado, conduzindo, numericamente, a uma situação irrealista em que o corpo começa a subir. A participação dos alunos foi, de forma geral boa, quer do ponto de vista da discussão Física do problema, quer da elaboração do algoritmo. Os apontamentos que recolhi, elaborados pelos alunos durante a sessão (anexo 1.1: 11.º ano (1ª sessão)), são nalguns casos pobres (o caso mais extremo é o do Pedro, que se limita a escrever três linhas), no entanto, noutros, mostram boas capacidades de esquematizar o problema, bem como a sua resolução (como por exemplo o caso do Nuno que faz por ele um algoritmo muito consistente antes do meu).

Na última sessão, faltou apenas o António, e o Frederico esteve outra vez presente. Comecei por explicar a razão pela qual alguns dos programas feitos na aula anterior davam problemas de execução. Assim, expliquei que o erro associado à utilização do método de Euler não depende apenas do intervalo de tempo utilizado, mas também do factor que o multiplica nas equações. Os alunos que tinham vindo à sessão anterior conseguiram corrigir os programas e os restantes receberam, como ponto de partida o programa desenvolvido anteriormente (enviado pelos colegas que tinham feito). Após este começo, discuti com eles os conceitos de energia que haviam dado no ano anterior. Os alunos participaram activamente, conduzindo-os às expressões das energias cinética e potencial, à expressão do trabalho de uma força constante (na direcção do deslocamento) e ao trabalho das forças não conservativas:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E_p = mgh$$

$$W_F = F\Delta x$$

$$W_{Fnc} = \Delta E_m$$

A partir daqui, propus que terminassem o projecto, ou seja que fizessem um programa para calcular e representar graficamente as energias potencial e cinética, assim como o trabalho das forças não conservativas. Deixei que trabalhassem sem a minha ajuda de forma a poder observar, nesta sessão final, as suas capacidades. Os alunos trabalharam, em grande parte com bastante autonomia, não deixando de interagir uns com os outros. Apenas três alunos não conseguiram terminar o programa. Dos programas entregues, é interessante notar os alunos utilizam duas abordagens diferentes para o cálculo do trabalho das forças não conservativas (os

programas encontram-se no apêndice 4). Na primeira calculam a partir da variação da energia mecânica, somando as variações em cada iteração, enquanto que na segunda, somam o trabalho da força de resistência do ar (calculado a partir da definição de trabalho) para cada iteração. Em qualquer um dos casos, é interessante notar que os alunos estão a integrar as expressões do trabalho, ficando assim com este conceito (o de integral) implicitamente assente na sua base cognitiva. É de notar ainda o caso de dois alunos que tentam calcular o trabalho da resultante das forças, mas sem consegui-lo. O grau de satisfação dos alunos no final desta sessão era bastante elevado. No que diz respeito aos apontamentos que tiraram durante a sessão, e que eu recolhi, são de forma geral muito sintéticos, pelo que não encontro nada significativo (do ponto de vista da turma) que contribua para esta análise. O programa realizado pelos alunos, nas situações em que tinha sido bem sucedido, retornava uma figura na qual ficavam representadas ao longo do tempo, no mesmo gráfico, a energia cinética, a energia potencial, a energia mecânica e o trabalho das forças conservativas, durante a queda do para-quedista. Na figura 3.5, apresento a que se obtém com o programa desenvolvido pela Luísa. Note-se que relativamente ao programa original que a Luísa me enviou, acrescentei duas instruções de forma a que a legenda identifique a energia mecânica e também de forma a que fique localizada a meio e à direita (alterei a linha 35 para «`legend('Ec','Ep','Wfnc','Em','location','east')`»). Apresento a seguir o programa realizado pela Luísa, com a modificação feita por mim para produzir a figura 3.5, bem como a parte do programa do Lucas no qual calcula o trabalho das forças não conservativas a partir da definição de trabalho:

Programa realizado pela Luísa (com duas modificações no comando «`legend`»):

```
clc
```

```
clear all
```

```
h(1)=3000;
```

```
v(1)=0;
```

```
a(1)=-9.8;
```

```
t(1)=0;
```

```
g=9.8;
```

```
m=100;
```

```
b1=0.25;
```

```
b2=25.0;
dt=0.01;
Ec(1)=0;
Ep(1)=m*g*h(1);
Em(1)=Ec(1)+Ep(1);
Wfnc(1)=0;
i=1;
while h(i)>0
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    Ec(i+1)=(1/2)*m*(v(i+1))^2;
    Ep(i+1)=m*g*h(i+1);
    Em(i+1)=Ec(i+1)+Ep(i+1);
    Wfnc(i+1)=Wfnc(i)+Em(i+1)-Em(i);
    if h(i)>1000
        a(i+1)=-g+(b1/m)*(v(i+1))^2;
    else
        a(i+1)=-g+(b2/m)*(v(i+1))^2;
    end
    i=i+1;
end

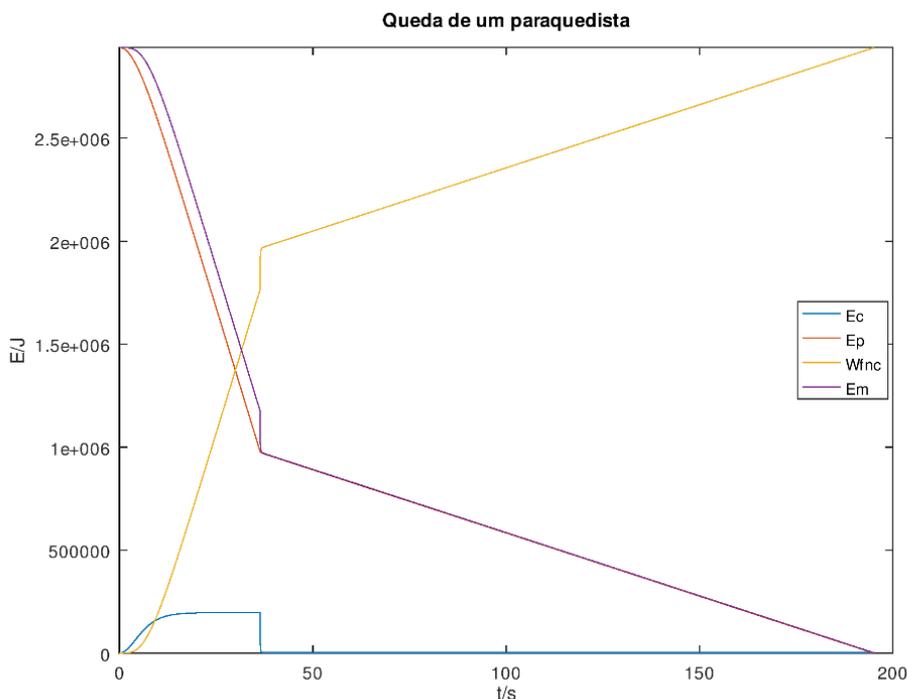
plot(t,Ec,t,Ep,t,-Wfnc,t,Em)
legend('Ec','Ep','Wfnc')
axis([0 200 0 m*g*h(1)])
title 'Queda de um paraquedista'
xlabel 't/s'
ylabel 'E/J'
```

Excerto do programa realizado pelo Lucas, correspondente ao cálculo do trabalho das forças não conservativas (página seguinte):

```
v(1)=0;
```

```
h(1)=3000;
t(1)=0;
i=1;
b1=0.25;
b2=25;
dt=0.01;
m=100;
g=-9.8;
a(1)=g;
Wf(1)=0;
while h(i)>0
if h(i)>=1000
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    a(i+1)=g+b1/m*(v(i+1))^2;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    Ec(i+1)=1/2*m*(v(i+1))^2;
    Ep(i+1)=m*(-g)*h(i+1);
    Wf(i+1)=Wf(i)+(b1*((v(i+1))^2))*(-h(i)+h(i+1));
    i=i+1;
else
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    a(i+1)=g+b2/m*(v(i+1))^2;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    Ec(i+1)=1/2*m*(v(i+1))^2;
    Ep(i+1)=m*(-g)*h(i+1);
    Wf(i+1)=Wf(i)+(b2*((v(i+1))^2))*(-h(i)+h(i+1));
    i=i+1;
end
end
```

Figura 3.5. Aspecto da figura gerada pelos alunos na última sessão do 11.º ano, obtida a partir do programa desenvolvido pela Luísa. Neste gráfico estão representados: a energia cinética, a energia potencial, a energia mecânica e o trabalho das forças não conservativas (a legenda incluída no gráfico, indica as cores correspondentes a cada uma das grandezas representadas)



Do ponto de vista da evolução individual de cada aluno, da mesma forma que fiz para o 10.º ano, vou-me basear no quadro que apresento no apêndice 6, no qual junto as várias fontes utilizadas na análise e faço a descrição de desempenho de cada aluno ao longo das sessões.

Ana – Relativamente ao que reteve do ano anterior, realçou as relações entre grandezas Físicas e os gráficos. Mostra pouco interesse ao longo das sessões tendo faltado a uma delas de forma voluntária. A sua falta de autonomia parece ter aumentado nestas sessões (relativamente às do ano anterior), não adquirindo bases sólidas de programação. Não consegue fazer o primeiro trabalho, tendo conseguido fazer o último com forte apoio dos colegas. Na ficha de preparação para a segunda sessão é pouco consistente, mostrando um fraco conhecimento dos conceitos da Física bem como uma fraca estruturação da resolução do problema proposto.

Bruno – Relativamente ao que reteve do ano anterior, demonstra satisfação com o trabalho do ano anterior, realçando a possibilidade de poder comunicar com o computador e a compreensão da Física a partir dos programas. Aluno reservado que

demonstra interesse ao longo das sessões, o seu nível de autonomia aumenta significativamente, talvez relacionado com a função de tutor que assume com o Frederico. Aprende bem as bases de programação, demonstrando ao longo das sessões um aumento de criatividade. Consegue desenvolver todos os programas (das três sessões). Na ficha de preparação para a segunda sessão, mostra capacidades de estruturação da resolução de problemas.

Luísa – Relativamente ao que reteve do ano anterior, é muito sucinta na resposta, realçando apenas a relação entre as grandezas Físicas. Apesar de manter uma postura reservada ao longo das sessões, adquire uma maior autonomia, na resolução de problemas a partir da programação e mostra um aprofundamento relativamente aos conceitos, assim como às relações entre eles. Assume frequentemente a função de tutora dos alunos com maiores dificuldades. É original na construção dos programas que desenvolve. Na ficha de preparação para a segunda sessão, mostra entender o problema e apresenta uma estrutura correcta de resolução do problema.

Luís – Relativamente ao que reteve do ano anterior, refere os desenvolvimentos em programação e na sua ligação à Física, realçando a relação entre as grandezas Físicas que se obtêm a partir dos gráficos construídos. Este aluno continua com um nível de autonomia muito baixo, que se alia nestas sessões a um aparente desinteresse associado ao facto de ter faltado de forma voluntária à segunda sessão. Esteve sempre muito dependente da ajuda dos colegas, não conseguindo adquirir as bases de programação de forma sólida (não conseguiu desenvolver de forma correcta nenhum dos programas). Na ficha de preparação para a segunda sessão é muito incoerente, não reflectindo nem a compreensão do problema, nem uma estruturação coerente de resolução do problema. Não demonstra entender bem os conceitos da Física.

Pedro – Relativamente ao que reteve do ano anterior, este aluno não consegue traduzir nada de concreto relativamente à aprendizagem, mas não mostra falta de vontade de aprender. O nível de autonomia é muito baixo, apesar de expressar um grande interesse pelas sessões. Mesmo com a ajuda dos colegas (ou minha), tem muita dificuldade em realizar os programas, conseguindo apenas completar o programa correspondente à segunda sessão. Não consegue adquirir as bases de programação. Na ficha de preparação para a segunda sessão é muito incoerente mostrando dificuldades no entendimento dos conceitos da Física.

Sérgio – Relativamente ao que reteve do ano anterior, o aluno tenta expor algumas funcionalidades da programação, escrevendo um programa que calcula todos os quadrados dos inteiros de 1 a 44 (não faz qualquer alusão à Física). Este aluno mantém ao longo das sessões uma grande autonomia, privilegiando uma abordagem Matemática na resolução dos problemas, em detrimento da Física, o que acaba por inibir uma melhor integração de conceitos (como se percebe no último programa realizado). Aprende bem as bases de programação, demonstrando ao longo das sessões um aumento de criatividade. Na ficha de preparação para a segunda sessão mostra entender os conceitos, no entanto, apesar de estruturar bem a resolução, tenta expressar as condições de alteração de movimento em função da velocidade terminal.

João – Relativamente ao que reteve do ano anterior, o aluno não é muito consistente na sua resposta, referindo resultados a que não tínhamos chegado. Este terá sido o aluno com mais baixa prestação durante as sessões. Apesar de mostrar capacidades, demonstra um grande desinteresse pela actividade, não tendo por vezes um comportamento adequado (como descrevo no apêndice 6). Tem uma grande falta de autonomia, não conseguindo terminar nenhum dos programas propostos ao longo das três sessões. Não consegue adquirir as bases de programação de forma sólida, impedindo uma estruturação coerente na programação. Na ficha de preparação para a segunda sessão, apesar de mostrar entender o problema, responde mal, tentando introduzir de forma incoerente, expressões cinemáticas recentemente aprendidas nas aulas.

Lucas – Relativamente ao que reteve do ano anterior, o aluno é muito sucinto, referindo a programação matemática e lembrando-se do último projecto. O nível de autonomia deste aluno é crescente, assumindo nas sessões a função de tutor dos alunos com maiores dificuldades. Este aluno mostra também um crescimento no nível de entendimento dos conceitos da Física, tendo-se destacado na última sessão pela forma como faz o cálculo do trabalho das forças não conservativas. Domina muito bem as bases de programação, atingindo um nível avançado de programação. Na ficha de preparação para a segunda sessão mostra um bom entendimento do problema, bem como uma estruturação correcta da sua resolução.

António – Este aluno não assistiu a nenhuma das sessões do 11.º ano, tendo apenas respondido à ficha de preparação. É interessante notar, na resposta à ficha, que este aluno foi o único que considerou que a massa do pára-quedista diminuía quando o

pára-quedas se abre. O aluno mostra não ter entendido o movimento, procurando, de forma incoerente, expressões dadas nas aulas para o descrever.

Miguel – Relativamente ao que reteve do ano anterior, é muito sintético, mas aborda todos os tópicos do trabalho realizado no ano anterior. Tendo faltado à segunda sessão do 11.º ano, este aluno mostra-se muito pouco autónomo na primeira sessão (pareceu-me desconcentrado), em oposição a um nível alto de autonomia que apresentava no ano anterior. Recupera autonomia na última sessão, continuando, no entanto, abaixo do nível anterior. Não consegue realizar o primeiro programa e na última sessão consegue desenvolver o programa com a ajuda da Luísa. Apesar de se tratar de um aluno de nível alto na Física, não consigo observar nestas sessões um entendimento dos conceitos da Física. Na ficha de preparação para a segunda sessão o aluno parece responder de forma descuidada.

Carlos – Relativamente ao que reteve do ano anterior, este aluno limita-se a enumerar, no documento que escreveu, as estruturas básicas de programação. No entanto, observo que este aluno domina bem as bases de programação, construindo nas várias sessões, programas próprios com bastante autonomia. Mostra ter um bom entendimento dos conceitos da Física e das relações entre eles. Mostrou-se sempre interessado ao longo das sessões. Na ficha de preparação para a segunda sessão responde de forma um pouco desajeitada, no entanto, mostra perceber o problema.

Nuno – Relativamente ao que reteve do ano anterior, o aluno realça as definições de velocidade e aceleração como diferenças finitas, descreve as estruturas de programação (excepto a de comparação), e frisa ainda a realização de programas que permitem calcular e representar grandezas Físicas. Mantém sempre um nível muito alto de autonomia, desenvolvendo rapidamente os programas ao longo das sessões. Assume a função de tutor dos alunos com maiores dificuldades. Os apontamentos que toma ao longo das sessões expressam bem um nível alto de entendimento dos conceitos da Física e das relações entre eles: “Se o corpo está sujeito a uma força então ele ganha uma aceleração que faz variar a sua velocidade”; “No instante em que se abre o para-quedas a \vec{F}_{ar} é muito superior ao peso uma vez que esta depende de v . Contudo, a partir desse instante o corpo ganha uma aceleração com sentido contrário ao do deslocamento, diminuindo a sua velocidade e conseqüentemente a \vec{F}_{ar} ” (transcrição literal de dois parágrafos dos apontamentos do Nuno na 1ª sessão do 11.º ano, que se encontra no Anexo 1.1). Domina muito bem as bases de

programação, atingindo um nível avançado de programação, com muita criatividade. Na ficha de preparação para a segunda sessão responde de forma muito consistente a todas as questões, mostrando um entendimento pleno do problema bem como mostra uma boa estruturação para a resolução do problema.

Analisando as sessões no seu conjunto, e individualmente, podemos observar que, os alunos aumentaram o seu nível de programação, verificando-se que um número expressivo de alunos adquire boas competências de Programação (sete alunos em doze, sendo que um dos que não adquiriu as competências, não assistiu a nenhuma das sessões do 11.º ano). Realço o facto de que os níveis de retenção de conhecimentos das sessões do ano anterior, que os alunos revelam na resposta à questão colocada na 1ª sessão deste ano, não são elevados. Por outro lado, podemos também observar bons níveis de entendimento dos conceitos da Física bem como das relações entre eles, particularmente, na última sessão em que não só os alunos trabalham sozinhos, como utilizam diferentes formas de calcular o trabalho das forças não conservativas. Quanto à autonomia, observa-se também, de forma geral um aumento de nível, que acompanha o aumento da capacidade tutora que alguns alunos apresentam. No final das sessões os alunos expressaram de forma geral satisfação com o trabalho realizado, voluntariando-se para responderem a uma entrevista.

3.4. Entrevista à professora da turma

A entrevista teve a duração de 38 minutos e foi realizada a 12 de Janeiro de 2019. A transcrição do seu registo sonoro, bem como o guião, encontra-se no anexo 2. Note-se que as questões 1.1, 3.1 e 9.1, não estavam incluídas no guião inicial e foram acrescentadas no seguimento das respostas às questões 1, 3 e 9, respectivamente. A análise de conteúdo desta entrevista foi feita com base em Bardin (2009) e é apresentada em quadro no apêndice 8. Apresento aqui os pontos que considero mais relevantes desta análise, bem como as linhas de reflexão associadas à minha problemática

Para proceder à análise, comecei por procurar no discurso da professora as categorias associadas à minha pergunta de partida, na qual procuro identificar os efeitos que a programação computacional pode ter no processo ensino aprendizagem da Física no Secundário. Destaco aqui quatro excertos da entrevista que considero reflectirem uma parte significativa das categorias a que me refiro:

“..., noto nestes alunos muito maior autonomia, muito mais rapidez de raciocínio na abordagem dos problemas, portanto, eu consigo sempre, mesmo que me atrase na

matéria, recuperar.” (transcrição retirada da resposta à questão 1.1, quando questionada sobre o eventual tempo perdido com as sessões)

“Não tenho dúvida nenhuma de que os ajuda a estruturar o raciocínio, que os ajuda a interpretar melhor os problemas, a perceber a necessidade de registar os dados, de os relacionar, de os interligar, de puxar pela cabeça para saber que ponte é que vão fazer entre os dados, de antever aquilo que vão obter e desenvolver espírito crítico, portanto, foi positivo.” (transcrição retirada da resposta à questão 4, quando questionada sobre a evolução dos alunos na disciplina com o trabalho desenvolvido nas sessões de programação)

“... esta turma tem essa capacidade de entreaajuda muito acima do normal, provavelmente porque desde o ano passado puderam pôr à prova, tiveram de pôr à prova, essa competência, ao contrário das outras turmas. Tenho falado sempre nos conselhos de turma sobre isso, desde o ano passado, que noto os processos de tutoria a funcionarem muito bem na turma.” (transcrição retirada da resposta à questão 9.1, quando questionada sobre a ligação entre a capacidade de entreaajuda e as sessões de programação)

“Estes alunos conseguiram perceber facilmente - enquanto que na outra turma continuam a andar às voltas - a distinção entre grandezas vetoriais e grandezas escalares. Conseguem, por exemplo, distinguir bem a diferença entre Força e Trabalho, entre Força e Energia. E penso que os ajudou muito o trabalho do ano passado e o trabalho deste ano. A sensação com que eu fico é que, para eles, a Física ficou muito mais clara, mais evidente: os fenómenos são mais evidentes, a Mecânica é mais evidente...” (transcrição retirada da resposta à questão 10, quando questionada sobre a profundidade de compreensão dos conceitos de energia e trabalho)

Como podemos observar nas afirmações acima expostas, aparecem explicitamente as designações de autonomia, espírito crítico, tutoria, entendimento de conceitos, relação entre conceitos, entre outras, que se associam às categorias do modelo teórico desta tese. Deste modo, de uma primeira leitura do discurso da professora, considere o seguinte conjunto de categorias primárias (que aparecem directamente nas quatro transcrições acima apresentadas):

- Entendimento dos conceitos da Dinâmica (Cinemática; Leis de Newton)
- Integração de conceitos da Mecânica (Cinemática; Leis de Newton; trabalho; energia)
- Competências adquiridas (subcategorias: autonomia; tutoria; metacognição; espírito crítico)
- Adequabilidade (subcategorias: aceitação; satisfação)

Após a primeira análise da entrevista, identifiquei ainda as duas categorias emergentes do discurso (às quais se associam diferentes subcategorias):

- Oportunidades (subcategorias: rapidez de raciocínio; aquisição de competências informáticas)

- Ameaças (subcategorias: descontinuidade temporal; perda de tempo; subjectividade do docente)

(note-se que relativamente à subcategoria «subjectividade do docente», refiro-me à atribuição de relevância no processo de aprendizagem devida a características especiais do docente que conduz as sessões de programação). Identificado o conjunto de categorias, procurei os indicadores correspondentes às suas subcategorias, localizando-os na entrevista, cuja transcrição se encontra no anexo 2. Com base nos indicadores encontrados, produzi, para cada uma das categorias, sínteses com tópicos que considere importantes para a discussão da investigação. A partir destas sínteses, apresento as minhas linhas de reflexão relativas às diferentes categorias:

Entendimento dos conceitos da Dinâmica: Na opinião da professora, os alunos da turma aumentaram significativamente o seu entendimento dos conceitos. A professora teve necessidade de comparar esta turma com a outra do mesmo nível com que trabalha, notando que essa não atingiu os mesmos níveis de entendimento. É de notar que a professora faz menção ao facto de os alunos da turma intervencionada terem reduzido o seu nível de senso comum: “Sinto que eles deram o salto para Galileu e Newton com muito mais convicção” (na resposta à questão 10). A professora atribui as melhorias no entendimento dos conceitos da Dinâmica às sessões de programação.

Integração de conceitos da Mecânica: A opinião da professora também aponta para uma melhoria neste sentido. Esta opinião fica mais clara no discurso geral da professora ao longo da entrevista do que pelos indicadores retirados das respostas às questões que se referem directamente a esta categoria. A professora realça o facto de os alunos serem conduzidos a construir relações entre os vários conceitos. Também neste caso, a professora atribui as melhorias às sessões de programação.

Competências adquiridas (autonomia; tutoria; metacognição; espírito crítico): Com os indicadores observados, a professora também faz a comparação com a outra turma (que não foi intervencionada), realçando a diferença para melhor dos níveis de autonomia assim como dos processos de tutoria observados na turma intervencionada. Também neste caso, os indicadores relativos à autonomia surgem ao longo da entrevista, nas respostas a questões que não se referem directamente a esta subcategoria, indicando a importância que a professora atribui a este aspecto. No que diz respeito à tutoria, os indicadores surgem numa questão directamente

relacionada com essa subcategoria (perguntava-se sobre as capacidades de entretida que os alunos tinham adquirido). A professora realça a diferença desta turma no que diz respeito à capacidade particular que tem para explicar as matérias entre si e para alunos de outras turmas. Considero importante notar que o termo tutoria é utilizado directamente pela professora sem que este tenha sido introduzido durante a entrevista. A professora realça nas suas respostas a aquisição de competências metacognitivas, relacionadas com a antevisão da resolução de problemas a partir de construções feitas por eles, mediadas pela suas auto-correcções. A programação é vista como um elemento estruturante do processo de aprendizagem, que potencializa o espírito crítico e promove a metacognição. Tal como a tutoria, a categoria «espírito crítico» surge no discurso da professora, sem que tenha sido mencionada nas questões que lhe foram colocadas.

Adequabilidade: (aceitação; satisfação) Os indicadores, retirados do discurso da professora, ilustram bem que as estratégias de programação foram adequadas, não só pela aceitação da sua implementação, como pela satisfação expressa pela professora, pela direcção da escola e pelo departamento de Física e Química da escola. É particularmente interessante a afirmação da professora: “Já dou aulas há mais de vinte anos e se me perguntares se eu queria fazer disto uma rotina, a resposta é seguramente, sim.” (na resposta à questão 4).

Oportunidades: (rapidez de raciocínio; aquisição de competências informáticas) A professora considera que houve um incremento relativo à rapidez de raciocínio, tendo como consequência o anulamento da importância associada ao tempo retirado às aulas de problemas, pelas sessões. A professora realça a importância da aquisição destas competências, não só para o processo de aprendizagem da Física, como para preparação de um futuro universitário. Na sua opinião não é problemático os alunos terem de aprender uma linguagem de programação

Ameaças: (descontinuidade temporal; perda de tempo; subjectividade do docente) Segundo a professora, a maior ameaça na implementação deste tipo de estratégias prende-se com a descontinuidade temporal das sessões. A professora relaciona-a com a dificuldade de articulação com as actividades do currículo. Apesar de na resposta à primeira questão ser desvalorizada, na resposta à última a professora receia que estas actividades retirem tempo necessário para cumprir o programa (existe sempre uma preocupação com o tempo necessário para as aulas regulares). A professora realça as

capacidades do docente que conduziu as sessões, o que pode sugerir que a eficácia da intervenção depende do docente que a conduz, em particular quando afirma: “...tu falas do ponto de vista do professor universitário, ...” (na resposta à questão 1).

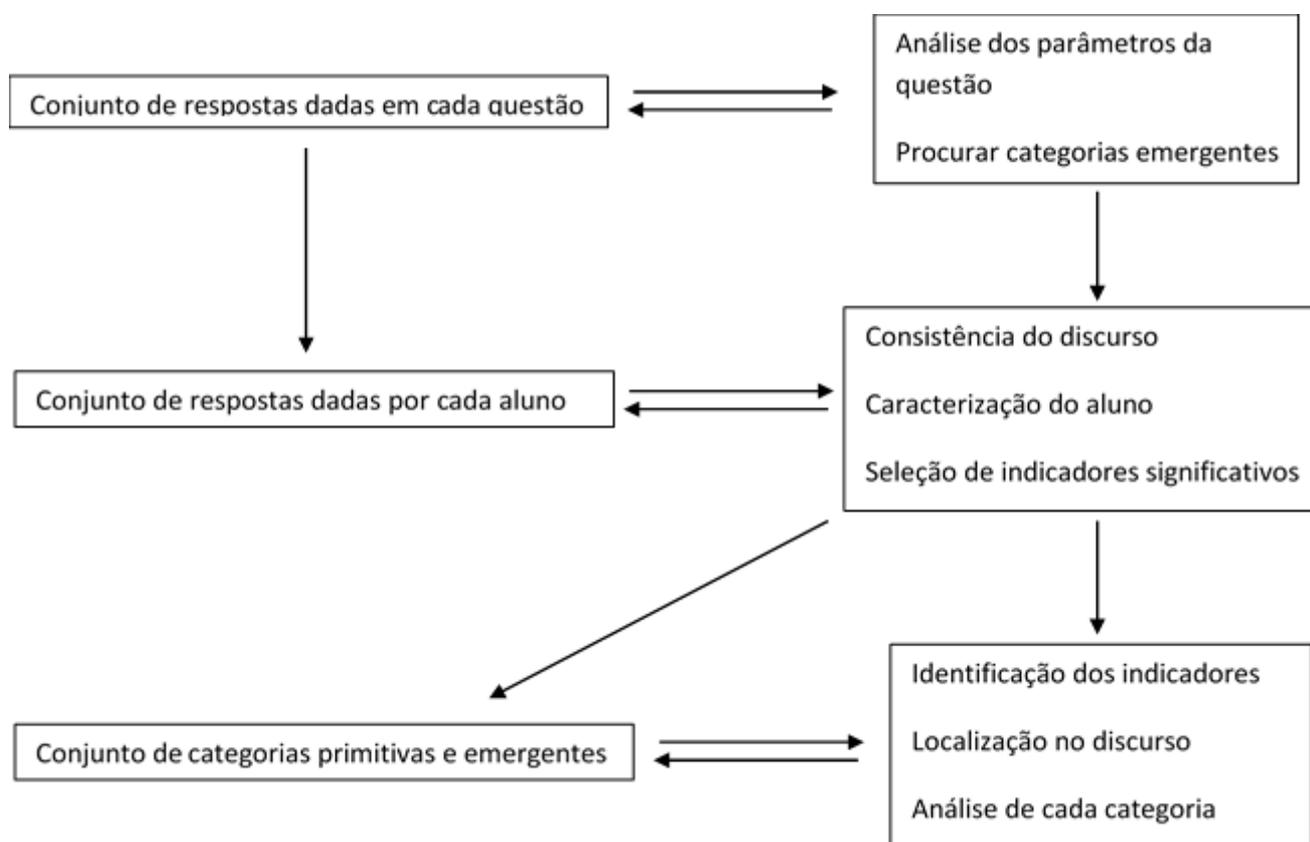
3.5. Entrevistas aos alunos

As entrevistas aos alunos foram realizadas no dia 14 de Janeiro em sala de aula, apenas com a presença da professora, tendo sido enviado um documento *word* para os computadores de cada aluno. As respostas foram editadas (no computador) pelos alunos nesse documento e enviadas por correio electrónico à professora (que reenviou para mim). Na elaboração da entrevista construí um guião com onze questões abertas, cujo objectivo principal era o de analisar a evolução das categorias associadas ao quadro teórico da tese, procurando também categorias emergentes do discurso dos alunos. De forma a garantir que eram claras para os alunos, as questões foram discutidas com uma professora de Português do 3.º ciclo, com a professora de Física e Química dos alunos, assim como com o orientador desta tese. Para proceder à análise, proponho respostas (elaboradas por mim, de acordo com o nível curricular em que os alunos se encontram) a cada uma das questões, bem como parâmetros que espero observar em cada uma delas (estas respostas e os parâmetros associados encontram-se no apêndice 9). Alguns destes parâmetros identificam-se com categorias do meu quadro teórico e os outros podem funcionar como forma auxiliar de análise das categorias.

Para proceder à análise de conteúdo destas entrevistas, basei-me em Bardin (2009), construindo três níveis de análise, como descrevo em pormenor no apêndice 9. Num primeiro nível, analiso o conjunto de respostas a cada questão, procurando observar, em cada uma delas, o nível dos parâmetros que lhes estão associados. Neste nível procuro também, categorias emergentes que surjam em cada um dos conjuntos de respostas. Num segundo nível, analiso o conjunto de respostas dadas por cada aluno, procurando observar na consistência do discurso a sua caracterização. Também neste nível faço a seleção de indicadores significativos das categoria e subcategorias associadas ao meu quadro teórico. No último nível de análise, associo os indicadores encontrados às categorias seleccionadas. Cada um destes níveis de análise está representado em quadro próprio que apresento no apêndice 9. Com base nestes quadros, faço neste subcapítulo, uma síntese e análise da informação recolhida com estas entrevistas, quer do ponto de vista global da turma, quer do ponto de vista individual de cada aluno. Apresento na figura 3.6 o esquema de análise que segui.

Começo por fazer a análise global da turma em termos das categorias que seleccionei. Além das categorias associadas ao entendimento (e integração) de conceitos da Mecânica e à adequabilidade, acrescentei uma categoria relativa ao entendimento dos conceitos de programação e outra relativa às ameaças que parecem surgir no discurso dos alunos. Destas ameaças, apesar de aparecerem quatro tópicos que identifiquei na análise do apêndice 9, seleccionei apenas duas que considerei relevantes, uma delas relacionada com o afastamento temporal entre sessões e a outra relacionada com o ritmo com que as sessões foram realizadas.

Figura 3.6. Esquema utilizado para proceder à análise de conteúdo das entrevistas passadas aos alunos da turma



Apresento então agora as minhas reflexões relativas às categorias:

Entendimento dos conceitos da Dinâmica: De uma forma geral, os alunos mostram um entendimento dos conceitos fundamentais da Mecânica, sendo referido nalguns casos o aprofundamento desses conceitos associado às sessões de programação que tiveram: “Não sinto que aprendi nada novo em termos de «matéria» mas clarificou conceitos que não estavam bem solidificados.” (resposta do Sérgio à questão 9); “Aprendi os conceitos básicos da programação e aprofundei os conhecimentos já

adquiridos da física.” (resposta do Carlos à questão 9). Também de forma geral os alunos assumem que os conceitos fundamentais para o estudo da Física são: força, aceleração e velocidade. Isto reflecte uma reconstrução dos subsunçores associados à aprendizagem significativa da Física.

Integração de conceitos da Mecânica: Nesta categoria, os indicadores encontrados ficaram cingidos às respostas de um número pequeno de alunos (os melhores alunos). Note-se a profundidade de algumas respostas reflectem não só uma integração de conceitos, mas também um bom nível de aprendizagem significativa, como fica expresso nas respostas: “De sermos obrigados a refletir na matéria e a perceber que está tudo relacionado que as coisas dependem umas das outras” (resposta da Luísa à questão 7); “A importância do conceito velocidade instantânea e da possibilidade de admitir que se o intervalo for pequeno o suficiente podemos considerá-lo um instante” (resposta do Nuno à questão 9). Grande parte dos indicadores aparece nas perguntas que relacionam a aprendizagem da Física com as sessões de programação.

Adequabilidade (Aceitação, Satisfação): De uma forma geral os alunos manifestaram satisfação relativamente ao projecto. Também de uma forma geral os alunos consideraram que o trabalho foi adequado, reconhecendo que lhes proporcionou aprendizagens na Física que vão além das que experimentam nas aulas: “Permite-nos compreender melhor aquilo que estamos a estudar e também ter uma nova maneira de compreender uma certa matéria.” (resposta do Miguel à questão 6). Os alunos mostram também satisfação relativamente à aprendizagem da programação, assim como a consideram adequada para a aprendizagem da Física: “a programação desenvolve as competências exigidas para o estudo da física e facilita, assim a sua aprendizagem.” (parte da resposta do Nuno à questão 6). Nalguns casos são apontadas críticas que se prendem quer com a falta de acompanhamento do professor durante o processo de programação, quer com o tempo despendido na fase inicial de aprendizagem das estruturas de programação.

Entendimento dos conceitos da programação: Tendo em conta o nível baixo de programação que os alunos apresentavam no início das sessões, os alunos de uma forma geral mostram ter adquirido um nível significativo nas competências de programação. É também de realçar a noção de que a ordenação sequencial de passos para a resolução de problemas é fundamental. Está implícito no discurso geral que para transmitirem as ideias ao computador precisam de desmontar o problema para

o conseguir explicar (tutoria/metacognição): “Para podermos programar temos de simplificar os nossos conhecimentos para os podermos introduzir no computador e ao simplificarmos estes conhecimentos para o computador simplificamos para nós também.” (resposta do Lucas à questão 6); “A programação é essencial para nos ajudar a aprender física, visto que esta nos ajuda a planear e a delinear um plano para resolver os problemas propostos sendo este um dos pontos fulcrais da física.” (resposta do Carlos à questão 6).

Ameaças: Parece-me relevante no discurso de alguns alunos o facto de as sessões terem tido um afastamento temporal significativo, resultado de uma dificuldade de articulação de horários com a professora da turma. Considero que é possível observar alguma saturação dos alunos associada à repetição dos conceitos básicos de programação que tive necessidade de fazer, percebendo que alguns alunos não os tinham conseguido fixar, de uma sessão para a outra. Alguns alunos expressaram ainda algumas dificuldades relativas à programação, não me parecendo, no entanto, uma questão relevante.

Feita esta análise, penso que é importante realçar que optei por entrevistas escritas considerando que assim os alunos se sentiriam mais livres de responder de forma franca. Verifiquei, no entanto, que esta modalidade pode ter tornado as respostas muito sucintas. Passo agora a apresentar as minhas linhas de reflexão da análise que fiz para cada aluno:

Ana: Esta aluna apresenta um conjunto de respostas consistente, e, de forma geral, constrói de forma lógica as suas ideias, mas sem grande profundidade. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física parece reduzido, tal como o dos conceitos de programação. Mostra pouca satisfação relativamente às sessões, apresentando como crítica maior, a falta de clareza do professor na explicação dos assuntos.

Bruno: Com um conjunto de respostas consistente, o aluno constrói de forma lógica e suficientemente completa as suas ideias. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é bom, notando-se que consegue integrar os conceitos da Mecânica. O nível de conhecimento dos conceitos de programação também é bom. Mostra satisfação relativamente às sessões, indicando como crítica maior, o tempo despendido na aprendizagem da programação.

Luísa: Apresenta um conjunto de respostas muito consistente, nas quais constrói de forma lógica e bastante completa as suas ideias. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é bom, notando-se que consegue integrar os conceitos da Mecânica. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é também bom. Mostra satisfação relativamente às sessões (com algumas reservas). É de notar que a aluna realça o facto de, com as sessões de programação, ter conseguido interligar as matérias aprendidas em Física nos dois anos do secundário. Como crítica maior, refere o tempo despendido na aprendizagem da programação, pondo também em causa o facto de o professor deixar os alunos trabalharem sozinhos sem bases sólidas.

Luís: Apesar de apresentar um conjunto de respostas consistente, o aluno tem dificuldade em construir de forma lógica e completa as suas ideias. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física parece reduzido, ao contrário do nível de conhecimento dos conceitos de programação, que se mostra bom. Mostra satisfação relativamente às sessões, apontando como maior crítica a dificuldade na aprendizagem da programação.

Pedro: Este aluno apresenta um conjunto de respostas pouco consistente, não conseguindo construir de forma lógica e completa as suas ideias. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é baixo, situando-se no senso comum. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é igualmente reduzido. O aluno, no entanto, mostra satisfação relativamente às sessões, indicando como crítica maior o afastamento temporal das sessões.

Sérgio: Apresentando um conjunto de respostas consistente, o aluno constrói de forma lógica e completa as suas ideias, mostrando uma boa capacidade de síntese. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física que apresenta nas suas respostas, é muito bom, notando-se que consegue integrar os conceitos da Mecânica. Mostra igualmente um bom nível de conhecimento dos conceitos de programação. Mostra satisfação relativamente às sessões, criticando o tempo despendido na aprendizagem da programação, como factor inibidor de um maior desenvolvimento.

João: Este aluno apresenta um conjunto de respostas muito pouco consistente, não conseguindo construir de forma lógica e completa as suas ideias. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é baixo, situando-se no senso

comum. O nível de conhecimento dos conceitos de programação também é reduzido. Mostra insatisfação relativamente às sessões.

Lucas: O conjunto de respostas é muito consistente, nas quais o aluno constrói de forma lógica e completa as suas ideias. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é bom. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é também bom. Mostra satisfação relativamente às sessões, e tal como outros, refere como crítica maior, o afastamento temporal das sessões.

António: Com um conjunto de respostas pouco consistente, o aluno tem dificuldade em construir de forma lógica e completa as suas ideias. Apresenta um nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física fraco e de senso comum. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é reduzido. Mostra satisfação relativamente às sessões (apesar de ter faltado a metade), e como crítica maior, o aluno refere o afastamento temporal das sessões.

Miguel: Apesar de apresentar um conjunto de respostas consistente, este aluno tem dificuldade em construir de forma lógica e completa as suas ideias. Apresenta um nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física razoável, tal como para os conceitos de programação. Mostra satisfação relativamente às sessões, e também ele, critica o afastamento temporal das sessões.

Carlos: Com um conjunto de respostas consistente, também este aluno tem dificuldade em construir de forma lógica e completa as suas ideias. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é bom, tal como o é, o dos conceitos de programação. Mostra satisfação relativamente às sessões, não apresentando qualquer crítica negativa (realça apenas as qualidades do professor).

Nuno: Este aluno apresenta um conjunto de respostas consistente, no qual constrói de forma lógica e bastante completa as suas ideias, mostrando também uma boa capacidade de síntese. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é muito bom, notando-se que consegue integrar os conceitos da Mecânica. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é muito bom. Mostra satisfação relativamente às sessões, referindo como maior crítica o tempo despendido na aprendizagem da programação, como factor inibidor de um maior desenvolvimento.

3.6. Evolução da turma na disciplina de Física e Química A

Para terminar este capítulo, apresento agora as classificações obtidas durante o percurso escolar de cada aluno na disciplina de Física e Química A, incluindo a classificação obtida (caso o tenham realizado) do exame nacional. Esta informação foi sendo recolhida desde o início do processo, tendo terminado em Junho de 2019 com uma reunião informal com a professora, na qual fui informado, não só das classificações obtidas por cada aluno no final do 11.º ano e no exame nacional, como também da sua evolução académica após a minha intervenção (a partir do 2.º período).

De forma a enquadrar a minha intervenção no percurso escolar dos alunos apresento na tabela 3.1 as classificações obtidas pelos alunos imediatamente antes da intervenção (final do 1.º período do 10.º ano), as classificações finais do 10.º ano e 11.º ano, bem como a classificação no exame nacional (nos casos em que este foi realizado).

Tabela 3.1: Classificações obtidas pelos alunos da turma na disciplina de Física e Química A. Apresento a classificação do 1.º período do 10.º ano, a final do 10.º ano, a final de 11.º ano e a classificação no exame final realizado no final do 11.º ano.

Nome	10.º ano (1.º período)	10.º ano (final)	11.º ano (final)	Exame nacional
Ana	11	14	11	Não fez exame
Bruno	12	15	15	15
Luísa	15	19	20	19
Luís	9	9	Anulou matrícula	6
Pedro	9	13	12	11
Sérgio	17	18	19	18
João	9	15	12	14
Lucas	12	17	15	15
António	8	11	Anulou matrícula	8
Miguel	17	18	18	18
Carlos	14	18	17	17
Nuno	19	20	20	20

Não considerando que esta informação tenha uma ligação directa à problemática deste trabalho, não posso deixar de utilizá-la no sentido da caracterização individual de cada aluno, podendo também apresentar algumas reflexões que podem contribuir para a triangulação das várias fontes de informação. Para isso, é também importante referir a apreciação, que me foi transmitida pela professora, sobre a evolução dos alunos após a minha intervenção. Segundo a professora, a turma continuou de forma geral interessada e participativa durante as aulas, mantendo os níveis de autonomia observados. As excepções que apontou foram:

- A Ana que, segundo a professora, estaria contrariada na área de Ciências, tendo descuidado o estudo da disciplina de Física e Química para se dedicar ao estudo da disciplina de Filosofia, da qual fez exame nacional, não tendo realizado o de Física e Química A.
- O Luís que, considerando que não conseguiria ter uma boa nota no final do ano, anulou a matrícula à disciplina, propondo-se a exame (deixou de frequentar as aulas).
- O Pedro teve um acidente de viação em Janeiro de 2019, do qual resultou um traumatismo craniano grave. Isto fez com que perdesse as aulas do 2.º período, reintegrando as aulas de Física e Química A no 3.º período. O aluno foi muito ajudado pela professora e pelos colegas.
- O António também decidiu anular a matrícula à disciplina, alegando as mesmas razões que o Luís.

Com base nesta informação, considero que, do ponto de vista global da turma, é relevante notar que no final do 10.º ano todos os alunos, com excepção de um, melhoraram a nota que tinham obtido no final do 1.º período desse ano, momento a partir do qual tiveram contacto com as estratégias de programação. Quanto à progressão dos alunos no 11.º ano, exceptuando o caso da Ana e dos dois alunos que anularam a matrícula, podemos observar que chegaram ao fim com uma classificação superior ao primeiro registo do 10.º ano, no entanto, alguns com classificação mais baixa do que a que tinham obtido no final do 10.º ano. Como última reflexão considero que é relevante o facto de as notas finais obtidas pelos alunos no 11.º ano não diferirem significativamente das que obtiveram no exame nacional. De facto, calculando o desvio médio (relativo aos nove alunos em que pode ser aplicado) obtém-se um valor (negativo) de -0,11. Isto põe em evidência uma boa capacidade de aferição da professora nas avaliações que faz dos seus alunos.

Capítulo 4. Integração e discussão da informação analisada

Neste capítulo pretendo fazer uma reflexão conjunta de todas as fontes independentes, tratadas na análise anterior, no sentido de encontrar as convergências e divergências que apresentam entre si, contextualizadoras (ou não) da pergunta de partida. Também aqui, vou procurar discutir a validade desta pesquisa, em particular da sua validade interna e externa, que nas metodologias qualitativas podem ser designadas por credibilidade e transferibilidade (Aires 2011). Neste sentido, considero importante relembrar que, no meu modelo de análise, a questão de partida foi posta na forma:

«De que forma poderá a Programação Computacional constituir um elemento integrador de conceitos no processo Ensino/Aprendizagem de Física no Ensino Secundário?»

Coloquei ainda a questão acessória:

«Poderá a Programação Computacional promover um processo de metacognição associado ao efeito tutor que os alunos experimentam com a construção de algoritmos?»

A junção destas duas questões conduziu-me na formulação da minha hipótese central:

«A programação computacional pode conduzir o aluno a uma aprendizagem integrada da Física no Ensino Secundário devido ao efeito tutor associado à construção de algoritmos»

As dimensões que defini para os conceitos sistémicos (rede conceptual, integração de conceitos, efeito tutor e metacognição) da minha hipótese são:

- Reconstrução de conceitos básicos da Física
- Noção de tempo nos processos Físicos
- Ligação entre conceitos da Dinâmica
- Ligação entre os conceitos da Mecânica
- Clarificação das relações entre os conceitos da Física
- Percepção dos processos cognitivos na resolução de um problema da Física

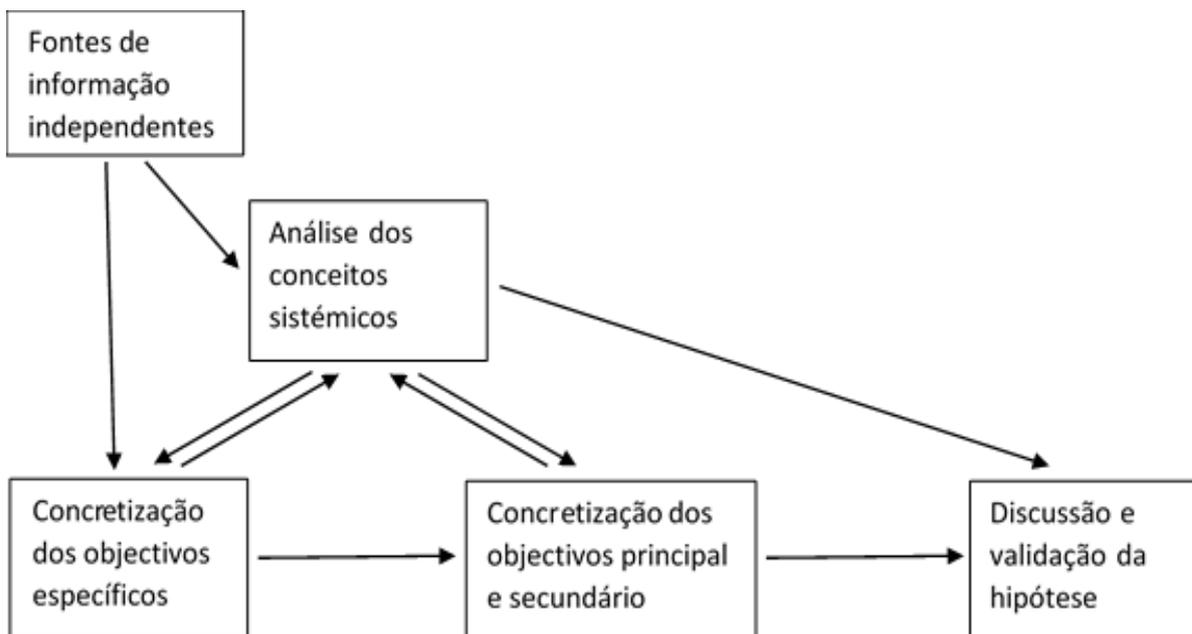
Com base neste modelo, estabeleci um objectivo principal para sustentar a minha hipótese que era o de observar se os alunos aos quais foram ministradas as actividades de programação melhoram, de forma significativa, a sua percepção dos conceitos fundamentais da Física, adquirindo uma formação mais integrada da Física. Com a designação de melhoria significativa, quero dizer que procuro observar se, havendo uma formação mais integrada da Física, ela pode ser associada às actividades de programação. Como objectivo secundário, pretendia observar se a programação computacional poderia estar relacionada com o efeito tutor e, conseqüentemente com a metacognição. Associados a estes objectivos, defini um conjunto de objectivos específicos:

- Facultar aos alunos conhecimentos estruturais da programação;

- Orientar os alunos na construção de algoritmos;
- Orientar os alunos na construção de programas computacionais;
- Observar a evolução dos níveis de conhecimento e de integração de conceitos fundamentais da Física;
- Reflectir sobre a adequabilidade das actividades computacionais, em particular às actividades de programação, para professores e alunos.

É com base nestes objectivos específicos que começo a minha análise, verificando se, com base nos conceitos sistémicos observados em cada fonte, foram atingidos. Após a verificação da sua validade, passo à discussão e verificação da concretização dos objectivos: principal e secundário, sempre a coberto dos conceitos sistémicos. Os conceitos sistémicos são, ao longo destas análises, alvo de avaliação. Faço, antes da verificação da concretização dos objectivos, uma reflexão sobre as possíveis fragilidades desta investigação. Com base nestas análises, discuto a validade da hipótese. Apresento na figura 4.1 o esquema desta análise.

Figura 4.1: Esquema utilizado para avaliar a validade da hipótese.



4.1. Fragilidades deste trabalho: credibilidade

Antes de discutir a validade da pesquisa, considero importante reflectir sobre algumas fragilidades que atribuo a este estudo. A primeira prende-se com o carácter especial da turma sobre a qual fiz a intervenção. Começo por notar que o grupo de trabalho está inserido num

colégio, ou seja, num meio muito protegido e controlado, com alunos de nível sócio-cultural elevado. Este facto, pode contribuir, por si só, para a evolução de maturidade escolar dos alunos, em particular, relativamente à Física. Para além disso, a turma em questão é muito reduzida, facilitando a aprendizagem da programação nas sessões. O que também pode ter sido potenciado pelo elevado nível escolar da turma (os alunos transitaram para o secundário com níveis elevados em Ciências Físico-Químicas e em Matemática). Note-se, como disse atrás, que este nível elevado nas classificações não está necessariamente ligado a um entendimento profundo da Física (Duarte & Nogueira 2019), e, no caso desta turma, isso transparece na sua caracterização inicial, analisada atrás. Este nível escolar elevado, no entanto, não deixa de constituir um terreno mais fértil para atingir níveis elevados de entendimento da Física.

A segunda fragilidade que quero referir, relaciona-se com o modo como as sessões decorreram. Uma questão importante deste aspecto tem a ver com a falta de participação da professora durante as sessões, como programadora/monitora, eventualmente devido a uma sobrecarga de trabalho a que se encontrava sujeita, impedindo-a de participar activamente nas sessões, acontecendo, como relato no diário da intervenção (apêndice 5), ter que se ausentar durante as sessões. Esta questão, impediu-me, por um lado, de obter mais informação sobre os progressos dos alunos, relativamente à programação, e por outro, pode ter impedido que alguns alunos atingissem níveis mais elevados de programação, o que, conseqüentemente, os pode ter limitado no acréscimo de maturidade na Física. Outra questão importante relativa ao funcionamento das sessões, tem a ver com as dificuldades da sua articulação com o funcionamento normal das aulas e com a minha disponibilidade. Esta dificuldade teve como consequência um afastamento temporal das sessões, o que me obrigou a repetir muitos conceitos de programação que alguns os alunos já tinham esquecido de uma sessão para a outra.

Apesar destas fragilidades, pelo facto de ter prolongado no tempo a pesquisa (estendeu-se ao 10.º ano e 11.º ano), de ter multiplicado as fontes de informação directas dos alunos (programas realizados, apontamentos de aula, entrevistas), bem como de ter submetido as minhas análises à apreciação da professora, considero que a pesquisa é credível (possui validade interna).

4.2. Concretização dos objectivos da pesquisa

Para discutir a concretização dos objectivos vou seguir o mesmo princípio que tenho utilizado nas minhas análises, isto é, começo por fazer uma análise global da turma, passando depois a analisar individualmente cada um dos alunos. Note-se que na entrevista à professora o

discurso é praticamente todo feito do ponto de vista global, existindo apenas três referências a alunos individuais.

Relativamente aos três primeiros objectivos específicos relacionados com a programação, podemos começar por observar na caracterização inicial da turma que nenhum dos alunos possuía conhecimentos de programação, o que também pude observar no início das sessões. Por outro lado, ao analisar a evolução dos alunos ao longo das sessões, observamos que, de forma geral, os alunos conseguiram adquirir as bases de programação, conseguindo ainda, nalguns casos, níveis elevados de autonomia a programar. É de notar que grande parte dos alunos já adquiriu os conceitos de programação no final das sessões do 10.º ano. Considero também importante realçar que os programas realizados pelos alunos em cada sessão não são iguais, o que acentua uma aprendizagem individual. Outra fonte que nos dá informação sobre estes objectivos vem da análise de conteúdo às entrevistas dos alunos. Também aí, os indicadores reflectem que os alunos, de uma forma geral, adquiriram competências de programação significativas, em particular a noção de algoritmo. Podemos, pois, verificar que as diferentes fontes são concordantes na validação destes três primeiros objectivos específicos. Finalmente, não posso deixar de considerar que a simplificação da linguagem de programação que se verifica no OCTAVE, relativamente a linguagens de programação utilizadas anteriormente, como por exemplo o PASCAL, utilizado em abordagem universitária (Redish & Wilson 1993), para resolver o mesmo problema Físico tratado nas nossas sessões, pode ser um factor determinante para o sucesso na aquisição de competência de programação.

Relativamente ao quarto objectivo específico (observar a evolução dos níveis de conhecimento e de integração de conceitos fundamentais da Física), ele deve ser observado em duas componentes: conhecimento dos conceitos fundamentais e integração dos conceitos. Da caracterização inicial da turma, observámos, por um lado, que transportam do 3.º ciclo, um nível bom de conhecimentos, no sentido de que tiveram bons níveis na disciplina de Ciências Físico-Químicas e lembram-se das matérias lecionadas, no entanto, o teste diagnóstico indica que o conhecimento não é elevado, encontrando-se ao nível do senso comum. Também desta fonte de informação, fica a indicação de que o nível de integração de conceitos é reduzido. Este contraste entre as notas obtidas e o entendimento dos conceitos da Física, fica registado nas contestações de um grupo de bons alunos do ensino secundário (Duarte & Nogueira 2019), que assume no seu discurso que os bons resultados que obtêm se devem apenas à escolha adequada das fórmulas a utilizar, não entendendo, no entanto, o seu significado.

Na análise da evolução da turma ao longo das sessões, observei que no final das sessões do 10.º ano os alunos apresentavam, de forma geral, um nível elevado de entendimento dos conceitos, bem como conseguiam integrá-los. No final das sessões do 11.º ano, as observações são semelhantes, sugerindo que as sessões (na sua totalidade) foram importantes para a evolução do nível de conhecimento da Física, bem como da integração de conceitos. É particularmente significativa a última sessão do 11.º ano, na qual conseguem calcular o trabalho das forças não conservativas de formas diferentes uns dos outros, mostrando uma grande maturidade, quer no entendimento dos conceitos envolvidos, quer na integração dos conceitos de velocidade, aceleração e força, com os de energia cinética, energia potencial e trabalho de uma força.

Na análise feita à entrevista com a professora, não só fica a indicação de que os alunos aumentaram significativamente o nível de profundidade relativo aos conceitos da Física, como também fica a indicação de que os alunos adquiriram capacidade de relacionar os conceitos. Considero que é importante a comparação que a professora faz ao longo da entrevista, desta turma com outra à qual lecciona a mesma disciplina, e na qual não observa o mesmo tipo de evolução relativa ao entendimento dos conceitos. Na opinião da professora os acréscimos verificados na turma estão relacionados com as sessões de programação.

Outra fonte de informação que me dá indicações relativas a este objectivo específico, é a análise feita às entrevistas realizadas aos alunos. Tal como referi, a opção por uma entrevista escrita pode ter conduzido a respostas mais sucintas, o que não garantiu um número significativo de indicadores. Dentro desta possível restrição, esta análise dá indicação de que os conceitos ficaram fortalecidos, não sendo tão expressiva a integração de conceitos, revelando-se esta apenas nos alunos melhores da turma. Considero importante observar que alguns alunos atribuem estas melhorias às sessões de programação.

Uma última fonte de informação é dada pela evolução escolar da turma na disciplina de Física e Química A, verificando-se que do ponto de vista da avaliação os alunos de, de forma geral, apresentam uma melhoria significativa da nota obtida (excluem-se desta observação os casos atrás discutidos da Ana, do Luís, do Pedro e do António). Esta fonte não me dá necessariamente indicação de que os alunos aprofundaram os seus conhecimentos na Física, no entanto, revela um acréscimo de conhecimento na disciplina.

Triangulando as informações recolhidas, verifico que as diferentes fontes são concordantes, de forma geral, no que diz respeito ao acréscimo de maturidade na Física, quer porque melhoraram o entendimento dos conceitos, quer porque conseguem relacioná-los, pelo

que, considero que o objectivo específico foi atingido. Note-se que este aprofundamento de conceitos é já referido em trabalhos anteriores (Chabay & Sherwood 2008) relativamente à aplicação de estratégias de programação no processo de aprendizagem da Física a nível universitário.

Quanto ao último objectivo específico (adequabilidade das actividades computacionais), vou analisá-lo em diferentes dimensões. Se por um lado pretendo olhar para a aceitação e satisfação, relativa às sessões, dos protagonistas deste estudo (alunos, professores, director, etc), por outro pretendo reflectir sobre a exequibilidade das sessões, do ponto de vista da interferência que tiveram na leccionação da disciplina, bem como das condições para a execução do projecto, e também relativamente à capacidade que os alunos mostraram de adaptação a uma nova abordagem de aula, na qual se utiliza a programação. No enquadramento escolar da turma, fica patente que, relativamente aos diferentes intervenientes não alunos (director, departamento de Física/Química e professora da turma), por um lado, aceitaram com entusiasmo o projecto, e por outro ofereceram condições para a sua implementação (tempo de aula, salas de informática, possibilidade de trabalhar em sala de aula com computadores portáteis, entre outras).

Relativamente à caracterização inicial da turma, sobressai que a turma mostra interesse em descobrir o projecto, ficando a dúvida relativamente à Ana que parece não estar focada nesse objectivo. A análise feita às sessões, deixa indicação clara de que os alunos adquirem entusiasmo ao longo das sessões do 10.º ano, e que no 11.º ano parece haver um abrandamento. Este abrandamento pode ter origem no facto de os alunos terem esquecido o que aprenderam no ano anterior, bem como de ter existido um afastamento temporal significativo entre a primeira sessão e a segunda do 11.º ano. Note-se que a questão do afastamento temporal entre sessões aparece de forma recorrente nas entrevistas aos alunos, bem como na entrevista com a professora, como factor com influência negativa no processo. Relativamente à retenção de conhecimentos das sessões anteriores, como vimos atrás, o nível não foi, de forma geral, elevado. Apesar disto, considero, da análise feita, que os alunos ao longo das sessões, mostraram satisfação, realizando bem as tarefas que lhes foram propostas. A aceitação e satisfação relativa às sessões, é visível, de forma geral na análise feita às entrevistas dos alunos. No seu discurso, os alunos realçam ainda o facto de estas sessões lhes terem facultado uma aprendizagem mais profunda da Física.

Ainda da análise das sessões, os alunos mostram, de forma geral, uma boa adaptação à programação, podendo identificar-se nalguns casos alguma dificuldade (por exemplo o

Pedro). Este nível de adaptação, não se vê apenas na aquisição de competências de programação, como observado acima, mas também pelos níveis de autonomia que os alunos adquiriram nas sessões, expressos pelo carácter próprio na realização dos seus programas. Verifico então, que o facto de os alunos não terem formação inicial em programação não constituiu um entrave à aplicação de estratégias de programação, ao contrário do que é indicado em trabalhos anteriores (Shabay & Sherwood 2008).

Analisando o discurso da professora expresso na entrevista, verifica-se que o grau de aceitação e satisfação relativamente ao projecto é elevado, como fica indicado pelas afirmações: “Já dou aulas há mais de vinte anos e se me perguntares se eu queria fazer disto uma rotina, a resposta é seguramente, sim.” e “Gostaria que todos os alunos tivessem a sorte que estes tiveram.” (retiradas da resposta à questão 4 da entrevista). No seu discurso, a professora dá indicações positivas relativamente à exequibilidade do projecto. De facto, realça uma série de competências adquiridas (autonomia, rapidez de raciocínio, espírito crítico, entre outras que indico atrás) que sublimam o tempo retirado às aulas regulares da disciplina, pelas sessões de programação, considerando que potenciam uma aprendizagem mais rápida e significativa, ao contrário do que verifica na sua outra turma, que não teve a mesma experiência.

Os resultados obtidos pelos alunos na avaliação da disciplina, que se observam na análise da sua evolução, são bons, indicando que os alunos não foram prejudicados na aprendizagem do programa da disciplina. Também relativamente a este objectivo específico, considero que as diferentes fontes trianguladas, são contextualizadoras da sua concretização.

Feita esta primeira verificação da concretização dos objectivos específicos da minha tese, pretendo agora discutir a evolução dos conceitos sistémicos associados à minha hipótese. O conceito de rede conceptual (Astolfi 1990) está associado com a construção correcta das grandezas fundamentais da Física, no sentido de estas formarem um conjunto de subsunções cientificamente capaz de sustentar uma aprendizagem significativa da Física (Valadares 2011). A análise e concretização do quarto objectivo específico feito acima, mostra que esta rede conceptual foi construída com sucesso e que os alunos, de forma geral, adquiriram uma maturidade maior no entendimento dos conceitos fundamentais da Física, associando-se este aumento com a utilização das estratégias de programação. Isto fica particularmente expresso no discurso da professora:

“E penso que os ajudou muito o trabalho do ano passado e o trabalho deste ano e a sensação com que eu fico é que para eles a Física ficou muito mais clara, mais evidente: os fenómenos são mais evidentes, a Mecânica é mais evidente, ...”
(retirado da resposta da professora à questão 10 da entrevista)

Um indicador importante deste acréscimo é a redução do nível de senso comum que observo na minha análise das sessões, e que também transparece na entrevista da professora.

Relativamente à integração de conceitos, esta estará ligada à capacidade que os alunos têm de relacionar, por exemplo, os conceitos da Mecânica, percebendo que, na análise do movimento de um corpo, a construção de conceitos como energia cinética ou trabalho, não se dissociam da velocidade, aceleração e força, associados a esse movimento. Também neste caso, a análise e concretização do quarto objectivo específico reflecte que os alunos atingiram, de forma geral, níveis expressivos de integração de conceitos. Considero que um dos indicadores mais fortes desse nível, é dado pelos programas finais que elaboraram, onde, como disse atrás, constroem as grandezas cinemáticas para o movimento do pára-quedista, e a partir delas constroem a energia cinética, a energia potencial e o trabalho das forças não conservativas. Esta integração fica também expressa no discurso dos alunos e da professora:

“...aprendemos a relacionar a matéria de física do 10º ano e do 11º ano, tal é bastante útil porque ambas existem em conjunto e dependem umas das outras.” (retirado da resposta da Luísa à questão 6 da entrevista)

“...ajuda a interpretar melhor os problemas, a perceber a necessidade de registar os dados, de os relacionar, de os interligar, de puxar pela cabeça para saber que ponte é que vão fazer entre os dados, ...” (retirado da resposta da professora à questão 4 da entrevista)

No que diz respeito aos dois últimos conceitos sistémicos, efeito tutor e metacognição, pretendo observar de que forma os alunos conseguem explicar aos outros, e a si próprios, a resolução dos problemas da Física. Os níveis elevados de autonomia que os alunos adquirem ao longo das sessões mostram, entre outras coisas que referi anteriormente, que vão adquirindo a capacidade de explicar ao computador o esquema de resolução dos problemas que vão sendo propostos. Isto significa que os alunos conseguem tutorear o computador, assimilando na sua estrutura cognitiva os processos de resolução do problema, ou seja, de forma indirecta explicam a si próprios essa resolução, que não é mais do que metacognição (Audibert 2005). Estes efeitos também ficam patentes nas acções de tutoria que alguns têm com os colegas. No seu discurso, a professora realça, como disse atrás, estas qualidades adquiridas pelos alunos desta turma, em oposição à sua outra turma.

Posto isto, verifico que, de forma geral, para os alunos desta turma, há evolução dos conceitos sistémicos associados à minha questão de investigação, e que esta evolução está ligada ao facto de terem tido as sessões de programação. Esta verificação, mostra que o objectivo secundário do meu trabalho foi globalmente alcançado, ou seja, verifica-se que a

programação computacional está relacionada com o efeito tutor e, conseqüentemente com a metacognição. Por outro, mostra também que o meu objectivo principal foi globalmente atingido, ou seja, que as actividades de programação melhoram, de forma significativa, a percepção que os alunos têm dos conceitos fundamentais da Física.

A análise que acabo de fazer é global, e não pode ser transposta directamente para cada aluno. De facto, ela cruza as análises feitas atrás relativas aos alunos, trianguladas com o discurso da professora, que se revela, do ponto de vista global, muito positivo relativamente à intervenção. Considero importante cruzar apenas as análises feitas aos alunos que revelam, nalguns casos, que a intervenção não parece ter tido os resultados que indico na análise global. Procuo então a seguir, analisar a evolução de cada aluno, por cruzamento das suas análises individuais feitas atrás, no sentido de verificar se para cada um deles os objectivos se verificam, reflectindo sobre as possíveis justificações para a falência desta metodologia nos casos em que não se verificam.

Ana: Esta aluna protagoniza um dos casos em que as análises feitas não revelam que os objectivos específicos tenham sido atingidos, não se podendo, pois, dizer que a intervenção tenha tido um efeito visível na integração de conceitos, ou numa aprendizagem significativa da Física. Note-se que neste caso, a aluna mostra desde o início da intervenção uma resistência ao processo de aprendizagem, que pode ser explicada pelo facto de não se encontrar na área de estudos que pretendia (como foi revelado pela professora). Esta aluna acabou por realizar o exame de Filosofia e não o de Física e Química A de forma a poder mudar de área.

Bruno: Relativamente à aprendizagem da programação, este aluno atinge níveis altos, adquirindo autonomia ao longo das sessões, o que lhe permitiu completar os programas propostos. É interessante observar a resposta que o aluno dá na entrevista, quando questionado sobre o significado de algoritmo: “Conjunto de etapas e ordens que se dá a um computador, com uma sequência lógica, que nos leva à resolução de um determinado problema” (resposta à questão 5). Deste ponto de vista, verificam-se neste caso os três primeiros objectivos específicos associados a esta problemática. No que diz respeito aos conceitos da Física (compreensão e integração), observa-se uma evolução, o que permite considerar que esse objectivo específico também é atingido. É importante realçar que a evolução maior coincide com o período em que o aluno actua como tutor do Frederico, o que sugere que a acção de tutorar, potencia a aprendizagem significativa. No seu discurso, este aluno mostra aceitação, bem

como satisfação relativamente ao projecto, o que encerra a verificação da concretização dos objectivos específicos deste trabalho.

Luísa: Esta aluna adquire um nível elevado de programação, acompanhado de uma autonomia que vai crescendo ao longo das sessões. Do ponto de vista da programação, considero que os objectivos específicos foram atingidos com esta aluna. Relativamente aos conceitos da Física (compreensão e integração), não posso deixar de notar que na caracterização inicial esta aluna apresentava níveis muito baixos, com um nível de senso comum elevado. A análise feita à evolução desta aluna ao longo das sessões, mostra que adquiriu competências significativas não só na compreensão dos conceitos da Física, mas também, na integração dos conceitos da Mecânica, pelo que considero que esse objectivo também foi atingido pela aluna. Apesar de apontar algumas críticas ao projecto, a aluna mostra aceitação e satisfação relativamente à intervenção, realçando que o projecto é adequado. É de salientar o nível muito elevado que obtém na classificação final do 11.º ano (20 valores), bem como o do exame nacional (19 valores), tendo a aluna transitado para o 10.º ano com nível 4 na disciplina de Ciências Físico-Químicas, e obtido uma avaliação de 15 valores no 1.º período do 10.º ano. Considero que a Luísa poderá ter sido a aluna para a qual a intervenção teve mais impacto do ponto de vista da promoção de uma aprendizagem significativa. Note-se também que esta aluna apresenta um nível muito baixo no teste diagnóstico, denotando aí, um nível de senso comum elevado.

Luís: Apesar de ter adquirido bases de programação, a sua falta de autonomia não possibilitou atingir um nível mais elevado. O aluno mostra no seu discurso, bem como nas minhas observações, aceitar bem esta intervenção, revelando também satisfação relativa às sessões. Relativamente à evolução na compreensão e integração dos conceitos da Física, este aluno não mostra, nas análises que fiz atrás, sinais positivos. Deste modo, considero que este é um caso em que não se concretizam os objectivos, não tendo esta intervenção dado indicações de ter potenciado uma aprendizagem significativa. Note-se que, apesar de transitar para o 10.º ano com nível 4 na disciplina de Ciências Físico-Químicas, é o único aluno que, com avaliação negativa (9 valores) no 1.º período do 10.º ano, não consegue recuperar no final desse ano (mantem a avaliação de 9 valores). Penso que sendo um dos alunos com mais dificuldades, acabou por ser ajudado em todos os trabalhos pelos colegas, o que inibiu

a autonomia necessária para poder assimilar os conceitos da Física subjacentes aos programas que foi realizando.

Pedro: Este também é um dos alunos com maiores dificuldades, que não conseguiu adquirir de forma sólida as bases de programação. Tendo eu sentido que era o aluno com maiores dificuldades, e com uma grande falta de autonomia, foi o que usufruiu mais do meu apoio, o que lhe permitiu realizar parte dos programas propostos. Relativamente à sua autonomia, considero importante a afirmação da professora (quando questionada sobre a influência das sessões na autonomia dos alunos): “..., o Pedro tem tido dificuldades na compreensão das matérias, mas agora noto que ganhou autoestima em termos de participação, porque percebeu que pode não acertar à primeira, mas que pode voltar atrás e tentar de novo...” (retirado da resposta à questão 5 da entrevista). Isto mostra que apesar de não se notarem progressos acentuados na compreensão e integração dos conceitos da Física, a intervenção teve uma acção positiva para o desenvolvimento do Pedro. É de notar que apesar de ter tido avaliação negativa no 1.º período do 10.º ano (9 valores), o Pedro recupera, obtendo 13 valores no final deste ano, o que acentua o que acabo de dizer. Note-se que no 11.º ano o Pedro teve o acidente, o que dificulta a interpretação das suas avaliações. É de notar também, a forte aceitação e satisfação que o Pedro mostrou relativamente às sessões.

Sérgio: Adquire um nível elevado de programação, associado a uma autonomia que foi crescendo ao longo das sessões. Também neste caso, os primeiros três objectivos são atingidos. Relativamente à compreensão e integração dos conceitos da Física, as análises reflectem um nível elevado. Este aluno tem a particularidade de ter um excelente nível em Matemática (que me foi transmitido pela professora), o que do ponto de vista do entendimento dos desenvolvimentos da Física a partir de equações dadas o coloca numa situação privilegiada. É interessante notar que esta vantagem poderá ter constituído um entrave a uma maior compreensão das matérias da Física, impedindo-o, por exemplo, de resolver correctamente a questão do cálculo do trabalho das forças não conservativas na última sessão do 11.º ano. Na sua entrevista, o Sérgio revela aceitação e satisfação relativamente ao projecto, deixando uma nota de insatisfação pelo tempo excessivo utilizado para aprender as bases de programação, que impossibilitou maiores desenvolvimentos. Considero que, neste caso, os objectivos específicos são atingidos.

João: Não consigo encontrar uma linha de coerência no desempenho do João ao longo das sessões. Por um lado, as suas avaliações no final do 3.º ciclo e no 1.º período do 10.º ano, situam-no num nível baixo (a par do Luís, do Pedro e do António), o que contrasta com uma boa capacidade de entendimento e de expressão, que observo ao longo das sessões (que não se verifica nos outros três atrás citados), por outro, ao aparente entusiasmo que vai mostrando nas intervenções que produz durante as sessões (sobretudo no 10.º ano), opõe-se uma postura negligente relativamente aos trabalhos que tem que desempenhar. Principalmente no 11.º ano, mostra um grande desinteresse pelo projecto, o que fica claro nas respostas dadas na sua entrevista. Não consigo encontrar indicadores que reflitam que a intervenção possa ter tido um efeito positivo, não só relativamente à compreensão e integração dos conceitos da Física, mas também na programação.

Lucas: Este aluno adquire um nível muito elevado de programação, também neste caso, associado a um crescimento muito grande da sua autonomia. Esta autonomia parece resultar de uma acentuada função de tutor que assumiu nas sessões do 10.º ano, relativamente ao António. Considero que também neste caso, os três primeiros objectivos específicos foram atingidos. Relativamente ao entendimento e integração dos conceitos da Física, as análises feitas, mostram que o Lucas tem uma grande evolução, o que valida o quarto objectivo específico. Relembro que o Lucas é o único aluno que no último programa, calcula, numericamente, o trabalho das forças não conservativas directamente a partir da definição de trabalho de uma força, o que traduz um conhecimento significativo da Física. Considero que para este aluno a intervenção também potenciou uma aprendizagem significativa da Física. Também o Lucas reflecte no seu discurso aceitação e satisfação relativamente ao projecto, o que encerra a verificação da concretização dos objectivos específicos deste trabalho.

António: Este aluno assistiu a poucas sessões, tendo faltado à última do 10.º ano e a todas as do 11.º ano. Note-se que este aluno demonstra, nas sessões a que assistiu no 10.º ano uma grande falta de autonomia, não conseguindo adquirir competências de programação. Julgo que é importante referir que o António era o único aluno sem endereço electrónico próprio, utilizando o endereço da sua mãe. Os níveis de entendimento e integração dos conceitos da Física, deste aluno, são baixos, continuando com um nível de senso comum acentuado. Dado o número de sessões a

que faltou, não considero que faça sentido avaliar o efeito que esta intervenção teve para este aluno.

Miguel: Este aluno também adquire bases sólidas de programação, revelando bastante autonomia, que se acentua ao longo das sessões do 10.º ano. Apesar de parecer ter um retrocesso no início do 11.º ano, consegue terminar bem a última sessão desse ano. Do ponto de vista dos três primeiros objectivos específicos deste trabalho, considero que são atingidos no caso do Miguel. Relativamente ao entendimento e à integração dos conceitos da Física, as análises mostram que o Miguel tem uma evolução significativa (menos visível na integração de conceitos), verificando assim o quarto objectivo específico. Apesar de afirmar aceitação e satisfação relativamente ao projecto, considero que o Miguel reflectiu alguma saturação relativamente às sessões, que se pode observar pela sua prestação nas sessões do 11.º ano. Apesar disto, considero que se verificam os objectivos específicos e que a intervenção potenciou no Miguel uma aprendizagem significativa da Física.

Carlos: Este aluno mostra um crescimento no nível de autonomia ao longo das sessões, assumindo muitas vezes a função de tutor. Adquire bases sólidas de programação, situando-se num nível avançado, o que valida a concretização dos primeiros três objectivos específicos. Com base nas análises feitas atrás, o Carlos mostra ter ganho maturidade no entendimento dos conceitos da Física, mostrando igualmente uma evolução positiva no que diz respeito à integração de conceitos. Considero, portanto, que o quarto objectivo específico se verificou. Considero que, para o Carlos, as sessões promoveram uma aprendizagem significativa da Física. Relativamente ao último objectivo, mostra aceitação e satisfação, o que completa a verificação da concretização dos cinco objectivos específicos.

Nuno: O nível de autonomia é muito grande de início, notando-se, no entanto, que aumentou com as sessões. Assume em quase todas as sessões a função de tutor, adquirindo um sentido crítico cada vez maior. O nível de programação é muito elevado, sendo quase sempre o mais rápido a terminar os programas, verificando-se assim os três primeiros objectivos específicos. Das análises feitas, verifica-se que a evolução do nível de entendimento dos conceitos da Física é grande, verificando-se que o Nuno adquire muita maturidade relativamente à Física, logo no 10.º ano. Verifica-se igualmente que há evolução relativa à integração de conceitos, o que mostra que se verifica o quarto objectivo. As sessões promoveram uma aprendizagem

significativa da Física. Considero importante notar que este aluno, tal como a Luísa, apresenta um nível muito baixo no teste diagnóstico, revelando aí um nível de senso comum significativo. A aceitação e satisfação relativas à intervenção, expressas no discurso do Nuno, completam a verificação da concretização dos cinco objectivos específicos deste trabalho.

Esta análise individual mostra que os objectivos não são atingidos por um número expressivo de alunos, fragilizando a discussão geral atrás exposta. No entanto, se excluirmos a Ana e o António desta análise, pelas razões que apontei acima, podemos dizer que os objectivos foram atingidos em 7 alunos de um grupo de 10, o que reforça a análise geral feita. Note-se que num dos três alunos para os quais os objectivos não foram atingidos, o Pedro, a intervenção foi importante para o seu desenvolvimento, como referi acima.

4.3. Discussão da hipótese: transferibilidade

Pretendo agora, com base no que apresentei neste capítulo discutir a validade (externa), ou transferibilidade (Aires 2011), da minha pesquisa. Procuo, por um lado, confrontar a minha hipótese com os resultados obtidos, e por outro, discutir a replicabilidade da metodologia aplicada. Deste modo, começo por realçar que o alcançar, de forma global, dos objectivos, primário e secundário, como apresentei atrás, contextualiza a minha hipótese, no sentido em que a programação computacional foi, nesta pesquisa, um meio de potenciar o efeito tutor e a metacognição, o que promoveu a integração dos conceitos de velocidade, aceleração e força entre si, e também com os de energia cinética, energia potencial e trabalho de uma força.

No estudo de Chabay e Sherwood (2008), apesar de se tratar de um estudo aplicado em ambiente universitário, os autores sublinham a promoção de uma aprendizagem mais profunda dos conceitos da Física, associada à utilização da programação computacional, com a reserva negativa relativa à aprendizagem da totalidade dos conteúdos da disciplina, associada ao tempo tomado pela aprendizagem da Programação. Na presente pesquisa, verifico que a aprendizagem da programação computacional, aplicada no contexto do ensino secundário, não parece ter influência negativa no processo ensino/aprendizagem da disciplina, uma vez que não retirou muito tempo às aulas regulares, e promoveu competências, tais como, autonomia, espírito crítico ou rapidez de raciocínio, necessárias para uma percepção profunda dos conteúdos programáticos escolares, em particular da Física. Estas competências, de acordo com este estudo, permitiram ultrapassar possíveis consequências negativas associadas a uma redução do tempo lectivo regular. Relativamente a este aspecto, considero que a eficácia da

abordagem seguida nesta pesquisa pode ainda estar relacionada com duas questões que discuti no meu quadro teórico. A primeira tem a ver com a reconstrução dos conceitos fundamentais da Física, velocidade, aceleração e força, associada, por um lado, à utilização de diferenças finitas como base de cálculo da velocidade e da aceleração, nos programas realizados pelos alunos, e por outro, à utilização da 2ª Lei de Newton como ligação da aceleração às forças consideradas em cada modelo. A segunda está relacionada com a escolha do problema de estudo, onde considero que foi importante a inclusão simultânea das matérias lecionadas no 10.º ano e no 11.º ano, o que por si só, procura integrar conceitos. Note-se que, a adequação do uso de tecnologia não pode deixar de estabelecer conexões fortes com a pedagogia de ensino da disciplina e com os seus conteúdos (Sampaio & Coutinho 2012).

A escassez de estudos práticos, realizados sobre a utilização da programação de «baixo nível» (no sentido indicado na secção 1.5 do capítulo 1) no ensino da Física a nível secundário, não me permite estabelecer comparações deste estudo com trabalhos recentes. Vale, no entanto, a pena reflectir sobre os projectos estabelecidos nos anos oitenta, onde se procurava estabelecer um conjunto de projectos de programação em LOGO, aplicáveis ao nível escolar, e testados em programas piloto nas escolas (Hurley 1985). Apesar de se tratar de uma linguagem simples, que pode ser ensinada a crianças, podemos observar a complexidade de um programa para representar a posição e velocidade na queda livre de um corpo, nessa linguagem (Hurley 1985, p.25), face à simplicidade dos programas escrito em OCTAVE pelos alunos que participaram na minha pesquisa (apêndice 4: 4ª sessão). Para além desta simplicidade, acresce o facto de nestes programas, os alunos estabelecerem de forma explícita as ligações posição/velocidade e velocidade/aceleração. Actualmente, estes mesmos programas são feitos a nível escolar com o SCRATCH, no entanto, apesar de mais simples que o LOGO, continua a não permitir a percepção dos conceitos da Física utilizados, uma vez que os alunos utilizam «caixas negras» (Chabay e Sherwood 2008) que representam as interacções que os alunos em linguagens como o OCTAVE ou o PYTHON, têm necessidade de programar. O nível mais baixo deste tipo de linguagens obriga o aluno a programar todos os passos de resolução do problema Físico, partindo dos conceitos fundamentais, o que contextualiza a minha hipótese.

Com base no exposto, considero que a metodologia utilizada neste trabalho pode ser replicável, concedendo à minha hipótese uma possível generalização analítica, no sentido em que os resultados da pesquisa podem ser aplicados noutros contextos. Contribui para esta consideração, a aquisição suficientemente robusta de dados (informação), que permitiu representar, não só, a diversidade de perspectivas dos participantes, como também, a forma

como estas conduzem a uma interpretação, quer da parte do investigador quer da parte dos leitores.

Conclusões

Este estudo teve a particularidade de implementar a programação computacional, «baixo nível» (no sentido indicado na secção 1.5 do capítulo 1), na aprendizagem da Física no ensino secundário. Esta implementação foi desenvolvida numa investigação-acção, na qual os alunos foram conduzidos na resolução de um problema transversal da Mecânica, recorrendo às Leis de Newton e às definições cinemáticas de velocidade e aceleração. Os resultados observados permitem-me concluir que a intervenção conduziu a uma aprendizagem significativa da Física para a maioria dos alunos que não só reaprenderam os conceitos fundamentais da Mecânica, como conseguiram integrá-los, construindo modelos cientificamente coerentes. Este estudo permitiu-me também verificar que a aprendizagem de programação em OCTAVE, não só é acessível, no sentido de conseguirem desenvolver programas autonomamente, como também é responsável pela aquisição de capacidades como: a autonomia, o espírito crítico e a metacognição. Isto conduz-me à conclusão de que é por intermédio da aquisição destas capacidades que a programação computacional de «baixo nível» promove uma aprendizagem significativa da Física.

A abordagem seguida neste estudo para a utilização dos computadores na aprendizagem da Física no ensino secundário mostra não invalidar o cumprimento do programa, uma vez que o acréscimo de autonomia e espírito crítico, bem como a aquisição de subsunçores cientificamente correctos, permitem uma aprendizagem mais rápida dos conceitos de forma alicerçada e significativa.

Considero que também é um aspecto positivo associado a este projecto, a aquisição de competências de programação por parte dos alunos, o que lhes permitiu adquirir uma formação mais robusta para o ingresso na universidade, uma vez que, neste momento, a Programação é uma disciplina transversal a praticamente todas as disciplinas dos cursos de Ciências. Por outro lado, a utilização dos métodos numéricos associados a diferenças finitas permitiu-lhes adquirir as competências matemáticas de diferenciação e de integração, uma vez que, nos programas que desenvolveram, não só resolveram equações diferenciais, associadas às definições de velocidade e aceleração, como calcularam integrais, associados à variação da energia mecânica ou ao trabalho das forças não conservativas.

Por outro lado, considero que a dispersão temporal das sessões foi uma fraqueza deste estudo, que pode ter diminuído o alcance dos objectivos, quer por desmotivar os alunos mais

avançados, devido à repetição da explicação dos conceitos básicos de programação, quer por, apesar dessa repetição, dificultar um acompanhamento adequado aos alunos com mais dificuldades.

A introdução deste tipo de estratégias no processo ensino/aprendizagem da Física no ensino secundário deve continuar a ser testada, para uma possível inclusão no currículo, sendo importante para isso que os professores (como investigadores) tenham a formação necessária em Programação, de forma a poderem programar autonomamente. Esta formação pode permitir ao professor, não só abordar problemas mais complexos que não estejam ao alcance curricular da disciplina, como também, garantir a construção de uma rede conceptual de conhecimentos da Física, que permita uma aprendizagem significativa desta disciplina.

No futuro, pretendo replicar este estudo em ambientes escolares diferentes, tais como escolas públicas com diferentes meios socio-culturais. Estes trabalhos poderão ser executados por mim, tal como foi feito na presente investigação, ou pelos professores de Física e Química A da turma, sob a minha orientação. Com isto espero reforçar a validade da hipótese que apresentei nesta tese.

Referências

- Aires, L. (2011). *Paradigma qualitativo e práticas de investigação educacional*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Astolfi, J. (1990). Les concepts de la didactique des sciences, des outils pour lire et construire les situations d'apprentissage. *Recherche et Formation*, 8, 19-30.
- Audibert, S. C. (2005). L'effet tuteur chez les enfants intellectuellement précoces lors d'apprentissages mathématiques en classe de quatrième, *Éduquer*, 9, 41-60.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. Holt, Rinehart and Winston Inc. New York. <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.112045> (acedido em 27/12/2019)
- Ausubel, D. P. (2000). *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Plátano Edições técnicas, Lisboa.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology. A Cognitive View*. Second Edition. Holt, Rinehart and Winston, New York, Chicago, San Francisco, Dallas, Montreal, Toronto, London, Sydney.
- Bardin, L. (2009). *Análise de conteúdo*. Lisboa, Portugal; Edições 70, LDA.
- Belcher, N. T. (2017). *Modelling Instruction in AP Physics C: Mechanics And Electricity And Magnetism*. (Doctoral dissertation). <https://scholarcommons.sc.edu/etd/4551/> (acedido a 23 de Janeiro de 2019)
- Burkholder, E. W. & Wieman, C. E. (2019). What do AP physics courses teach and the AP physics exam measure? *Physical Review Physics Education Research*, 15, 020117
- Caballero, M. D. (2015). Computation across the Curriculum: What Skills Are Needed? In.: *2015 Physics Education Research Conference Proceedings*; American Association of Physics Teachers, pp 79–82
- Caballero, M. D. & Hjorth-Jensen, M. (2018). Integrating a Computational Perspective in Physics Courses. *ArXiv e-prints* (Feb 2018). <https://arxiv.org/pdf/1802.08871.pdf> (acedido em 25 de Novembro de 2019)
- Carvalho, P. S., Christian, W. & Belloni, M. (2013). Physlets e Open Source Physics para professores e estudantes portugueses. *Revista Lusófona de Educação*, 25, 59-72.
- Carvalho, G. (2009). Literacia científica: Conceitos e dimensões. In.: Azevedo, F. & Sardinha, M.G. (Coord.) *Modelos e práticas em literacia*, pp.179-194, Lisboa: Lidel.

- Carvalho, R. (2007). *A Física no dia-a-dia*. Lisboa: Relógio de Água.
- Chabay, R. & Sherwood, B. (2008). Computational physics in the introductory calculus-based course. *American Journal of Physics*, 76, 307-313.
- Chonacky, N. & Winch, D. (2008). Integrating computation into the undergraduate curriculum: A vision and guidelines for future developments. *American Journal of Physics*, 76, 327-333.
- Coutinho, C. P. (2015). *Metodologia da Investigação em Ciências Sociais e Humanas: Teoria e Prática*, 2.^a ed. Coimbra: Almedina.
- Coutinho, C. P., Sousa A., Dias A., Bessa F., Ferreira M. J. & Vieira S. (2009). Investigação-ação: metodologia preferencial nas práticas educativas. *Psicologia, Educação e Cultura*. XII (2), 455-479.
- Duarte, J. B. (2000). Críticas dos alunos de uma escola secundário sobre o ensino da língua portuguesa, da física e da filosofia. *Revista de Humanidades e Tecnologias*, 3 (Dossier Ciências da Educação), 85-90.
- Duarte, J. & Nogueira, J. R. (2019). From the hidden protest of students towards problem-based learning. *Education Sciences*, 9 (3), 215, doi:10.3390/educsci9030215
- Ferreira, A. G. (2008). O sentido da Educação Comparada: Uma compreensão sobre a construção de uma identidade. *Educação*, 31 (2), 124-138.
- Feynman, R. (1967). *The Character of Physical Law*. M.I.T. Press, United States of America.
- Feynman, R. (1999). *The Pleasure of Finding Things Out*. Perceus Books, Cambridge, Massachusetts.
- Fiolhais, C. & Trindade, J. (2003). Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25 (3), 259-272.
- Halloun, I. & Hestenes, D. (1985). The Initial Knowledge State of College Physics Students. *American Journal of Physics*, 53 (11), 1043-1055.
- Heidemann, L., Araujo, I. & Veit, E. (2016). Atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica: uma alternativa para a ressignificação das aulas de laboratório em cursos de graduação em física. *Revista Brasileira de Ensino de Física* [online]. 2016, 38 (1), 1504
- <https://www.oecd.org/edu/school/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/33694881.pdf> (acedido em 19/07/2017).
- Hurley, J. (1985). *Logo physics*. N. Y.: CBS. <https://archive.org/details/logo-physics-1985> (acedido em 27/12/2019)

- Jablonka, E. (2003). Mathematical Literacy. In.: A. Bishop, M. A. Clemnets, C. Keitel, J. Kilpatrick e F. K. S. Leung (eds.), *Second International Handbook of Mathematics Education*, pp. 75–102, London: Kluwer Academic Publishers.
- Lopez, S., Veit, E. & Araujo, I. (2016). Una revisión de literatura sobre el uso de modelación y simulación computacional para la enseñanza de la física en la educación básica y media. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38 (2), e2401 .
- Madureira, M. & Precioso, J. (2012). *Causas do insucesso nos exames nacionais de Física e Química A na perspectiva dos professores*. <http://hdl.handle.net/1822/20341> (acedido a 4 de Setembro de 2017)
- Martins, F. (2015). *Avaliação Interna e Exames Nacionais na Disciplina de Física e Química A: um Estudo de Caso sobre Instrumentos e Práticas de Avaliação*. Tese de doutoramento, Universidade de Évora.
- Ministério da Educação (2013a). *Programa de Matemática Ensino Básico*. Lisboa: Ministério da Educação, DGE.
- Ministério da Educação (2013b). *Metas Curriculares de Físico-Química do Ensino Básico - 3.º Ciclo*. Lisboa: Ministério da Educação, DGE.
- Ministério da Educação (2014a). *Programa de Física e Química A 10.º e 11.º anos*. Lisboa: Ministério da Educação, DGE.
- Ministério da Educação (2014b). *Metas Curriculares de Física - 12.º ano*. Lisboa: Ministério da Educação, DGE.
- Ministério da Educação (2015). *Programa de Matemática A do Ensino Secundário*. Lisboa: Ministério da Educação, DGE.
- Ministério da Educação (2017). *Programa de Estudo do Meio do Ensino Básico - 1.º Ciclo*. Lisboa: Ministério da Educação, DGE.
- Neves, R. (2017). Melhorar o ensino e a aprendizagem do electromagnetismo com modelação computacional interactiva. *Revista Lusófona de Educação*, 35, 171-190.
- Neves, R. & Teodoro, V. (2010). Enhancing Science and Mathematics Education with Computational Modelling. *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1 (2), 2-15.
- Neves, R. & Teodoro, V. (2013). Modelação computacional, ambientes interactivos e o Ensino da Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática. *Revista Lusófona de Educação*, 25, 35-58.

- Nogueira, J. R., Alves, R. & Marques, P. C. (2019). Computational Programming as a Tool in the Teaching of Electromagnetism in Engineering Courses: Improving the Notion of Field. *Education Sciences*, 9(1), 64. doi:10.3390/educsci9010064
- OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and problem solving knowledge and skills*. OCDE.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York, Basic books.
- Peixoto, A. (2005). *As ciências físicas e as actividades laboratoriais na Educação Pré-Escolar: diagnóstico e avaliação do impacto de um programa de formação de Educadores de Infância*. Tese de doutoramento, Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho.
- Piaget, J (1977). *A equilibração das estruturas cognitivas*. Rio de Janeiro: Zahar.
- Ponte, J. P. (2006). Números e álgebra no currículo escolar. In.: Vale, I., Pimentel, T., Barbosa, A., Fonseca, L., Santos, L. & Canavarro, P. (Eds.), *Números e álgebra na aprendizagem da Matemática e na formação de professores – Actas do XIV EIEM* (pp. 5-27). Lisboa: SEM-SPCE.
- Ponte, J. P. (2009). O novo programa de Matemática como oportunidade de mudança para os professores do ensino básico. *Interações*, 12, 96-114.
- Quivy, R. & Campenhoudt, L. V. (1998). *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. Lisboa, Gradiva.
- Redish, E. (1994). implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics*, 62, 796-803.
- Redish, E., & Wilson, J. (1993). Student programming in the introductory physics course: M.U.P.P.E.T. *American Journal of Physics*, 61, 222-232.
- Sampaio, P. & Coutinho, C. (2012). Ensinar Matemática com TIC: em busca de um referencial teórico. *Revista Portuguesa de Pedagogia*, 46(2), 91-109.
- Sarabando, C, Cravino, J. P. & Soares, A. A. (2014). Contribution of a computer simulation to students' learning of the physics concepts of weight and mass. *Procedia Technology*, 13, 112-121.
- Serrazina, L & Oliveira, I. (2005). O currículo de Matemática do ensino básico sob o olhar da competência matemática. In.: *O professor e o desenvolvimento curricular*, ed. Grupo de Trabalho de Investigação-GTI, 35 - 62. ISBN: 972-8768-16-8. Lisboa: Associação de Professores de Matemática.

- Serres, M. (2012). *Petite Poucette*. Edition le Pommier, Paris.
- Silva, S., Silva, R., Guaitolini Junior, J.; Gonçalves, E., & Viana, E. (2014). Animation with Algodoo: a simple tool for teaching and learning physics). *Exatas*, 09/2014; 5(2), 28.
- Taylor, R. P. (Ed.). (1980). *The computer in the school: tutor, tool, tutee*. N. Y.: Teachers' College Press.
- Taylor, R. P. (2003). Reflections on The Computer in the School. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 3(2), 253-274.
- Teodoro, V. (2002). *Modellus: Learning Physics with Mathematical Modelling*. Tese de Doutoramento, FCT Universidade Nova.
- Valadares, J. (2011). A teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista. *Aprendizagem significativa em Revista/Meaningful Learning Review*, 1, 36-57.
- Valadares, J. (2013). O Ensino da Física nas escolas secundárias portuguesas no século XX. *Revista Lusófona de Educação*, 25, 15-34.
- Vieira, N. (2007). Literacia Científica e Educação de Ciência. Dois objectivos para a mesma aula. *Revista Lusófona de Educação*, 10, 97-108.
- Wilson, J. & Redish, E. (1989). Using computers in teaching physics. *Physics Today*, 34-41
- Yin, R.,K. (2005). *Introducing the World of Education: A Case Study Reader*. Sage publications, London.

Apêndices

Apêndice 1. Análise exploratória

O objectivo do trabalho que descrevo neste apêndice foi o de realizar um pré estudo exploratório que permita definir estratégias de acção, que se aproximem de um modelo de ensino baseado numa aprendizagem significativa, isto é, procurar metodologias a aplicar aos alunos do Ensino Secundário, que possam por um lado, ajudar a consolidar os conceitos básicos e fundamentais da Física, e por outro, permitir a integração de conceitos no processo Ensino/Aprendizagem dessa disciplina. Este estudo divide-se em duas partes, sendo a primeira a análise de um questionário passado em diferentes momentos de escolaridade (alunos no final do 9.º Ano de escolaridade em três escolas da região de Lisboa; alunos do 10.º Ano de escolaridade de três escolas da região de Lisboa e Sintra; alunos na entrada em diferentes licenciaturas numa universidade privada de Lisboa), e a segunda, a análise de conteúdo de uma entrevista em profundidade a um professor do Ensino Secundário. Com base na análise dos resultados e na revisão de literatura, verifiquei que os alunos tendem em geral para uma percepção da Física de nível senso comum, que as suas dificuldades na Matemática condicionam a clareza na resolução de problemas da Física e também que a falta de maturidade pode ser um factor limitador no processo de aprendizagem da Física.

A.1.1. Teste diagnóstico

Os testes utilizados neste estudo exploratório (ver secção A.3) foram adaptados de um estudo realizado na década de oitenta (Halloun e Estenes, 1985), no qual se procurava avaliar o nível de senso comum, relativo aos conceitos da Física, que os alunos apresentam no final do Ensino Secundário. O teste a aplicar foi previamente discutido por um grupo de professores do Ensino Secundário e do Ensino Superior e testado em alunos do final do Secundário (12.º Ano).

A.1.1.1 Aplicação ao 9.º ano

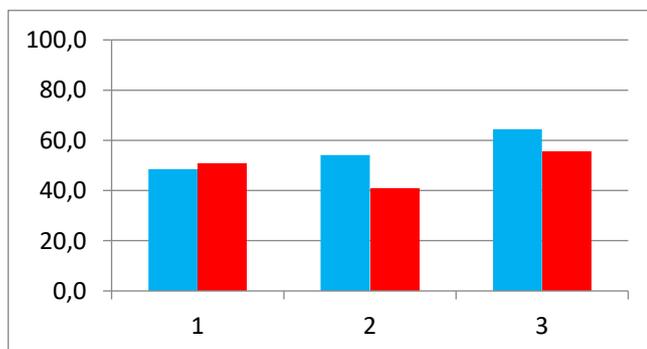
O teste foi aplicado em Junho de 2016 (na última semana de aulas) a uma amostra de 111 alunos do 9.º Ano de escolaridade em três escolas da região de Lisboa. A primeira escola (Escola 1) é uma escola básica periférica da zona de Loures, com um nível sociocultural baixo (foram aplicados 51 questionários em três turmas). A segunda (Escola 2) é uma escola com Ensino Secundário, na zona de Oeiras, com um nível sociocultural médio (foram aplicados 44

questionários em duas turmas). A terceira escola (Escola 3) é um colégio no centro de Lisboa, com um nível sociocultural alto, com Ensino Secundário (foram aplicados 16 questionários numa turma).

O teste foi construído com dois tipos de questão: perguntas de resposta múltipla (cinco questões) e perguntas de verdadeiro/falso (seis questões). As perguntas de resposta múltipla permitiram observar o tipo de representações que os alunos têm dos modelos físicos. As questões de verdadeiro/falso pretenderam dar indicação do conhecimento que estes têm sobre os conceitos físicos. A amostra foi reduzida com base num número mínimo de questões de resposta múltipla correctamente respondidas de forma a eliminar o carácter aleatório nas perguntas de resposta múltipla (duas questões certas), reduzindo a dispersão dos resultados nas respostas às questões de verdadeiro/falso. Deste modo os resultados analisados restringiram-se a um grupo de 64 alunos: 23 da escola 1 (45% dos alunos inquiridos); 32 da escola 2 (73% dos alunos inquiridos) e 9 da escola 3 (56% dos alunos inquiridos). As respostas obtidas para a selecção indicada encontram-se no quadro A.1.1.

Numa primeira análise (estritamente quantitativa) dos resultados, verifica-se que (figura A.1.1), no que diz respeito à percentagem de respostas correctas nas questões de resposta múltipla, a escola 1 é de 48.6%, a escola 2 é de 54.2% e a escola 3 é de 64.4%. Quanto às questões de verdadeiro/falso, a escola 1 é de 50.5%, a escola 2 é de 40.9% e a escola 3 é de 55.6%. Não se registam diferenças significativas entre os resultados obtidos em cada uma das escolas e, tendo em consideração a relativa facilidade das questões (face aos conteúdos programáticos), os resultados são fracos, mostrando de forma global um nível de senso comum significativo por parte dos alunos inquiridos.

Figura A.1.1: Percentagens de respostas certas dadas pelas escolas 1, 2 e 3. Para cada uma das escolas, a primeira coluna diz respeito às questões de resposta múltipla e a segunda às questões de verdadeiro/falso.



A análise que se seguiu, foi feita sobre cada uma das perguntas, integrando os resultados obtidos para todos os alunos (quadro A.1.1). A intenção foi por um lado, perceber as suas dificuldades relativas ao conhecimento dos diferentes conceitos abordados no questionário e, por outro, verificar se os conceitos de base estão integrados. Neste sentido, faço aqui a análise de cada uma das questões, separando as perguntas de resposta múltipla das de verdadeiro/falso. Começo por analisar as respostas às questões de resposta múltipla.

Questão	Alinea	Hipótese	Turma A (11)	Turma B (6)	Turma C (6)	Turma D (18)	Turma E (14)	Turma F (9)	Total em 64	Porcentagem
1	a	1	3	1	2	0	0	1	7	10,9
		2	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		3	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		4	0	0	0	1	0	0	1	1,6
		5	8	5	4	17	14	8	56	87,5
	N	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
	b	1	8	4	5	16	9	5	47	73,4
		2	3	2	1	1	5	4	16	25,0
		N	0	0	0	1	0	0	1	1,6
	2	a	1	0	0	0	0	0	0	0	0,0
2			5	4	5	16	8	8	46	71,9
3			2	0	0	1	1	0	4	6,3
4			0	0	1	0	0	0	1	1,6
5			3	2	0	1	4	1	11	17,2
N		1	0	0	0	0	0	1	1,6	
b		1	0	0	0	1	1	0	2	3,1
		2	1	0	0	1	3	0	5	7,8
		3	4	0	0	0	3	0	7	10,9
		4	3	4	2	8	7	8	32	50,0
	5	3	1	4	8	0	1	17	26,6	
N	0	1	0	0	0	0	1	1,6		
3	a	1	3	1	1	2	3	1	11	17,2
		2	2	1	0	0	1	0	4	6,3
		3	5	4	3	15	6	8	41	64,1
		4	0	0	1	0	2	0	3	4,7
		5	1	0	1	1	2	0	5	7,8
	N	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
	b	1	1	0	1	3	1	0	6	9,4
		2	4	1	1	0	4	2	12	18,8
		3	3	1	2	6	5	1	18	28,1
		4	3	3	2	4	1	5	18	28,1
5		0	1	0	5	4	1	11	17,2	
N	0	0	0	0	0	0	0	0,0		
4	a	1	7	4	3	10	5	3	32	50,0
		2	4	2	3	8	9	5	31	48,4
	b	1	7	5	3	16	11	4	46	71,9
		2	4	1	3	2	3	4	17	26,6
	c	1	4	0	2	6	3	5	20	31,3
		2	7	6	4	12	11	3	43	67,2
	d	1	5	3	3	12	5	2	30	46,9
		2	6	3	3	6	9	6	33	51,6
	e	1	3	4	4	13	10	8	42	65,6
		2	8	2	2	5	4	0	21	32,8
Todas	N	0	0	0	0	0	1	1	1,6	

Quadro A.1.1: Respostas dos alunos, após selecção, às questões do questionário exploratório, por turma e total. Na coluna três, a hipótese N corresponde à situação em que o aluno não respondeu. As células a azul correspondem à resposta certa.

Na questão 1a, os alunos demonstram um bom conhecimento (87.5%) do conceito cinemático de velocidade constante, no sentido de entenderem que um corpo que percorre espaços maiores em tempos iguais tem uma velocidade maior. É de notar, no entanto, que cerca de 11% dos alunos confunde o conceito de velocidade com o de posição, dizendo que os dois corpos têm a mesma velocidade quando se encontram na mesma posição. Na questão 1b, pretendia-se verificar se os alunos percebem o conceito de aceleração, bem como o

entendimento das leis de Newton, verificando-se que a percentagem de respostas certas é muito reduzida (25%).

A questão 2a procura verificar se os alunos entendem que a velocidade de um corpo diminui quando lançado verticalmente para cima. Neste caso, as respostas não foram tão seguras como as da questão anterior, verificando-se que cerca de 72% dos alunos percebeu o problema, ou seja, que o peso reduz a velocidade na subida, sendo que uma parte significativa (cerca de 17%) assume que a velocidade cresce durante a subida. Procurei na questão 2b observar se os alunos têm uma percepção correcta do modelo Físico relativo ao lançamento vertical de um corpo sem resistência do ar, no que diz respeito ao Princípio de Inércia. Neste caso, apenas 3% dos alunos respondeu correctamente à questão (percebendo que após o lançamento vertical de um corpo a única força que lhe está aplicada é o peso), sendo que 89% adoptou um modelo no qual o peso está presente, mas acompanhado por uma força que acompanha o corpo no seu movimento ascendente (opções 3, 4 e 5). Note-se que 97% dos alunos não entende o Princípio de Inércia, procurando explicações artificiais (forças fictícias) para explicar o movimento ascendente (em todas as opções alternativas existe uma força que o leva para cima).

Com a questão 3a pretendia verificar se os alunos entendiam que um corpo com velocidade constante percorre distâncias iguais em tempos iguais, independentemente das grandezas dinâmicas força e massa (note-se que nesta questão o aluno tem que entender que a distância de 1 a 2 é igual à distância de 2 a 3). O acréscimo de dificuldade imposto pela relação algébrica relativa ao cálculo das distâncias fez com que uma parte dos alunos (87.5%) que tinham acertado na resposta à questão 1a tenha respondido erradamente a esta questão (cerca de 23.5%, que corresponde às escolhas das opções 1 e 2), cuja resposta certa seria considerar que os tempos eram iguais.

Na última questão de resposta múltipla, questão 3b, procurei observar se os alunos entendem a Lei fundamental da Dinâmica, associada à definição de força. Neste caso, apenas 28% dos alunos percebeu que um corpo actuado por uma força (independentemente da sua massa e da intensidade dessa força) alcançará sempre outro que, estando à sua frente, se move na mesma direcção e sentido, com velocidade constante.

Quanto às questões de verdadeiro/falso, na primeira pergunta (alínea b da questão 1), procurei verificar se os alunos sabem a Lei Fundamental da Dinâmica, no sentido de que um corpo com velocidade constante não pode estar sujeito a forças de resultante não nula. Como se vê dos resultados, apenas 25% dos alunos respondeu adequadamente.

Na segunda (alínea a da questão 4) pretendia ver se os alunos entendem a ligação entre os conceitos da Dinâmica e os da Cinemática, entendendo que a força é uma medida da aceleração de um corpo e não da sua velocidade. Apenas 48% dos alunos respondeu correctamente.

Na pergunta seguinte, 4b, os alunos eram questionados directamente relativamente ao Princípio de Inércia, no sentido de entenderem que um corpo que não é actuado por forças possa estar em movimento, e neste caso somente 27% dos alunos respondeu correctamente.

Procurei averiguar na questão 4c se os alunos entenderam o movimento de queda dos graves sem resistência do ar, o que apenas se verificou em 31% dos alunos.

Na questão 4d procurei reforçar a avaliação sobre o conhecimento do conceito de velocidade, verificando se os alunos entendem que dois corpos com a mesma velocidade podem manter-se sempre lado a lado, independentemente das suas massas. As respostas não mostraram muita segurança da parte dos alunos, tendo respondido correctamente cerca de 52% dos inquiridos.

Na última questão, na qual 65% dos alunos respondeu correctamente, pretendia, uma vez mais, observar o conhecimento da Cinemática, agora relativamente ao conceito de aceleração, onde o aluno deveria entender que dois corpos de massa diferente podem ter a mesma aceleração.

Note-se que as respostas às questões 4d e 4e podem ser construídas com base no senso comum, tendo em conta que pessoas com massas diferentes viajam com a mesma velocidade e aceleração dentro de um carro ou de um comboio.

Categoria	Subcategoria	Questões (indicadores)	nível
Cinemática	velocidade	1a), 2a), 3a), 4d)	68,8
	aceleração	3b), 4c) e)	41,7
	Movimento vertical de graves	2a) b), 4c)	35,4
Dinâmica	Lei da inércia	1b), 2a) b), 4b) d)	35,6
	Lei fundamental da Dinâmica	2b), 3b), 4a) e)	36,3
	força	1b), 2a) b), 3b), 4a) e)	40,4
Relação entre conceitos	velocidade/posição	1a), 2a), 3a)	74,5
	aceleração/velocidade	1b), 2a), 3a) b), 4b)	43,1
	força/aceleração	1b), 2a) b), 3a) b), 4a) d) e)	44,7

Quadro A.1.2: Estrutura de análise por categorias dos conceitos da Física associados ao questionário realizado aos alunos em final de 9.º ano de escolaridade. Atribui três subcategorias para cada categoria, indicando quais as questões (indicadores) que lhes estão associadas, sendo o nível calculado a partir da média das percentagens correspondentes a essas questões.

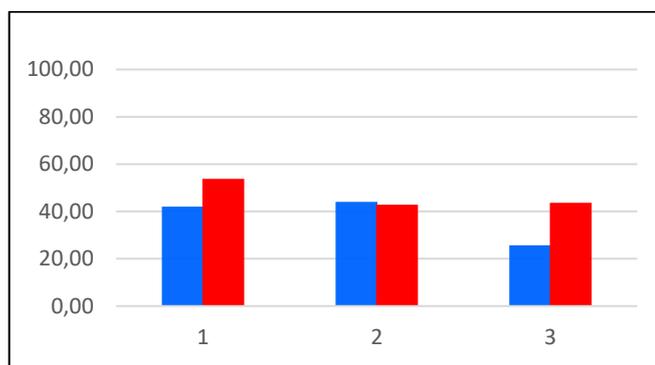
De forma a perceber a percepção que os alunos desta amostra têm dos conceitos fundamentais da Física, associei as questões em três categorias da aprendizagem da Física: Cinemática, Dinâmica e relação entre conceitos. Dentro da primeira associei separadamente as questões que testam o conceito de velocidade, as que testam o conceito de aceleração e as que testam o conhecimento sobre o movimento vertical de graves. Na segunda categoria, separei as questões relativamente à Lei de Inércia, à Lei fundamental da Dinâmica e ao conceito propriamente dito de força. Na última categoria, a separação foi feita relativamente às relações entre velocidade e posição, entre aceleração e velocidade e entre força e aceleração.

No quadro A.1.2 apresento a estrutura desta análise indicando quais as questões ligadas a cada subcategoria, apresentando o nível calculado para cada delas. O cálculo deste nível é feito pela média das percentagens correspondentes às questões ligadas à respectiva subcategoria. Analisando os níveis calculados para os conceitos da Cinemática e da Dinâmica, observo que a subcategoria associada ao conceito de velocidade é a única que têm valores satisfatórios (68%), não acontecendo o mesmo com as associadas à aceleração e à Dinâmica. Os níveis calculados para as subcategorias associadas à relação entre conceitos, reflectem também a diferença significativa que se regista na passagem da velocidade para a aceleração e consequentemente para a Dinâmica.

A.1.1.2. Aplicação do teste aos outros dois níveis de ensino

De forma a estender este pré-estudo exploratório, realizei um teste diagnóstico com alunos do 10.º ano de escolaridade, semelhante ao que apliquei para o 9.º ano (ver apêndice A.1.3.2), acrescentando uma questão relacionada com o carácter vectorial da força e alterando a última questão de verdadeiro e falso (o teste foi passado antes de começarem com a secção de Física deste ano de escolaridade). O teste foi passado a um universo de 54 alunos, distribuídos por três escolas: uma pública na região de Sintra (29 alunos – escola 1) e duas particulares na região de Lisboa (14+11 alunos – escolas 2 e 3). Realizei a mesma análise da subsecção anterior, tendo obtido resultados muito semelhantes, quer do ponto de vista global (Figura A.1.2), quer no que diz respeito à análise por categorias (Quadro A.1.3). É de notar que os resultados são globalmente mais fracos, destacando-se a segunda escola privada que apresenta resultados muito fracos. É possível que o grau de dificuldade possa ser um pouco superior ao do teste passado no 9.º ano.

Figura A.1.2: Percentagens de respostas certas dadas pelas escolas 1, 2 e 3. Para cada uma das escolas, a primeira coluna diz respeito às questões de resposta múltipla e a segunda às questões de verdadeiro/falso.

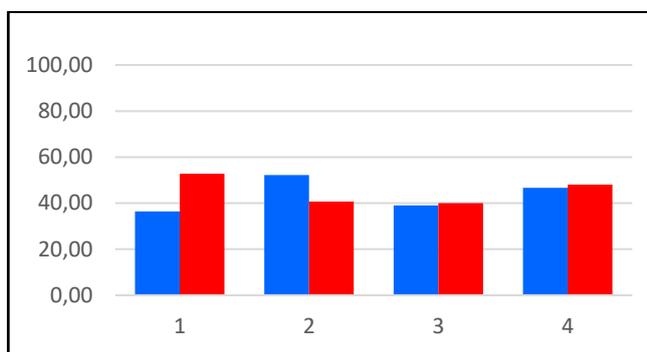


Categoria	Subcategoria	Questões (indicadores)	nível
Cinemática	velocidade	1, 2a), 3a), 4a)	74,9
	aceleração	3b), 4b), 5a)	45,5
	Movimento vertical de graves	2a), 2b),	26,9
Dinâmica	Lei da inércia	2a) b), 4d), 5a)	28,2
	Lei fundamental da Dinâmica	2b), 3b), 4c) d) e), 5a)	32,0
	força	2a), b), 3b), 4c) d), 5a) b)	32,6
Relação entre conceitos	velocidade/posição	1, 2a), 3a), 4a)	74,9
	aceleração/velocidade	2a), 3a) b), 4a)	49,4
	força/aceleração	2a) b),3a) b), 4c) d) e), 5a)	40,1

Quadro A.1.3: Estrutura de análise por categorias dos conceitos da Física associados ao questionário realizado aos alunos no 10.º ano de escolaridade. Atribui três subcategorias para cada categoria, indicando quais as questões (indicadores) que lhes estão associadas, sendo o nível calculado a partir da média das percentagens correspondentes a essas questões.

Para fechar o estudo diagnóstico, foi feita uma sua aplicação (o mesmo enunciado utilizado para o 10.º ano) a alunos do 1.º ano da universidade, em fevereiro de 2017. O teste foi aplicado a um universo de 78 alunos, distribuídos por quatro turmas de cursos de Ciências de uma universidade privada de Lisboa (três diurnas e uma nocturna): na primeira turma foi aplicado a 22 alunos, dos cursos de Engenharia do Ambiente e de Engenharia e Gestão Industrial; a segunda a 26 alunos dos cursos de Engenharia electrotécnica e de Engenharia biomédica; na terceira a 15 alunos de Biologia; na quarta turma foi aplicado a 15 alunos do regime nocturno do curso de Engenharia electrotécnica. Do ponto de vista global, o nível das respostas não se afasta dos resultados observados para os alunos do 10.º ano (contudo um pouco mais fraco), como se pode observar na figura A.1.3. O nível mais fraco que se detecta para este nível de ensino é mais visível na análise por categorias (quadro A.1.4).

Figura A.1.3: Percentagens de respostas certas dadas pelas turmas 1, 2, 3 e 4. Para cada uma das escolas, a primeira coluna diz respeito às questões de resposta múltipla e a segunda às questões de verdadeiro/falso.



Categoria	Subcategoria	Questões (indicadores)	nível
Cinemática	velocidade	1, 2a), 3a), 4a)	56,3
	aceleração	3b), 4b), 5a)	27,0
	Movimento vertical de graves	2a), 2b),	36,5
Dinâmica	Lei da inércia	2a) b), 4d), 5a)	27,3
	Lei fundamental da Dinâmica	2b), 3b), 4c) d) e), 5a)	22,5
	força	2a), b), 3b), 4c) d), 5a) b)	26,3
Relação entre conceitos	velocidade/posição	1, 2a), 3a), 4a)	56,3
	aceleração/velocidade	2a), 3a) b), 4a)	39,0
	força/aceleração	2a) b),3a) b), 4c) d) e), 5a)	30,8

Quadro A.1.4: Estrutura de análise por categorias dos conceitos da Física associados ao questionário realizado aos alunos do 1.º ano de licenciatura em diferentes áreas de Ciências. Atribui três subcategorias para cada categoria, indicando quais as questões (indicadores) que lhes estão associadas, sendo o nível calculado a partir da média das percentagens correspondentes a essas questões.

As observações feitas relativamente aos alunos no final do 9.º ano de escolaridade podem ser transpostas para estes dois níveis de ensino (10.º ano e 1.º ano da universidade), sendo que as dificuldades parecem estar acrescidas para estes dois níveis. Não nos parece que este acréscimo seja significativo, uma vez que, relativamente ao 10.º ano, as escolas nas quais o teste foi aplicado podem ter níveis diferentes, e quanto à Universidade, tratando-se de uma instituição privada, pode acolher alunos com um nível mais baixo relativamente à média. Note-se ainda que, para estes dois níveis de ensino não foi feita uma selecção das respostas como havia sido feito para o 9.º ano, uma vez que o número de alunos inquirido era já reduzido. Deste modo, será mais um argumento para não comparar quantitativamente os resultados destes dois níveis de ensino com os obtidos com os alunos do 9.º ano. No entanto, não podemos deixar de acentuar o nível significativo de senso comum que os alunos vão transportando ao longo de toda a escolaridade, bem como uma desfragmentação dos conceitos fundamentais da Física.

A.1.2. Entrevista a uma professora do ensino secundário

A entrevista foi realizada em Maio de 2016, a uma professora com longa experiência no ensino de Física e Química no Ensino Secundário e também com experiência no Ensino Superior na formação de professores do Ensino Secundário (a transcrição da entrevista é apresentada à frente na secção A.4.1). A entrevista teve a duração aproximada de uma hora. O entrevistado e o entrevistador (a entrevista foi conduzida por mim) conhecem-se pelo que a entrevista foi conduzida de modo informal, sem preocupação com a forma do discurso, ou linguagem utilizada. A professora entrevistada está a leccionar pela primeira vez o programa do 10.º ano de escolaridade, uma vez que este programa só entrou em vigor no presente ano lectivo (à data da entrevista). A entrevista foi semiestruturada, tendo sido organizada em torno de quatro categorias: o programa de Física no Ensino Secundário; manuais escolares; actividades teórico-práticas e laboratoriais; o uso de computadores na aprendizagem da Física. A entrevista foi realizada através de perguntas fechadas e abertas, pré-estabelecidas, que conduziram a novas perguntas com as quais pretendi esclarecer as declarações do entrevistado, mas evitando condicionar o seu raciocínio. Seleccionei o conjunto de indicadores dados pelo professor durante a entrevista que considere importantes do ponto de vista das categorias acima referidas, agrupando-os em respostas a uma determinada questão (apresentamos na secção A.4.2 a tabela A.1.1, com esse conjunto de indicadores). Dentro de cada categoria, procurei, numa fase inicial, enquadrar as respostas em várias subcategorias:

1. Relativamente ao programa do Ensino Secundário:
 - Preparação anterior dos alunos;
 - Ligação entre a Física e a Química;
 - Conceitos fundamentais;
 - Integração de conceitos.
2. No que diz respeito aos manuais:
 - Cobertura de conceitos;
 - Apoio e/ou orientação para o professor e o aluno;
3. Actividades teórico-práticas e laboratoriais:
 - Importância deste tipo de actividades;
 - Actividades que integram os conceitos;
4. Quanto ao uso de computadores:
 - Actividades de simulação/ modelação;
 - Actividades de programação computacional;

- Formação dos professores (nesta área).

A análise de conteúdo das respostas do professor, seguindo a metodologia de Bardin (2009), permitiu-me acrescentar sete novas subcategorias (Extensão do programa; Falta de tempo; Imaturidade dos alunos no Secundário; A preparação Matemática no Secundário; O computador como auxiliar de informação; Desinteresse na aprendizagem da Física; Nível de senso comum), transversais às quatro categorias indicadas acima, obtendo assim algumas linhas de reflexão relativas ao processo ensino/aprendizagem da Física no Ensino Secundário, que discutirei à frente. Uma categoria que também identifiquei, implícita em todo o discurso, é o da dedicação ao ensino da Física deste profissional de Educação (como se pode ver por exemplo nas respostas às questões 2, 3, 4, 9 e 10 da tabela A.1.1). Esta categoria é naturalmente importante na análise subjacente.

Com base na análise de conteúdo, identifiquei a frequência com que cada uma das subcategorias (as de partida e as retiradas da análise da entrevista) aparecem na selecção de questões, de forma a obter apoios para construir as minhas linhas de reflexão. A análise de frequência apresentada no quadro A.1.5, inclui em cada subcategoria não apenas as respostas directas, mas também as indirectas nas quais a subcategoria está implícita no discurso.

Numa primeira análise às subcategorias, destaquei duas situações que considerei interessantes. A primeira tem a ver com as subcategorias de partida, para as quais, nalguns casos, a frequência com que aparecem no discurso constato ser significativamente superior ao número de vezes nas quais existe uma questão directa nesse sentido. Algo que aumenta a credibilidade das considerações do entrevistado. São exemplos disso: preparação anterior dos alunos; conceitos fundamentais; integração de conceitos; importância das actividades práticas. A segunda relaciona-se com a frequência associada às subcategorias transversais que aparecem da análise de conteúdo da entrevista, em particular: a extensão do programa; a falta de tempo; desinteresse na aprendizagem da Física: o nível de senso comum. Note-se que considero também motivo de interesse o aparecimento das subcategorias: imaturidade dos alunos no Secundário e o computador como auxiliar de informação.

Categoria	Subcategorias	Respostas	Frequência
Programa	Preparação anterior dos alunos	1, 4, 5, 6, 8, 27, 28	7
Programa	Conceitos fundamentais	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 14, 18, 20, 21, 24, 26, 27	15
Programa	Integração de conceitos	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 15, 16, 21, 22, 25	12
Programa	Ligação entre a Física e a Química	3, 5, 16	3
Actividades práticas	Importância das actividades práticas	2, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 17	8
Actividades práticas	Actividades práticas integradoras	13, 14, 15	3
Manuais	Cobertura de conceitos	9, 17	2
Manuais	Apoio e/ou orientação para o professor e o aluno	9, 11, 15, 17	4
Uso de computadores	Actividades de simulação/ modelação	3, 17, 18, 21, 24, 25	6
Uso de computadores	Actividades de programação computacional	18, 19, 20, 21, 25	5
Uso de computadores	Formação de professores	18, 19, 20, 24	4
Transversal	Extensão do programa	2, 6, 9, 11, 14, 18, 20, 21, 24, 26, 27	11
Transversal	Falta de tempo	2, 6, 9, 14, 18, 20, 24, 25	8
Transversal	Imaturidade dos alunos no Secundário	10, 26, 28	3
Transversal	Falta de preparação matemática	13, 23	2
Transversal	O computador como auxiliar de informação	3, 10, 17	3
Transversal	Desinteresse na Física	1, 5, 10, 22, 24, 26, 27	7
Transversal	Nível de senso comum	4, 8, 12, 21	4
Transversal	Dedicação do professor ao Ensino	2, 3, 4, 9, 10	5

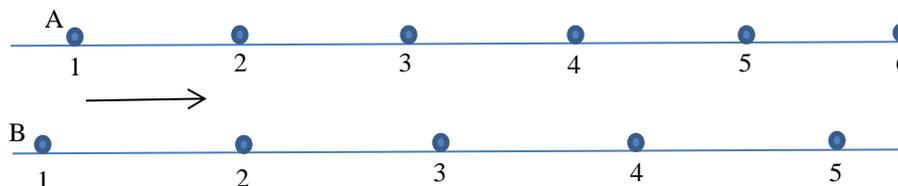
Quadro A.1.5: Análise de conteúdo da entrevista. Divisão em categorias e subcategorias na selecção das respostas dadas pela professora do Secundário (ver tabela A.1.1 da secção A.4.2). Na última coluna é indicada a frequência com que cada subcategoria aparece na selecção de respostas.

Com base na análise de frequência feita acima, os valores para as subcategorias «extensão do programa» e «falta de tempo» dão-me indicação do stress sentido pelos professores relativo ao cumprimento de um programa demasiado extenso, e acrescido da falta de formação dos professores em áreas de programação, conduzindo-os a uma indisponibilidade temporal para se desviarem da forma tradicional de Ensino. Note-se que o professor entrevistado conhece os programas de simulação/modelação, não lhes conferindo, no entanto, de acordo com a sua experiência, a eficácia necessária para atingir os objectivos a que se propõe.

A.1.3. Modelo dos testes utilizados na análise exploratória

A.1.3.1. Teste utilizado com os alunos do 9.º ano de escolaridade

1. Duas bolas A e B deslocam-se com velocidades constantes em pistas paralelas, como mostra a figura. A numeração indica a posição das bolas nos mesmos instantes:

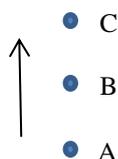


a) Indica com uma cruz qual das 5 afirmações está certa:

- As bolas têm a mesma velocidade na posição 2
- As bolas têm a mesma velocidade na posição 5
- As bolas têm a mesma velocidade na posição 6
- As bolas têm a mesma velocidade nas posições 2 e 6
- As bolas nunca têm a mesma velocidade

b) Diz se é verdadeira (V) ou falsa (F) a seguinte afirmação: “A bola A está a ser empurrada por uma força menor que a força que está a empurrar a bola B”. ____

2. Na figura que se segue está representada uma bola que é lançada verticalmente para cima a partir do ponto A. Sabemos que a bola atinge uma altura superior a C e que B é a posição que está entre A e C. (Ignoramos a força de resistência do ar)



a) Indica com uma cruz qual das 5 afirmações está certa:

- A velocidade em C é metade da velocidade em B.
- A velocidade em C é menor (não necessariamente o dobro) do que a velocidade em B.
- A velocidade em C é igual à velocidade em B.
- A velocidade em C é o dobro da velocidade em B.

___ A velocidade em C é maior (não necessariamente o dobro) do que a velocidade em B.

b) No que diz respeito à força sentida pela bola enquanto sobe, indica com uma cruz qual das 5 respostas está certa:

___ É o peso apontado para baixo.

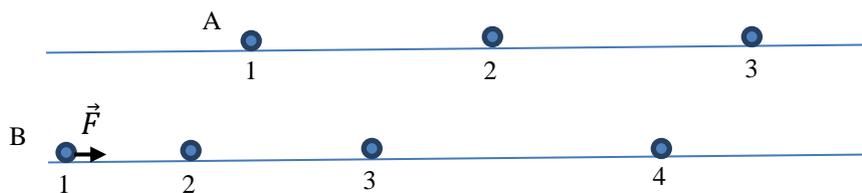
___ É a força que mantém o movimento e está apontada para cima.

___ Tem duas forças: o peso apontado para baixo e uma força constante apontada para cima.

___ Tem duas forças: o peso apontado para baixo e uma força que vai diminuindo, apontada para cima.

___ Tem uma força apontada para cima desde o ponto A até atingir uma certa altura, a partir da qual a bola passa a estar sujeita ao peso apontado para baixo.

3. Duas bolas A e B deslocam-se em pistas paralelas, como mostra a figura. A bola A desloca-se com velocidade constante, enquanto que a bola B está parada no ponto 1 e fica nesse instante sujeita a um força constante como mostra a figura. A numeração indica a posição das bolas nos mesmos instantes (para a bola A a distância entre a posição 1 e 3 é o dobro da distância entre a posição 1 e 2):



a) Relativamente ao tempo que a bola A leva a ir da posição 2 à posição 3, indica com uma cruz qual das 5 respostas está certa:

___ É o dobro do tempo que leva a ir da posição 1 à posição 2.

___ É metade do tempo que leva a ir da posição 1 à posição 2.

___ É igual ao tempo que leva a ir da posição 1 à posição 2.

___ Não é possível conhecer porque depende da massa da bola.

___ Não é possível conhecer porque depende da força aplicada à bola.

b) No que diz respeito à questão da bola B passar à frente da bola A, indica com uma cruz qual das 5 respostas está certa:

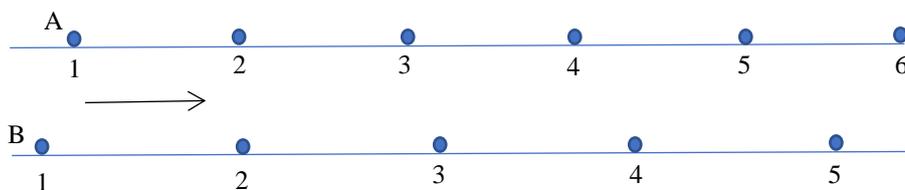
- Nunca passa.
- Depende da distância a que inicialmente a bola A está da bola B.
- Depende do valor da força aplicada na bola B.
- Vai acabar por passar.
- Depende da velocidade a que a bola A se desloca no ponto 1.

4. Indica se são verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmações:

- a) A força aplicada a um corpo mede a sua velocidade.
- b) Um corpo no qual não estão aplicadas forças está parado.
- c) Ignorando a resistência do ar, duas esferas com massa diferente caem ao mesmo tempo.
- d) Dois corpos com a mesma velocidade, mas com massas diferentes, não podem viajar lado a lado porque o mais leve passa à frente.
- e) Dois corpos de massa diferente podem ter a mesma aceleração.

A.1.3.2. Teste utilizado com os alunos do 10.º ano de escolaridade e da Universidade

1. Duas bolas A e B deslocam-se com velocidades constantes em pistas paralelas, como mostra a figura. A numeração indica a posição das bolas nos mesmos instantes:

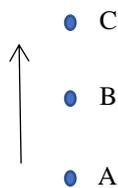


Indica com uma cruz qual das 5 afirmações está certa:

- As bolas têm a mesma velocidade apenas no instante 2

- As bolas têm a mesma velocidade no instante 5
- As bolas têm a mesma velocidade apenas no instante 6
- As bolas têm a mesma velocidade nos instantes 2 e 6
- As bolas nunca têm a mesma velocidade

2. Na figura que se segue está representada uma bola que é lançada verticalmente para cima a partir do ponto A (ponto no qual se solta da mão). Sabemos que a bola atinge uma altura superior a C e que B é a posição que está entre A e C. (Ignoramos a força de resistência do ar)



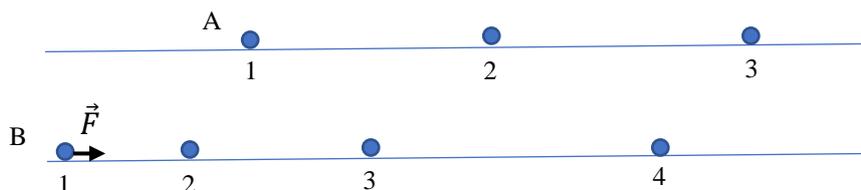
a) Indica com uma cruz qual das 5 afirmações está certa:

- A velocidade em C é metade da velocidade em B.
- A velocidade em C é menor (mas não necessariamente metade) do que a velocidade em B.
- A velocidade em C é igual à velocidade em B.
- A velocidade em C é o dobro da velocidade em B.
- A velocidade em C é maior (mas não necessariamente o dobro) do que a velocidade em B.

b) Após o lançamento, no que diz respeito às forças sentidas pela bola enquanto sobe, indica com uma cruz qual das 5 respostas está certa:

- É o peso apontado para baixo.
- É a força que mantém o movimento e está apontada para cima.
- Tem duas forças: o peso apontado para baixo e uma força constante apontada para cima.
- Tem duas forças: o peso apontado para baixo e uma força que vai diminuindo, apontada para cima.
- Tem uma força apontada para cima desde o ponto A até atingir uma certa altura, a partir da qual a bola passa a estar sujeita ao peso apontado para baixo.

3. Duas bolas A e B deslocam-se em pistas paralelas, como mostra a figura. A bola A desloca-se com velocidade constante. Na primeira posição observada (posição 1) a bola B tem velocidade nula, ficando nesse instante sob a acção de uma força constante como mostra a figura. A numeração indica a posição das bolas nos mesmos instantes (para a bola A a distância entre as posições 1 e 3 é o dobro da distância entre as posições 1 e 2):



a) Relativamente ao tempo que a bola A leva a ir da posição 2 à posição 3, indica com uma cruz qual das 5 respostas está certa:

- É o dobro do tempo que leva a ir da posição 1 à posição 2.
- É metade do tempo que leva a ir da posição 1 à posição 2.
- É igual ao tempo que leva a ir da posição 1 à posição 2.
- Não é possível conhecer porque depende da distância entre as posições 2 a 3.
- Não é possível conhecer porque depende da força aplicada à bola.

b) No que diz respeito à questão da bola B poder passar à frente da bola A, indica com uma cruz qual das 5 respostas está certa:

- Nunca passa.
- Depende da distância a que inicialmente a bola A está da bola B.
- Depende do valor da força aplicada na bola B.
- Vai acabar por passar.
- Depende da velocidade a que a bola A se desloca no ponto 1.

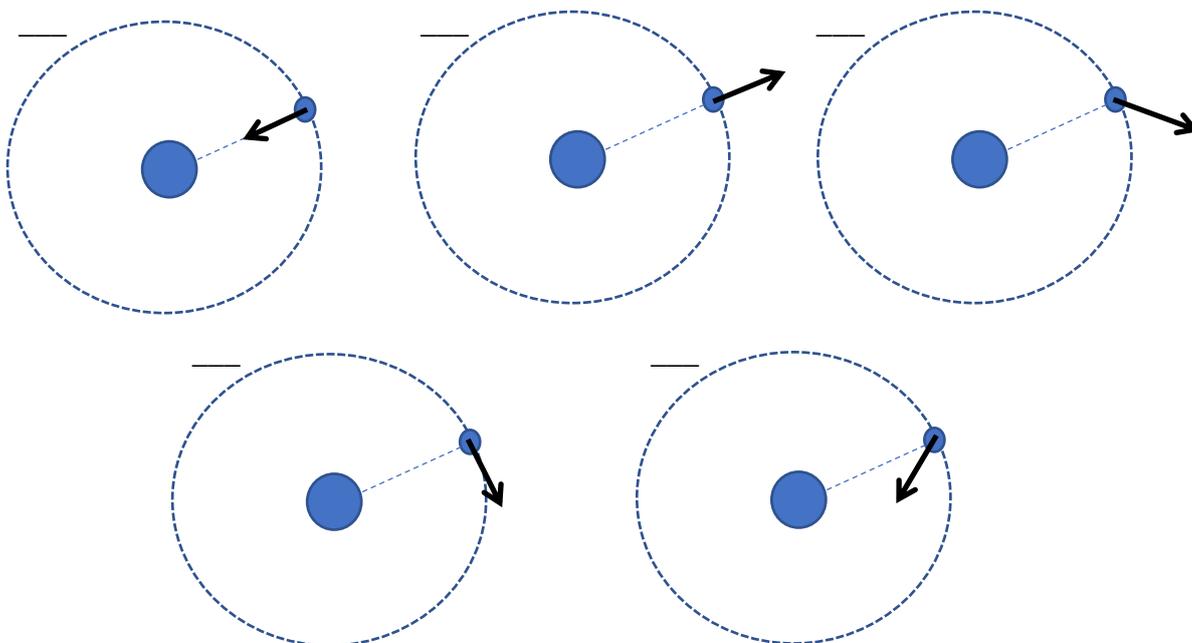
4. Considera a situação em que viajas de carro de Lisboa para o Porto, com uma mais pesada do que tu a conduzir. Em cada uma das alíneas indica se são verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmações:

a) A tua velocidade é igual à do condutor ao longo da viagem.

- b) A tua aceleração é igual à do condutor ao longo da viagem. ____
- c) A resultante das forças aplicadas a cada um de vocês é igual ao longo da viagem. ____
- d) Durante o arranque existe uma força que vos puxa para trás. ____
- e) Durante a travagem para a portagem, ficas sujeito a uma força menor do que a do condutor. ____

5. Considera o movimento da Lua em torno da Terra (no sentido dos ponteiros do relógio) apresentado nas figuras que se seguem. O vector representa a resultante das forças aplicadas na Lua.

- a) Indica com uma cruz, no espaço à esquerda de cada figura, qual das cinco opções está certa:



- b) Relativamente à intensidade da força sentida pela Terra por acção da Lua, indica com uma cruz, qual das respostas está correcta:

- ____ É nula.
- ____ É maior do que a que a Lua sente.
- ____ É menor do que a que a Lua sente.
- ____ É igual à que a Lua sente.
- ____ É maior ou menor do que a que a Lua sente, consoante a posição em que a Lua se encontra relativamente à Terra.

A.1.4. Transcrição da entrevista e selecção de indicadores

A.1.4.1. Transcrição

Começo por fazer a apresentação do professor, que ocupou a primeira parte da entrevista e que eu não transcrevo:

- Formação académica: licenciatura em Bioquímica, doutoramento em Bioquímica, qualificação em Ciências da Educação (para efeitos da profissionalização).
- Formação de professores: 25 horas anuais em acções de formação. Deu formação na Universidade Lusófona, na área da Química. Leccionou didáctica da Física e da Química para um curso de Mestrado, orientado para o ensino.
- Experiência enquanto professor: dá aulas de Física e Química no Ensino Básico e secundário, desde 1993, dá aulas de Química e Bioquímica na Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, desde 1996.

Passo agora a apresentar a transcrição da entrevista (Q representa a questão posta por mim e R a resposta dada pela professora)

Q1: Qual é a tua opinião sobre a preparação que os alunos trazem do Básico, falando na disciplina de Física?

R1: Na minha opinião, é fraca... É sempre necessário rever conceitos, nomeadamente de velocidade, aceleração, força. Os melhores alunos lembram-se dos conceitos e relacionam-no com o que eu estou a fazer; os alunos maus, não se lembram, a maior parte deles...

Q2: Mas os bons alunos conseguem relacionar com o que estás a dar...

R2: Sim, sim... Este ano está a ser leccionado, pela primeira vez desde há muitos anos, a corrente eléctrica, transferências de energia, e os que deram isto no 9.º ano, alguns lembram-se, outros, não. Lembram-se pouco, mas lembram-se, a nível da corrente eléctrica, mas alguns não se lembram de nada. É uma coisa impressionante...

Q3: Em relação à extensão do programa do 10.º ano...

R3: É muito extenso, particularmente a parte da Química. Já no currículo anterior a Química ocupava mais tempo do que a Física, mas, agora, penso que o programa da Química está ainda mais extenso. Eu gosto mais do programa actual, mas é mais extenso. Eu vou conseguir acabar o programa, mesmo que tenha de dar aulas suplementares, apesar de achar

que não vai ser preciso. Vou conseguir cumprir o programa, mas gostava de trabalhar mais este assunto com os miúdos. A última parte não vai ficar tão bem trabalhada... A parte da Termodinâmica, a parte da “energia, fenómenos térmicos e radiação”

Q4: Em relação ao programa, dizias...

R4: Eu gosto do programa. Gosto mais da abordagem do programa. Com o antigo programa, falava-se dos assuntos... por exemplo, “porque é que as casas caiadas de branco são mais frescas?” e depois ia-se tentar explorar tudo da matéria para responder a essa pergunta. Agora é o contrário: nós damos os conteúdos e, depois os exemplos. Eu gosto mais assim. Aliás, apesar do antigo programa ser ao contrário, eu sempre dei desta maneira.

G5: Portanto, passar da teoria para o concreto e não do concreto para a teoria.

R5: Da teoria para o concreto. Depois de perceberem bem os conteúdos, vamos aplicá-los e tentar perceber alguns fenómenos do dia-a-dia. Antigamente, era ao contrário e acabávamos por dar os assuntos sem os alunos perceberem nada da razão porque não tinham as bases teóricas.

Q6: Em relação à ligação entre a Física e a Química, que tu notas neste 10.º ano, achas que os alunos conseguem ligar os conceitos da Física com os conceitos da Química que acabaram de dar?

R6: Não há muita relação, a não ser no último conteúdo, que é “a energia posta em jogo nas reacções químicas” que se pode relacionar com a última parte do programa da Física, “a energia e os fenómenos térmicos”.

Q7: Eu estava a pensar em termos de, por exemplo, da electro reactividade... eles aprendem a energia dos electrões nos átomos...

R7: Sim, e quando se fala da ligação química, falam de um potencial electrostático...tenho sempre de explicar que há elementos da tabela periódica que têm tendência a captar mais os electrões e que isso se traduz numa medida que se chama electronegatividade, mas não faz parte do programa.

Q8: Também não faz parte do programa, mas em termos de conceitos, o conceito de Força de ligação?

R8: Sim, tenho de falar... aliás, há uma simulação, no FET que mostra dois átomos a aproximarem-se e as forças que estão em causa, portanto, eles realmente têm lá a força aplicada e o balanço das forças. Têm, na simulação, as forças aplicadas, a interacção carga positiva – electrão, tem lá muitas forças, e depois nós podemos explicar só a força ou a resultante das forças. No exame, havia uma pergunta que era um gráfico que era o trabalho de uma força em

função da distância percorrida e perguntavam qual é o significado físico do declive e os alunos tinham de dizer que era resultante das forças, se eles dissessem força resultante não aceitavam...

Q9: Mas porquê?

R9: Porque dizem que não é a mesma coisa...

Q10: Em termos de Física, quais é que tu achas que são os conceitos fundamentais no Secundário, sobretudo no décimo ano?

R10: Energia na forma de trabalho, é importantíssimo depois para a parte dos movimentos que eles vão ver no 11.º. Eu acho que todos os conteúdos que eles têm actualmente são bons. No programa antigo aparecia transferência de energia sob a forma de trabalho nos fenómenos térmicos, não aparecia a transferência de energia na forma de trabalho, mas depois aparecia uma série de actividades experimentais em que eles tinham de usar voltímetro, amperímetro, energia dissipada e tínhamos de rever essas coisas para eles perceberem. Acho que essa parte da corrente eléctrica é muito importante para eles perceberem os trabalhos práticos, principalmente. A energia e fenómenos térmicos e radiação não está tão relacionado com o 11.º, mas é um assunto que é muito importante para eles porque está muito relacionado com o dia a dia. É um assunto que eu gosto de dar porque está muito relacionado com o dia a dia.

Q11: Eles conseguem associar, por exemplo, essa energia, quer energia eléctrica, quer energia térmica, quer o trabalho à energia mecânica?

R11: Eu faço um esforço... mas acho que eles depois se perdem. Se calhar, se eu tivesse tempo de cumprir o programa todo, depois pegava num apanhado das energias todas e... eu faço isso no início na forma macroscópica, microscópica, energia mecânica e energia interna do sistema... mas depois o conceito perde-se, um bocadinho...

Q12: Como é que é possível ensinar energia mecânica sem os alunos terem os conceitos da cinemática e da dinâmica que, teoricamente, tinham aprendido no básico? É necessário dá-los outra vez?

R12: Sim. Daí a revisão no início do ano. O programa diz: transferências de energias nas várias formas e a primeira coisa que eu faço é transferência de energia, tens de pensar se é um sistema macroscópico, microscópio, se te interessa as variações de temperatura, se não te interessa, mas falo logo de energia interna, é tudo junto, e depois separo a energia mecânica e depois a outra parte vem agora, provavelmente já se esqueceram... mas são as duas coisas que têm de estar presentes.

Q13: Qual a tua opinião em relação à importância do conceito de velocidade e o conceito de força para o entendimento destas formas todas de energia?

R13: Como o conceito de velocidade e de força foi abordado no 9.º ano e só volta a ser abordado em pormenor no 11.º, nós, o que damos no 10.º não é voltar a definir o conceito de velocidade e força, é pegar no que veio de trás e explorar minimamente, ou seja, energia cinética ($\frac{1}{2}mv^2$) eles sabem a velocidade, mas não volto a falar... vou falar para o ano. Não tenho tempo. Podem-me perguntar “Então, mas como é a velocidade?”, eles às vezes têm a noção, mas eu tenho de explorar mais à frente.

Q14: Mas já não voltam lá, a menos que voltem na energia das ondas...

R14: Não, voltamos à velocidade... mas não à parte da energia...

Q15: Voltam depois à energia das ondas electromagnéticas?

R15: O que depois acontece, é que a matéria do 11.º de Física, força e movimento, alguns exercícios podem ser resolvidos com os conteúdos energéticos, aplicando energia mecânica potencial... alguns exercícios podem ser resolvidos das duas maneiras: ou com a lei dos movimentos e das forças ou com argumentos exclusivamente energéticos e eu, quando dou no 11.º, volto sempre ao 10.º ano porque depois o que sai no exame são sempre as duas coisas. Eles têm de perceber que às vezes têm de ter maleabilidade e é aqui a dificuldade dos alunos. São tantas as maneiras de resolver que eles perdem-se.

Q16: Eu sinto que o conceito de velocidade, que é um conceito fundamental, na parte da energia, deveria ser um conceito que acompanha os alunos durante todo o seu percurso no Secundário.

R16: Sim, o problema é o tempo para o desenvolver. O programa é tão extenso que acabamos por partir do princípio que eles já sabem. Quando muitas vezes não sabem... Porque eles sabem as velocidades, escrevem as velocidades, calculam as energias cinéticas, mas se sabem o conceito de velocidade, eu não tenho a certeza...

Q17: Vamos agora conversar um pouco sobre os manuais. Na tua opinião, os manuais cobrem os conceitos todos?

R17: É preciso pensar que há metas e que os manuais têm de responder a essas metas. E, nesse aspecto, acho que sim; se os conceitos estão todos cobertos não tenho a certeza porque as metas é que regulam os manuais, mas penso que, na generalidade, sim. Mesmo que não seja quantitativamente, há fórmulas que eles não têm de saber, mas têm de perceber. Por exemplo: condutividade térmica, eles têm de saber que há uma taxa temporal de preferência de energia que depende da área e do comprimento, mas não têm de aplicar a fórmula, mas há manuais que

põem a fórmula para eles aplicarem, mas não faz parte do programa, não está nas metas. Mas tens de falar nisso. Acho que os manuais respondem bem às metas, há manuais que se cingem às metas, como, por exemplo, o da Texto e há muitos manuais que se excederam e puseram lá muita coisa a mais. O que acontece é que os professores depois não têm tempo para dar essas coisas todas...

Q18: Do ponto de vista do professor, consideras que o manual é uma boa orientação, um bom apoio, está bem construído?

R18: O da Texto está muito bem construído, talvez falte um pouco de texto para quem estuda só pelo manual, neste caso, talvez seja incompleto. Se complementares a aula com o manual, não é preciso mais. Há manuais que são mais completos para quem só estuda pelo manual. Eu acho que os alunos gostam das coisas resumidas. A propósito dos manuais, no outro dia perguntei-lhes se eles gostavam mais do da Texto ou do da Porto. Há uns que gostam mais do manual da Texto, outros do da Porto por causa, principalmente, dos exercícios; mas admitiram que estudam, principalmente, pelos meus apontamentos.

Q19: No fundo, as aulas são a visão do professor e a compreensão que ele transfere do seu conhecimento para a aprendizagem.

R19: Porque eu ponho tudo o que é essencial no manual e pequeninas coisas que eu acho importantes... não são fórmulas a mais, mas para eles perceberem algumas coisas e eu sou muito chata, porque obrigo a que escrevam tudo e escrevo muito no quadro e uso power points só depois de cimentar tudo aquilo que eu dei, são um resumo, porque as aulas de power point são importantes, mas aquilo é muito rápido, os alunos vêm, aquilo acaba num instante e depois não ficou lá nada...

Q20: Dás-lhes depois esses materiais?

R20: Não, não dou power points porque não quero que eles estudem pelos pp, quero que eles olhem para o caderno. O caderno tem tudo e os pp não... os pp dão jeito por causa das imagens, coisas que são mais difíceis de desenhar, dá para pôr pequenos vídeos, pequenas simulações... tudo pequeno para os alunos não perderem a simulação.

Q21: Falavas das actividades dos manuais, actividades teórico-práticas, problemas e actividades laboratoriais, propostas nos manuais e no programa. Pelo que vi, os manuais tendem a seguir exactamente as experiências propostas pelo programa.

R21: Sim, porque saem sempre em exame. São obrigatórias. E nós temos de cumprir as metas das actividades. Entre o 10.º e 11.º fazem umas vinte e cinco actividades e sai uma ou duas, não mais, no exame. Mas temos de fazer todas.

Q22: Começando com os problemas. Achas que são suficientes para eles aprenderem a matéria ou sentes necessidade de fazer outros problemas?

R22: O que eu faço é o seguinte: eles fazem os exercícios do livro, para além disso, dou-lhes fichas que são fornecidas pelos manuais aos professores... Por exemplo, o da Texto tem boas fichas, o da Porto, nem por isso... eu pego nisso tudo e faço sempre fichas com mais matéria para eles estudarem para o teste. Mando uma lista enorme de trabalhos para eles fazerem, nem todos fazem, claro, gostava que fizessem...

Q23: Em relação às actividades laboratoriais, consideras que estas actividades podem ser uma mais valia no entendimento dos conteúdos?

R23: Sim.

Q24: No sentido da compreensão do fenómeno ou no sentido da compreensão da origem do fenómeno?

R24: Mais no sentido da compreensão do fenómeno...

Q25: Portanto, mais ao nível do dissimulador, penso eu...Estava a pensar numa experiência específica: na experiência da rampa com o carro que desce, com um marcador que bate...

R25: Eu não fiz assim... fiz com um sensor no final da rampa que mede o tempo que a patilha leva a atravessar o sensor e depois tem uma medida aproximada da velocidade final, eles sabem a velocidade inicial, portanto, conseguem calcular a variação da energia cinética, sabem a distância percorrida, fiz assim.

Q26: Essa faz com que eles consigam fazer um gráfico, uma tabela com várias velocidades, com velocidades médias porque têm distâncias, porque aquilo bate com uma certa frequência, não é? Há um marcador que bate, na fita, as distâncias; como bate sempre com a mesma frequência, eles tiram o tempo de batida e a velocidade, portanto, conseguem ver a variação da velocidade...

R26: Conseguem-se fazer esta experiência da maneira mais “tosca” possível: desde que eu tenha um sensor, não preciso sequer de ter um carril, posso fazer com uma esfera... é claro que a incerteza do timer é grande... mas funciona, mesmo que o erro seja grande, funciona.

Q27: E esse tipo de utilização de instrumentos, por exemplo, exactamente esse erro no timer ou este mecanismo de frequência que eu estava a falar e que eles depois têm de passar a frequência para período para perceberem... isto não pode retirar-lhes o entendimento puro do que é a velocidade, por que é que estão a medir espaço a dividir por tempo?

R27: Eu acho que nessa experiência eles nem se apercebem disso... é talvez a única altura em que falo na velocidade... porque eles têm de determinar o diâmetro da esfera e sabem que esse diâmetro atravessa um sensor naquele intervalo de tempo. É um conceito difícil de explicar, mesmo ao 11.º ano, porque é que funciona assim. Essa experiência em que eles têm de calcular o período e tudo mais é para esquecer... Eles no décimo ano ainda não deram período, nem frequência...

Q28: Mas essa experiência está em alguns manuais...

R28: Sim, mas como ainda não se explorou bem o conceito de velocidade, torna ainda mais difícil a compreensão da experiência. Ela simplesmente pretende mostrar que há atrito... que a variação da energia cinética não... que a velocidade final não é a prevista.

Q29: Tu achas que eles conseguem, com as várias actividades laboratoriais, interligar os conceitos porque, de facto, o conceito de energia é o mesmo que acompanha...

R29: Acho que não. Teria de ter um bocadinho mais de tempo.

Q30: Mas falo das próprias actividades. Elas são integradoras de conceitos?

R30: Sim, penso que sim. Se pensar nas actividades e como professora, acho que sim. Elas integram o conceito de energia associado... mas acho que os alunos não dão por isso.

Q31: Nos manuais, achas que existe uma ligação clara entre os conceitos da Física e os da Química?

R31: Há sempre uma certa tendência para isso acontecer. Conheço bem o 10F e o 10Q... não há muito entrosamento.

Q32: Queres acrescentar mais alguma coisa sobre os manuais?

R32: O que eu posso dizer sobre os manuais é que não é só os manuais. É tudo o que eles nos dão a mais. São muitas coisas para o professor, muito úteis. Poupa-nos muito trabalho, ajuda-nos muito... muitos exercícios, muita coisa para nós darmos aos alunos, muitas actividades, simulações, vídeos. Se não conseguires fazer uma actividade, tens o vídeo da actividade. Claro que não substitui, mas vem...

Q33: Queria agora falar um pouco sobre a programação. Já tiveste algumas formações nessa área: simulação no ensino da Física.

R33: Fui a uma formação em que falaram das Physlets e eu vi algumas... com uma jovem que está a dar aulas num instituto americano e está a implementar essas coisas. Na minha opinião, são muito úteis, quando tens meia dúzia de alunos e muito tempo para dar a matéria, caso contrário, são muito difíceis de implementar.

Q34: Essas actividades eram de simulação ou modelação?

R34: Modelação. Não era só uma simulação, eles podiam trabalhar as variáveis para ver o que é que acontecia se introduzissem coisas diferentes. Era um misto.

Q35: É uma simulação em que eles mexem com os conceitos, mas eles não constroem conceitos.

R35: Acabo por não usar porque eles... se calhar perde-se tempo demais. Eu prefiro uma coisa mais rápida. É mais fácil no quadro...

Q36: Tiveste formação em programação?

R36: Na faculdade, no segundo ano, tive uma cadeira que era “Introdução aos computadores” ... programei em Basic e consegui, com o Xpectrum fazer regressões lineares, na altura já era muito!

Q37: E os teus colegas, qual é a formação que eles têm em programação?

R37: Nenhuma.

Q38: Achas que a falta de formação nesta área pode ser um entrave à utilização deste tipo de estratégias?

R38: Sim. Mas embora eu esteja aberta a estas coisas, nem sempre as acho funcionais, em termos de tempo e da rentabilidade da aula.

Q39: Tens ideia dos métodos numéricos, do método de Euler? No fundo, é transformares uma derivada em diferenças finitas.

R39: É uma explicação que penso que poderia ser importante para esclarecer o conceito de velocidade e da ligação da força à velocidade e à aceleração. Aqui posso estar a calcular energia potencial, energia cinética... ficam quase com o conceito de integral da força.

Q40: O que é que achas da programação utilizada desta forma, de forma a transformar problemas muito complexos, como este da resistência do ar e o problema da energia, em problemas muito simples, ligados apenas ao conceito de posição e velocidade... achas que poderia ser importante?

R40: Acho que sim. Desde que não ocupasse muito tempo, porque eles depois desinteressam-se, acho que é uma coisa gira.

Q41: Isto teria uma vantagem também: com algumas ferramentas de visualização, eles conseguem ver mesmo a bola a cair, a energia potencial a baixar, a cinética a subir, o trabalho da força de atrito a aumentar e vêem quando a bola chega cá abaixo passou a zero energia potencial, a energia cinética aumentou, mas não tanto porque uma parte foi transformada em força de atrito. Portanto, esta componente visual e ao mesmo tempo esta componente de

acompanhar, através do movimento, a construção do gráfico, se isto podia ser construído por eles.

R41: Agora, não estou a ver que actividades é que eles têm no 11.º, logo no início, têm uma que é uma rampa com atrito, mas não me lembro o que é que eles calculam...

Q42: Mas eu estou a pensar numa simulação para o 10.º ano, a minha ideia era este conceito ser um conceito integrador para eles perceberem...

R42: Sim, eu acho que, logo no início, da parte da energia mecânica, transferência na forma de trabalho, se calhar era uma boa ideia... porque aí, revisitavam o conceito de velocidade, de força, de aceleração que, apesar de eles não precisarem dela, têm essa noção da gravidade que estão sempre a utilizar, não sabem exactamente para quê...

Q43: Pelo que eu vi nas actividades, isso fica encasulado naquelas forças não conservativas...

R43: Sim.

Q44: O que é que achas da formação matemática que eles trazem no décimo ano?

R44: Péssima. Aliás, muitos dos problemas com que me deparo têm a ver com a utilização da matemática básica.

Q45: Achas que eu posso implementar uma estratégia destas, relativa à programação, posso encontrar alguma dificuldade, da parte dos professores, alguma resistência?

R45: Sim. Em primeiro lugar, porque podem achar que não cumpres o programa, estás a perder muito tempo e... nem todos estão para aí virados...

Q46: Não achas que perder um pouco de tempo na solidificação de conceitos base pode facilitar?

R46: Pode valer a pena. É preciso experimentar, não é? Se virmos que dá resultado, vale a pena.

Q47: No que diz respeito ao programa da Física, no 10.º e 11.º, o que achas desta tentativa da Física, no Secundário, explicar o todo? Explicar o Big Bang, as teorias da unificação, a mecânica quântica...

R47a: Na minha opinião, os alunos que vão para a faculdade, para a área de ciências, têm de saber; faz parte da vida deles... mas se isso é realmente conseguido, não sei. Também há muitos alunos que não ficam com esses conceitos e nem vão para áreas de ciências, só vão para ciências no 10.º porque é o que dá mais saídas... Mas acho que é muito importante dar-lhes essa visão.

R47b: Na minha opinião, estes programas são puxados, não são para todos os alunos. E continuam a chegar, ao Secundário, alunos que vão ter sempre muitas dificuldades e a quem estas matérias não dizem nada... os pais querem que eles vão para esta área porque dá para ir para tudo, mas depois eles perdem-se, exactamente, na Física, na Química, na Biologia e na Geologia... já para não falar da Matemática que está ainda mais puxado do que já estava!

R47c: Talvez resultasse melhor se no 10.º ano a disciplina fosse introdutória, com conceitos mais simples, para trabalhá-los e consolidá-los e depois poderiam evoluir nos dois últimos anos do secundário. Porque pode haver aqui uma questão de maturidade. Há uma diferença brutal do 10.º para o 11.º na maior parte dos alunos.

A.1.4.2 Selecção de indicadores

Tabela A.1.1: Selecção das respostas e afirmações que considere importantes para a análise da entrevista da professora do Secundário tendo em conta a problemática:

Questões levantadas na entrevista.	Trechos retirados da entrevista
1- Preparação que os alunos trazem do Básico, relativamente à Física	É sempre necessário rever conceitos... ...não se lembram, a maior parte deles...
2- Programa do 10.º ano	É muito extenso... Eu gosto mais do programa actual (...) Agora é o contrário: nós damos os conteúdos e, depois, os exemplos (...) Depois de perceberem bem os conteúdos, vamos aplicá-los e tentar perceber alguns fenómenos do dia-a-dia... Eu vou conseguir acabar o programa, mesmo que tenha de dar aulas suplementares...
3- Ligação entre a Física e a Química.	Não há muita relação, a não ser no último conteúdo, que é “a energia posta em jogo nas reacções químicas” que se pode relacionar com a última parte do programa da Física, “a energia e os fenómenos térmicos”. ...uma simulação, no PHET que mostra dois átomos a aproximarem-se e as forças que estão em causa, portanto, eles realmente têm lá a força aplicada e o balanço das forças...
4- Conceitos fundamentais no 10.º ano (pergunta) Eles conseguem associar, por exemplo, essa energia, quer energia eléctrica, quer energia térmica, quer o trabalho com a energia mecânica?	Energia na forma de trabalho. (Resposta) Eu faço um esforço (...) mas acho que eles depois se perdem

<p>5- Como é que é possível perceber os conceitos de energia sem os conceitos de Cinemática e de Dinâmica?</p>	<p>... revisão no início do ano...</p> <p>... a primeira coisa que eu faço é transferência de energia, tens de pensar se é um sistema macroscópico, microscópio, se te interessa as variações de temperatura, se não te interessa, mas falo logo de energia interna, é tudo junto, e depois separo a energia mecânica e depois a outra parte vem a seguir, provavelmente já se esqueceram (...) mas são as duas coisas que têm de estar presentes.</p>
<p>6- Qual a importância do conceito de velocidade e o conceito de força para o entendimento destas formas todas de energia</p>	<p>... voltar a definir o conceito de velocidade e força, é pegar no que veio de trás e explorar minimamente...</p> <p>... Não tenho tempo...</p>
<p>7- Abordagem da cinemática no 11º Ano.</p>	<p>São tantas as maneiras de resolver que eles perdem-se...</p>
<p>8- Velocidade como conceito fundamental.</p>	<p>Porque eles sabem as velocidades, escrevem as velocidades, calculam as energias cinéticas, mas se sabem o conceito de velocidade, eu não tenho a certeza...</p>
<p>9- Os manuais cobrem os conceitos todos?</p>	<p>... se os conceitos estão todos cobertos não tenho a certeza porque as metas é que regulam os manuais, mas penso que, na generalidade, sim...</p> <p>... há muitos manuais que se excederam e puseram lá muita coisa a mais. O que acontece é que os professores depois não têm tempo para dar essas coisas todas...</p> <p>... talvez falte um pouco de texto para quem estuda só pelo manual...</p> <p>(os alunos)... mas admitiram que estudam, principalmente, pelos meus apontamentos.</p>
<p>10- Utilização de outros materiais.</p>	<p>... uso power points só depois de cimentar tudo aquilo que eu dei, são um resumo, porque as aulas de power point são importantes, mas aquilo é muito rápido, os alunos vêem, aquilo acaba num instante e depois não ficou lá nada...</p> <p>... os power points dão jeito por causa das imagens, coisas que são mais difíceis de desenhar, dá para pôr pequenos vídeos, pequenas simulações... tudo pequeno para os alunos não perderem a concentração...</p>
<p>11- Experiências propostas pelo programa (nos manuais)</p>	<p>... saem sempre em exame. São obrigatórias.</p> <p>Entre o 10.º e 11.º fazem umas vinte e cinco actividades e sai uma ou duas, não mais, no exame. Mas temos de fazer todas.</p>
<p>12- Actividades laboratoriais, como uma mais valia no entendimento dos conteúdos</p>	<p>Sim.</p> <p>Mais no sentido da compreensão do fenómeno (do que na compreensão da origem do fenómeno).</p>
<p>13- Experiência da rampa com o carro que desce.</p>	<p>... fiz com um sensor no final da rampa que mede o tempo que a patilha leva a atravessar o sensor e depois tem uma medida aproximada da velocidade final...</p>

	... É um conceito difícil de explicar, mesmo ao 11.º ano, porque é que funciona assim...
14- Conseguem, com as várias actividades laboratoriais, interligar os conceitos	Acho que não. Teria de ter um bocadinho mais de tempo
15- As actividades laboratoriais são integradoras de conceitos	Sim, penso que sim. Se pensar nas actividades e como professora, acho que sim. ... mas acho que os alunos não dão por isso.
16- Existe uma ligação clara entre os conceitos da Física e os da Química?	Conheço bem o 10F e o 10Q... não há muito entrosamento.
17- A propósito dos manuais escolares.	... não se reduzem à parte que é dada aos alunos.... São muitos materiais para o professor, muito úteis. Poupa-nos muito trabalho, ajuda-nos muito... muitos exercícios, muita coisa para nós darmos aos alunos, muitas actividades, simulações, vídeos. Se não conseguires fazer uma actividade, tens o vídeo da actividade. Claro que não substitui...
18- Simulação/modelação no ensino da Física.	Na minha opinião, são muito úteis, quando tens meia dúzia de alunos e muito tempo para dar a matéria, caso contrário, são muito difíceis de implementar. Acabo por não usar porque... se calhar perde-se tempo demais. Eu prefiro uma coisa mais rápida. É mais fácil no quadro...
19- Formação em programação.	Na faculdade, no segundo ano, tive uma cadeira que era “Introdução aos computadores” ... programei em Basic e consegui, com o Xpectrum fazer regressões lineares, na altura já era muito! (relativamente à formação dos colegas) ... Nenhuma.
20- A falta de formação nesta área pode ser um entrave à utilização deste tipo de estratégias?	Sim. Mas embora eu esteja aberto a estas coisas, nem sempre as acho funcionais, em termos de tempo e da rentabilidade da aula.
21- Relativamente a uma experiência com programação computacional descrita pelo entrevistador.	(relativamente à importância na integração de conceitos) ... acho que sim. Desde que não ocupasse muito tempo, porque eles depois desinteressam-se, acho que é uma coisa gira. Sim, eu acho que, logo no início, da parte da energia mecânica, transferência na forma de trabalho, se calhar era uma boa ideia... ... eles não aplicam o conceito de força, ... Por exemplo, no problema da bola saltitona, só interessa perceber a energia dissipada no ressalto, não se falando da força de resistência do ar (que é matéria do 11º ano). Deixa-me fazer um aparte... Quando estou a falar da bola saltitona e pergunto com que velocidade é que a bola chega ao chão, a resposta é zero, e é um problema que eu tenho porque para eles a bola pára no fim...
22- Achas que os conceitos da Física aparecem em modelos seccionados e	Sim. Só os muito bons alunos conseguem fazer essas ligações. No 10º ano terei um aluno desses (e é a melhor turma da escola) e o

que os alunos não conseguem juntar os diferentes modelos?	mesmo para o 11º ano. Os bons alunos não se preocupam em entender os conceitos e interligá-los, não têm curiosidade, a preocupação deles é com a nota e praticando os problemas, sabem que terão 17 ou 18... para eles chega.
23- Formação matemática que eles trazem no décimo ano.	Péssima. Aliás, muitos dos problemas com que me deparo têm a ver com a utilização da matemática básica.
24- Resistência dos professores à utilização de estratégias de programação com os alunos?	Sim. Em primeiro lugar, porque podem achar que não cumpres o programa, estás a perder muito tempo e... nem todos estão para aí virados...
25- Utilização da programação.	Pode valer a pena. É preciso experimentar, não é? Se virmos que dá resultado, vale a pena.
26- Abrangência do programa de Física no Secundário.	Na minha opinião, os alunos que vão para a faculdade, para a área de ciências, têm de saber; faz parte da vida deles... mas se isso é realmente conseguido, não sei. Também há muitos alunos que não ficam com esses conceitos e nem vão para áreas de ciências, só vão para ciências no 10.º porque é o que dá mais saídas... Mas acho que é muito importante dar-lhes essa visão.
27- Abrangência do programa de Física no Secundário.	Na minha opinião, estes programas são puxados, não são para todos os alunos. E continuam a chegar, ao Secundário, alunos que vão ter sempre muitas dificuldades e a quem estas matérias não dizem nada... os pais querem que eles vão para esta área porque dá para ir para tudo, mas depois eles perdem-se, exactamente, na Física, na Química, na Biologia e na Geologia... já para não falar da Matemática que está ainda mais puxado do que já estava!
28- Abrangência do programa de Física no Secundário.	Talvez resultasse melhor se no 10.º ano a disciplina fosse introdutória, com conceitos mais simples, para trabalhá-los e consolidá-los e depois poderiam evoluir nos dois últimos anos do secundário. Porque pode haver aqui uma questão de maturidade. Há uma diferença brutal do 10.º para o 11.º na maior parte dos alunos.

Apêndice 2. Análise comparativa dos currículos de Física e de Matemática

No sentido de fortalecer o quadro teórico, pareceu-me pertinente fazer uma análise comparativa entre o ensino da Física e o ensino da Matemática nos doze anos de ensino obrigatório na escolaridade portuguesa. Esta comparação será feita relativamente ao currículo, do ponto de vista da construção gradual do conhecimento científico em cada uma destas disciplinas. Neste sentido, começo por analisar as respectivas estruturas curriculares nos doze anos de escolaridade, procurando identificar e comparar as diferentes abordagens do ponto de vista behaviorista, cognitivista e construtivista. Tendo em conta a ligação entre estas duas áreas do conhecimento, procuro perceber o nível de aproximação/afastamento entre elas. Verifiquei que existe algum desajustamento temporal que se reflete, por exemplo, na utilização de conceitos matemáticos na Física, que só são aprendidos na Matemática posteriormente, ou nem são aprendidos ao longo dos doze anos de escolaridade.

A.2.1. A Física e a Matemática ao longo do tempo

A ligação entre a Matemática e a Física acompanha toda a História das Ciências desde a Escola Grega de Aristóteles (na qual a Física tinha uma enorme fundamentação geométrica) até ao presente. Com o aparecimento da Física Clássica, nos séculos XVI e XVII, iniciada por Galileu e Newton, a ligação entre estas duas disciplinas estreita-se conduzindo ao desenvolvimento, em paralelo, do cálculo diferencial e integral, atribuídos fundamentalmente a Leibnitz e Newton. São exactamente estes avanços matemáticos que abrem portas para a construção das teorias de campo propostas por Maxwell, no século XIX, e, no início do século seguinte, à introdução da Mecânica Quântica. Se no século XX as variedades diferenciais constituem o suporte para o desenvolvimento da Teoria da Relatividade Generalizada, é também neste século que a renormalização da Mecânica Quântica convida os matemáticos para o desenvolvimento dos espaços de funções com a introdução do integral de Feynman. Podemos assim dizer que, ao longo da história das Ciências, existe um diálogo entre Física e Matemática que estreita a ligação entre estas duas disciplinas; “So there is no model of the theory of gravitation today, other than the mathematical form.” (Feynman, 1967, p. 39). No que diz respeito à sua aprendizagem, considero importante que exista um paralelismo entre elas, que por um lado objective a Matemática, e por outro, permita traduzir os fenómenos físicos em linguagem matemática: “... it is impossible to explain honestly the beauties of the laws of nature in a way that people can feel, without their having some deep understanding of mathematics.”

(Feynman, 1967, p. 39, 40). Neste sentido, parece-me pertinente comparar os programas de Física e de Matemática para os doze anos de Ensino Básico e Secundário português, procurando perceber o nível de aproximação/afastamento entre elas: “A Educação Comparada não pode só relacionar o que aconteceu. O seu objectivo último não deve ser o de encontrar semelhanças ou diferenças, mas o de encontrar sentido para os processos educacionais”, como afirma Ferreira (2008, p. 136). Para fazer esta comparação, iremos apenas ter por base os programas actuais destas duas disciplinas, homologados até ao ano lectivo de 2016/2017, analisando também o programa de Estudo do Meio do 1.º Ciclo, no qual se introduzem os primeiros conceitos da Física. É de notar que uma parte dos documentos existentes na plataforma do Ministério da Educação não apresentam data pelo que serão referenciados com a data de acesso. Restrinjo igualmente o meu estudo dos currículos do Secundário, aos correspondentes a alunos que seguem o Curso de Ciências e Tecnologias dos Cursos Científico-Humanísticos.

Um conceito incontornável para fazer a análise dos objectivos a que se propõe cada uma das disciplinas é o de literacia. No que diz respeito à Matemática, refiro-me naturalmente à literacia matemática, enquanto que para a Física falarei de literacia científica, a qual não está exclusivamente ligada à Física, mas também à Química e às restantes Ciências Naturais. Quanto à literacia matemática, Serrazina & Oliveira (2005) consideram que a sua concepção tem variado ao longo dos tempos e a sua interpretação é feita em função da relação entre a Matemática e o contexto sociocultural. Jablonka (2003) na sua análise das diferentes perspectivas sobre o conceito de literacia matemática, chama a atenção para o carácter funcional associado a este conceito:

“Any attempt at defining 'mathematical literacy' faces the problem that it cannot be conceptualised exclusively in terms of mathematical knowledge, because it is about an individual's capacity to use and apply this knowledge. Thus it has to be conceived of in functional terms as applicable to the situations in which this knowledge is to be used.” (Jablonka, 2003, p. 78)

Em termos institucionais, a avaliação desta literacia é entregue às grandes avaliações internacionais como o PISA (Programme for International Student Assessment) ou o TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) como fica claro na introdução do programa de Matemática A do Ensino Secundário (Ministério da Educação, 2013b). A avaliação feita pelo PISA baseia-se na definição dada pela OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico) de literacia matemática, que em 2003 tinha o seguinte enunciado:

“Mathematical literacy is an individual’s capacity to identify and understand the role that mathematics plays in the world, to make well-founded judgement and to use and engage with mathematics in ways that meet the needs of that individual’s life as a constructive, concerned and reflective citizen.” (OCDE, 2003, p. 24)

Se como vimos atrás é difícil encontrar no meio académico um consenso na definição de literacia matemática, o mesmo se pode dizer da literacia científica, que pode ser visto como um conceito não consensual, como afirma Vieira (2007) no seu estudo sobre o confronto entre Literacia Científica e Ensino das Ciências:

“Desde os finais da década de 50 que se tem vindo a assistir a diversas tentativas de definir o conceito de literacia científica. Mas, mesmo havendo uma concordância generalizada quanto ao facto de esta ter de advir do processo do ensino de ciência praticado nas escolas, ainda não foi apresentada uma definição consensual.” (p. 98)

O interesse na literacia científica aparece de forma muito determinante da década de 50, nos Estados Unidos, por reacção ao lançamento do Sputnik soviético, para sustentar uma efectiva resposta científica e tecnológica do país, como afirma Carvalho (2009). Também neste caso, a preocupação institucional centra-se muito nas avaliações internacionais. Tal como para a literacia matemática, a OCDE adopta uma definição de literacia científica própria, que em 2003 tinha o seguinte enunciado: “Scientific literacy is the capacity to use scientific knowledge, to identify questions and to draw evidence-based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity.” (OCDE, 2003, p. 133)

De seguida faço a descrição e análise dos programas de Matemática ao longo dos doze anos de escolaridade, assim como dos programas associados ao ensino da Física. Quanto ao ensino da Física, veremos que se dissemina noutras disciplinas, inclusivamente na Matemática. Posto isto, farei uma análise comparada na qual, por um lado, analiso o nível de integração de conceitos ao longo da escolaridade para cada uma das disciplinas e, por outro, verifico o nível de coerência temporal entre as duas disciplinas.

A.2.2. Análise das metas curriculares na Física e na Matemática

Para fazer esta análise de currículos, é importante pensar nos objectivos que guiam os processos de ensino/aprendizagem destas duas disciplinas ao longo da escolaridade obrigatória. Estes objectivos são actualmente descritos por metas curriculares nos diferentes programas homologados pelo Ministério da Educação, que visam criar uma literacia matemática e científica nos alunos ao longo deste período de escolaridade. No que diz respeito à Matemática, vários autores têm realizado trabalhos de análise dos programas nos últimos anos (e.g. Serrazina

& Oliveira, 2005; Ponte, 2006; Ponte, 2009). Quanto à Física, como referido anteriormente, este trabalho também tem sido feito por exemplo, por autores como Fiolhais & Trindade (2003) e Valadares (2013). Analisando os programas, e atendendo à apresentação feita pelos autores, verificamos que a maior preocupação até ao final do ensino básico é a de garantir a literacia matemática e científica do aluno, enquanto que ao passar para o Secundário, além dessa, acresce a preocupação com a preparação para o Ensino Superior nas diferentes áreas científicas.

Para os alunos que pretendem prosseguir estudos na área de Ciências e Tecnologias, o ensino da Matemática é feito na disciplina de Matemática para o Ensino Básico e na disciplina de Matemática A para o Ensino Secundário. Os programas de Matemática ao longo da escolaridade obrigatória organizam-se em torno de domínios de conteúdos, sendo que no Ensino Básico os domínios em cada ciclo são transversais aos vários anos de escolaridade desse ciclo, enquanto que no Secundário são diferentes em cada ano de escolaridade. Os conteúdos correspondentes vão mudando gradualmente em cada ano de escolaridade, como se pode observar na tabela A.2.1. Numa primeira análise, podemos verificar que a estrutura curricular da Matemática é sequencial promovendo uma aprendizagem progressiva, na qual se respeita a estrutura própria de uma disciplina cumulativa. Tendo em conta que no início a Matemática deve partir do concreto, os autores do programa do Ensino Básico, tentam proceder a uma passagem gradual do concreto para o abstrato respeitando os tempos próprios dos alunos. Um aspecto particularmente importante nesta passagem do concreto para o abstrato está relacionado com a passagem da Aritmética para a Álgebra (Ponte, 2006).

Tabela A.2.1: Organização curricular da disciplina de Matemática ao longo da escolaridade obrigatória.

Ciclo de estudos	Ano de escolaridade	Domínios de conteúdos	Conteúdos
1.º ciclo	1.º ano	Números e Operações; Geometria e Medida; Organização e Tratamento de Dados	Números naturais; Sistema de numeração decimal; Adição; Subtração; Localização e orientação no espaço; Figuras geométricas; Medida (Distâncias e comprimentos; Áreas; Tempo; Dinheiro); Representação de conjuntos; Representação de dados.
	2.º ano		Números naturais; Sistema de numeração decimal; Adição e Subtração; Multiplicação; Divisão inteira; Números racionais não negativos; Sequências e regularidades; Localização e orientação no espaço; Figuras geométricas; Medida (Distância e Comprimento; Área; Volume e capacidade; Massa; Tempo; Dinheiro; Problemas); Representação de conjuntos; Representação de dados.
	3.º ano		Representação e tratamento de dados Representação decimal de números naturais; Adição e subtração de números naturais; Multiplicação de números naturais; Divisão inteira; Números racionais não negativos; Adição e subtração de números racionais não negativos representados por frações; Representação decimal de números racionais não negativos; Localização e orientação no espaço;

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

			Figuras geométricas; Medida (Comprimento; Área; Massa; Capacidade; Tempo; Dinheiro; Problemas); Representação e tratamento de dados.
	4.º ano		Números naturais; Divisão inteira; Números racionais não negativos; Multiplicação e divisão de números racionais não negativos; Localização e orientação no espaço; Figuras geométricas (Ângulos; Propriedades geométricas); Medida (Área; Volume; Problemas); Tratamento de dados.
2.º ciclo	5.º ano	Números e Operações; Geometria e Medida; Álgebra; Organização e Tratamento de Dados	Números racionais não negativos; Números naturais; Propriedades geométricas (Ângulos, paralelismo e perpendicularidade; Triângulos e quadriláteros; Problemas); Medida (Área; Amplitude de ângulos); Expressões algébricas e propriedades das operações; Gráficos cartesianos; Representação e tratamento de dados.
	6.º ano		Números naturais; Números racionais (Números racionais positivos e negativos; Adição e subtração); Figuras geométricas planas; Sólidos geométricos e propriedades; Medida (Área; Volume); Isometrias do plano; Potências de expoente natural; Sequências e regularidades; Proporcionalidade direta; Representação e tratamento de dados.
3.º ciclo	7.º ano	Números e Operações; Geometria e Medida; Funções, Sequências e Sucessões; Álgebra; Organização e Tratamento de Dados	Números racionais; Alfabeto grego; Figuras Geométricas (Linhas poligonais e polígonos; Quadriláteros); Paralelismo, congruência e semelhança; Medida (Mudanças de unidade de comprimento e incomensurabilidade; Áreas de quadriláteros; Perímetros e áreas de figuras semelhantes); Funções (Definição de função; Operações com funções numéricas; Sequências e sucessões); Expressões algébricas; Raízes quadradas e cúbicas; Equações algébricas; Medidas de localização.
	8.º ano		Dízimas finitas e infinitas periódicas; Dízimas infinitas não periódicas e números reais; Teorema de Pitágoras; Vetores, translações e isometrias; Gráficos de funções afins; Potências de expoente inteiro; Monómios e Polinómios; Equações incompletas de 2.º grau; Equações literais; Sistemas de duas equações do 1.º grau com duas incógnitas; Diagramas de extremos e quartis.
	9.º ano		Relação de ordem em R (Propriedades da relação de ordem; Intervalos; Valores aproximados de resultados de operações); Axiomatização das teorias Matemáticas (Vocabulário do método axiomático; Axiomatização da Geometria); Paralelismo e perpendicularidade de retas e planos (A Geometria euclidiana e o axioma das paralelas; Paralelismo de retas e planos no espaço euclidiano; Perpendicularidade de retas e planos no espaço euclidiano; Problemas); Medida (Distâncias a um plano de pontos, retas paralelas e planos paralelos; Volumes e áreas de superfícies de sólidos); Trigonometria; Lugares Geométricos envolvendo pontos notáveis de triângulos; Propriedades de ângulos, cordas e arcos definidos numa circunferência; Funções algébricas; Inequações; Equações do 2.º grau; Proporcionalidade Inversa; Histogramas; Probabilidade.
Secundário	10.º ano	Lógica e Teoria dos Conjuntos; Álgebra; Geometria Analítica; Funções Reais de Variável Real; Estatística	Introdução à Lógica bivalente e à Teoria dos conjuntos (Proposições; Condições e Conjuntos); Radicais; Potências de expoente racional; Polinómios; Geometria analítica no plano; Cálculo vetorial no plano; Geometria analítica no espaço; Cálculo vetorial no espaço; Generalidades acerca de funções; Generalidades acerca de funções reais de variável real; Monotonia, extremos e concavidade; Estudo elementar das funções quadráticas, raiz quadrada, raiz cúbica e módulo e de funções definidas por ramos; Resolução de problemas; Características amostrais.
	11.º ano	Trigonometria e Funções Trigonométricas; Geometria Analítica; Sucessões; Funções Reais de Variável Real; Estatística	Extensão da Trigonometria a ângulos retos e obtusos e resolução de triângulos; Ângulos orientados, ângulos generalizados e rotações; Razões trigonométricas de ângulos generalizados; Funções trigonométricas; Declive e inclinação de uma reta do plano; Produto escalar de vetores; Equações de planos no espaço; Conjunto dos majorantes e conjunto dos minorantes de uma parte não vazia de R; Generalidades acerca de sucessões; Princípio de indução matemática; Progressões aritméticas e geométricas; Limites de sucessões; Limites

			segundo Heine de funções reais de variável real; Continuidade de funções; Assíntotas ao gráfico de uma função; Derivadas de funções reais de variável real e aplicações; Reta de mínimos quadrados, amostras bivariadas e coeficiente de correlação.
	12.º ano	Cálculo Combinatório; Probabilidades; Funções Reais de Variável Real; Trigonometria e Funções Trigonométricas; Funções Exponenciais e Funções Logarítmicas; Primitivas e Cálculo Integral; Números Complexos	Propriedades das operações sobre conjuntos; Introdução ao cálculo combinatório; Triângulo de Pascal e Binómio de Newton; Espaços de probabilidade; Probabilidade condicionada; Limites e Continuidade; Derivada de segunda ordem, extremos, sentido das concavidades e pontos de inflexão; Aplicação do cálculo diferencial à resolução de problemas; Diferenciação de funções trigonométricas; Aplicações aos osciladores harmónicos; Juros compostos e Número de Neper; Funções exponenciais; Funções logarítmicas; Limites notáveis envolvendo funções exponenciais e logarítmicas; Modelos exponenciais; Primitivas; Cálculo Integral; Resolução de problemas; Introdução aos números complexos; Complexo conjugado e módulo dos números complexos; Quociente de números complexos; Exponencial complexa e forma trigonométrica dos números complexos; Raízes n-ésimas de números complexos; Resolução de problemas.

Fonte: Ministério da Educação - Direcção Geral de Educação (ME 2013a e ME 2015)

O ensino da Física é feito na disciplina de Físico-Química para o terceiro ciclo do Ensino Básico, na disciplina de Física e Química A para o 10.º ano e 11.º ano, e na disciplina de Física no 12.º ano. Note-se que entre o 7.º ano e o 11.º ano a Física é dada alternadamente com a Química ao longo de cada ano. Os programas de Física organizam-se por domínios e subdomínios que vão mudando ao longo dos seis anos em que esta disciplina é lecionada. Tal como para a Matemática, construo uma tabela onde compilo esses domínios e subdomínios ao longo da escolaridade obrigatória (tabela A.2.2). É importante ter em conta que alguns conceitos fundamentais da Física são ensinados no 1.º ciclo em disciplinas como Estudo do Meio ou mesmo na Matemática. No caso do Estudo do Meio, estes conceitos dizem essencialmente respeito ao espaço e ao tempo e à relação entre eles, ou seja, “descrevem a sucessão de actos praticados ao longo do dia, da semana...” (ME 2017, p. 106). Na Matemática, podemos ver na tabela A.2.1 que no domínio de Geometria e Medida, os alunos são levados ao entendimento de conceitos como o espaço, o tempo e a massa. Alguns autores defendem a importância da abordagem destas matérias em idades muito precoces, como por exemplo, no trabalho de Peixoto (2005) sobre actividades laboratoriais no Ensino pré-escolar, que refere que “cada vez mais vão surgindo experiências desenvolvidas em diferentes países que atestam a relevância da abordagem das ciências físicas no nível pré-escola”, (p.33).

Tabela A.2.2: Organização curricular da disciplina de Física ao longo da escolaridade obrigatória.

Ciclo de estudos	Ano de escolaridade	Domínios	Subdomínios
3º ciclo	7.º ano	Espaço; Energia	Universo; Sistema solar; Distâncias no Universo; A Terra, a Lua e forças gravíticas; Fontes de energia e transferências de energia.
	8.º ano	Som; Luz	Produção e propagação do som; Som e ondas; Atributos do som e sua deteção pelo ser humano; Fenómenos acústicos; Ondas de luz e sua propagação; Fenómenos óticos.
	9.º ano	Movimentos e forças; Eletricidade	Movimentos na Terra; Forças e movimentos; Forças, movimentos e energia; Forças e fluidos; Corrente eléctrica e circuitos eléctricos; Efeitos da corrente eléctrica e energia eléctrica
Secundário	10.º ano	Energia e sua conservação	Energia e movimentos; Energia e fenómenos eléctricos; Energia, fenómenos térmicos e radiação.
	11.º ano	Mecânica; Ondas e eletromagnetismo	Tempo, posição e velocidade; Interações e seus efeitos; Forças e movimentos; Sinais e ondas; Eletromagnetismo; Ondas eletromagnéticas.
	12.º ano	Mecânica; Campos de forças; Física Moderna	Cinemática e dinâmica da partícula a duas dimensões; Centro de massa e momento linear de sistemas de partículas; Fluidos; Campo gravítico; Campo eléctrico; Ação de campos magnéticos sobre cargas em movimento e correntes eléctricas; Introdução à física quântica; Núcleos atómicos e radioatividade

Fonte: Ministério da Educação - Direcção Geral de Educação (ME 2013b, ME 2014a e ME 2014b)

A.2.3. Metas curriculares – Uma perspectiva/análise comparada

De forma a facilitar a comparação entre os currículos de Matemática e de Física durante a escolaridade obrigatória, construí uma tabela (tabela A.2.3) na qual, para cada ano de escolaridade, selecionei um conjunto específico de conceitos que aproximam estas duas disciplinas. Uma vez que na comparação me interessa matérias afins entre as duas disciplinas, na coluna referente à Matemática, deixei de fora os conceitos relacionados com o domínio do tratamento de dados no Ensino Básico e com os domínios relacionados com a Estatística e o Cálculo combinatório no Secundário. Ao longo dos doze anos de escolaridade, verifica-se na análise dos programas (ME 2013a e ME 2015), que a Matemática é ensinada de forma sequencial e muito consistente numa perspectiva predominantemente cognitivista no 1.º ciclo, passando gradualmente para um construtivismo nos anos seguintes, cimentando um conhecimento sólido das suas matérias. Note-se que durante os doze anos de escolaridade, o programa contém sempre processos cognitivistas permitindo aos alunos induzir e não apenas deduzir (Ponte, 2006). Importa chamar à atenção que, do ponto de vista da literacia matemática, parece-me haver uma preocupação relativa à vida económica e à vida social em geral, mas falta uma ligação mais estreita entre a Matemática e a Física que é também uma dimensão importante

da literacia matemática (Serrazina & Oliveira, 2005). É curioso notar a introdução de conceitos físicos como o tempo ou a massa no 1.º ciclo, conducentes à concretização da Matemática e o abandono destes conceitos à medida que se avança no carácter abstracto da Matemática. No que diz respeito à Física nos doze anos de escolaridade, verifico que os conceitos são repetidos ao longo da escolaridade e, em grande medida, pouco sustentados matematicamente, como ficou expresso na análise exploratória (Apêndice 1). Durante o 3.º ciclo, a imaturidade algébrica impõe um ensino de carácter fundamentalmente behaviorista, no qual os alunos não conseguem construir e fundamentar os conceitos da Física. Neste ciclo de estudos, a falta de fundamentação pode conduzir a uma apreensão de conceitos erróneos (Valadares, 2013) que poderão ser um entrave no correcto entendimento das matérias lecionadas no Secundário. Como sugere Redish (1994): “Expanding our students' horizons and teaching them how to think sometimes requires us to overcome years of negative training and what they themselves have come to believe are their own preferences and limitations!” (p. 801)

Tabela A.2.3: Análise comparada da aprendizagem de alguns conceitos matemáticos e físicos dados durante a escolaridade obrigatória.

Ano de escolaridade	Conceitos matemáticos	Conceitos físicos	Análise
1.º ano	Sistema de numeração decimal; Adição; Subtração	Distâncias e comprimentos; Tempo	É neste período que os alunos começam a ter contacto com a simbologia matemática como por exemplo “+”, “=”, “>” e “<”. Estes primeiros conceitos físicos são dados nas disciplinas de Matemática e Estudo do Meio. A noção de sequência temporal de posições é dada em Estudo do Meio.
2.º ano	Multiplicação; Divisão inteira; Adição e subtração de números racionais não negativos representados por frações; Representação decimal de números racionais não negativos	Massa; Comprimento; Tempo	Nesta fase, a Matemática ainda está centrada na aritmética e na transmissão da simbologia, introduzindo as frações e a representação decimal. É igualmente no âmbito da disciplina de Matemática que continuam a ser introduzidas as grandezas fundamentais da Física (M,L,T), assim como das suas unidades de medida.
3.º ano	Os conceitos são os mesmos mas um pouco mais avançados (tabuadas do 7, 8 e 9). A novidade é a introdução da estatística	Também aqui se repetem os conceitos de massa comprimento e tempo.	Assiste-se aqui à consolidação dos conceitos matemáticos, enquanto que os conceitos da Física vão gradualmente desaparecendo. Na Matemática, começa-se a introduzir conceitos estatísticos associados ao tratamento de dados.
4.º ano	Também aqui são introduzidos conceitos relativos ao tratamento de dados (estatística)	Não aparecem nos programas.	Continua a assistir-se à consolidação dos conceitos matemáticos, os conceitos da Física desaparecem dos programas.
5.º ano	Expressões algébricas e propriedades das operações; Gráficos cartesianos	Não aparecem nos programas.	É nesta fase da aprendizagem da Matemática que os alunos são levados a passar do concreto para o abstracto com a introdução da Álgebra.

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

6.º ano	Potências de expoente natural; Sequências e regularidades; Proporcionalidade direta	Não aparecem nos programas.	A preocupação principal durante este ano de escolaridade é aumentar a capacidade de abstração dos alunos, ampliando os conceitos associados à Álgebra.
7.º ano	Funções (Definição de função; Operações com funções numéricas; Sequências e sucessões); Expressões algébricas; Equações algébricas	Força; Força gravítica; Peso; Energia; Fontes de energia; Processos de transferência de energia; Temperatura.	Enquanto que na Matemática se introduz a noção de função e se continua a consolidar a habilidade algébrica, na Física há uma tentativa de motivação dos alunos, abordando temáticas complexas como o Universo, o Sistema Solar ou as preocupações energéticas da Terra. Os conceitos fundamentais estão desfasados do desenvolvimento matemático nesta fase. Por exemplo, os alunos não deram ainda na Matemática a noção de vector, fundamental para o entendimento do conceito de força.
8.º ano	Teorema de Pitágoras; Vectores; Gráfico da função afim; Monómios e Polinómios; Equações incompletas de 2.º grau; Equações literais; Sistemas de duas equações do 1.º grau com duas incógnitas	Ondas mecânicas e electromagnéticas; frequência, velocidade de propagação; Amplitude; óptica; reflexão e refração; lentes.	Nesta fase na Matemática desenvolve-se a noção de vector, fundamental para a Física, e a Álgebra tem um importante desenvolvimento. Na Física, os conceitos estão mais uma vez além do desenvolvimento matemático à data. Por exemplo, a descrição de onda necessita da noção de função periódica que os alunos estão ainda longe de possuir.
9.º ano	Axiomatização das teorias Matemáticas; Funções algébricas; Inequações; Equações do 2.º grau; Proporcionalidade Inversa.	Cinemática (posição, velocidade e aceleração); Dinâmica (massa, força, Leis de Newton); Energia cinética; Energia potencial; trabalho de uma força; Força de impulso; Circuitos eléctricos (corrente eléctrica, tensão, resistência); Lei de Joule.	É neste ano escolar que a discrepância entre a Física e a Matemática é maior. Por um lado, a pouca maturidade algébrica inibe uma boa aprendizagem de conceitos físicos, tais como a 1.ª Lei ou 2.ª Lei de Newton. Por outro lado, a representação gráfica de funções na Matemática no início do 9.º ano é ainda muito básica para o desenvolvimento proposto para a Cinemática no programa de Física.
10.º ano	Lógica; Cálculo vetorial no espaço; referenciais cartesianos; Funções reais de variável real	Energia cinética; Energia potencial; Energia mecânica; Trabalho de uma força; Potência mecânica; corrente eléctrica; diferença de potencial eléctrico; resistência eléctrica; Lei de Joule; Potência eléctrica; Sistema termodinâmico; Energia interna; Temperatura; Entalpia; Capacidade térmica. Entalpias de fusão e evaporação; 1ª Lei e 2ª Lei da Termodinâmica.	Em termos de ajuste temporal nas matérias leccionadas na Matemática e na Física, este é o ano em que podemos observar coerência. Na Matemática, o desenvolvimento da lógica permite a compreensão axiomática das matérias leccionadas e a geometria analítica constitui um alicerce forte para o desenvolvimento da Física. As funções reais de variável real são também uma base importante para a Física. Quanto à Física, parece-nos desajustado iniciar o Secundário com o conceito de energia quando não estão sólidos os conceitos fundamentais de velocidade, aceleração e força, associados à Cinemática e à Dinâmica.
11.º ano	Princípio de indução matemática; Limites de sucessões; limites de funções; Continuidade; gráficos de funções; Derivadas.	Cinemática (posição, velocidade e aceleração); Dinâmica (massa, força, Leis de Newton); Sinais e ondas; Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas; Electromagnetismo; Campos eléctricos e Campos magnéticos; Ondas electromagnéticas (reflexão e refração)	Neste ano, voltamos a ter um desajuste entre os programas das duas disciplinas. Na Física o programa começa pelas definições de velocidade e de aceleração que ganhariam com o conhecimento do conceito de derivada. Por outro lado, as noções de campo eléctrico ou campo magnético, precisam de noções de funções vectoriais que não são dadas na Matemática em nenhum momento dos doze anos de escolaridade.
12.º ano	Limites e Continuidade; Derivada de segunda ordem; Primitivas; Cálculo Integral;	Cinemática e Dinâmica de uma partícula material; Sistemas de partículas e centro de massa; Momento linear; Estática de fluidos;	Continua a existir um desfasamento entre as aprendizagens da Física e da Matemática. Como dissemos atrás, a noção de campo não pode ser entendida de forma plena sem o desenvolvimento matemático das funções

	Introdução aos números complexos.	Movimento de corpos em fluidos; Campo gravítico; campo eléctrico; campo magnético; Introdução à física quântica; radioatividade.	vectoriais. É de notar, no entanto, que enquanto que na Matemática este ano representa o final de uma aprendizagem sequencial e estruturada, na Física este ano pode ser visto como um curso pré universitário.
--	-----------------------------------	--	---

Apesar de, de modo geral, não ser indicado explicitamente no programa a utilização de situações físicas para exemplificação de conteúdos da Matemática (acontece apenas no 12.º ano), os professores acabam por utilizar exemplos da Física para concretizar alguns conteúdos mais abstractos da Matemática (Serrazina & Oliveira, 2005). Este tipo de estratégias pode não só conduzir à concretização da Matemática, como à necessária matematização da Física.

A maior maturidade matemática no Secundário, permite uma aprendizagem de carácter mais construtivista, ficando, no entanto, a faltar processos cognitivistas que permitam por um lado a desconstrução de pré-conceitos erróneos (que vêm do 3.º ciclo) e por outro conduzam a uma integração de conceitos. Uma dificuldade importante no ensino da Física prende-se com o domínio da Língua que por vezes conduz a interpretações dúbias do enunciado dos problemas (Duarte, 2000). De forma geral a Física não é ensinada sequencialmente, existindo uma recorrência de domínios, primeiro do Ensino Básico para o 10.º ano e 11.º ano e depois do 11.º ano para o 12.º ano.

A.2.4. Aproximações

Numa primeira abordagem, considero que seria positivo para a aprendizagem da Física que existisse uma ligação mais estreita entre estas duas disciplinas (Física e Matemática). Por outro lado, sou levado a reflectir no pendor essencialmente behaviorista do ensino da Física no 3.º ciclo, potenciador de uma aprendizagem passiva incapacitando a progressão para uma aprendizagem significativa. A ausência de uma componente laboratorial forte no 3.º ciclo não favorece a aprendizagem dos conceitos fundamentais e, portanto, de subsunções cientificamente fortes que permitam ao aluno ter uma base cognitiva suficientemente robusta para construir por aprendizagem significativa conhecimento científico (Valadares, 2011). Sendo possível uma alteração de base no currículo da Física, parece-me adequado que se devia procurar um modelo para o ensino da Física no Ensino básico essencialmente experimental, de carácter cognitivista, no qual os alunos tenham a possibilidade de construir por medição os conceitos fundamentais da Física e desta forma construir uma base cognitiva capaz de assegurar uma aprendizagem de modelos mais complexos, muitas vezes contra intuitivos, inerentes à Física moderna.

Não posso deixar de reflectir no depoimento da professora, acima apresentado (apêndice A.1.2), no qual a professora realça a importância de uma formação de base dos alunos ao longo da sua escolaridade, que conduza a uma literacia científica necessária em qualquer área do conhecimento. No entanto o resultado do teste diagnóstico passado aos alunos de diferentes níveis de ensino, mostra que essa literacia não existe do ponto de vista do conhecimento científico.

Como última reflexão, não posso deixar de pensar nas duas afirmações (Feynman, 1967) que cito atrás (apêndice A.2.1), nas quais o autor realça a importância da Matemática para o entendimento da Física, o que nos obriga a repensar na interdisciplinaridade da Física e da Matemática, ou pelo menos na adequação curricular destas duas disciplinas.

Apêndice 3. Modelo do questionário inicial passado à turma

1. a) Que idade tens?
b) Sexo: F__ M__

2. Alguma vez repetiste um ano?

Sim __ Não__

3. Na disciplina de Física e Química gostas mais da Física ou da Química?

Física __ Química __

4. Gostas de Matemática?

Sim __ Não __

5. O que é mais difícil para ti? A Física ou a Matemática?

Física __ Matemática __

6. Com que níveis terminaste o 9.º ano nas disciplinas de Ciências Físico-Químicas e de Matemática?

Ciências Físico-Químicas __ Matemática __

7. O que recordas da Física que aprendeste no 7.ºano, 8.ºano e 9.ºano?
Estudo dos movimentos (sim ou não) ____
Estudo do Universo (sim ou não) ____
Estudo da electricidade (sim ou não) ____
Estudo da luz (sim ou não) ____
Outros (quais?):

8. Em que situações usas o computador nas aulas de Física e de Química?
PowerPoints (sim ou não) ____
Visualização de filmes demonstrativos (sim ou não) ____
Execução de simulações (sim ou não) ____
Utilização do excel (sim ou não) ____
Outros (quais?):

9. Já tiveste alguma experiência de programação

Sim__ Não__

10. Alguma vez usaste formulas num documento excel?

Sim__ Não__

Obrigado pela tua colaboração 😊

Apêndice 4. Programas desenvolvidos pelos alunos

Neste anexo apresento o código dos programas desenvolvidos pelos alunos ao longo das sessões. Na segunda e terceira sessões, apresento apenas um programa, uma vez que todos fizeram o mesmo.

2ª sessão – Desenvolvimento de competências de programação

(2ª sessão do 10.º ano)

Determinação da soma de uma sequência de números naturais

Opção 1 (ciclo FOR)

```
clc
clear all

N=input('Introduza um numero natural ');

soma=0;
for i=1:N
    soma=soma+i;
end
```

Opção 2 (ciclo WHILE)

```
clc
clear all

N=input('Introduza um numero natural ');

soma=0;
i=0;
while i<10
    i=i+1;
    soma=soma+i;
end
```

Determinação das raízes de uma equação do 2.º grau

```
clc
clear all

a=input('introduza o valor de a: ');
b=input('introduza o valor de b: ');
c=input('introduza o valor de c: ');

if a==0
error('O a tem que ser diferente de zero')
end

delta=b^2-4*a*c;

if delta<0
disp('Nao tem raizes reais')
elseif delta==0
raiz=-b/(2*a);
disp('Tem uma raiz real')
else
raiz_1=(-b-sqrt(delta))/(2*a);
raiz_2=(-b+sqrt(delta))/(2*a);
disp('Tem duas raizes reais')
end
```

3ª sessão – Construção de gráficos

(3ª sessão do 10.º ano)

Programa que constrói o gráfico de uma função quadrática entre (-4) e 4.

```
clear all
clc

delta_x=input('introduza o espacamento entre pontos: ');

x(1)=-4;
f(1)=x(1)^2;

N_pontos=8/delta_x+1;

for i=1: N_pontos-1
    x(i+1)=x(i)+ delta_x;
    f(i+1)=x(i+1)^2;
end

plot(x,f)
```

4ª sessão – Queda de um corpo sem resistência do ar significativa

(4ª sessão do 10.º ano)

A Ana, o Bruno, o João e o Lucas não enviaram os seus programas, sendo que destes, apenas o João não o realizou.

Programa realizado pela Luísa:

```
clc
clear all

i=1;
h(1)=50;
v(1)=0;
g=-9.8;
dt=0.001;
t(i)=0;

while h(i)>0;
    v(i+1)=v(i)+(g*dt);
    h(i+1)=h(i)+(v(i+1)*dt);
    t(i+1)=t(i)+dt;
    i=i+1;
end

plot(t,h)
```

Programa realizado pelo Luís:

```
clc
clear all

i=1;
h(1)=50;
v(1)=0;
g=-9.8;
```

```
dt=0.01;  
t(1)=0;  
  
while h(i)>=0  
    v(i+1)=v(i)+g*dt  
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt  
    t(i+1)=t(i)+dt  
    i=i+1  
end  
plot(t,v)
```

Programa realizado pelo Pedro:

```
clc  
clear all  
  
dt=0.1  
g=-9.8;  
v(1)=0;  
h(1)=50;  
i=1;  
while h(i)>=0  
    v(i+1)=v(i)+g*dt;  
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
    t(i+1)=t(i)+dt;  
    i=i+1;  
end  
plot(t,h)
```

Programa realizado pelo Sérgio:

```
clc  
clear  
  
a=-9.8;  
i=1;  
h(1)=50;
```

```
v(1)=0;  
t(1)=0;  
dt=0.1;  
  
while h(i)>0;  
    v(i+1)=v(i)+a*dt;  
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
    t(i+1)=t(i)+dt;  
    i=i+1;  
end
```

```
plot(t,h);  
grid on
```

Programa realizado pelo António:

```
clc  
clear all  
  
i=1  
h(1)=50  
v(1)=0  
g=-9.8  
dt=0.001  
t(i)=0  
while h(i)>=0  
    v(i+1)=v(i)+g*dt;  
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
    t(i+1)=t(i)+dt;  
    i=i+1;  
end  
plot (t,h);
```

Programa realizado pelo Miguel:

```
clc  
clear all
```

```
i=1;
h(1)=50;
v(1)=0;
g=-9.8;
dt=0.001;
t(i)=0;

while h(i)>0;
    v(i+1)=v(i)+(g*dt);
    h(i+1)=h(i)+(v(i+1)*dt);
    t(i+1)=t(i)+dt;
    i=i+1;
end
```

```
plot (t,h)
```

Programa realizado pelo Carlos:

```
clear
clc

g=-9.8;
h(1)=50;
v(1)=0;
t(1)=0;
dt=0.01;
i=1;
while h(i)>0

    v(i+1)=v(i)+g*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    t(i+1)=t(i)+dt
    i=i+1
```

```
end
```

```
plot(t,h)
```

Programas realizados pelo Nuno:

1.º programa

```
clear
```

```
clc
```

```
h(1)=50;
```

```
v(1)=0;
```

```
a=-9.8;
```

```
t(1)=0;
```

```
dt=0.1;
```

```
i=0;
```

```
while h(i+1)>0
```

```
    i=i+1;
```

```
    v(i+1)=v(i)+a*dt;
```

```
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
```

```
    t(i+1)=t(i)+dt;
```

```
end
```

```
plot(t,h)
```

2.º programa

```
clear
```

```
clc
```

```
m=25;
```

```
h(1)=50;
```

```
v(1)=0;
```

```
a=-9.8;
```

```
t(1)=0;
```

```
dt=0.1;
```

```
i=0;
```

```
Ec(1)=0;
```

```
Ep(1)=25*(-a)*50;  
  
while h(i+1)>0  
    i=i+1;  
    v(i+1)=v(i)+a*dt;  
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
    t(i+1)=t(i)+dt;  
    Ec(i+1)=m/2*v(i+1)^2;  
    Ep(i+1)=m*(-a)*h(i+1);  
end  
  
plot(t,Ec,t,Ep)
```

5ª sessão – Queda de um corpo com resistência do ar significativa

(5ª sessão do 10.º ano)

Programa realizado pela Ana:

```
clc  
clear  
  
Bm=0.5;  
h(1)=50;  
v(1)=0;  
t(1)=0;  
dt=0.001;  
a=9.8;  
i=0;  
g=9.8;  
m=5;  
Ec(1)=0;  
Ep(1)=m*9.8*50;
```

```
while h(i+1)>0
    i=i+1;
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    a(i+1)=-g+Bm*v(i+1)^2;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    Ec(i+1)=1/2*m*v(i+1)^2;
    Ep(i+1)=m*9.8*h(i+1);
end
subplot(3,1,1)
plot(t,h)
subplot(3,1,2)
plot(t,v)
subplot(3,1,3)
plot(t,Ec,t,Ep)
```

Programa realizado pelo Bruno:

```
clc
clear
i=1;
g=9.8;
h(1)=50;
t(1)=0;
v(1)=0;
a(1)=-9.8;
dt=0.001;
Bm=0.5;
While h(1)>=0
    v(i+1)=v(i)+a(1)*dt;
    a(i+1)=-g+Bm*v(i+1)^2;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    i=i+1;
end
```

```
subplot(2,1,1)
```

```
plot(t,h)
```

```
subplot(2,1,2)
```

```
plot(t,v)
```

Programa realizado pela Luísa:

```
clc
```

```
clear all
```

```
i=1;
```

```
h(1)=50;
```

```
v(1)=0;
```

```
g=9.8;
```

```
dt=0.001;
```

```
t(1)=0;
```

```
a(1)=-9.8;
```

```
Bm=0.05;
```

```
m=5;
```

```
Ec(1)=0;
```

```
Ep(1)=m*g*h(1);
```

```
while h(i)>0;
```

```
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
```

```
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
```

```
    t(i+1)=t(i)+dt;
```

```
    a(i+1)=-g+Bm*v(i+1)^2;
```

```
    Ec(i+1)=(1/2)*m*v(i+1)^2;
```

```
    Ep(i+1)=m*g*h(i+1);
```

```
    i=i+1;
```

```
end
```

```
subplot(2,1,1)
```

```
plot(t,Ec)
```

```
subplot(2,1,2)
```

```
plot(t,Ep)
```

Programa realizado pelo Luís:

```
clc
```

```
clear all
```

```
a(1)=-9.8;
```

```
h(1)=50;
```

```
v(1)=0;
```

```
t(1)=0;
```

```
dt=0.01;
```

```
i=1;
```

```
g=9.8;
```

```
Bm=0.5;
```

```
while h(i)>=0
```

```
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt
```

```
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt
```

```
    a(i+1)=-g+Bm*v(i+1)^2
```

```
    t(i+1)=t(i)+dt
```

```
    i=i+1
```

```
end
```

```
subplot(2,1,1)
```

```
plot(t,h)
```

```
subplot(2,1,2)
```

```
plot(t,v)
```

Programa realizado pelo Pedro:

```
clc
```

```
clear all
```

```
dt=0.1;
```

```
a(1)=-9.8;
```

```
v(1)=0;
```

```
h(1)=50;
t(1)=0;
i=1;
Bm=0.5;
g=9.8;
while h(i)>=0
v(i+1)=v(i)+a(i)*dt
h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt
a(i+1)=-g+Bm*v(i+1)^2
t(i+1)=t(i)+dt
i=i+1
end
```

```
subplot(2,1,1)
plot(t,h)
subplot(2,1,2)
plot(t,v)
```

Programa realizado pelo Sérgio:

```
clc
clear

a(1)=-9.8;
i=1;
h(1)=50;
v(1)=0;
t(1)=0;
dt=0.001;
g=9.8;
Bm=0.5;
Ec(1)=0;
Ep(1)=0;
m=1;
```

```
while h(i)>0;
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    a(i+1)=-g+Bm*v(i+1)^2;
    Ec(i+1)=0.5*m*v(i+1)^2;
    Ep(i+1)=m*g*h(i+1);
    i=i+1;
end
subplot(4,1,1);
plot(t,h);
subplot(4,1,2);
plot(t,v);
subplot(4,1,3);
plot(t,Ec);
subplot(4,1,4);
plot(t,Ep);
grid on
```

Programa realizado pelo João:

```
clc
clear all

i=1;
h(1)=500;
v(1)=0;
a=9.8;
dt=0.001;
g=-9.8;
t(1)=0;
h(1)=50;
Bm=0.5;
while h(i)>0;
    v(i+1)=v(i)+(a(i)*dt);
```

```
a(i+1)=g+bm*v(i+1)^2;  
t(i+1)=t(i)+dt;  
h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
i=i+1;  
  
end  
subplot(2,1,1)  
plot(t, Ec, t, Ep)  
subplot(2,1,2)  
plot(t, v)
```

Programa realizado pelo Lucas:

```
clear all  
clc  
bm=0.5;  
a(1)=-9.8;  
i=1;  
h(1)=50;  
t(1)=0;  
v(1)=0;  
g=-9.8;  
dt=0.001;  
m=5;  
Ec(1)=0;  
Ep(1)=2450;  
while h(i)>0;  
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;  
    t(i+1)=t(i)+dt;  
    a(i+1)=g+bm*v(i+1)^2;  
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
    Ec(i+1)=1/2*m*v(i+1)^2;  
    Ep(i+1)=m*g*h(i+1);  
    i=i+1;  
end
```

```
subplot(2,1,1)  
plot(t, Ec, t, Ep)  
subplot(2,1,2)  
plot(t, v)  
Programa realizado pelo Miguel:
```

```
clc  
clear all  
  
i=1;  
bm=0.5;  
v(1)=0;  
a=9.8;  
dt=0.001;  
g=-9.8;  
t(1)=0;  
h(1)=50;  
m=50;  
Ec(1)=0;  
Ep(1)=m*(-9.8)*50;  
  
while h(i)>0;  
    v(i+1)=v(i)+(a(i)*dt);  
    a(i+1)=g+bm*v(i+1)^2;  
    t(i+1)=t(i)+dt;  
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
    Ec(i+1)=1/2*m*v(i+1)^2;  
    Ep(i+1)=m*g*h(i+1);  
    i=i+1;  
  
end  
subplot(2,1,1)  
plot(t, Ec, t, Ep)  
subplot(2,1,2)
```

```
plot(t,v)
```

Programa realizado pelo Carlos:

```
clear
clc

g=9.8;
h(1)=50;
v(1)=0;
t(1)=0;
dt=0.001;
i=1;
Bm=0.05;
a(1)=-9,8
m=5
Ec(1)=0
Ep(1)=2450
while h(i)>0

    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    a(i+1)=-g+Bm*v(i+1)*v(i+1);
    Ec(i+1)=1/2*m*v(i+1)*v(i+1);
    Ep(i+1)=m*g*h(i+1);
    i=i+1;
end
subplot(2,1,1)
plot(t,Ec)
subplot(2,1,2)
plot(t,Ep)
```

Programa realizado pelo Nuno:

```
clear
clc
```

```
m=5
h(1)=50;
v(1)=0;
a(1)=-9.8;
t(1)=0;
dt=0.001;
i=0;
bm=0.5;
Ec(1)=0
Ep(1)=m*9.8*50
while h(i+1)>0
    i=i+1;
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    a(i+1)=-9.8+bm*v(i+1)^2;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    Ec(i+1)=1/2*m*v(i+1)^2;
    Ep(i+1)=m*9.8*h(i+1);
end

subplot(3,1,1);
plot(t,h);
subplot(3,1,2);
plot(t,v);
subplot(3,1,3);
plot(t,Ec,t,Ep);
```

6ª sessão – Movimento de um pára-quedas (introdução)

(1ª sessão do 11.º ano)

O Pedro, o Lucas, o Carlos e o Nuno não enviaram os seus programas, sendo que o Pedro foi o único destes que não conseguiu fazer o programa.

Programa realizado pela Ana:

```
clc
clear

h(1)=500;
b(1)=0
h(p)=250;
b(p)=0.5;
i=0;
dt=0.001;
g=-9.8;
f=b
a(1)=0;

while h(i+1)>0:

    i=i+1;
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    a(i+1)=g-b/m*(v(i+1))^2
```

Programa realizado pelo Bruno:

```
clc
clear all

i=1;
h(1)=500;
v(1)=0;
```

```
g=9.8;
dt=0.001;
t(1)=0;
a(1)=-9.8;
Bm=0.5;

while h(i)>0;
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    if h(i)>250
        a(i+1)=-g;
    end
    if h(i)<250
        a(i+1)=-g+Bm*v(i+1)^2;
    end
    i=i+1;
end
```

```
subplot(2,1,1)
plot(h,t)
subplot(2,1,2)
plot(v,t)
```

Programa realizado pela Luísa:

```
clc
clear all

i=1;
h(1)=500;
v(1)=0;
g=9.8;
dt=0.001;
t(1)=0;
```

```
a(1)=-9.8;
Bm=0.5;

while h(i)>0;
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    if h(i)>250
        a(i+1)=-g;
    end
    if h(i)<250
        a(i+1)=-g+Bm*v(i+1)^2;
    end
    i=i+1;
end
```

```
subplot(2,1,1)
plot(h,t)
subplot(2,1,2)
plot(v,t)
```

Programa realizado pelo Luís:

```
clc
clear all

g=9.8;
a(1)=-9.8;
h(1)=500;
v(1)=0;
t(1)=0;
dt=0.01;
i=1;
bm=0;
```

```
if h(i)>250  
  
v(i+1)=v(i)+a(i)*dt  
h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt  
a(i+1)=-g+Bm*v(i+1)^2  
t(i+1)=t(i)+dt  
i=i+1  
end
```

```
if 250>h(
```

```
subplot(2,1,1)  
plot(t,h)  
subplot(2,1,2)  
plot(t,v)
```

Programa realizado pelo Sérgio:

```
clc
```

```
clear
```

```
a(1)=-9.8;
```

```
i=1;
```

```
h(1)=500;
```

```
v(1)=0;
```

```
t(1)=0;
```

```
dt=0.001;
```

```
g=9.8;
```

```
Bm=0;
```

```
m=1;
```

```
while h(i)>250;
```

```
v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;  
h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
t(i+1)=t(i)+dt;  
a(i+1)=-g+Bm*v(i+1)^2;  
i=i+1;  
end
```

```
while h(i)<250 && h(i)>0;  
    Bm=0.5;  
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;  
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
    t(i+1)=t(i)+dt;  
    a(i+1)=-g+Bm*v(i+1)^2;  
    i=i+1;  
end  
subplot(2,1,1);  
plot(t,h);  
subplot(2,1,2);  
plot(t,v);
```

Programa realizado pelo João:

```
clc  
clear all  
  
i=1;  
h(1)=500;  
v(1)=0;  
a=9.8;  
dt=0.001;  
g=-9.8;  
t(1)=0;  
h(1)=50;  
Bm=0.5;  
while h(i)>0;
```

```
v(i+1)=v(i)+(a(i)*dt);  
a(i+1)=g+bm*v(i+1)^2;  
t(i+1)=t(i)+dt;  
h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
i=i+1;
```

```
end  
subplot(2,1,1)  
plot(t,Ec,t,Ep)  
subplot(2,1,2)  
plot(t,v)
```

Programa realizado pelo Miguel:

```
clc  
clear
```

```
i=1;  
h(1)=500;  
v(1)=0;  
t(1)=0;  
g=-9.8;  
b=0;  
dt=0.01;
```

```
while h(i)>250;  
v(i+1)=v(i)+(a(i)*dt);  
h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
t(i+1)=t(i)+dt;  
i=i+1;  
a=a(1);  
end
```

```
bm=0.5
```

```
while 250 > h(i+1) > 0;  
    a(i+1) = -9.8 - b1/m * (v*(i+1))^2;
```

7ª sessão – Movimento de um pára-quedas (parte 1)

(2ª sessão do 11.º ano)

Programa realizado pelo Bruno:

```
clc  
clear all  
m=100  
g=9.8  
b1=0.25  
b2=25  
Dt=0.01  
i=1  
h(1)=3000;  
t(1)=0;  
v(1)=0;  
a(1)=-g;  
while h(i)>0  
    if h(i)>1000  
        v(i+1)=v(i)+a(i)*Dt;  
        h(i+1)=h(i)+v(i+1)*Dt;  
        a(i+1)=-g+b1/m*(v(i+1));  
        t(i+1)=t(i)+Dt;  
        i=i+1;  
    else  
        v(i+1)=v(i)+a(i)*Dt;  
        h(i+1)=h(i)+v(i+1)*Dt;  
        a(i+1)=-g+b2/m*(v(i+1))^2;
```

```
t(i+1)=t(i)+Dt;  
i=i+1;  
end  
end  
plot(t,v)
```

Programa realizado pela Luísa:

```
clc  
clear all  
  
h(1)=3000;  
v(1)=0;  
a(1)=-9.8;  
t(1)=0;  
g=9.8;  
m=100;  
b1=0.25;  
b2=25.0;  
dt=0.1;  
i=1;  
  
while h(i)>0  
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;  
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
    t(i+1)=t(i)+dt;  
    if h(i)>1000  
        a(i+1)=-g+(b1/m)*(v(i+1))^2;  
    else  
        a(i+1)=-g+(b2/m)*(v(i+1))^2;  
    end  
    i=i+1;  
end
```

```
plot(t,v)
```

Programa realizado pelo Pedro:

```
clear all
clc
h(1)=3000;
v(1)=0;
a(1)=9.8;
t(1)=0;
m=100;
g=9.8;
b1=0.25;
b2=25.0;
dt=0.001;
i=1;

while h(i)>0;
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    i=(i+1);
    if h(i)>1000;
        a(i+1)=-g+(b1/m)*(v(i+1))^2;
    else
        a(i+1)=-g-(b2/m)*(v(i+1))^2;
    end
end

plot(t,v)
```

Programa realizado pelo Sérgio:

```
clc
clear

h(1)=3000;
v(1)=0;
```

```
g=9.8;
a(1)=-g;
t(1)=0;
m=100;
b1=0.25;
b2=25;
dt=0.1;
i=1;

while h(i)>0
    if h(i)>1000
        v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
        h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
        a(i+1)=(b1/m)*(v(i+1))^2-g;
        t(i+1)=t(i)+dt;
        i=i+1;
    else
        v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
        h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
        a(i+1)=(b2/m)*(v(i+1))^2-g;
        t(i+1)=t(i)+dt;
        i=i+1;
    end
end

plot(t,v)
```

Programa realizado pelo João:

```
clc
clear all
b1:0.25
m=100
b2=25
dt=0.001
```

```
g=-9.8+(b/100)*v^2
v(i+1)=v(i)+a(i)*dt
h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt
a(i+1)=-g+(b/m)*(v(i+1))^2
t(i+1)=t(i)+dt
if h(i)>100
    b=b1
```

Programa realizado pelo Lucas:

```
clc
clear all
v(1)=0;
h(1)=3000;
t(1)=0;
i=1;
b1=0.25;
b2=25;
dt=0.01;
m=100;
g=-9.8;
a(1)=g;
while h(i)>0
if h(i)>=1000
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    a(i+1)=g+b1/m*(v(i+1))^2;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    i=i+1;
else
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    a(i+1)=g+b2/m*(v(i+1))^2;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    i=i+1;
```

```
end
```

```
end
```

```
plot(t,v)
```

Programa realizado pelo Carlos:

```
clc
```

```
clear
```

```
i=1
```

```
h(1)=3000;
```

```
v(1)=0;
```

```
t(1)=0;
```

```
g=9.8;
```

```
a(1)=-g;
```

```
m=100;
```

```
b1=0.25;
```

```
b2=25;
```

```
dt=0.1;
```

```
while h(1)>0
```

```
    if h(1)>1000
```

```
        v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
```

```
        h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
```

```
        a(i+1)=-g+(b1/m)*(v(i+1))^2;
```

```
        t(i+1)=t(i)+dt;
```

```
        i=i+1;
```

```
    else
```

```
        v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
```

```
        h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt
```

```
a(i+1)=-g(b2/m)*(v(i+1))^2;
```

```
t(i+1)=t(i)+dt;
```

```
i=i+1;
```

```
end
```

```
end
```

```
plot(t,v)
```

Programa realizado pelo Nuno:

```
clc
```

```
clear
```

```
h(1)=3000;
```

```
v(1)=0;
```

```
g=9.8;
```

```
t(1)=0;
```

```
m=100;
```

```
a(1)=-g;
```

```
b1=0.25;
```

```
b2=25;
```

```
dt=0.1;
```

```
i=1;
```

```
while h(i)>0
```

```
    if h(i)>1000
```

```
        v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
```

```
        h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
```

```
        a(i+1)=-g+b1/m*(v(i+1))^2;
```

```
        t(i+1)=t(i)+dt;
```

```
        i=i+1;
```

```
else

    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    a(i+1)=-g+b2/m*(v(i+1))^2;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    i=i+1;
end
end

plot (t,v)
```

8ª sessão – Movimento de um pára-quedas (parte 2)

(3ª sessão do 11.º ano)

Apenas o Nuno não enviou o programa (apesar de o ter realizado)

Programa realizado pela Ana:

```
clc
clear

h(1)=3000;
v(1)=0;
g=9.8;
a(1)=-g;
t(1)=0;
m=100;
Em(1)=2940000;
b1=0.25;
b2=25;
dt=0.01;
i=1;
```

```
while h(i)>0
  if h(i)>1000
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    a(i+1)=(b1/m)*(v(i+1))^2-g;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    Ec(i+1)=0.5*m*v(i+1)^2;
    Ep(i+1)=m*g*h(i+1);
    Wfnc(i+1)=Ec(i+1)+Ep(i+1);
    i=i+1;
  else
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    a(i+1)=(b2/m)*(v(i+1))^2-g;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    Ec(i+1)=0.5*m*v(i+1)^2;
    Ep(i+1)=m*g*h(i+1);
    Wfnc(i+1)=Ec(i+1)+Ep(i+1);
    i=i+1;
  end
end
subplot(1,2,1)
plot(t,Ec,t,Ep,t,-Wfnc)
subplot(1,2,2)
plot(o,h(i),'o')
drawnow
```

Programa realizado pelo Bruno:

```
clc
clear all
m=100
g=-9.8
b1=0.25
```

```
b2=25
Dt=0.01
i=1
h(1)=3000;
t(1)=0;
v(1)=0;
a(1)=g;
DEc(1)=0
DEp(1)=0
DEm(1)=0
Ec(1)=0;
Ep(1)=0;
Wf(1)=0;
while h(i)>0
  if h(i)>1000
    v(i+1)=v(i)+a(i)*Dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*Dt;
    a(i+1)=g+b1/m*(v(i+1))^2;
    t(i+1)=t(i)+Dt;
    Ec(i+1)=1/2*m*v(i+1)^2;
    Ep(i+1)=-(m*g*h(i));
    Em(i+1)=Ec(i+1)+Ep(i+1);
    Wf(i+1)=Wf(i)+Em(i+1)-Em(i);
    i=i+1;
  else
    v(i+1)=v(i)+a(i)*Dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*Dt;
    a(i+1)=g+b2/m*(v(i+1))^2;
    t(i+1)=t(i)+Dt;
    Ec(i+1)=1/2*m*v(i+1)^2;
    Ep(i+1)=-(m*g*h(i));
    Em(i+1)=Ec(i+1)+Ep(i+1);
    Wf(i+1)=Wf(i)+Em(i+1)-Em(i);
```

```
i=i+1;  
end  
end  
  
plot(t, Ec, t, Ep, t, Em, t, Wf)
```

Programas realizados pela Luísa:

Programa 1

```
clc  
clear all  
  
h(1)=3000;  
v(1)=0;  
a(1)=-9.8;  
t(1)=0;  
g=9.8;  
m=100;  
b1=0.25;  
b2=25.0;  
dt=0.01;  
Ec(1)=0;  
Ep(1)=m*g*h(1);  
Em(1)=Ec(1)+Ep(1);  
Wfnc(1)=0;  
i=1;  
while h(i)>0  
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;  
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
    t(i+1)=t(i)+dt;  
    Ec(i+1)=(1/2)*m*(v(i+1))^2;  
    Ep(i+1)=m*g*h(i+1);  
    Em(i+1)=Ec(i+1)+Ep(i+1);  
    Wfnc(i+1)=Wfnc(i)+Em(i+1)-Em(i);
```

```
if h(i)>1000
a(i+1)=-g+(b1/m)*(v(i+1))^2;
else
a(i+1)=-g+(b2/m)*(v(i+1))^2;
end
i=i+1;
end
```

```
plot(t,Ec,t,Ep,t,-Wfnc,t,Em)
legend('Ec','Ep','Wfnc')
axis([0 200 0 m*g*h(1)])
title 'Queda de um paraquedista'
xlabel 't/s'
ylabel 'E/J'
```

Programa 2

```
clc
clear all

h(1)=3000;
v(1)=0;
a(1)=-9.8;
t(1)=0;
g=9.8;
m=100;
b1=0.25;
b2=25.0;
dt=0.01;
Ec(1)=0;
Ep(1)=m*g*h(1);
Em(1)=Ec(1)+Ep(1);
Wfnc(1)=0;
i=1;
while h(i)>0
```

```
v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;  
h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
t(i+1)=t(i)+dt;  
Ec(i+1)=(1/2)*m*(v(i+1))^2;  
Ep(i+1)=m*g*h(i+1);  
Em(i+1)=Ec(i+1)+Ep(i+1);  
Wfnc(i+1)=Wfnc(i)+Em(i+1)-Em(i);  
if h(i)>1000  
a(i+1)=-g+(b1/m)*(v(i+1))^2;  
else  
a(i+1)=-g+(b2/m)*(v(i+1))^2;  
end  
i=i+1;  
end
```

```
subplot(1,2,1)  
plot(0,h(i),'o')  
axis([-1 1 0 3000])
```

```
subplot(1,2,2)  
plot(t,Ec,t,Ep,t,-Wfnc,t,Em)  
legend('Ec','Ep','Wfnc')  
axis([0 200 0 m*g*h(1)])  
title 'Queda de um paraquedista'  
xlabel 't/s'  
ylabel 'E/J'
```

Programa realizado pelo Luís:

```
clc  
clear all
```

```
v(1)=0;  
h(1)=3000;  
t(1)=0;
```

```
i=1;
b1=0.25;
b2=25;
dt=0.01;
m=100;
g=-9.8;
a(1)=g;
EC(1)=0;
EP(1)=0;
dEM(1)=0;
dEC(1)=0;
dEP(1)=0;
i=i+1;

while h(i)>0
if h(i)>=1000
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    a(i+1)=g+b1/m*(v(i+1))^2;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    EC(i+1)=1/2*m*(v(i+1))^2;
    EP(i+1)=m*g*h(i);
    i=i+1;

else
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    a(i+1)=g+b2/m*(v(i+1))^2;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    EC(i+1)=1/2*m*(v(i+1))^2;
    EP(i+1)=m*g*h(i);
    i=i+1;
end
```

```
dEC(i+1)=EC(i+1)-EC(i+1);  
dEP(i+1)=EP(i+1)-EP(i+1);  
dEM(i+1)=dEC(i+1)+dEP(i+1);
```

```
end
```

```
plot(t,EC,t,EP)
```

Programa realizado pelo Pedro:

```
h(1)=3000;  
v(1)=0;  
t(1)=0;  
m=100;  
g=9.8;  
b1=0.25;  
a(1)=-g;  
b2=25.0;  
dt=0.01;  
Em(1)=2940000;  
b1=0.25;  
b2=24;  
dt=0.01;  
i=1;  
  
while h(i)>0  
    if h(i)>1000;  
        v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;  
        h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
        a(i+1)=(b1/m)*(v(i+1))^2-g;  
        t(i+1)=t(i)+dt;  
        Ec(i+1)=0.5*m*(v(i+1))^2;  
        Ep(i+1)=m*g*h(i+1);  
        Wf(i+1)=(g*m-b1*(v(i+1))^2)*v(i+1)*dt;  
        Em(i+1)=Ec(i+1)+Ep(i+1);
```

```
i=i+1;

else
v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
a(i+1)=(b2/m)*(v(i+1))^2-g;
t(i+1)=t(i)+dt;
Ec(i+1)=0.5*m*(v(i+1))^2;
Ep(i+1)=m*g*h(i+1);
Wf(i+1)=(g*m-bl*(v(i+1))^2)*v(i+1)*dt;
Em(i+1)=Ec(i+1)+Ep(i+1);
i=i+1;
end
end
```

```
subplot(5,1,1);
plot(t,-v);
subplot(5,1,2);
plot(t,h);
subplot(5,1,3);
plot(t,Ec);
subplot(5,1,4);
plot(t,Ep);
subplot(5,1,5);
plot(t,-Em);
```

Programa realizado pelo Sérgio:

```
clc
clear
```

```
h(1)=3000;
v(1)=0;
g=9.8;
a(1)=-g;
```

```
t(1)=0;
Em(1)=2940000;
m=100;
b1=0.25;
b2=25;
dt=0.01;
i=1;

while h(i)>0
  if h(i)>1000
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    a(i+1)=(b1/m)*(v(i+1))^2-g;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    Ec(i+1)=0.5*m*(v(i+1))^2;
    Ep(i+1)=m*g*h(i+1);
    Wf(i+1)=(g*m-b1*(v(i+1))^2)*v(i+1)*dt;
    Em(i+1)=Ec(i+1)+Ep(i+1);
    i=i+1;
  else
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    a(i+1)=(b2/m)*(v(i+1))^2-g;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    Ec(i+1)=0.5*m*(v(i+1))^2;
    Ep(i+1)=m*g*h(i+1);
    Wf(i+1)=(g*m-b2*(v(i+1))^2)*v(i+1)*dt;
    Em(i+1)=Ec(i+1)+Ep(i+1);
    i=i+1;
  end
end

subplot(5,1,1);
```

```
plot(t,-v);  
subplot(5,1,2);  
plot(t,h);  
subplot(5,1,3);  
plot(t,Ec);  
subplot(5,1,4);  
plot(t,Ep);  
subplot(5,1,5);  
plot(t,-Em);
```

Programa realizado pelo João:

```
clc  
clear  
  
i=1  
h(1)=3000;  
v(1)=0;  
t(1)=0;  
g=9.8;  
a(1)=-g;  
m=100;  
b1=0.25;  
b2=25;  
dt=0.1;  
Em(i)=2940000  
EC(i)=0  
Ep(i)=2940000  
  
while h(1)>0  
  
if h(1)>1000  
  
v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;  
h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
```

```
a(i+1)=-g+(b1/m)*(v(i+1))^2;  
t(i+1)=t(i)+dt;  
Ec(i+1)=0.5*m*(v(i+1))^2;  
Ep(i+1)=m*g*h(i+1);  
Em(i+1)=Ec(i+1)+Ep(i+1);  
Wf(i+1)=(g*m-b1*(v(i+1))^2)*v(i+1)*dt;  
i=i+1;
```

else

```
v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;  
h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;  
a(i+1)=-g(b2/m)*(v(i+1))^2;  
t(i+1)=t(i)+dt;  
Ec(i+1)=0.5*m*(v(i+1))^2;  
Ep(i+1)=m*g*h(i+1);  
Wf(i+1)=(g*m-b2*(v(i+1))^2)*v(i+1)*dt;  
Em(i+1)=Ec(i+1)+Ep(i+1) ;  
i=i+1;
```

end

end

```
subplot(1,2,1)
```

```
plot(o,h(i),'o')
```

```
subplot(1,2,2)
```

```
plot(t,Ec,t,Ep,t,-Wfnc,t,Em)
```

```
drawnow
```

Programas realizados pelo Lucas:

Programa 1

```
clc
```

```
clear all
```

```
v(1)=0;
```

```
h(1)=3000;
```

```
t(1)=0;
i=1;
b1=0.25;
b2=25;
dt=0.01;
m=100;
g=-9.8;
a(1)=g;
Wf(1)=0;
while h(i)>0
if h(i)>=1000
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    a(i+1)=g+b1/m*(v(i+1))^2;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    Ec(i+1)=1/2*m*(v(i+1))^2;
    Ep(i+1)=m*(-g)*h(i+1);
    Wf(i+1)=Wf(i)+(b1*((v(i+1))^2))*(-h(i)+h(i+1));
    i=i+1;
else
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    a(i+1)=g+b2/m*(v(i+1))^2;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    Ec(i+1)=1/2*m*(v(i+1))^2;
    Ep(i+1)=m*(-g)*h(i+1);
    Wf(i+1)=Wf(i)+(b2*((v(i+1))^2))*(-h(i)+h(i+1));
    i=i+1;
end
end
plot(t,Ec,t,Ep,t,-Wf)
legend('Ec','Ep','Wf')
axis([0 200 0 m*(-g)*h(1)])
```

```
title 'Queda de um paraquedista'
xlabel 't/s'
ylabel 'E/J'
Programa 2
clc
clear all
v(1)=0;
h(1)=3000;
t(1)=0;
i=1;
b1=0.25;
b2=25;
dt=0.01;
m=100;
g=-9.8;
a(1)=g;
Wf(1)=0;
while h(i)>0
if h(i)>=1000
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    a(i+1)=g+b1/m*(v(i+1))^2;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    Ec(i+1)=1/2*m*(v(i+1))^2;
    Ep(i+1)=m*(-g)*h(i+1);
    Wf(i+1)=Wf(i)+(b1*((v(i+1))^2))*(-h(i)+h(i+1));
    i=i+1;
else
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    a(i+1)=g+b2/m*(v(i+1))^2;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    Ec(i+1)=1/2*m*(v(i+1))^2;
```

```
Ep(i+1)=m*(-g)*h(i+1);
Wf(i+1)=Wf(i)+(b2*((v(i+1))^2))*(-h(i)+h(i+1));
i=i+1;
end
end
subplot(1,2,1)
plot(0,h(i),'o')
axis([-1 1 0 3000])
subplot(1,2,2)
plot(t,Ec,t,Ep,t,-Wf)
legend('Ec','Ep','Wf')
axis([0 200 0 m*(-g)*h(1)])
title 'Queda de um paraquedista'
xlabel 't/s'
ylabel 'E/J'
```

Programas realizados pelo Miguel:

Programa 1

```
clc
clear

i=1;
h(1)=3000;
v(1)=0;
t(1)=0;
g=9.8;
a(1)=-g;
m=100;
b1=0.25;
b2=25;
dt=0.01;
ep(1)=m*g*h(1);
ec(1)=0;
wfnc(1)=0;
```

```
em(1)=ep(1)+ec(1);

while h(i)>0
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    ec(i+1)=(m/2)*(v(i+1))^2;
    ep(i+1)=m*g*h(i+1);
    em(i+1)=ep(i+1)+ec(i+1);
    wfnc(i+1)=wfnc(i)+em(i+1)-em(i);

    if h(i)>1000
        a(i+1)=-g+(b1/m)*(v(i+1))^2;
    else
        a(i+1)=-g+(b2/m)*(v(i+1))^2;

end
i=i+1;
end

plot(t,ec,t,ep,t,-wfnc)

Programa 2
clc
clear

i=1;
h(1)=3000;
v(1)=0;
t(1)=0;
g=9.8;
a(1)=-g;
m=100;
```

```
b1=0.25;
b2=25;
dt=0.01;
ep(1)=m*g*h(1);
ec(1)=0;
wfnc(1)=0;
em(1)=ep(1)+ec(1);

while h(i)>0
    v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
    h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
    t(i+1)=t(i)+dt;
    ec(i+1)=(m/2)*(v(i+1))^2;
    ep(i+1)=m*g*h(i+1);
    em(i+1)=ep(i+1)+ec(i+1);
    wfnc(i+1)=wfnc(i)+em(i+1)-em(i);

    if h(i)>1000
        a(i+1)=-g+(b1/m)*(v(i+1))^2;
    else
        a(i+1)=-g+(b2/m)*(v(i+1))^2;

end
i=i+1;
end

subplot(1,2,1)
plot(0,h(i),'o')
subplot(1,2,2)
plot(t,ec,t,ep,t,-wfnc)
Programa realizado pelo Carlos:
clc
```

```
clear

i=1
h(1)=3000;
v(1)=0;
t(1)=0;
g=9.8;
a(1)=-g;
m=100;
b1=0.25;
b2=25;
dt=0.01;
Em(1)=2940000

while h(i)>0
    if h(i)>1000
        v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
        h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
        a(i+1)=-g+(b1/m)*(v(i+1))^2;
        t(i+1)=t(i)+dt;
        Ec(i+1)=0.5*m*(v(i+1))^2;
        Ep(i+1)=m*g*h(i+1);
        Wf(i+1)=(g*m-b1*(v(i+1))^2)*v(i+1)*dt;
        Em(i+1)=Ec(i+1)+Ep(i+1);
        i=i+1;
    else

        v(i+1)=v(i)+a(i)*dt;
        h(i+1)=h(i)+v(i+1)*dt;
        a(i+1)=-g+(b2/m)*(v(i+1))^2;
        t(i+1)=t(i)+dt;
        Ec(i+1)=0.5*m*(v(i+1))^2;
```

```
Ep(i+1)=m*g*h(i+1);  
Wf(i+1)=(g*m-b2*(v(i+1))^2)*v(i+1)*dt;  
Em(i+1)=Ec(i+1)+Ep(i+1);  
i=i+1;  
  
end  
end  
  
plot(t,Ep,t,Ec,t,Em)
```

Apêndice 5. Diário das sessões com os alunos

1.ª sessão – Seminário (10.º ano)

08/03/18 – 5.ª 16h25 - 50 min (Sala de informática).

Preenchimento do primeiro questionário. Introdução à programação: estruturas de atribuição, comparação e repetição. Exemplo simples de um algoritmo para contagem.

Nota 1: A sessão teve a presença da professora e da responsável da informática

Nota 2: Como material de suporte utilizei uma apresentação em PowerPoint (que apresento no final do relatório desta sessão).

Estiveram presentes os alunos: Ana, Bruno, Luísa, Luís, Pedro, Sérgio, João, Lucas, Vasco, António, Carlos, Miguel e Nuno.

Relatório da sessão:

A sessão começou com uma apresentação do meu trabalho, onde expliquei quais os objetivos das sessões (“vou ensinar-vos as bases da Programação e com elas desenvolver programas que vos permitam entender melhor a Física”). Disse que se tratava de um projecto de investigação, enquadrado no meu trabalho de doutoramento, o qual pretende observar de que forma a Programação pode contribuir no processo de aprendizagem da Física. Feitas as apresentações, expliquei de que forma os computadores têm sido utilizados na escola, abordando a temática da Programação e como a linguagem de programação é necessária para comunicar com o computador. Os alunos mostraram-se inicialmente reservados, levantando questões sobre o meu trabalho e a minha experiência. Vendo que não existiam mais questões, entreguei a cada aluno um questionário com perguntas gerais sobre o seu percurso académico, que demoraram 15 minutos a responder.

Após responderem e entregarem os questionários, apresentei-lhes as principais estruturas de programação e discuti com eles um algoritmo simples para contagem de uma série de números naturais. A turma foi de modo geral participativa, com participação mais activa dos alunos: Sérgio, Vasco, Miguel e Nuno. Os alunos menos participativos foram a Ana, o João, o Lucas e o António.

No final da sessão, de uma forma geral, a turma demonstrou vontade de saber mais sobre programação, ficando entusiasmada com a hipótese de termos mais sessões e de poder utilizar o programa.

Apresentação PowerPoint desta sessão:

Slide 1:

A programação no ensino da Física

Seminário de introdução à programação em MATLAB/OCTAVE.

João Robert Nogueira

8 de Março 2018

Slide 2:

O que pretendo nesta apresentação

- ▶ Sensibilizar-vos para as possibilidades que a programação computacional dá na aprendizagem, em particular nas disciplinas de Física e de Matemática.
- ▶ Apresentar as ideias de base da programação computacional, abordando a ideia de linguagem de programação.
- ▶ Utilizando o OCTAVE, construir e executar programas simples ligados à Matemática e à Física.

Seminário de introdução à programação em MATLAB/OCTAVE

Slide 3:



Torna-se mais fácil ver!

- ▶ São inúmeros os exemplos em que a partir da programação conseguimos criar formas de visualizar situações para as quais o papel e lápis não são suficientes.
- ▶ Na Física, é exemplo disso a plataforma [PHET](#).
- ▶ Também para a Física os [manuais](#) contêm simuladores para visualizar situações Físicas do programa.

Seminário de introdução à programação em MATLAB/OCTAVE

Slide 4:



Estes simuladores podem conter imprecisões...

- ▶ A preocupação em mostrar um assunto específico na [simulação](#) pode levar o programador a cometer incorrecções relativamente a matérias não versadas nesse momento.
- ▶ **É melhor sermos nós a programar!**

Seminário de introdução à programação em MATLAB/OCTAVE

Slide 5:



Como é que se programa um computador?

- ▶ Para programar precisamos de compreender o problema que queremos resolver.
- ▶ A partir daí é necessário construir uma sequência de passos necessários para a sua resolução (algoritmo).
- ▶ Resta agora transmiti-los ao computador numa linguagem que ele perceba!

Seminário de introdução à programação em MATLAB/OCTAVE

Slide 6:



Como é que se comunica com o computador?

- ▶ Existem vários tipos de linguagens com que podemos “falar” com o computador. Em geral estas linguagens estão associadas a ambientes de trabalho.
- ▶ Uma das linguagens muito utilizadas para iniciar os alunos mais novos na programação é o **SCRATCH**.
- ▶ Para resolver problemas mais complexos vamos precisar de linguagens de mais baixo nível. MATLAB, **OCTAVE**, FORTRAN, C++, ...

Seminário de introdução à programação em MATLAB/OCTAVE

Slide 7:



Quais as estruturas de base na programação?

- ▶ Estrutura de atribuição: permite definir ou mudar o valor de uma variável.
 - ▶ Exemplo: Com a instrução $a = 4$ o computador atribui à variável a o valor 4 e após fazê-lo poderíamos dar a instrução $a = a + 4$ o que faria com que se atribuisse o valor 8 à variável a .

Seminário de introdução à programação em MATLAB/OCTAVE

Slide 8:



Quais as estruturas de base na programação?

- ▶ Estrutura de comparação: permite escolher diferentes caminhos.
 - ▶ Exemplo: Se $a == 0$ pára o programa, senão continua.

Seminário de introdução à programação em MATLAB/OCTAVE

Slide 9:



Quais as estruturas de base na programação?

- ▶ Estruturas de repetição: permitem repetir procedimentos um determinado número de vezes ou enquanto uma determinada condição se verificar.
 - ▶ Exemplo 1: Para os valores de 1 a 10 da variável n , executa a atribuição $s = s + n$.
 - ▶ Exemplo 2: Enquanto a variável n for menor que 10, executa as atribuições $n = n + 1$ e $s = s + n$.

Seminário de introdução à programação em MATLAB/OCTAVE

Slide 10:



Falta agora pensar na forma de trocar informação entre o computador e o utilizador

- ▶ Nas linguagens actuais existem programas pré definidos que, a partir de instruções específicas, permitem a entrada e saída de informação (dados, gráficos).
- ▶ Nesses programas existe ainda a possibilidade de interagir com o programa que está a ser executado (pede/dá informação ao utilizador).

Seminário de introdução à programação em MATLAB/OCTAVE

2.^a sessão – Programação matemática (10.^o ano)

22/03/18 – 6.^a 8h20 - dois blocos de 50min (Sala de aula).

Introdução à linguagem de programação e à algoritmia. Construção de um algoritmo, e do respectivo programa em OCTAVE, para determinação das raízes de uma equação do 2.^o grau.

Nota 1: A sessão teve a presença da professora e da responsável da informática em parte da sessão. A professora não pode seguir a sessão por estar a tratar de outros assuntos.

Nota 2: A sessão foi acompanhada por uma apresentação em Power Point interactiva (que apresento no final do relatório desta sessão).

Estiveram presentes os alunos: Ana, Bruno, Luísa, Luís, Pedro, Sérgio, João, Lucas, Vasco, António, Carlos, Miguel e Nuno.

Relatório da sessão:

Nesta sessão, comecei por discutir a fórmula resolvente para as equações do 2.^o grau. Com a participação da turma em geral, relembrámos a resolução desta equação e suas possíveis soluções. Também discutimos a existência destes programas nalgumas calculadoras e percebemos que terá sido construído por um programador numa dada linguagem. Depois de relembrarmos a fórmula resolvente nas situações em que a solução é possível em \mathfrak{R} , construímos o algoritmo para um programa que resolva a seguinte questão (que escrevi no quadro):

“Queremos construir um programa que, dados os coeficientes a , b , e c de uma equação geral do 2.^o grau, $ax^2 + bx + c = 0$, verifica se existem soluções e, em caso afirmativo, que as calcule.”

A discussão acerca do algoritmo conduziu-nos à formulação que aparece no 2.^o slide da apresentação:

- Permitir que se introduzam os coeficientes a , b e c .
- Verificar se se trata de uma equação do 2.^o grau ($a \neq 0$). Caso contrário deve parar informando o utilizador que não é.
- Calcular o binómio discriminante $b^2 - 4ac$.
- Se o valor for negativo, dar informação de que não existe solução real ao utilizador.
- Se for nulo, calcular a raiz $(-\frac{b}{2a})$ e dar essa informação ao utilizador.
- Se for positivo, calcular as duas raízes $(\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a})$ e dar essa informação ao utilizador.

A turma foi de modo geral participativa nas sugestões para construção do algoritmo, com participação mais activa dos alunos: Sérgio, Vasco, Miguel, Carlos e Nuno. Os alunos menos participativos foram o João e o António. A análise do algoritmo conduziu os alunos às estruturas de programação: atribuição e comparação.

De forma a introduzir as bases da linguagem de programação do OCTAVE, começámos por executar na linha de comando operações de atribuição de variáveis, observando o resultado no ambiente de trabalho. Seguiu-se a construção de um programa para contagem de uma série de números naturais, utilizando para isso as estruturas de atribuição e de repetição (ciclo FOR e ciclo WHILE). Este programa já tinha sido discutido na sessão anterior e foi construído por mim e reproduzido pelos alunos. Chamei à atenção para o carácter sequencial da programação, alertando para a necessidade de ter as variáveis definidas antes de as utilizar para atribuir o valor a outras. Após este primeiro exercício, os alunos construíram o programa para a determinação das raízes de uma equação do 2.º grau a partir do algoritmo a que tínhamos chegado. Os alunos fizeram os programas com diferentes níveis de autonomia (auxiliava alternadamente os alunos), sendo que os mais autónomos foram principalmente a Luísa, o Lucas, o Vasco, o Miguel e o Nuno, e os menos autónomos foram o Pedro, o João e o António. Durante a construção deste programa pude observar que os alunos Luísa, Carlos e Nuno ajudaram os colegas na construção dos seus programas, explicando-lhes alguns passos. No terceiro slide da apresentação, está transcrito o programa final a que todos os alunos chegaram com a minha ajuda. Dado que não recolhi os trabalhos deles em cada uma das fases de construção, não considerei relevante ficar com os programas finais uma vez que estavam iguais ao que é mostrado no referido slide.

Apresentação PowerPoint desta sessão:

Slide 1:

The slide features the logos of Universidade Lusófona and CAED. It contains three plots: a scatter plot of data points, a plot of three intersecting curves (green, blue, red), and a plot of three parabolic curves (green, blue, black) representing projectile motion. The text on the slide reads: "A programação no ensino da Física", "Introdução à programação em MATLAB/OCTAVE. (parte 2)", "João Robert Nogueira", and "22 de Março 2018".

Slide 2:

The slide features the logo of Universidade Lusófona. The text on the slide reads: "Vamos resolver a equação do 2.º grau $ax^2 + bx + c = 0$ ", "Quais os passos de resolução? (algoritmo)", and "Seminário de introdução à programação em MATLAB/OCTAVE".

- ▶ Quais os passos de resolução? (algoritmo)
 - Permitir que se introduzam os coeficientes a , b e c .
 - Verificar se se trata de uma equação do 2.º grau ($a \neq 0$). Caso contrário deve parar informando o utilizador que não é.
 - Calcular o binómio discriminante $b^2 - 4ac$.
 - Se o valor for negativo, dar informação de que não existe solução real ao utilizador.
 - Se for nulo calcular a raiz $(-\frac{b}{2a})$ e dar essa informação ao utilizador.
 - Se for positivo calcular as duas raízes $(\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a})$ e dar essa informação ao utilizador.

Slide 3:



Vamos então fazer o programa

```
▶ a=input('introduza o valor de a: ');
▶ b=input('introduza o valor de b: ');
▶ c=input('introduza o valor de c: ');
▶ if a==0
  ◦ error('Na equação do 2.º grau o a tem que ser diferente de zero')
▶ end
▶ delta=b^2-4*a*c;
▶ if delta<0
  ◦ disp('A equação não tem raízes reais')
▶ elseif delta==0
  ◦ raiz=-b/(2*a);
  ◦ disp('A equação tem uma raiz real')
▶ else
  ◦ raiz_1=(-b-sqrt(delta))/(2*a);
  ◦ raiz_2=(-b+sqrt(delta))/(2*a);
  ◦ disp('A equação tem duas raízes reais')
▶ end
```

3ª sessão – Programação matemática (10.º ano)

04/05/18 - 5.ª 8h20- dois blocos de 50min (Laboratório de Física).

Elaboração de um programa em OCTAVE para construção do gráfico de uma função quadrática. Noção de série de pares ordenados. Discussão dos gráficos da posição e velocidade com o tempo, na queda de um corpo.

Nota: a sessão teve a presença da professora em parte da sessão.

Estiveram presentes os alunos: Ana, Bruno, Luísa, Luís, Pedro, Sérgio, João, Lucas, Vasco, António, Carlos, Miguel e Nuno.

Relatório da sessão:

Nesta sessão comecei por discutir o gráfico de uma função quadrática, analisando a forma parabólica deste tipo de função. Expliquei a necessidade de ter um conjunto de pares ordenados para representar a função graficamente. Utilizei a função quadrática mais simples:

$$f(x) = x^2$$

A partir desta equação, construímos um conjunto de pares ordenados $(x, f(x))$:

x	$f(x)$
4	16
2	4
0	0
2	4
4	16

Representei graficamente no quadro os valores tabelados, e a partir daí, discutimos de que forma os poderíamos unir para ter a representação da função. Concluímos que se os uníssemos por rectas o resultado não era o que tinha sido aprendido na disciplina de Matemática, para este intervalo de valores de x . Os alunos perceberam que se aumentássemos o número de pontos, para esse intervalo, a aproximação ao gráfico da parábola era cada vez melhor, mesmo unindo os pontos com rectas. Expliquei que na representação gráfica no OCTAVE, a partir da representação dos pontos, o programa completa a representação gráfica unindo os pontos dados com linhas rectas. A partir desta discussão, procurámos construir um programa para a representação da função:

$$f(x) = x^2$$

Para isso, pensámos numa forma de construir um conjunto de pares ordenados que permitisse uma boa representação desta função com o comando PLOT. Com a utilização de um ciclo FOR, construímos um programa para representar esta função entre -4 e 4, que passo a descrever:

```
clear all
clc
delta_x=input('introduza o espacamento entre pontos');
x(1)=-4;
f(1)=x(1)^2;
N_pontos=8/ delta_x+1;
for i=1: N_pontos-1
    x(i+1)=x(i)+ delta_x;
    f(i+1)=x(i+1)^2;
end
plot(x,f)
```

Os alunos foram motivados a utilizar diferentes valores para o intervalo entre pontos, delta_x, observando de forma prática a necessidade de ter valores pequenos para este parâmetro.

Ao nível da participação os alunos, de uma forma geral, ganharam entusiasmo, ficando muito satisfeitos com o facto de poderem observar o gráfico a partir do programa, e modificá-lo para diferentes valores de entrada. Mesmo os alunos que nas sessões anteriores não tinham participado, participaram e mostraram-se mais interessados (apenas o António continuava a mostrar alguma apatia).

Para terminar esta sessão, discutimos o que seria necessário para representar graficamente a posição e a velocidade de um corpo em queda livre. Os alunos perceberam de uma forma geral que seria necessário ter conjuntos de pares ordenados (tempo, posição) e (tempo, velocidade). Discutimos também a experiência de Galileu na Torre de Pisa.

4.ª sessão – Programação Física (10.º ano)

11/05/18 - 6.ª 8h20- dois blocos de 50min (Sala de informática).

Elaboração de um programa em OCTAVE para observar a variação da altura e da velocidade ao longo do tempo na queda de um corpo sem resistência do ar significativa. Adaptação do programa para representar, na mesma situação a variação da energia potencial e da energia cinética ao longo do tempo.

Nota 1: A sessão teve a presença da professora em parte da sessão.

Nota 2: A sessão foi acompanhada por uma apresentação em Power Point (que apresento no final do relatório desta sessão).

Estiveram presentes os alunos: Ana, Bruno, Luísa, Luís, Pedro, Sérgio, João, Lucas, Vasco, António, Carlos, Miguel e Nuno.

Relatório da sessão:

Nesta sessão, comecei por discutir com os alunos o problema da queda de um corpo sem resistência do ar significativa. Discutimos a questão das forças envolvidas nesse movimento, reflectindo sobre a utilização do termo «significativo» para a resistência do ar. Alguns alunos questionaram o facto de não se contar com uma força que existe. Expliquei-lhes que, na Física, precisamos de medir valores de grandezas e que, por exemplo, a medição do peso de um homem na balança não fica alterado pelo facto de uma mosca lhe poisar no ombro! Tive de fazer uma pequena explicação sobre a força de resistência do ar e em que situações ela pode ser desprezável. Discutimos igualmente a noção de peso, com base na lei da gravitação universal. Também neste caso, a comparação entre o valor do raio da Terra com as alturas das quais pensamos largar um objecto conduz-nos à aproximação feita na definição de peso. De uma forma geral, os alunos mostraram-se interessados nas explicações teóricas que fui apresentando, acabando por alongar esta primeira parte da sessão. Realço a participação dos alunos Vasco, Miguel e Nuno.

De forma a conseguir o objectivo da sessão, passei a apresentar os slides que tinha preparado para suportar o trabalho de programação para a resolução do problema. No primeiro slide, discutimos o conceito de velocidade constante e de que forma é que num intervalo de tempo suficientemente pequeno a velocidade instantânea pode ser calculada como o cociente entre o espaço percorrido e o intervalo de tempo no qual ocorreu. Fizemos uma discussão semelhante para o conceito de aceleração. Antes ainda de chegar às equações discretizadas que

apresento no slide, escrevi no quadro as equações em função do tempo que sustentam a resolução iterativa do problema:

$$v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \times \Delta t$$

$$x(t + \Delta t) = x(t) + v(t + \Delta t) \times \Delta t$$

Terminei a apresentação aplicando o que tínhamos discutido ao problema da queda livre de um corpo (mostrei também os gráficos que deveriam obter).

Disse-lhes que teriam de calcular os valores sequencialmente enquanto a altura fosse positiva, pelo que deveriam usar a estrutura de repetição WHILE. Após estas explicações, propus que eles tentassem fazer o programa. Neste ponto o desempenho geral foi fraco e apenas o Nuno conseguiu começar o programa de forma consistente. De forma a possibilitar que conseguissem realizar o proposto, discuti com eles um algoritmo de resolução para o cálculo da sequência de valores do tempo, da velocidade e da posição, e chegámos ao algoritmo que passo a descrever (ficou escrito no quadro):

- Dar o valor inicial às variáveis i , $t(i)$, $v(i)$ e $h(i)$
- Iniciar um ciclo while com a condição de que a última altura calculada seja maior que zero.
- Dentro do ciclo calcular os valores consecutivos das variáveis a partir das equações que apresentei no slide (voltei a escrevê-las no quadro).
- Depois de fazer o ciclo utilizar a função PLOT para a representação gráfica

Depois desta explicação, quase todos os alunos começaram a construir os seus programas com diferentes graus de autonomia. Os alunos Luísa, Sérgio, Lucas, Vasco, Miguel, Carlos e Nuno foram os mais autónomos, sendo que o Nuno foi visivelmente mais rápido, conseguindo ainda fazer a última parte do trabalho que consistia no cálculo e representação da energia potencial e da energia cinética durante o movimento (foi o único que conseguiu). Os alunos Ana, Bruno, Luís, Pedro, João e António, precisaram de ajuda (minha ou dos colegas mais avançados) para completar o programa, sendo que no caso do Pedro a ajuda não foi suficiente para evitar um erro na inicialização que o impossibilitou de obter um programa funcional. Os alunos conseguiram terminar muito em cima do toque de saída o que fez com que alguns não me tenham enviado o trabalho. Com excepção do João verifiquei na sessão seguinte que mesmo os que não tinham enviado conseguiram fazer o programa.

Apresentação PowerPoint desta sessão:

Slide 1:

The slide features the logos of Universidade Lusófona and CAED. It contains three graphs: a velocity-time graph, a position-time graph, and a height-distance graph. The text on the slide reads: "A programação no ensino da Física", "Introdução à programação em MATLAB/OCTAVE. (parte 2)", "João Robert Nogueira", and "11 de Maio 2018".

Slide 2:

The slide features the logo of Universidade Lusófona. The text on the slide reads: "Vamos agora pensar na Física". It includes a list of bullet points defining average velocity and acceleration, and provides three equations for time, velocity, and position. The text at the bottom right reads: "Seminário de introdução à programação em MATLAB/OCTAVE".

- ▶ Numa trajectória rectilínea, a velocidade média, num dado intervalo de tempo, é definida como o espaço percorrido nesse intervalo a dividir pelo tempo gasto. Por sua vez, a aceleração média nesse intervalo é definida como a variação de velocidade registada nesse intervalo a dividir pelo tempo gasto.
- ▶ Se o intervalo de tempo for muito pequeno, estes valores médios aproximam-se dos valores instantâneos!
- ▶ Conhecida a aceleração ao longo do tempo tem-se:
 $t(i+1) = t(i) + \Delta t$
 $v(i+1) = v(i) + a(i) \cdot \Delta t$
 $x(i+1) = x(i) + v(i+1) \cdot \Delta t$
- ▶ A aplicação sequencial destas equações permite obter séries de valores da posição, $x(i)$, e da velocidade, $v(i)$, correspondentes a uma dada série temporal, $t(i)$.

Slide 3:



Gráficos da posição e velocidade na queda de um corpo sem resistência do ar

- ▶ Nesta situação a aceleração é constante (aceleração da gravidade com valor aproximado de $9,8 \text{ m/s}^2$).
- ▶ Se largarmos uma esfera de uma altura h_0 , os valores iniciais da posição e velocidade serão então $y(1) = h_0$ e $v(1) = 0$, respectivamente.
- ▶ Os valores seguintes podem então ser determinados iterativamente pelas equações:

$$\begin{cases} v(i+1) = v(i) - 9,8 \times \Delta t \\ y(i+1) = y(i) + v(i) \times \Delta t \end{cases}$$

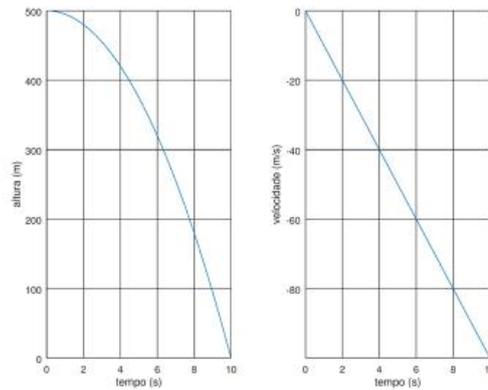
- ▶ Definindo Δt podemos construir um gráfico.

Seminário de introdução à programação em MATLAB/OCTAVE

Slide 4:



Gráficos da posição e velocidade na queda de um corpo sem resistência do ar

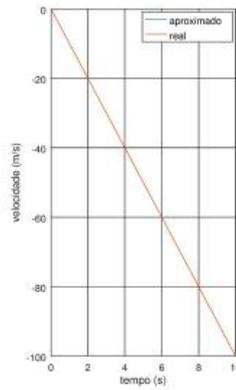
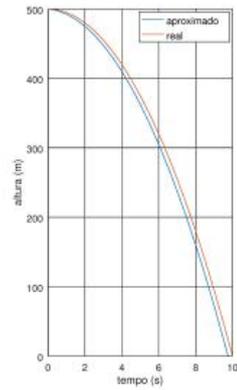


Seminário de introdução à programação em MATLAB/OCTAVE

Slide 5:



Quando comparamos com os gráficos reais percebemos que a aproximação depende do Δt



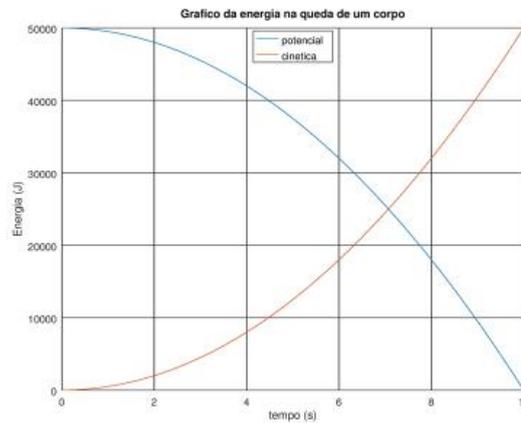
$\Delta t = 0.5s$

Seminário de introdução à programação em MATLAB/OCTAVE

Slide 6:



Podemos agora procurar a forma como a energia varia na queda



Seminário de introdução à programação em MATLAB/OCTAVE

5.^a sessão – Programação Física (10.º ano)

01/06/18 - 6.^a 8h20- dois blocos de 50min (Sala de aula).

Elaboração de um programa em OCTAVE para observar a variação da altura e da velocidade ao longo do tempo na queda de um corpo com resistência do ar significativa. Adaptação do programa para representar, na mesma situação, a variação da energia potencial, da energia cinética e do trabalho das forças não conservativas (calculado como a variação de energia mecânica), ao longo do tempo.

Nota: A sessão teve a presença da professora em parte da sessão.

Estiveram presentes os alunos: Ana, Bruno, Luísa, Luís, Pedro, Sérgio, João, Lucas, Vasco, Carlos, Miguel e Nuno (o aluno António faltou).

Relatório da sessão:

Comecei esta sessão por explicar o que acontece quando a resistência do ar tem de ser considerada, frisando que num modelo Físico construído empiricamente a resultante da força de arrastamento é proporcional ao quadrado da velocidade e, conseqüentemente, a resultante de todas as forças aplicados ao corpo em queda deixa de ser constante. Desta forma os alunos perceberam que a aceleração também não o é, ficando depende da velocidade. Ficou escrito no quadro:

$$F_{AR} = b \cdot v^2$$
$$F_R = -m \cdot g + bv^2$$
$$a = -g + \frac{b}{m}v^2$$

Os alunos perceberam que a aceleração terá de ser calculada para cada novo valor da velocidade.

Antes de lhes pedir para desenvolverem o programa, descrevi algumas funcionalidades gráficas do OCTAVE: SUBPLOT, XLABEL, YLABEL, GRID ON, TITLE e AXIS. Mostrei o que se pretendia obter, com exemplos nos quais são representados na mesma figura diferentes gráficos (altura, velocidade, energia potencial e energia cinética). Propus que fizessem inicialmente um programa que lhes permitisse observar a velocidade terminal na queda de um corpo e verificar que a resistência do ar pode reflectir-se em diferenças mensuráveis no tempo. Como seguimento, deveriam representar graficamente as energias cinética e potencial ao longo do tempo, bem como a variação da energia mecânica. Pedi-lhes ainda que escrevessem todas as notas da sessão numa folha separada (que eu recolhi no final).

Os alunos tomaram como ponto de partida o programa desenvolvido na sessão anterior. Pedi aos alunos mais avançados que ajudassem os colegas com mais dificuldade na recuperação dos programas e na criação de um novo projecto. Tive de dar mais apoio ao Pedro uma vez que tinha trazido o seu computador pessoal e não estava a conseguir recuperar o trabalho (não conseguia estabelecer a ligação internet). Assim refiz com ele o programa da sessão anterior. O aluno João não se mostrou interessado em colaborar e foi dos últimos a começar, uma vez que não tinha o programa da sessão anterior (pedi a um dos colegas para lhe enviar o seu programa da sessão anterior). Reparei que muitos alunos, mesmo percebendo que a aceleração ia sendo actualizada, não tiveram o cuidado de iniciá-la, ficando presos a um erro que não permitia prosseguir na programação. Chamei à atenção de que da mesma forma que para cada valor do tempo tinham de ter os correspondentes valores da velocidade e posição, a aceleração também tinha de ter uma série de valores correspondente. Deste modo, disse-lhes que teriam de ter o valor inicial da aceleração tal como tinham feito para as restantes variáveis e uma vez que inicialmente o corpo tem velocidade nula a aceleração inicial é apenas a gravítica. Isto conseguiu desbloquear este problema em praticamente todos os alunos, sendo que o Nuno não o tinha tido. Com excepção dos alunos Bruno e João, todos conseguiram terminar a primeira parte do trabalho, observando a velocidade terminal, aumentando a altura inicial e verificando que para valores elevados da constante de arrastamento, as diferenças de tempo de queda começavam a ser significativas. Quanto à questão do cálculo e representação das energias, ninguém conseguiu representar o trabalho das forças não conservativas (alguns por falta de tempo), sendo que os alunos Ana (com grande apoio do Nuno), Luísa, Sérgio, Lucas, Vasco, Miguel, Carlos (estes quatro últimos com erros no cálculo da energia potencial) e Nuno conseguiram a representação das energias cinética e potencial. Note-se que os alunos Luísa e Nuno explicaram-me já à saída como é que fariam para representar a variação da energia mecânica, de forma consistente.

É de notar que cada um fez uma representação gráfica particular, uma vez que, ao usarem o comando SUBPLOT puderam escolher o formato de apresentação dos gráficos. Isto realça a autonomia de grande parte dos alunos (alguns não o foram) na realização do seu programa, bem como o entendimento do que estavam a fazer.

6ª sessão – Projecto pára-quadista (11.º ano)

3/10 – 4ª 14h35 - dois blocos de 50min (sala de aula). Os alunos presentes responderam por escrito a uma questão que coloquei nos primeiros 10 minutos da sessão. Seguidamente com base no programa que tinham desenvolvido no ano anterior, começaram a construir o programa para resolução do problema proposto.

Questão inicial: “Escrevam numa folha de papel (que considerem mais adequada), o que recordam das sessões que tiveram comigo no ano passado.”

Problema proposto: “Construir um programa que represente graficamente a variação, em função do tempo, da posição, da velocidade e da aceleração de um pára-quadista que é largado de um helicóptero a uma altura de 3000 metros, e que abre o pára-quadista a 1000 metros do chão.”

Nota: A sessão não teve a presença da professora, e teve o apoio da responsável da informática durante parte da sessão.

Estiveram presentes os alunos: Ana, Bruno, Luísa, Luís, Pedro, Sérgio, João, Lucas, Carlos, Miguel e Nuno (o Vasco deixou de pertencer à turma e o António faltou).

Relatório da sessão:

A sessão começou com palavras de boas vindas e sem discutir qualquer assunto relacionado com as sessões do ano anterior pedi que escolhessem uma folha de papel que considerassem mais adequada, e que nela respondessem à questão inicial atrás exposta. Informei-os de que teriam 10 minutos para a resposta. Perguntaram-me se podiam usar o computador para ver os programas que tinham feito no ano anterior e eu consenti. Perguntaram-me ainda se deveriam transcrever os programas, ao que respondi que não. As respostas à questão estão transcritas no anexo-1-11.ºano.

Após recolher as respostas, distribuí a cada um uma folha A4 de papel branco (lisa) pedindo-lhes que aí tomassem os apontamentos que considerassem importantes na restante parte da sessão.

Comecei então por rever os conceitos fundamentais de programação que tínhamos abordado no ano anterior, questionando a turma sobre as estruturas fundamentais de programação. Os primeiros alunos que quiseram responder foram: a Luísa, o Sérgio e o Nuno. A Luísa referiu a estrutura de atribuição, O Nuno referiu a estrutura de comparação e o Sérgio a de repetição.

Após esta revisão, voltei a falar das definições de velocidade, aceleração e força, estabelecendo (tal como tínhamos feito não ano anterior) as relações entre elas para intervalos de tempo muito pequenos. Expus no quadro as expressões:

$$\Delta x = v. \Delta t$$

$$\Delta v = a. \Delta t$$

$$F = m. a$$

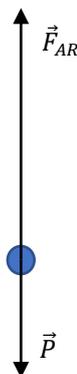
Questionei os alunos sobre o significado destas equações. As respostas relativamente às duas primeiras expressões foram dadas pelo Nuno e pela Luísa dizendo que são válidas para pequenos intervalos de tempo. Quanto à terceira equação, entre todos concordaram que será válida se F representar a resultante das forças.

Seguiu-se a exposição (no quadro) do problema atrás proposto. Relembrei que um corpo em queda livre está apenas sujeito à aceleração da gravidade (considerando numa primeira aproximação que a força de resistência do ar é desprezável) e que quando o para quedas se abre, o conjunto fica sujeito a uma força de resistência do ar proporcional ao quadrado da velocidade. Expus no quadro um esquema de forças durante este movimento:

Antes da abertura do pára-quedas:



Depois da abertura do pára-quedas:



Relembrei igualmente que a relação entre a intensidade da força de resistência do ar e a norma da velocidade pode ser definida na forma:

$$F_{AR} = b. v^2$$

Expliquei que o coeficiente b , depende, da densidade do ar, da forma do corpo em queda e da área eficaz que o objecto em queda tem na direcção do deslocamento. A apresentação destas expressões não motivou discussão (já tinham sido introduzidas no ano anterior). Discutimos igualmente a questão (pouco realista) de não haver resistência do ar enquanto o

pára-quedas não abre. Concordámos que, nesse caso, teríamos dois tipos de movimento distintos, correspondentes a sistemas de forças diferentes, definidos pela altura a que o pára-quedista se encontra. Como teste, para poderem adaptar o programa desenvolvido no ano anterior, pedi-lhes para considerarem que o corpo em queda é a mesma esfera considerada no ano anterior, largada inicialmente de 500 metros que durante os primeiros 250 metros cai em queda livre, ficando depois disso sujeita a uma resistência do ar com um quociente b/m de valor 0.5 m^{-1} .

No tempo restante da sessão (cerca de 30 minutos), os alunos tentaram realizar programa, a partir do último que tinham feito no ano anterior. Os únicos que conseguiram foram: o Bruno, a Luísa (estes dois fizeram o trabalho em conjunto), o Sérgio, o Lucas e o Nuno (estes dois não enviaram). Dado ainda estarem a terminar quando tocou para a saída, alguns alunos não enviaram o trabalho.

No que diz respeito à participação, os alunos não foram muito participativos, não mostrando grande entusiasmo no final. Penso que este facto se pode dever ao pouco tempo que os alunos tiveram para trabalhar o programa, assim como ao tempo despendido a rever os conceitos básicos da programação.

7ª sessão – Projecto pára-quedista (11.º ano)

5/12 – 4ª 14h35 - dois blocos de 50min (sala de aula). Os alunos foram esclarecidos relativamente à ficha de preparação a que tinham respondido na sessão anterior. Seguidamente com base no programa que tinham desenvolvido na sessão anterior, começaram a construir o programa para resolução do problema proposto.

Nota: A sessão teve a presença da professora e da responsável da informática durante parte da sessão. Teve ainda a participação de um aluno de outra turma.

Estiveram presentes os alunos: Bruno, Luísa, Pedro, Sérgio, João, Lucas, Carlos, Nuno e um aluno novo, o Frederico (o Vasco deixou de pertencer à turma e os alunos António, Ana, Luís e Miguel faltaram).

Relatório da sessão:

A sessão começou com a discussão da ficha de preparação a que tinham respondido na 2.ª feira anterior. Levantei a questão de que nem todos tinham considerado que a massa do corpo em queda se mantinha após a abertura do pára-quedas (apenas o aluno António teve a resposta de senso comum considerando que a massa diminui quando o pára-quedas se abre). De uma forma geral mostraram-se surpreendidos com isso, no entanto perceberam que as pessoas podem ser levadas a essa conclusão se considerarem que o peso representa a força que sentem a puxar para baixo. Expliquei novamente o modelo Físico do problema que tínhamos enunciado na sessão anterior, explicitando o texto da ficha de preparação, em particular a distinção das duas aproximações enunciadas. Fiz o esquema no quadro, como apresento na figura à frente (figura 1). Seguiu-se uma discussão sobre a forma como deveria ser escrita a expressão para a resultante das forças antes e depois de abrir o pára-quedas (para cada uma das aproximações). Expliquei que para uma queda de 3000m não faria sentido a 1.ª aproximação e que iríamos apenas considerar a segunda. Concluímos que a expressão geral da resultante das forças seria dada por:

$$F_R = -m \cdot g + b \cdot v^2$$

Consequentemente a aceleração em qualquer dos casos seria dada por

$$a = -g + \frac{b}{m} v^2$$

diferindo apenas o valor de b para alturas superiores a 1000m e para alturas inferiores a essa. Pedi mais uma vez aos alunos que escrevessem todas as notas da sessão numa folha separada (que eu recolhi no final), começando por tentar escrever um algoritmo para a resolução

do problema. Após 10 minutos, e, dado que o tempo restante era pouco, propus o seguinte algoritmo:

- atribuir valores iniciais às variáveis

$t(1)$, $a(1)$, $v(1)$, $h(1)$

- atribuir valores às constantes

m , g , b_1 , b_2 e Δt

- enquanto $h(i) > 1000$:

Faz as contas com b_1

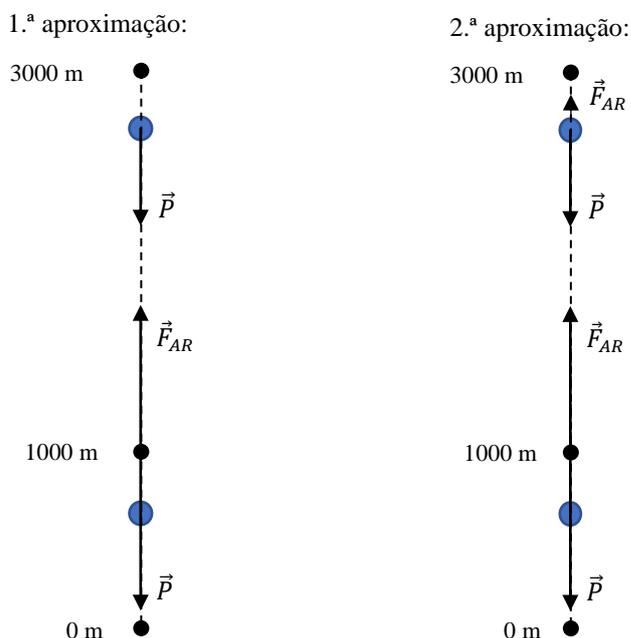
- quando $h(i) \leq 1000$ e $h(i) > 0$

Faz as contas com b_2

- fazer o gráfico da velocidade em função do tempo

Escrevi igualmente no quadro as expressões a utilizar para calcular os valores das variáveis iterativamente.

Figura 1: Esquema escrito no quadro para explicação da diferença entre as duas aproximações.



Com exceção do João, todos conseguiram terminar o programa. O Pedro teve um apoio grande uma vez que não tinha conseguido fazer o programa na sessão anterior. A Luísa, o Sérgio, o Carlos e o Nuno não conseguiram pôr o programa a correr devido a uma escolha incorrecta do intervalo de tempo. A escassez de tempo impediu a resolução do problema, o que

provocou alguma insatisfação. Apesar disso os alunos, de forma geral, saíram com vontade de regressar e ter mais uma sessão para terminar o trabalho. A participação dos alunos foi boa.

Esta sessão teve a participação excepcional do Aluno Frederico de outra turma que se quis juntar uma vez argumentando ser muito interessado em programação. O aluno adaptou-se bem à linguagem de programação e conseguiu realizar o trabalho. Apesar de mostrar bastante autonomia, o aluno foi tutorado pelo Bruno. Utilizou algumas funcionalidades que não foram introduzidas por mim ao longo das sessões.

8ª sessão – Projecto pára-quedista (11.º ano)

10/12 – 2ª 10h25 - dois blocos de 50min (sala de aula). Os alunos discutiram o facto de alguns dos programas da sessão anterior não terem funcionado e descrevemos o problema da energia durante a queda do pára-quedista. Seguidamente com base no programa que tinham desenvolvido nas Sessões anteriores, começaram a construir o programa para representar graficamente as energias cinética, potencial e mecânica, bem como o trabalho das forças não conservativas (força de resistência do ar), durante a queda do pára-quedista.

Nota: A sessão teve a presença e participação da professora.

Estiveram presentes os alunos: Ana, Bruno, Luísa, Luís, Pedro, Sérgio, João, Lucas, Carlos, Miguel, Nuno e o Frederico (o Vasco deixou de pertencer à turma e o António faltou).

Relatório da sessão:

A sessão começou com uma reflexão relativamente à utilização das aproximações feitas nos cálculos da velocidade e da posição para a realização dos programas que têm feito, bem como da representação gráfica dos resultados. Dado que a professora estava disponível, pedi-lhe para tomar notas relativamente às questões que eu ia colocar aos alunos no início da sessão. Dado que neste trabalho me interessava que eles representassem graficamente valores absolutos das grandezas, coloquei a questão: “de que forma podemos representar graficamente o módulo da velocidade?”. As primeiras respostas vieram do Luís e do João que sugeriram atribuir à variável v calculada $\text{abs}(v)$. O Bruno propôs em alternativa a utilização da instrução $\text{plot}(t,-v)$. Os restantes alunos consideraram, na maioria, que a segunda hipótese seria a mais simples. A segunda questão que lhes coloquei pretendia que resolvessem o problema da escolha do intervalo de tempo válido para as aproximações: “Qual a razão pela qual devemos utilizar um intervalo de tempo pequeno na expressão seguinte $v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \times \Delta t$ ”. As respostas registadas pela professora foram as seguintes: “para melhor representar um instante” (Nuno); “para que o erro no cálculo da velocidade média ser o menor possível” (Sérgio); “para que a velocidade seja constante” (Luísa). Baseando-me nestas respostas, mostrei-lhes o que acontecia quando o programa calcula a velocidade no instante seguinte ao da abertura do pára-quedas, tendo em conta que a velocidade no instante em que ele é aberto é da ordem dos 60 m/s. Fizemos as contas e verificámos que a velocidade calculada seria positiva, ou seja, o pára-quedas começaria a subir e nesse caso já não regressaria! A última questão que lhes coloquei pretendia enquadrar a proposta de trabalho final que pretendia que fizessem, isto é, a integração dos conceitos na Mecânica. Pretendia neste trabalho que os alunos, com base no mesmo modelo

Físico, relacionassem as grandezas velocidade, aceleração e força, com energias cinética, potencial e mecânica, bem como com o trabalho das forças não conservativas. Deste modo coloquei a seguinte questão: “O que acontece à energia mecânica durante a queda do pára-quedista?”. A primeira resposta veio do Lucas que afirmou “a energia mecânica varia”, o que complementaram dizendo que ela iria diminuir. De forma a justificar isto afirmaram que, relativamente à situação de queda livre, “o corpo perde velocidade” (Luís) e que “se perde energia cinética” (Sérgio). Quando questionados sobre a razão pela qual se dava esta perda, o Nuno afirmou que “a energia mecânica se transforma em energia sob a forma de calor,... a fricção aquece”, ao que a Luísa acrescentou “o sistema não é conservativo, atua uma força dissipativa”. Com base nas respostas dos alunos, expliquei de que forma é que a Mecânica justifica a perda de energia mecânica com base no trabalho das forças dissipativas. Isto conduziu-nos a rever a definição de trabalho de uma força constante. Escrevi no quadro as seguintes expressões:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E_p = mgh$$

$$W_F = F\Delta x$$

$$W_{Fnc} = \Delta E_m$$

Chamei a atenção para o facto da expressão do trabalho de uma força apresentada só ser válida para força constante e que por isso, para calculá-lo ao longo do tempo, teríamos de somar as várias contribuições em intervalos de tempo nos quais essa força seja considerada constante. Expliquei-lhes que esses intervalos seriam os mesmos nos quais considerávamos a aceleração constante. Partindo daqui, propus-lhes que fizessem um programa que representasse graficamente a energia cinética, a energia potencial, a energia mecânica e o trabalho das forças não conservativas. Mostrei-lhes ainda algumas funcionalidades do OCTAVE associadas ao PLOT, de forma a que pudessem fazer um programa que pudesse reproduzir a animação que lhes mostrei (na mesma figura representar dois gráficos dinâmicos, um que mostra a posição do pára-quedista e o outro que apresenta as energias e o trabalho a evoluírem ao longo do tempo). Para além disso, voltei a escrever no quadro o algoritmo que tinha feito na sessão anterior. Tal como nas sessões anteriores pedi-lhes que tomasse notas numa folha separada para eu poder recolher (alguns já tinham começado a fazê-lo).

De forma a perceber qual o estado em que se encontravam relativamente à programação, deixei-os a trabalhar sem a minha ajuda. Durante a realização do trabalho os

alunos trocaram impressões entre si e na maior parte dos casos conseguiram obter um programa próprio com formas diferentes de abordar os cálculos. Não se enquadram nesta situação a Ana, o Luís, o Pedro e o João, sendo que destes apenas a Ana obtém um programa executável. A professora registou ainda um comentário do João no qual justificava não estar a fazer o trabalho: “...estava à espera que o computador carregasse para continuar a trabalhar; “... pensava que ele reiniciava sozinho ... não entendo nada de computadores”.

Dos programas entregues, é interessante notar as duas diferentes abordagens para o cálculo do trabalho das forças não conservativas. Na primeira calculam a partir da variação da energia mecânica, somando as variações em cada iteração, enquanto que na segunda, somam o trabalho (calculado a partir da definição) para cada iteração. Em qualquer um dos casos os alunos estão a integrar as expressões, ficando assim com este conceito (o de integral) implicitamente assente na sua base cognitiva. É de notar ainda a tentativa do Sérgio e do Carlos em calcular o trabalho da resultante das forças, mas sem consegui-lo.

Para terminar este relatório, uma observação deve ser feita relativamente ao aluno Frederico da outra turma, cuja destreza informática está acima da média dos alunos desta turma. O excesso de complexidade utilizado conduziu-o a uma solução errada onde fica subjacente alguma incoerência Física na abordagem ao problema.

Apêndice 6. Evolução de cada aluno ao longo das sessões (quadro)

Apresento neste apêndice um quadro com a descrição sintética das sessões, bem como uma síntese final, para cada aluno. O quadro foi construído com base no diário das sessões, nos programas desenvolvidos pelos alunos e pelos materiais escritos pelos alunos ao longo das sessões.

Aluno	Sessão	Conteúdos/Objectivos	Programação	Desempenho
Ana	10.º - S1	Seminário de apresentação	Não houve	Pouca participação, só quando solicitada. Não mostra muito interesse.
	10.º - S2	Estruturas de programação; exemplos. Equação do 2.º grau	Reproduz correctamente o que é feito	Pouca participação, só quando solicitada. Não mostra muito interesse. Algumas dificuldades em reproduzir as instruções.
	10.º - S3	Construção de um gráfico de uma função quadrática	Reproduz correctamente o que é feito	Pouca participação, só quando solicitada. Pouca autonomia. Mostra um pouco mais de entusiasmo com o gráfico.
	10.º - S4	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda livre. Adaptação do programa para cálculo e representação das energias cinética e potencial.	Faz um programa que permite visualizar separadamente os gráficos da altura e da velocidade (mudando a variável no PLOT). Não enviado.	Mais empenho, mas continua com falta de autonomia. O programa é realizado com o apoio dos colegas. Continua a não mostrar muito interesse. Não consegue fazer o cálculo das energias durante a queda
	10.º - S5	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e variação da energia mecânica (em função do tempo) de um corpo em queda com resistência do ar significativa.	Faz um programa que permite visualizar os gráficos da altura, da velocidade e das energias cinética e potencial na mesma figura (usando o SUBPLOT)	Os mesmos comentários feitos à sessão anterior (ajudada pelo Nuno) mas com um pouco mais de entusiasmo que se reflete nos apontamentos que faz durante a sessão (boa síntese).
	11.º - S1	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda, inicialmente livre, e que a partir de determinada altura passa a ter resistência do ar significativa.	Não consegue realizar o trabalho.	Na questão inicial, realçou as relações entre grandezas Físicas e os gráficos. Muito pouca autonomia, pouco empenho. Mostra falta de entusiasmo. Os apontamentos que tira são coerentes, mas pobres.
	11.º - S2	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um pára-quadista.	Faltou	Faltou
	11.º - S3	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e o trabalho das forças não conservativas (em função do tempo) de um pára-quadista.	Faz um programa que permite visualizar de forma imperfeita as energias.	Programa com forte apoio dos colegas, com pouco entendimento do que está a fazer, calculando o trabalho das forças não conservativas como a soma das energias cinética e potencial. Continua a depender dos colegas e do professor para a realização do trabalho. Mostra pouco entusiasmo, como fica expresso nos apontamentos que toma na aula
			Análise global	Não consegue adquirir as bases de programação de forma sólida, conseguindo, no entanto, realizar as tarefas com apoio.	O nível de autonomia e empenho é baixo, eventualmente relacionado com a falta de entusiasmo para a Física. Estes níveis são mais visíveis na entrada do 11.º ano. A intervenção não parece ter efeitos significativos na aprendizagem da Física.

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

Bruno	10.º - S1	Seminário de apresentação	Não houve	Aluno reservado, mas que tenta participar. Põe algumas questões, mostra algum entusiasmo e curiosidade relativamente ao projecto.
	10.º - S2	Estruturas de programação; exemplos. Equação do 2.ª grau	Reproduz correctamente o que é feito	Traz o seu computador com o OCTAVE instalado. Mostra alguma autonomia e participa. Não mostra dificuldade em reproduzir as instruções.
	10.º - S3	Construção de um gráfico de uma função quadrática	Reproduz correctamente o que é feito	Mantêm-se as observações feitas na aula anterior. Mostra satisfação com o gráfico.
	10.º - S4	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda livre. Adaptação do programa para cálculo e representação das energias cinética e potencial.	Faz um programa que permite visualizar separadamente os gráficos da altura e da velocidade (mudando a variável no PLOT). Não enviado.	Mostra algumas dificuldades: inicialização das variáveis e actualização das variáveis dentro do ciclo. Consegue com ajuda. Menos autonomia. Bom entusiasmo. Não consegue fazer o cálculo das energias durante a queda.
	10.º - S5	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e variação da energia mecânica (em função do tempo) de um corpo em queda com resistência do ar significativa.	Faz um programa que permite visualizar os gráficos (errados) da altura e da velocidade na mesma figura (usando o SUBPLOT)	Perde muito tempo na definição das novas variáveis acabando por ficar pela primeira parte do trabalho, não conseguindo identificar um erro simples em que calcula a velocidade sempre com o valor inicial da aceleração. Este erro aparece logo no esquema de programa que faz nos apontamentos. O aluno, com excepção desse erro, esquematiza bem o programa nos seus apontamentos (bem organizados).
	11.º - S1	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda, inicialmente livre, e que a partir de determinada altura passa a ter resistência do ar significativa.	Faz um programa que calcula correctamente a altura e a velocidade durante a queda, mas troca os eixos no gráfico.	Na questão inicial demonstra satisfação com o trabalho do ano anterior, realça a possibilidade de poder comunicar com o computador e a compreensão da Física a partir dos programas. Trabalha em conjunto com a Luísa, mostrando bastante autonomia (o grupo). Continua a mostrar entusiasmo no projecto. Este grupo foi o único que utilizou a estrutura de comparação apenas para o cálculo da aceleração (ideia da Luísa). Os apontamentos são coerentes, mas pobres.
	11.º - S2	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um pára-quedista.	Faz um programa que representa graficamente a velocidade de queda do pára-quedista. Com um erro no cálculo da aceleração na primeira fase do movimento	Nesta sessão mostra uma autonomia maior, fazendo o programa de raiz, não baseado no anterior. É um dos dois alunos que escolhe correctamente o dt. Trabalhou em conjunto com o aluno novo, não havendo, no entanto, sobreposição de trabalho. Apontamentos pobres, O aluno prefere passar directamente as instruções para o programa.
	11.º - S3	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e o trabalho das forças não conservativas (em função do tempo) de um pára-quedista.	Faz um programa que representa graficamente as energias cinética e potencial, bem como o trabalho das forças não conservativas. Inicializa mal as energias.	Também nesta sessão mostra autonomia, reconstruindo o programa anterior. Erra na inicialização das energias, o que faz com que não consiga obter correctamente o gráfico. Calcula o trabalho das forças não conservativas a partir da variação da energia mecânica de forma correcta. Os apontamentos expressão o essencial, apresentando o seu próprio algoritmo
		Análise global	Aprende bem as bases de programação, demonstrando ao longo das sessões um aumento de criatividade.	Começou com um nível baixo de autonomia que foi aumentando ao longo das sessões. Nota-se bem na passagem para o 11.º ano. Mostrou um aumento de consistência na utilização das expressões Físicas.

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

Luisa	10.º - S1	Seminário de apresentação	Não houve	Aluna reservada, não se mostra muito interessada em participar. Responde bem quando questionada. Mostra alguma curiosidade pelo projecto.
	10.º - S2	Estruturas de programação; exemplos. Equação do 2.ª grau	Reproduz correctamente o que é feito	Mostra bastante autonomia, denotando um aumento de interesse. Responde bem quando é questionada. Ajuda os colegas com maiores dificuldades na realização dos programas.
	10.º - S3	Construção de um gráfico de uma função quadrática	Reproduz correctamente o que é feito	Também nesta sessão mostra bastante autonomia, e satisfação com o resultado obtido. Aumenta um pouco a sua participação, levantando questões relativamente à função quadrática.
	10.º - S4	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda livre. Adaptação do programa para cálculo e representação das energias cinética e potencial.	Faz um programa que permite visualizar separadamente os gráficos da altura e da velocidade (mudando a variável no PLOT).	A aluna continua a mostrar grande autonomia e capacidade de resolver os problemas dos colegas. Não consegue fazer o cálculo das energias durante a queda, aparentemente por falta de tempo.
	10.º - S5	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e variação da energia mecânica (em função do tempo) de um corpo em queda com resistência do ar significativa.	Faz um programa que permite visualizar os gráficos das energias cinética e potencial (cada uma em seu gráfico) na mesma figura (usando o SUBPLOT)	Nesta sessão a aluna consegue por si chegar à solução do problema, no entanto, não consegue calcular a variação da energia mecânica (indicou-me no final da aula de que forma faria). Os apontamentos são simples, tendo a aluna realçado a expressão para o cálculo da aceleração. Aluna reservada, mas deixando transparecer interesse pelo trabalho. Manifesta alguma insatisfação por não ter conseguido terminar.
	11.º - S1	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda, inicialmente livre, e que a partir de determinada altura passa a ter resistência do ar significativa.	Faz um programa que calcula correctamente a altura e a velocidade durante a queda, mas troca os eixos no gráfico.	Na questão inicial é muito sucinta, realçando a relação entre as grandezas Físicas. Trabalha em conjunto com o Bruno, mostrando bastante autonomia (o grupo), continua a mostrar entusiasmo no projecto. É a única que utiliza a estrutura de comparação exclusivamente para o cálculo da aceleração. Boa participação. Nos seus apontamentos, mostra um bom entendimento do problema Físico que pretende abordar.
	11.º - S2	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um pára-queda.	Faz um programa para representar graficamente a velocidade de queda do pára-queda. O programa não corre.	Faz autonomamente o programa, no entanto, a má escolha do intervalo de tempo conduziu a um loop infinito o que dificultou a correcção do erro. Mostrou alguma insatisfação pelo facto de eu não lhe ter resolvido o problema. Os apontamentos reflectem um esquema correcto de resolução do problema.
	11.º - S3	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e o trabalho das forças não conservativas (em função do tempo) de um pára-queda	Faz um programa que representa graficamente as energias cinética, potencial e mecânica, bem como o trabalho das forças não conservativas.	Programa exemplar onde calcula o trabalho das forças não conservativas a partir da variação da energia mecânica. Óptima utilização das funções associadas ao PLOT, com uma pequena falha no LEGEND. Os apontamentos produzidos referem-se à questão do cálculo do trabalho das forças não conservativas.
		Análise global	Aprende bem as bases de programação, superando as expectativas. Bastante segura na programação.	Não mostrando inicialmente grande interesse, este acaba por surgir. Ganha uma grande autonomia, na resolução de problemas a partir da programação e mostra um aprofundamento relativamente aos conceitos, assim como às relações entre eles.

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

Luis	10.º - S1	Seminário de apresentação	Não houve	Aluno reservado, mas que tenta participar. Põe algumas questões, mostra algum entusiasmo e curiosidade relativamente ao projecto.
	10.º - S2	Estruturas de programação; exemplos. Equação do 2.ª grau	Reproduz correctamente o que é feito	Mostra pouca autonomia, procurando, no entanto, participar. Mostra algumas dificuldades na reprodução. Manifesta satisfação com o resultado obtido.
	10.º - S3	Construção de um gráfico de uma função quadrática	Reproduz correctamente o que é feito	Mantêm-se as observações feitas na aula anterior. Mostra satisfação com o gráfico.
	10.º - S4	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda livre. Adaptação do programa para cálculo e representação das energias cinética e potencial.	Faz um programa que permite visualizar separadamente os gráficos da altura e da velocidade (mudando a variável no PLOT). Esquece-se de inibir a escrita das variáveis na janela de comandos dentro do ciclo.	Mostra mais autonomia, no entanto, continua a depender da ajuda dos colegas. Não é muito consistente uma vez que inibe a escrita das variáveis fora do ciclo. Não consegue fazer o cálculo das energias durante a queda. Mostra-se um pouco perdido durante esta sessão.
	10.º - S5	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e variação da energia mecânica (em função do tempo) de um corpo em queda com resistência do ar significativa.	Faz um programa que permite visualizar os gráficos da altura e da velocidade na mesma figura (usando o SUBPLOT). Persiste a situação do programa anterior.	Mantêm-se os níveis de autonomia e consistência da sessão anterior. Também neste trabalho não consegue calcular as energias (sendo que neste caso apenas três alunos não conseguiram). Os apontamentos são pouco consistentes.
	11.º - S1	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda, inicialmente livre, e que a partir de determinada altura passa a ter resistência do ar significativa.	Não consegue realizar o trabalho.	Na questão inicial fala dos desenvolvimentos em programação e na sua ligação à Física, realçando a relação entre as grandezas Físicas que se obtém a partir dos gráficos construídos. Mantem-se a falta de autonomia. Não consegue terminar o programa. Apontamentos pouco consistentes, e pobres.
	11.º - S2	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um pára-quadras.	Faltou	Faltou
	11.º - S3	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e o trabalho das forças não conservativas (em função do tempo) de um pára-quadras.	Não consegue realizar o trabalho.	Continua com muito pouca autonomia. O programa não está bem construído, revelando inconsistências algorítmicas. O aluno mostrou-se interessado durante a aula. Os apontamentos que tirou são consistentes.
		Análise global	Não consegue adquirir as bases de programação de forma sólida, conseguindo, no entanto, realizar as tarefas com apoio.	O nível de autonomia é baixo, apesar do empenho. A intervenção não parece ter efeitos significativos na aprendizagem da Física.

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

Pedro	10.º - S1	Seminário de apresentação	Não houve	Aluno com vontade de participar. Alguma resistência nas respostas, aparentemente por inibição relativamente aos colegas. Mostra interesse.
	10.º - S2	Estruturas de programação; exemplos. Equação do 2.ª grau	Reproduz correctamente o que é feito	Tem dificuldade em acompanhar a sessão. Pouca autonomia. Apesar das dificuldades continua a mostrar interesse.
	10.º - S3	Construção de um gráfico de uma função quadrática	Reproduz correctamente o que é feito	Mantém-se as observações feitas na sessão anterior. Mostra satisfação com a obtenção do gráfico.
	10.º - S4	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda livre. Adaptação do programa para cálculo e representação das energias cinética e potencial.	O programa que faz não corre por não ter inicializado o tempo.	Também nesta sessão não mostra autonomia precisando constantemente de ajuda. Apesar da ajuda não consegue ter um programa executável uma vez que não inicializa o tempo. O aluno mostra-se desorientado ao longo da sessão. Continua a mostrar interesse em prosseguir com as sessões.
	10.º - S5	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e variação da energia mecânica (em função do tempo) de um corpo em queda com resistência do ar significativa.	Faz um programa que permite visualizar os gráficos da altura e da velocidade na mesma figura (usando o SUBPLOT)	Pouca autonomia na resolução do problema (um pouco melhor). Consegue com ajuda fazer o programa apenas para a altura e velocidade. Os apontamentos são pouco consistentes.
	11.º - S1	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda, inicialmente livre, e que a partir de determinada altura passa a ter resistência do ar significativa.	Não consegue realizar o trabalho.	Na questão inicial não consegue traduzir nada de concreto relativamente à aprendizagem, mas não mostra falta de vontade de aprender. Continua a mostrar grandes dificuldades na construção do código, mantendo o nível de autonomia baixo. Apontamentos pouco consistentes, e pobres.
	11.º - S2	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um pára-quadras.	Faz um programa para representar graficamente a velocidade de queda do pára-quadras.	Continua a ter falta de autonomia. Graças a uma tutoria (minha) muito intensa, o aluno conseguiu terminar o programa, transmitindo-me sempre que estava a entender todos os passos que ia fazendo. A falta de acompanhamento espelha-se nos apontamentos que recolheu (muito pobres e incompletos)
	11.º - S3	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e o trabalho das forças não conservativas (em função do tempo) de um pára-quadras.	Não consegue fazer o programa.	Sem o meu acompanhamento tenta obter ajuda dos colegas próximos (Sérgio e Carlos). Acaba por se limitar a tentar copiar o programa, sem sucesso. Os apontamentos que tira são inconsistentes e desordenados.
		Análise global	Não consegue adquirir as bases de programação. Consegue reproduzir.	O nível de autonomia é muito baixo, apesar de expressar um grande interesse pelas sessões. Manteve estes níveis ao longo das sessões. A intervenção não parece ter efeitos significativos na aprendizagem da Física.

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

Sérgio	10.º - S1	Seminário de apresentação	Não houve	Aluno participativo. Mostra curiosidade relativamente à Física e à programação.
	10.º - S2	Estruturas de programação; exemplos. Equação do 2.ª grau	Reproduz correctamente o que é feito	Boa autonomia, mostra alguma resistência à linguagem de programação, sobretudo à estrutura de atribuição, não se conseguindo distanciar da linguagem matemática (inicialmente). Faz bem o trabalho, mas mostra-se um pouco individualista. Participa bem na sessão, respondendo sempre de forma correcta às questões que são colocadas.
	10.º - S3	Construção de um gráfico de uma função quadrática	Reproduz correctamente o que é feito	Também nesta sessão mostra bastante autonomia, e satisfação com o resultado obtido. Mantem o seu nível de participação, levantando questões relativamente à função quadrática.
	10.º - S4	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda livre. Adaptação do programa para cálculo e representação das energias cinética e potencial.	Faz um programa que permite visualizar separadamente os gráficos da altura e da velocidade (mudando a variável no PLOT). Usa o comando GRID ON para colocar eixos no gráfico.	Continua a mostrar grande autonomia, e mantém-se muito virado para si. A curiosidade leva-o a introduzir um elemento extra no gráfico. Não consegue calcular as energias aparentemente por falta de tempo.
	10.º - S5	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e variação da energia mecânica (em função do tempo) de um corpo em queda com resistência do ar significativa.	Faz um programa que permite visualizar os gráficos da altura, da velocidade e da energia cinética e da energia potencial na mesma figura (usando o SUBPLOT). Falha na inicialização da energia potencial.	Nesta sessão o aluno consegue por si chegar à solução do problema, no entanto, não consegue calcular o trabalho das forças não conservativas. Os apontamentos são de uma enorme coerência, com a particularidade de transcrever no papel um programa completo (que não é igual ao que me fez na sessão). Comete um erro ao inicializar a energia potencial a zero, comum ao programa que faz e ao esquema dos apontamentos. Nesta sessão mostra-se mais participativo com os colegas.
	11.º - S1	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda, inicialmente livre, e que a partir de determinada altura passa a ter resistência do ar significativa.	Faz um programa que calcula correctamente a altura e a velocidade durante a queda.	Na questão inicial o aluno tenta expor algumas funcionalidades da programação, escrevendo um programa que calcula que calcula todos os quadrados dos inteiros de 1 a 44. Não faz qualquer alusão à Física. Realiza o programa com grande autonomia. Note-se a particularidade de calcular a aceleração com a mesma expressão, considerando que inicialmente o coeficiente associado à resistência do ar é nulo. Não tira apontamentos.
	11.º - S2	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um pára-quadras.	Faz um programa para representar graficamente a velocidade de queda do pára-quadras. O programa não corre.	Faz autonomamente o programa, no entanto, a má escolha do intervalo de tempo conduziu a um loop infinito o que dificultou a correcção do erro. Os apontamentos mostram uma grande capacidade de esquematizar o problema do ponto de vista matemático (muito coerentes).
	11.º - S3	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e o trabalho das forças não conservativas (em função do tempo) de um pára-quadras.	Faz um programa que representa graficamente a altura, a velocidade e as energias cinética, potencial e mecânica, em gráficos separados na mesma figura.	O aluno trabalha autonomamente. Não consegue calcular o trabalho das forças não conservativas. Tenta calcular o trabalho da resultante das forças, mas sem sucesso. É interessante notar que no cálculo deste trabalho o aluno em vez de multiplicar a força pela diferença de alturas, multiplica pelo produto da velocidade pelo intervalo de tempo. Verificando que não consegue, deixa o trabalho como está e vai ajudar a colega Ana. Nos apontamentos que tira, limita-se a escrever um algoritmo geral.
	Análise global	Aprende bem as bases de programação, demonstrando ao longo das sessões um aumento de criatividade.	Vai demonstrando de forma crescente uma boa autonomia, na resolução de problemas a partir da programação e demonstra um aprofundamento relativamente aos conceitos. Tem dificuldade em desligar do formalismo matemático o que acaba por inibir uma melhor integração de conceitos. Não parece fazer uma grande aposta nas sessões.	

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

João	10.º - S1	Seminário de apresentação	Não houve	Aluno extrovertido com vontade de participar. Um pouco brincalhão tentando distrair alguns dos colegas. Participa, nem sempre com sustentação.
	10.º - S2	Estruturas de programação; exemplos. Equação do 2.º grau	Reproduz correctamente o que é feito	No início da sessão não se mostra muito participativo, entusiasmando-se, no entanto, ao conseguir reproduzir sem dificuldade os exercícios que vou fazendo. Mostra mais dificuldades em reproduzir o programa das raízes.
	10.º - S3	Construção de um gráfico de uma função quadrática	Reproduz correctamente o que é feito	Nesta sessão o aluno adoptou uma postura mais distante, distraíndo-se com elementos externos e tentando puxar para si a atenção de alguns colegas. Esta desconcentração fez com que tivesse menos autonomia na realização do trabalho, recorrendo à ajuda dos colegas.
	10.º - S4	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda livre. Adaptação do programa para cálculo e representação das energias cinética e potencial.	Não consegue realizar o trabalho.	Muito desconcentrado durante a sessão. Não participa. O nível de autonomia foi, por isso, baixo fazendo com que mesmo com ajuda o aluno não tenha conseguido realizar o trabalho.
	10.º - S5	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e variação da energia mecânica (em função do tempo) de um corpo em queda com resistência do ar significativa.	Não consegue realizar o trabalho.	Manteve os níveis da sessão anterior, optando por tentar copiar o programa dos colegas. O resultado é um programa sem qualquer estrutura e coerência. Apontamentos pouco consistentes, e pobres.
	11.º - S1	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda, inicialmente livre, e que a partir de determinada altura passa a ter resistência do ar significativa.	Não consegue realizar o trabalho.	Na questão inicial as afirmações do aluno não são consistentes com a atitude que teve no ano anterior. O aluno tem um discurso vazio assente em frases feitas. O desempenho ao longo da sessão mostra isso. O aluno envia como trabalho realizado o que havia feito na última sessão do ano anterior com a introdução de uma linha de código em que define a altura inicial como 500m (inconsistente pois a seguir volta a atribuir-lhe o valor de 50m como estava no ano anterior. Os seus apontamentos não reflectem o desinteresse com que seguiu esta sessão.
	11.º - S2	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um pára-quadras.	Não consegue realizar o trabalho.	No início desta sessão o aluno estava a interagir com o telemóvel. Pedi-lhe que deixasse de o fazer e que tomasse notas na folha que lhes tinha dado. Quando iniciaram a realização do trabalho, tentei orientá-lo, mas, disse-me que tudo estava controlado e que já tinha percebido o que fazer. No final da sessão não tinha conseguido fazer o trabalho e não me enviou o ficheiro que tinha produzido. Os seus apontamentos não reflectem o desinteresse com que seguiu esta sessão.
	11.º - S3	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e o trabalho das forças não conservativas (em função do tempo) de um pára-quadras.	Não consegue realizar o trabalho.	Nesta sessão o aluno continuou com uma atitude semelhante à das anteriores, como fica expresso nas afirmações: "...estava à espera que o computador carregasse para continuar a trabalhar; "... pensava que ele reiniciava sozinho ... não entendo nada de computadores". Não só o nível de autonomia é bastante baixo, como as bases que tem não são suficientes, o que não lhe permite perceber os programas e por isso construir um programa inconsistente. Os apontamentos são estruturados, e não reflectem o trabalho desenvolvido.
		Análise global	Não consegue adquirir as bases de programação de forma sólida, impedindo uma estruturação coerente na programação.	Apesar de se tratar de um aluno com boas capacidades, não consegue interessar-se pela actividade, dificultando acréscimos na aprendizagem da Física. Parece ter havido um bloqueio do aluno às sessões. O aluno mostra dificuldade em manter o nível de concentração. Os apontamentos que vou recolhendo, sugerem que o aluno prefere uma abordagem mais descritiva da Física.

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

Lucas	10.º - S1	Seminário de apresentação	Não houve	Aluno muito reservado, sempre muito próximo do António. Praticamente não participa.
	10.º - S2	Estruturas de programação; exemplos. Equação do 2.º grau	Reproduz correctamente o que é feito	Mostra alguma autonomia e participa. Não mostra dificuldade em reproduzir as instruções. Continua sempre muito próximo do António, ajudando-o.
	10.º - S3	Construção de um gráfico de uma função quadrática	Reproduz correctamente o que é feito	Mantém-se as apreciações feitas na sessão anterior. Mais autonomia e interesse.
	10.º - S4	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda livre. Adaptação do programa para cálculo e representação das energias cinética e potencial.	Faz um programa que permite visualizar separadamente os gráficos da altura e da velocidade (mudando a variável no PLOT). Não enviado.	Mostra uma boa autonomia, conseguindo realizar bem a primeira parte do trabalho. Continua a tutorear o António. Não consegue fazer o cálculo das energias durante a queda. Talvez por falta de tempo. Continua a mostrar interesse.
	10.º - S5	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e variação da energia mecânica (em função do tempo) de um corpo em queda com resistência do ar significativa.	Faz um programa que permite visualizar os gráficos da velocidade e das energias cinética e potencial na mesma figura (usando o SUBPLOT). Falha um sinal na energia potencial.	Também aqui, o aluno mostra bastante autonomia na realização do projecto, conseguindo fazer os cálculos cinemáticos correctamente. Falha ao utilizar a expressão da energia potencial (considera o valor de g negativo). Apontamentos consistentes que denotam profundidade na análise Física do problema.
	11.º - S1	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda, inicialmente livre, e que a partir de determinada altura passa a ter resistência do ar significativa.	Faz um programa que calcula correctamente a altura e a velocidade durante a queda. Não enviado.	Na questão inicial o aluno é muito sucinto, referindo a programação matemática e lembrando-se do último projecto. Mostra boa autonomia na realização do projecto. Apontamentos bem esquematizados.
	11.º - S2	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um pára-quadras.	Faz um programa para representar graficamente a velocidade de queda do pára-quadras.	O aluno mostra uma autonomia cada vez maior, conseguindo (apenas dois conseguiram) terminar o programa correctamente. O programa mostra grande segurança na utilização dos conceitos Físicos (inicializa o valor de g como negativo e na expressão da aceleração não usa o sinal menos que eu tinha posto no quadro!). Os apontamentos não reproduzem o que escrevi no quadro, mas são consistentes.
	11.º - S3	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e o trabalho das forças não conservativas (em função do tempo) de um pára-quadras.	Faz um programa que representa graficamente as energias cinética, potencial e mecânica, bem como o trabalho das forças não conservativas.	Programa notável onde o aluno calcula o trabalho das forças não conservativas a partir da definição de força! O aluno integra o trabalho da força. Ótima utilização das funções associadas ao PLOT, ainda tentou fazer a animação, mas não conseguiu entender a funcionalidade DRAWNOW. Considero que foi o trabalho mais interessante da turma. Nos apontamentos o aluno cinge-se à escrita das expressões que usa para calcular as várias grandezas.
		Análise global	Domina muito bem as bases de programação, atingindo um nível avançado de programação.	Grande crescimento de autonomia, com um nível de tutoria elevado nas primeiras quatro sessões. Grande evolução no entendimento dos conceitos da Física, com um ponto alto na última sessão. Os processos de tutoria parecem ter potenciado a aprendizagem. O aluno demonstra um nível muito avançado na resolução de problemas.

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

António	10.º - S1	Seminário de apresentação	Não houve	Aluno muito reservado, nada participativo. Mesmo quando questionado directamente não responde. Não demonstra interesse.
	10.º - S2	Estruturas de programação; exemplos. Equação do 2.ª grau	Reproduz correctamente o que é feito	Mantem o espectro de comportamento da sessão anterior. Estando muito ligado ao Lucas, aproveita a ajuda do colega para esclarecer as suas dúvidas. Não tem autonomia.
	10.º - S3	Construção de um gráfico de uma função quadrática	Reproduz correctamente o que é feito	Nesta sessão mantém o funcionamento da anterior. Sempre muito fechado e pouco disponível para responder a questões. Não mostra especial entusiasmo pela obtenção dos gráficos.
	10.º - S4	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda livre. Adaptação do programa para cálculo e representação das energias cinética e potencial.	Faz um programa que permite visualizar separadamente os gráficos da altura e da velocidade (mudando a variável no PLOT).	Mais uma vez o aluno está muito dependente do Lucas. Não mostra autonomia e recolhe-se quando questionado por mim. O programa que faz é exactamente igual ao do colega.
	10.º - S5	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e variação da energia mecânica (em função do tempo) de um corpo em queda com resistência do ar significativa.	Faltou	Faltou
	11.º - S1	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda, inicialmente livre, e que a partir de determinada altura passa a ter resistência do ar significativa.	Faltou	Faltou
	11.º - S2	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um pára-quadras.	Faltou	Faltou
	11.º - S3	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e o trabalho das forças não conservativas (em função do tempo) de um pára-quadras.	Faltou	Faltou
			Análise global	Não há tempo suficiente para construir uma opinião sobre este aluno, aparentemente não adquire as bases de programação.	Não houve contacto suficiente (não possui qualquer apontamento escrito por ele) para perceber se as sessões em que esteve presente podem ter influenciado a aprendizagem da Física.

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

Miguel	10.º - S1	Seminário de apresentação	Não houve	Aluno participativo. Mostra curiosidade relativamente à Física e à programação.
	10.º - S2	Estruturas de programação; exemplos. Equação do 2.ª grau	Reproduz correctamente o que é feito	Mantem o nível de participação, mostrando bastante interesse. Mostra grande autonomia na realização das tarefas. Boa capacidade de ajuda aos colegas.
	10.º - S3	Construção de um gráfico de uma função quadrática	Reproduz correctamente o que é feito	Também nesta sessão denota muita autonomia e capacidade de ajuda aos colegas. Mostra-se entusiasmado com o gráfico obtido e com interesse em prosseguir com as sessões.
	10.º - S4	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda livre. Adaptação do programa para cálculo e representação das energias cinética e potencial.	Faz um programa que permite visualizar separadamente os gráficos da altura e da velocidade (mudando a variável no PLOT).	Nesta sessão o aluno continua a mostrar grande autonomia, mantendo também o nível de interesse. Não consegue calcular as energias. Ajuda os colegas com mais dificuldades.
	10.º - S5	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e variação da energia mecânica (em função do tempo) de um corpo em queda com resistência do ar significativa.	Faz um programa que permite visualizar os gráficos da velocidade e das energias cinética e potencial na mesma figura (usando o SUBPLOT). Falha um sinal na energia potencial.	Também aqui, o aluno mostra bastante autonomia na realização do projecto, conseguindo fazer os cálculos cinemáticos correctamente. Falha ao utilizar a expressão da energia potencial (considera o valor de g negativo). Os apontamentos que faz durante a sessão são pobres.
	11.º - S1	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda, inicialmente livre, e que a partir de determinada altura passa a ter resistência do ar significativa.	Não consegue realizar o trabalho.	Na questão inicial é muito sintético, mas aborda todos os tópicos do trabalho realizado no ano anterior. Mostra-se desconcentrado durante a sessão, não participa. Não consegue fazer o programa e o documento que envia é muito incoerente. Não consegui perceber esta mudança. Os apontamentos que faz durante a sessão são pobres.
	11.º - S2	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um pára-quadras.	Faltou	Faltou
	11.º - S3	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e o trabalho das forças não conservativas (em função do tempo) de um pára-quadras.	Faz um programa que representa graficamente as energias cinética e potencial, bem como o trabalho das forças não conservativas.	Consegue fazer um trabalho coerente onde calcula o trabalho das forças não conservativas a partir da variação de energia mecânica. Não mostra um nível de autonomia tão alto como o das sessões do ano anterior. Tem algum apoio da Luísa Neves, que se nota na forma como é utilizada a estrutura de comparação. A representação gráfica é simples. Os apontamentos são sucintos.
		Análise global	Domina bem as bases de programação, não merece destaque.	Aluno muito prático, com uma muito boa prestação nas sessões do 10.º ano. Tem um bom nível de autonomia, menos visível nas sessões do 11.º ano. O nível, de per si elevado, deste aluno não permite observar efeitos significativos que as sessões possam ter tido na aprendizagem da Física.

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

Carlos	10.º - S1	Seminário de apresentação.	Não houve	Aluno participativo. Mostra curiosidade relativamente à Física e à programação.
	10.º - S2	Estruturas de programação; exemplos. Equação do 2.ª grau.	Reproduz correctamente o que é feito	Mantem o nível de participação, mostrando interesse. Mostra autonomia na realização das tarefas. Trabalha próximo do Sérgio.
	10.º - S3	Construção de um gráfico de uma função quadrática.	Reproduz correctamente o que é feito	Continua a mostrar autonomia, mantendo a parceria com o Sérgio. Demonstra satisfação com o gráfico obtido e expressa interesse em continuar com as sessões.
	10.º - S4	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda livre. Adaptação do programa para cálculo e representação das energias cinética e potencial.	Faz um programa que permite visualizar separadamente os gráficos da altura e da velocidade (mudando a variável no PLOT).	Mostra bastante autonomia, conseguindo construir correctamente o programa para calcular a posição e a velocidade. Não consegue fazer o cálculo das energias, talvez por falta de tempo.
	10.º - S5	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e variação da energia mecânica (em função do tempo) de um corpo em queda com resistência do ar significativa.	Faz um programa que permite visualizar os gráficos separados das energias cinética e potencial na mesma figura (usando o SUBPLOT).	Também nesta sessão mostra um nível elevado de autonomia, conseguindo por si terminar o projecto. Apesar de continuar próximo do Sérgio, não comete o mesmo erro que o colega. Os apontamentos que faz durante a sessão são muito sintéticos, mas reproduzem o essencial para a realização do projecto.
	11.º - S1	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda, inicialmente livre, e que a partir de determinada altura passa a ter resistência do ar significativa.	Faz um programa que calcula correctamente a altura e a velocidade durante a queda. Não enviado.	Na questão inicial, limita-se a enumerar as estruturas básicas de programação. Bom nível de autonomia na realização do trabalho. Apontamentos pobres.
	11.º - S2	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um pára-quadras.	Faz um programa para representar graficamente a velocidade de queda do pára-quadras. O programa não corre.	Faz autonomamente o programa, no entanto, a má escolha do intervalo de tempo conduziu a um loop infinito o que dificultou a correcção do erro. Os apontamentos que toma durante a sessão, mostram uma preocupação maior em esquematizar bem o problema.
	11.º - S3	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e o trabalho das forças não conservativas (em função do tempo) de um pára-quadras.	Faz um programa que permite visualizar os gráficos em conjunto das energias cinética, potencial e mecânica.	Apesar de autónomo, apoia-se no Sérgio, reproduzindo o cálculo (não correcto) do trabalho da resultante das forças. Não consegue calcular o trabalho das forças não conservativas. Os apontamentos são sucintos.
		Análise global	Domina bem as bases de programação, constrói programas próprios com bastante autonomia.	Aluno muito rápido na compreensão dos projectos, vai consolidando a sua autonomia ao longo das sessões. Mostra-se sempre interessado e participativo. O trabalho desenvolvido parece ter favorecido o entendimento da Física.

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

Nuno	10.º - S1	Seminário de apresentação	Não houve	Aluno muito participativo. Mostra curiosidade relativamente à Física e à programação.
	10.º - S2	Estruturas de programação; exemplos. Equação do 2.ª grau	Reproduz correctamente o que é feito	Grande autonomia e capacidade de ajuda aos colegas. Mostra grande entusiasmo durante a sessão, sendo o mais participativo.
	10.º - S3	Construção de um gráfico de uma função quadrática	Reproduz correctamente o que é feito	Também nesta sessão mostra bastante autonomia, e satisfação com o resultado obtido. Mantem o seu nível de participação, levantando questões relativamente à função quadrática.
	10.º - S4	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda livre. Adaptação do programa para cálculo e representação das energias cinética e potencial.	Faz um primeiro programa que permite visualizar separadamente os gráficos da altura e da velocidade (mudando a variável no PLOT). Faz um segundo que permite visualizar no mesmo gráfico a energia cinética e a energia potencial.	Claramente o mais autónomo. Consegue começar o programa antes de eu dar o algoritmo de resolução. Consegue não só fazer a primeira parte do trabalho, como consegue adaptar o programa para calcular e representar graficamente as energias cinética e potencial (enviou dois programas). Teve tempo ainda para ajudar alguns colegas com maiores dificuldades.
	10.º - S5	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e variação da energia mecânica (em função do tempo) de um corpo em queda com resistência do ar significativa.	Faz um programa que permite visualizar os gráficos da altura, da velocidade e das energias cinética e potencial na mesma figura (usando o SUBPLOT).	Nesta sessão o aluno consegue por si chegar à solução do problema, no entanto, não consegue calcular a variação da energia mecânica (indicou-me no final da aula de que forma faria). Os apontamentos são completos, fazendo af um esquema do programa com um erro (que depois corrige no programa que me envia).
	11.º - S1	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um corpo em queda, inicialmente livre, e que a partir de determinada altura passa a ter resistência do ar significativa.	Faz um programa que calcula correctamente a altura e a velocidade durante a queda. Não enviado.	Na questão inicial o aluno realça as definições de velocidade e aceleração como diferenças finitas, descreve as estruturas de programação (excepto a de comparação), e frisa ainda a realização de programas que permitem calcular e representar grandezas Físicas. Grande autonomia na realização do trabalho. Nos apontamentos que fez durante a sessão, mostra uma grande profundidade no entendimento do processo Físico em questão.
	11.º - S2	Programa para representar graficamente a altura e a velocidade (em função do tempo) de um pára-quadras.	Faz um programa para representar graficamente a velocidade de queda do pára-quadras. O programa não corre.	Faz autonomamente o programa, no entanto, a má escolha do intervalo de tempo conduziu a um loop infinito o que dificultou a correcção do erro. Nos apontamentos que produz durante a sessão é de realçar um algoritmo feito por ele muito completo.
	11.º - S3	Programa para representar graficamente a altura, a velocidade, energia cinética, energia potencial e o trabalho das forças não conservativas (em função do tempo) de um pára-quadras.	Faz um programa que representa graficamente as energias cinética, potencial e mecânica, bem como o trabalho das forças não conservativas. Não enviado.	Sempre com grande autonomia, o aluno foi realizando o trabalho, conseguindo chegar à solução desejada. Teve alguns problemas com o trabalho das forças não conservativas, tendo começado por tentar calculá-lo a partir da definição e acabando por fazê-lo a partir da variação da energia mecânica. Os apontamentos produzidos referem-se à questão do cálculo do trabalho das forças não conservativas.
		Análise global	Domina muito bem as bases de programação, atingindo um nível avançado de programação. Muito criativo.	Apesar de se tratar de um aluno de nível muito elevado, as sessões de programação têm um efeito positivo, não só no aprofundamento dos conceitos da Física, mas também, na sua integração. Tal como o Lucas, o aluno demonstra um nível muito avançado na resolução de problemas.

Apêndice 7. Ficha de preparação para a 2ª sessão do 11.º ano

A.7.1. Modelo da ficha

1. Lê com atenção a seguinte descrição do movimento de queda de um pára-quedas:

O pára-quedas, com massa $m = 100kg$ (soma da sua massa com tudo o que transporta), é largado, de um avião, a uma altura de 3000m. Nota que ele inicialmente tem uma velocidade horizontal (a mesma que o avião), no entanto ainda não possui velocidade vertical (no sentido da Terra). Para o estudo que vamos fazer, a nossa preocupação é com a queda do corpo, pelo que vamos estudar apenas o movimento vertical (deixando de lado o que possa acontecer com a velocidade horizontal!).

Antes da abertura do pára-quedas, ele está sujeito ao peso e, à medida que desce, o ar provoca uma força de resistência (aproximadamente proporcional ao quadrado da velocidade e contrária ao peso). O factor de proporcionalidade depende da forma do corpo em queda, da densidade do ar e da área ocupada no plano perpendicular à velocidade.

Numa primeira aproximação, vamos considerar que esta força de resistência é desprezável enquanto o pára-quedas não está aberto. Deste modo, antes da abertura do pára-quedas, vamos considerar que a única força que determina o movimento é o peso (vertical e apontado para baixo):

$$P = -m \cdot g$$

(Nota também que estamos a fazer uma aproximação considerando que a aceleração da gravidade é constante: $g = 9.8m/s^2$)

A 1000m da altitude o pára-quedas é aberto, momento em que a velocidade tem um valor bastante elevado em módulo (a velocidade tem um valor negativo!). A estrutura do corpo em queda é deste modo alterada de forma significativa, passando a existir uma força de resistência do ar muito significativa. Vamos considerar que esta força é descrita pela seguinte equação:

$$F_{AR} = b \cdot v^2$$

Assumimos que a constante b tem um valor $25N/(m/s)^2$. A partir deste momento, o movimento fica então determinado pela velocidade que ele tinha adquirido (no momento em que o pára-quedas foi aberto) e pelo conjunto das duas forças P e F_{AR} , com sentidos contrários.

Nota que, numa aproximação mais realista, devemos considerar que antes de o pára-quedas abrir também existe força de resistência do ar, cuja constante b tem um valor $0.25N/(m/s)^2$. Nesta segunda aproximação continuamos a considerar o peso constante.

2. Tendo em conta que o movimento do corpo é determinado por um conjunto de forças diferente, antes e depois da abertura do pára-quedas, podemos dividir o estudo deste movimento em dois períodos (dois intervalos de tempo). Em cada período e para cada uma das aproximações, responde às seguintes questões:

- a) Qual a diferença entre a massa do pára-quedas, antes e depois de o pára-quedas abrir?
- b) Qual a expressão (em função da velocidade) que determina a resultante das forças em cada um dos períodos na primeira aproximação?
- c) Qual a expressão (em função da velocidade) que determina a resultante das forças em cada um dos períodos na segunda aproximação?
- d) Quais as expressões (funções da velocidade) que determinam a aceleração do corpo para as diferentes situações das duas alíneas anteriores?
- e) Qual a posição vertical que o corpo tem no início de cada um dos períodos? (considera que o eixo vertical é Oy , apontado para cima, com origem no chão)

3. Como vimos nas sessões anteriores, para intervalos de tempo muito pequenos, Δt , podemos assumir as seguintes igualdades para a velocidade e aceleração:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad \Delta v = a \cdot \Delta t$$
$$v = \frac{\Delta y}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad \Delta y = v \cdot \Delta t$$

Também vimos que estas expressões nos permitem calcular iterativamente a velocidade e a posição para uma série de tempos, conhecidos os valores iniciais da posição e da velocidade, bem como a aceleração nos sucessivos tempos de cálculo:

$$v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \cdot \Delta t$$
$$y(t + \Delta t) = y(t) + v(t + \Delta t) \cdot \Delta t$$

Tendo em conta estas informações, bem como a descrição feita no início, elabora um algoritmo que permita construir o gráfico da velocidade (vertical) do pára-quedas em função do tempo, desde que sai do avião até chegar ao chão (para cada uma das aproximações).

A.7.2. Análise das respostas

A ficha foi elaborada com a intenção de dar aos alunos uma formação inicial ao problema que estávamos a abordar. Foi discutida com a professora que a achou adequada aos alunos. Foi também discutida com o orientador.

Os alunos responderam em sala de aula com a presença da professora no dia 3 de Dezembro de 2018.

Nesta ficha peço aos alunos que respondam a duas questões, sendo que a primeira tem cinco alíneas. A primeira relaciona-se com o entendimento Físico do problema, e a segunda, pretende que o aluno elabore um algoritmo para resolução do problema.

Verifiquei, após as respostas, que as questões não foram claras para a maior parte dos alunos, assim como lhes exigiriam um maior nível algébrico. Não posso, no entanto, deixar de analisar as respostas, fazendo-o tendo em consideração esse facto.

Assim, começo por fazer uma análise por questão.

Questão 2a) “Qual a diferença entre a massa do pára-quedas, antes e depois de o pára-quedas abrir?”

Esta questão era bastante clara e todos os alunos, com excepção do António, responderam que a massa é a mesma. Na sua resposta, o António afirma que “a massa do pára-quedas antes do pára-quedas abrir vai ser maior do que após o pára-quedas abrir”. Isto ilustra a ideia de senso comum de que o peso é a força “que se sente” a puxar para baixo.

Questão 2b) “Qual a expressão (em função da velocidade) que determina a resultante das forças em cada um dos períodos na primeira aproximação?”

Esta questão começa por ter a dificuldade de distinguir entre as duas aproximações e os dois períodos correspondentes a cada uma delas. Assim, alguns alunos consideraram que aqui se pedia a expressão da resultante das forças quando a resistência do ar não é significativa e na alínea seguinte a situação em que é. Uma segunda dificuldade que surge no pedido de escrever a expressão em função da velocidade, o que levou alguns alunos a procurar uma expressão para a velocidade. Os únicos alunos que respondem de forma totalmente correcta a esta questão são o Lucas e o Nuno.

Relativamente à identificação correcta da resultante das forças pouco mais de metade dos alunos (oito) respondeu bem. Quanto à determinação correcta da expressão da resultante das forças em função da velocidade apenas os dois alunos acima referidos respondem bem, sendo que o Sérgio escreve bem a expressão, em função da velocidade, para a resultante das forças que considera.

Questão 2c) “Qual a expressão (em função da velocidade) que determina a resultante das forças em cada um dos períodos na segunda aproximação?”

Os resultados nesta questão não se distinguem dos da alínea anterior.

Questão 2d) “Quais as expressões (funções da velocidade) que determinam a aceleração do corpo para as diferentes situações das duas alíneas anteriores?”

Esta questão acaba por ficar dependente das duas anteriores, no entanto, é interessante notar que alguns alunos que não tinham determinado a expressão da resultante das forças em função da velocidade, fazem-no bem agora para a aceleração. Parece-me interessante notar que a dificuldade que os alunos tiveram em escrever a força em função da velocidade se dissipa um pouco nesta questão, mostrando que estão formatados a assumir que pode existir uma relação entre a velocidade e a aceleração e que a força se relaciona com a aceleração.

Questão 2e) “Qual a posição vertical que o corpo tem no início de cada um dos períodos? (considera que o eixo vertical é Oy , apontado para cima, com origem no chão)”

Esta questão, tal como a primeira, era muito simples, no entanto, quatro alunos responderam erradamente (sendo que um deles parece ter sido por distração). Em dois dos casos em que a resposta está errada, é interessante notar a tentativa que os alunos fazem de procurar fórmulas da cinemática (incoerentes) que lhes permitam escrever a posição em função do tempo (isto também se verifica em dois alunos que acabam por responder correctamente).

Questão 3 “Tendo em conta estas informações, bem como a descrição feita no início, elabora um algoritmo que permita construir o gráfico da velocidade (vertical) do pára-quedas em função do tempo, desde que sai do avião até chegar ao chão (para cada uma das aproximações).”

Também neste caso, penso que a pergunta estava para além das capacidades dos alunos. Não deixa, no entanto, de ser interessante notar que alguns alunos optaram por descrever a resolução do problema de forma descritiva, conseguindo propostas de resolução coerentes e estruturadas. De uma forma geral, os alunos parecem ter

adquirido ferramentas de estruturação do raciocínio para resolução de problemas de Física.

Faço agora uma breve análise da prestação de cada aluno nesta ficha:

Ana: A aluna responde correctamente às alíneas 2a) e 2e) como quase todos os alunos.

Nas restantes alíneas da questão 2, é bastante incoerente, mostrando apenas um entendimento da força como vector. A resposta à questão 3 reforça a não compreensão do problema, não apresentando uma estruturação adequada de resolução do problema adequada.

Bruno: Tal como no caso da Ana, só responde correctamente às alíneas 2a) e 2e), não entendendo o que é pedido na alínea 2c) e nem respondendo às outras duas alíneas.

Quanto à questão 3, a resposta dada mostra já alguma estruturação da resolução do problema (mesmo sem o ter entendido de forma correcta).

Luisa: A resposta à questão 2 mostra um entendimento do problema e uma correcta forma de escrever a resultante das forças em cada uma das situações pedidas. Quanto à escrita da resultante das forças em função da velocidade a aluna acaba por escrever uma expressão para a velocidade. Escreve correctamente a aceleração em função da velocidade para todas as situações. Na resposta à questão 3, a aluna é muito sintética apresentando uma estrutura correcta de resolução.

Luis: Um dos alunos com respostas mais fracas, responde correctamente apenas à questão 2a) e escreve uma expressão correcta para a resultante das forças antes e depois da abertura do pára-quedas. A resposta à questão 3 é muito incoerente, não reflectindo nem a compreensão do problema, nem uma estruturação coerente de resolução do problema.

Pedro: Tal como nos dois primeiros casos, as duas únicas respostas correctas são as das alíneas 2a) e 2e). Nas restantes alíneas da questão 2, o aluno não é coerente, escrevendo, no entanto, algumas expressões correctas para a resultante das forças. Não responde à questão 3.

Sérgio: Na questão 2 a única falha (penso que por não ter entendido a diferença entre as duas aproximações) foi não ter considerado a situação em que a resistência do ar não é significativa. Na questão 3 chega correctamente à expressão de recorrência para determinação das velocidades ao longo do tempo, fazendo, no entanto, alguma confusão com a definição de velocidade terminal que tenta introduzir na explicação que dá para resolução do problema.

João: O aluno apenas responde correctamente à alínea 2a), tentando, de forma muito confusa chegar às expressões pedidas nas alíneas seguintes. Procura utilizar uma série de expressões da cinemática aprendidas durante as aulas, mas de forma incoerente. Na questão 3 não apresenta uma proposta de resolução do problema, no entanto, descreve de forma correcta o movimento durante a queda (como já o havia feito antes de responder à questão 2).

Lucas: O aluno responde correctamente às primeiras três alíneas da questão 2, apresentando na alínea 2d) uma resposta muito confusa e pouco coerente, tentando integrar os conceitos de energia sem sucesso. Não responde à alínea 2e), aparentemente por distração. Na questão 3, apresenta um esquema coerente de resolução do problema.

António: Foi o único aluno que na alínea 2a) considerou que a massa, antes e depois do pára-quadras ser aberto, era diferente, recorrendo ao senso comum para explicar que após a abertura do pára-quadras ficaria mais «leve». Nas alíneas b) e c) da questão 2, não consegue perceber que existem dois períodos distintos no movimento do pára-quadras, procurando, de forma incoerente, responder às questões calculando o trabalho da resultante das forças. Na alínea 2d) continua a mostrar não ter entendido o movimento do pára-quadras, escrevendo expressões para a aceleração com e sem resistência do ar significativa (a primeira com um erro algébrico de manipulação de equações). Na alínea 2e) escreve para os dois períodos a expressão do movimento uniformemente acelerado, no qual identifica correctamente a posição vertical inicial. A questão 3 é incoerente, mostrando uma incompreensão do processo iterativo expresso no enunciado da questão.

Miguel: Na questão 2, o aluno reponde correctamente às alíneas a) e e), sendo incoerente nas restantes. Também neste caso o aluno procura utilizar expressões da cinemática aprendidas durante as aulas. Na questão 3, ao contrário do que faz na questão anterior, escreve bem as expressões para a aceleração, no entanto, limita-se a indicar as expressões que permitem calcular iterativamente as velocidades (alguma confusão na estrutura while). A resposta às questões parece ter sido feita de forma descuidada.

Carlos: Este é um dos casos mais claros de incompreensão da questão relativa à expressão da resultante das forças em função da velocidade. Reponde correctamente à questão 2, mostrando que entendeu o problema, no entanto, tenta encontrar expressões para a velocidade. Na questão 3, o aluno volta a mostrar que entende o problema e, de forma desajeitada, apresenta um esquema de resolução do problema. O esquema está

incorrecto uma vez que faz uma escolha errada dos eixos. É de notar ainda que utiliza linguagem de programação na estruturação do seu algoritmo.

Nuno: O aluno responde de forma irrepreensível à questão 2, mostrando um entendimento pleno do problema e das questões levantadas. Na questão 3 explica de forma segura resolução do problema, não conseguindo, no entanto, apresentar um algoritmo completo dessa resolução.

Apêndice 8. Análise da entrevista à professora de Física e Química

A entrevista teve a duração de 38 minutos e foi realizada numa esplanada próxima da casa da professora. A sua transcrição encontra-se no anexo 2.

A análise de conteúdo da entrevista foi feita com base em Bardin (2009). Consideram-se categorias associadas ao quadro teórico, no qual se procura identificar os efeitos que a programação computacional pode ter no processo ensino aprendizagem da Física no Secundário.

Categorias primárias:

- Entendimento dos conceitos da Dinâmica (Cinemática; Leis de Newton)
- Integração de conceitos da Mecânica (Cinemática; Leis de Newton; trabalho; energia)
- Competências adquiridas (subcategorias: autonomia; tutoria; metacognição; espírito crítico)
- Adequabilidade (subcategorias: aceitação; satisfação)

Após a primeira análise da entrevista, identificámos as seguintes categorias emergentes do discurso:

- Oportunidades (subcategorias: Rapidez de raciocínio; Aquisição de competências informáticas)
- Ameaças (subcategorias: descontinuidade temporal; perda de tempo; Subjectividade do docente)

Nota: Relativamente à subjectividade do docente, refiro-me à atribuição de importância no processo de aprendizagem devida a características especiais do docente que conduziu as sessões de programação.

Apresento a seguir um quadro onde identifico (3ª coluna) os indicadores associados às categorias consideradas, ou, sendo caso disso, às subcategorias. Na segunda coluna, localizo os indicadores na entrevista, identificando o número da resposta, bem como o tópico que lhe está associado. Na última coluna, apresento, por tópicos as minhas sínteses relativas a cada uma das categorias (ou subcategorias).

Categories primárias	Subcategorias	Indicadores	Unidades de contexto	Síntese (tópicos)
Entendimento dos conceitos da Dinâmica (Cinemática; Leis de Newton)		<p>“... acho que tornou muito mais expedita (ou rápida e fácil) a assimilação dos conceitos [força, aceleração, velocidade e posição] e a análise de gráficos, a relação entre os vectores e o significado dos seus sentidos.”</p> <p>Nota: entre parênteses rectos assinalo os conceitos que eram questionados nesta pergunta.</p>	R2 Entendem os conceitos associados à Mecânica	<p>1. Na opinião da professora, os alunos da turma intervencionada aumentaram significativamente o seu entendimento relativamente aos conceitos da Dinâmica.</p> <p>2. A professora teve necessidade de comparar esta turma com a outra do mesmo nível com que trabalha, notando que essa não atingiu os mesmos níveis de entendimento.</p>
		<p>“... conseguiram perceber, coisa que eu noto que na outra turma continuam a andar às voltas, a distinção entre grandezas vectoriais e grandezas escalares, ...”</p> <p>“Conseguem distinguir bem a diferença entre Força e Trabalho, por exemplo, entre Força e Energia.”</p> <p>“... por mais que eles digam que já sabem as Leis de Newton, acabam por continuar a pensar como Aristóteles.” (referindo-se à outra turma)</p> <p>“Sinto que eles deram o salto para Galileu e Newton com muito mais convicção.”</p> <p>“E penso que os ajudou muito o trabalho do ano passado e o trabalho deste ano e a sensação com que eu fico é que para eles a Física ficou muito mais clara, mais evidente: os fenómenos são mais evidentes, a Mecânica é mais evidente, ...”</p>	R10 Ligação entre os conceitos associados à Mecânica	<p>3. Os indicadores estão exclusivamente ligados às questões directas sobre a categoria.</p> <p>4.. É de notar que a professora faz menção ao facto de os alunos da turma intervencionada terem reduzido o seu nível de senso comum: “Sinto que eles deram o salto para Galileu e Newton com muito mais convicção.”</p> <p>5. Da análise geral, a professora atribui melhorias no entendimento dos conceitos da Dinâmica, relacionadas com as sessões de programação a que os alunos foram sujeitos.</p>
Integração de conceitos da Mecânica (Cinemática; Leis de Newton; trabalho; energia)		<p>“... acho que tornou muito mais expedita (ou rápida e fácil) a assimilação dos conceitos e a análise de gráficos, a relação entre os vectores e o significado dos seus sentidos.”</p>	R2 Entendem os conceitos associados à Mecânica	<p>1. A opinião da professora também aponta para uma melhoria nesta categoria.</p> <p>2. Esta opinião fica mais clara no discurso geral da professora ao longo da entrevista do que pelos indicadores retirados da mesma.</p>
		<p>“...ajuda a interpretar melhor os problemas, a perceber a necessidade de registar os dados, de os relacionar, de os interligar, de puxar pela cabeça para saber que ponte é que vão fazer entre os dados, ...”</p>	R4 Evolução vs sessões de programação	<p>3. Também para esta categoria, os indicadores estão directamente ligados às questões com ela relacionadas.</p>
		<p>“Conseguem distinguir bem a diferença entre Força e Trabalho, por exemplo, entre Força e Energia.”</p> <p>“E penso que os ajudou muito o trabalho do ano passado e o trabalho deste ano e a sensação com que eu fico é que para eles a Física ficou muito mais clara, mais evidente: os fenómenos são mais evidentes, a Mecânica é mais evidente, ...”</p>	R10 Ligação entre os conceitos associados à Mecânica	<p>4. A professora realça o facto de os alunos serem conduzidos a construir relações entre os vários conceitos.</p> <p>5. Também neste caso, a professora atribui as melhorias às sessões de programação.</p>

Competências de análise e síntese	Autonomia	<p>“...os alunos (a professora ia dizer tornaram-se) são mais autónomos, ...”</p> <p>“...noto nestes alunos muito maior autonomia, ...”</p> <p>“Eu posso atrasar-me 2 ou 3 aulas, em termos de desenvolvimento das matérias, e depois consigo recuperar o que não consigo com os outros, ...”</p>	R1.1 Tempo perdido	<p>1. A síntese é feita em conjunto para as duas subcategorias (autonomia e tutoria) uma vez que se tratam de competências situadas em níveis cognitivos afins.</p> <p>2. Neste caso, a professora também faz a comparação com a outra turma (que não foi intervencionada), realçando a diferença para melhor dos níveis de autonomia assim como dos processos de tutoria observados na turma intervencionada.</p> <p>3. Os indicadores relativos à autonomia surgem ao longo da entrevista, em questões que não estão directamente associados a essa subcategoria, indicando a importância que a professora atribui a este aspecto.</p> <p>4. No que diz respeito à tutoria, os indicadores surgem numa questão directamente relacionada com essa subcategoria.</p> <p>5. A professora realça a diferença desta turma no que diz respeito à capacidade particular que tem para explicar as matérias entre si e para alunos de outras turmas.</p> <p>6. O termo tutoria é utilizado directamente pela professora sem que este tenha sido introduzido durante a entrevista.</p>
		<p>“Mais confiantes, mais motivados.”</p> <p>“... têm menos medo de arriscar, ...”</p>	R5 autonomia dos alunos	
		<p>“...ajuda na autonomia, na autoconfiança, de estruturação do raciocínio ...”</p>	R8 Aspectos benéficos para o ensino da Física	
	Tutoria	<p>“... porque é uma turma que sabe trabalhar em equipa como eu nunca tinha tido, ...”</p> <p>“... esta turma tem essa capacidade de entreatjada, muito acima do normal, provavelmente porque desde o ano passado puderam pôr à prova, tiveram de pôr à prova, essa competência ao contrário das outras turmas.”</p> <p>“... noto na turma os processos de tutoria a funcionarem muito bem.”</p> <p>“Quando eu ponho, dois a dois, os alunos com mais facilidade a ajudarem os alunos com mais dificuldade, funciona muito bem.”</p>	R9.1 Entreatjada	
	Metacognição	<p>“... de antever aquilo que eles esperam obter, ...”</p>	R4 Evolução vs sessões de programação	
		<p>“... uma construção que eles próprios fizeram ...”</p> <p>“... uma linguagem diferente que depois se traduzia numa imagem e o resultado visual associavam a qualquer coisa que já tinham visto nos livros, mas que saiu da cabeça deles, ...”</p> <p>“... aumenta a capacidade de se corrigirem porque se revêem mais naquilo que estão a fazer, ...”</p>	R8 Aspectos benéficos para o ensino da Física	
	Espírito crítico	<p>“... desenvolver espírito crítico.”</p>	R4 Evolução vs sessões de programação	

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

		<p>“...a programação ensinou-lhe o poder da paciência, o poder da sensibilidade, da atenção ao pormenor ...” (referindo-se a um aluno em particular)</p> <p>“...e eu senti que isso aumentava a confiança no seu próprio raciocínio ...”</p> <p>“...aumenta a capacidade de se corrigirem ...”</p>	<p>R8</p> <p>Aspectos benéficos para o ensino da Física</p>	<p>potencializa o espírito crítico e promove a metacognição.</p> <p>4. Estas duas subcategorias surgem no discurso da professora, sem que sejam mencionados nas questões que lhe foram colocadas.</p>
Adequabilidade	Aceitação	<p>“Já dou aulas há mais de vinte anos e se me perguntares se eu queria fazer disto uma rotina, a resposta é seguramente, sim.”</p>	<p>R4</p> <p>Evolução vs sessões de programação</p>	<p>1. Os indicadores ilustram bem que as estratégias de programação foram adequadas, não só pela aceitação da sua implementação, como pela satisfação expressa pela professora, pela direcção da escola e pelo departamento de Física e Química da escola.</p> <p>2. Alguns dos indicadores surgem em questões não directamente relacionadas com as categorias correspondentes.</p> <p>3. É particularmente interessante a afirmação da professora do primeiro indicador da subcategoria (aceitação).</p>
		<p>“... acho que há uma abertura total, ...”</p> <p>“...há por parte da escola um investimento no código, ...”</p>	<p>R6</p> <p>avaliação do conselho de turma</p>	
		<p>“É de muito interesse nesta actividade e de muita abertura ...” (O departamento)</p>	<p>R7</p> <p>avaliação do departamento</p>	
	Satisfação	<p>“Os alunos beneficiaram imenso desta experiência ...”</p> <p>“... acho que foi um investimento.”</p>	<p>R1</p> <p>Tempo perdido</p>	
		<p>“... não acho que tenha sido prejudicial.”</p>	<p>R1.1</p> <p>Tempo perdido</p>	
		<p>“Eu tenho a certeza que esta experiência foi muito benéfica para os alunos.”</p> <p>“Gostaria que todos os alunos tivessem a sorte que estes tiveram.”</p>	<p>R4</p> <p>Evolução vs sessões de programação</p>	
		<p>“... quer o Director de ciclo, quer o Conselho de Turma, sobretudo a Professora Responsável, ficaram gratos.”</p>	<p>R6</p> <p>avaliação do conselho de turma</p>	
		<p>“...não vejo prejuízo nenhum com a experiência que nós tivemos.”</p>	<p>R9</p> <p>Aspectos prejudiciais para o ensino da Física</p>	
		<p>“Só te posso agradecer imenso.”</p>	<p>R9.1</p> <p>Entreajuda</p>	

Categories emergentes	Subcategorias	Indicadores	Unidades de contexto	Síntese (tópicos)
Oportunidades	Rapidez de raciocínio	“... muito mais rapidez de raciocínio na abordagem dos problemas, ...” “Eu posso atrasar-me 2 ou 3 aulas, em termos de desenvolvimento das matérias, e depois consigo recuperar o que não consigo com os outros, ...”	R1.1 Tempo perdido	A professora considera que houve um incremento relativo à rapidez de raciocínio, tendo como consequência o anulamento da importância associada ao tempo retirado às aulas de problemas.
		“... acho que tornou muito mais expedita (ou rápida e fácil) a assimilação dos conceitos e a análise de gráficos, a relação entre os vectores e o significado dos seus sentidos.”	R2 Entendem os conceitos associados à Mecânica	
	Competências informáticas	“... só é difícil se for descontinuada, se for muito esporádica a aprendizagem da programação, ...”	R3 linguagem de programação como dificuldade	1. A professora realça a importância da aquisição destas competências, não só para o processo de aprendizagem da Física, como para preparação de um futuro universitário. 2. Na sua opinião não é problemático os alunos terem de aprender uma linguagem de programação.
		“... verem no computador uma ideia com uma linguagem diferente, ...” “... a programação ensinou-lhe o poder da paciência, o poder da sensibilidade, da atenção ao pormenor ...”	R8 Aspectos benéficos para o ensino da Física	
		“... havia ali, no início, alunos muito bons e muito fracos e no final todos conseguiram atingir os objectivos, ...”	R9.1 Entreajuda	
		“É importante que nós como professores os ajudemos nesse sentido para que não tenham essa dificuldade na entrada da universidade.” “... é muito mais benéfico para os alunos desenvolverem competências de raciocínio e de compreensão, de aplicação, do que estar a investir em conhecimento que são receitas e mais receitas ...”	R11 Dificuldades de implementação	
Ameaças	Descontinuidade temporal	“... só é difícil se for descontinuada, se for muito esporádica a aprendizagem da programação, ...” “... o que pode atrasar o rendimento da aprendizagem da programação é o espaçamento no tempo das actividades ...”	R3 linguagem de programação como dificuldade	1. Esta parece ser a maior ameaça na implementação deste tipo de estratégias. 2. A professora relaciona-a com a dificuldade de articulação com as actividades do currículo.
		“Há sempre aspectos a melhorar, como, no nosso caso, a questão do tempo ...”	R9 Aspectos prejudiciais para o ensino da Física	
	Perda de tempo	“Eu penso que não foi um tempo perdido.” “... de maneira nenhuma acho que tenha sido um tempo perdido ...”	R1 Tempo perdido	Apesar de na primeira questão ser desvalorizada, na última a professora recebe que estas actividades retirem tempo necessário para o programa?
		“É muito difícil com a quantidade de matéria e com as horas que temos, introduzir uma metodologia que requer o seu tempo.”	R11 Dificuldades de implementação	
	Subjectividade do docente	“... abordaste os conceitos de física de uma forma diferente da minha, com muita “paixão”, ...”	R1 Tempo perdido	1. A professora realça as capacidades do docente que conduziu as sessões, o que

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

		<p>“Tu falas da Física de uma forma muito bonita, ...”</p> <p>“... tu conseguiste cativá-los para isso pela forma como falas das coisas.”</p> <p>“...tu falas do ponto de vista do professor universitário, ...”</p>		<p>pode sugerir que a intervenção depende do docente que a conduz.</p>
--	--	--	--	--

Apêndice 9. Análise das entrevistas aos alunos da turma

Análise de conteúdo às entrevistas dos alunos.

As entrevistas aos alunos foram realizadas da seguinte forma:

- Foi construído um guião com onze questões cujo objectivo principal era o de dar resposta às categorias associadas ao quadro teórico da tese. Procurava-se também categorias emergentes do discurso dos alunos.
- De forma a garantir a sua compreensão, as questões foram discutidas com uma professora de Português do 3.º ciclo, com a professora de Física e Química dos alunos, assim como com o orientador desta tese.
- A entrevista foi então realizada em aula com a presença da professora, tendo sido enviado um documento word para os computadores de cada aluno, sendo as respostas editadas no computador nesse mesmo documento pelos alunos e enviadas à professora (estes documentos encontram-se no anexo 3).

Apresenta-se de seguida o enunciado das questões colocadas, sendo indicado uma possibilidade de resposta compatível com a esperada heurística científica dos alunos deste nível, bem como os parâmetros que considero associados à resposta que pretendo analisar em cada uma delas. Estes parâmetros relacionam-se com categorias associadas ao meu quadro teórico. Note-se que as questões são muito abertas possibilitando respostas muito diferentes das sugeridas (não necessariamente incorrectas):

Questão 1: Na sua opinião, o que é que a Física estuda?

Resposta possível: Ciência que estuda a natureza e os seus fenómenos procurando as suas propriedades e a relação entre elas.

Parâmetros: Construção lógica e completa da ideia; nível de senso comum; Conhecimento dos conceitos da Física

Questão 2: Quais as definições/conceitos que considera mais importantes para a aprendizagem da Física?

Resposta possível: Força, massa, aceleração, velocidade e electricidade.

Parâmetros: Conceitos de força, aceleração e velocidade como fundamentais; nível de senso comum; Integração de conceitos

Questão 3: O que acha da ligação entre a Física e a Química?

Resposta possível: São ambas Ciências naturais exactas que se relacionam no estudo de conceitos comuns como a energia e as forças

Parâmetros: Construção lógica e completa da ideia; Integração de conceitos; nível de senso comum

Questão 4: O que é para si a programação?

Resposta possível: Forma de comunicação com um computador

Parâmetros: Construção lógica e completa da ideia; nível de senso comum; Aquisição de conhecimentos computacionais

Questão 5: O que é para si um algoritmo?

Resposta possível: Estruturação das etapas que conduzem à resolução de um problema

Parâmetros: Aquisição de conhecimentos computacionais

Questão 6: De que forma é que considera que a programação pode ajudar (ou complicar) a aprendizagem da Física?

Resposta possível: Permite estabelecer relações entre os conceitos da Física e resolver problemas que não conseguiria com lápis e papel

Parâmetros: Construção lógica e completa da ideia; Integração de conceitos; Aquisição de conhecimentos computacionais; Metacognição

Questão 7: De que é que gostou mais nas sessões de programação?

Resposta possível: (totalmente aberta)

Parâmetros: Grau de satisfação; Aquisição de conhecimentos computacionais; Integração de conceitos

Questão 8: De que é que gostou menos nas sessões de programação?

Resposta possível: (totalmente aberta)

Parâmetros: Grau de insatisfação; Construção lógica e completa da ideia

Questão 9: O que é que aprendeu de Física nas sessões de programação?

Resposta possível: A relacionar as matérias de Física e a compreender melhor os conceitos de velocidade e de aceleração

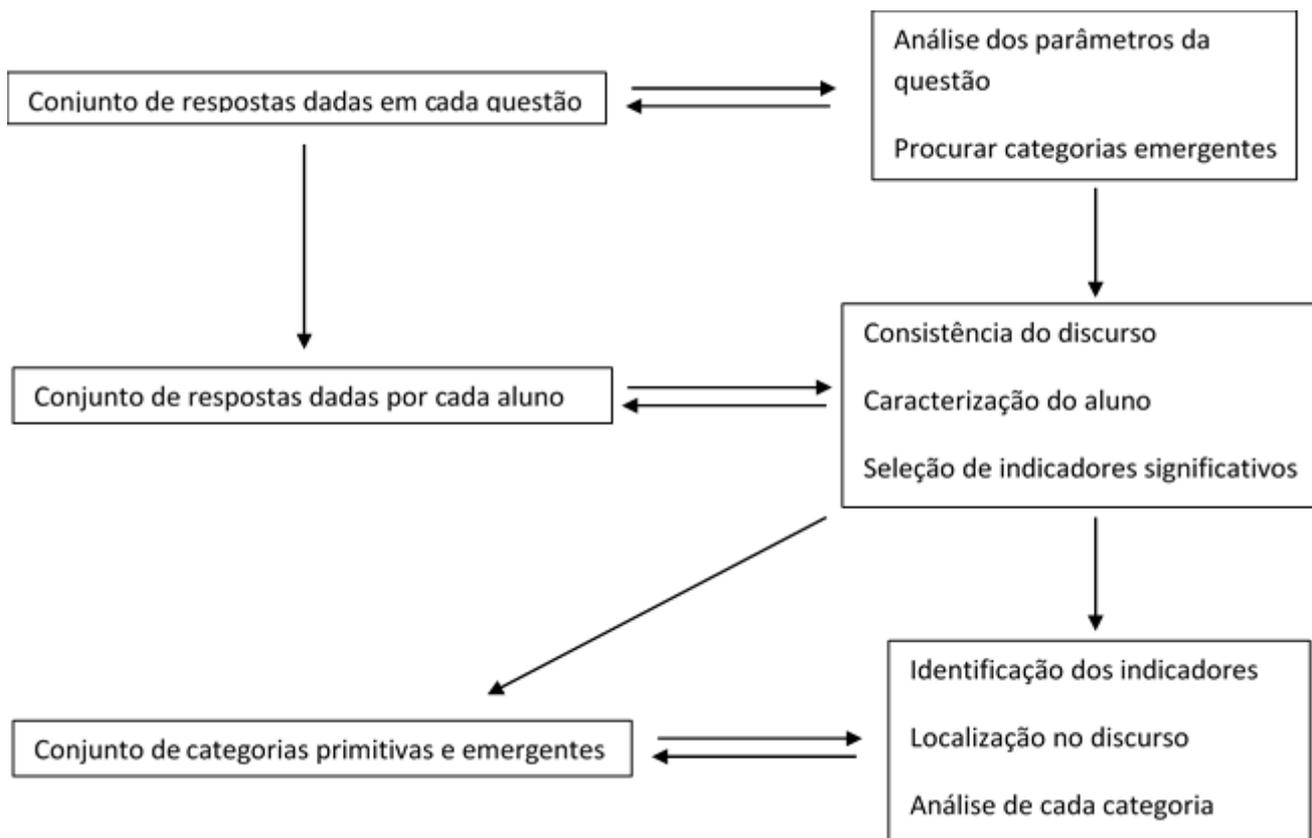
Parâmetros: Compreensão dos conceitos fundamentais da Física; Integração de conceitos

Questão 10: No movimento de um corpo, o que precisa de conhecer para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo?

Resposta possível: A partir dos valores da massa e da velocidade em tempos sucessivos

Parâmetros: Compreensão dos conceitos fundamentais da Física; Integração de conceitos

Para proceder ao processo de análise de conteúdo destas entrevistas foi utilizada como base a metodologia proposta por Bardin (2009), tendo sido acrescentado mais um nível de análise. De uma forma esquemática, organizei esta análise em três níveis, da seguinte forma:



No primeiro nível de análise analiso o conjunto de respostas dadas a cada uma das questões, avaliando de 0 a 3 o nível para cada um dos parâmetros acima indicados. Com base nesta análise e da observação do discurso global, procurei encontrar dimensões que escapem à métrica adoptada para cada um dos parâmetros referidos. Esta análise encontra-se sintetizada na tabela A.9.1

Num segundo nível analiso o discurso global de cada aluno, isto é, o conjunto das respostas dadas pelo aluno em toda a entrevista. Neste nível de análise procuro em primeiro lugar a consistência do discurso de forma a ponderar a significância dos indicadores contidos nesse discurso. Ainda neste nível procurei indicadores associados aos parâmetros acima mencionados bem como indicadores de categorias ou subcategorias emergentes do discurso.

Acrescentei nesta análise a informação sobre o nível de participação nas sessões. Esta análise encontra-se sintetizada na tabela A.9.2.

No terceiro e último nível de análise, construí um quadro (tabela A.9.3) no qual na primeira coluna são colocadas as categorias e subcategorias, numa segunda coluna a identificação do aluno, numa terceira o indicador retirado do seu discurso, numa quarta a localização desse indicador na entrevista e acrescentei ainda uma última coluna na qual faço uma síntese relativa a cada categoria.

Tabela A.9.1: Pré-análise das entrevistas aos alunos: conjunto de respostas a cada questão.

Questão / categorias	Sujeitos	Respostas	Análise
<p>Questão 1: Na sua opinião, o que é que a Física estuda? (e.g. Ciência que estuda a natureza e os seus fenómenos procurando as suas propriedades e a relação entre elas)</p> <p>1. Construção lógica e completa da ideia</p> <p>2. nível de senso comum</p> <p>3. Conhecimento dos conceitos da Física.</p>	Ana	“Estuda os fenómenos naturais; ciência que estuda a natureza.”	1, 0, 0
	Bruno	“Para mim a física é uma ciência exata que estuda todos os fenómenos observáveis pelo ser humano, macroscopicamente e microscopicamente, desde os movimentos dos astros no espaço até ao simples procedimento de aquecimento de um alimento. Quer queiramos quer não esta está presente em todos os momentos das nossas vidas.”	2, 0, 1
	Luísa	“Na minha opinião a física estuda os movimentos e os mais variados tipos de fenómenos que são verificáveis com a prática, por exemplo são os tipos de fenómenos que se vêm através da observação sem ser necessária o microscópio. Ou seja, estuda os fenómenos do dia-a-dia.”	1, 1, 1
	Pedro	“Para mim, a física estuda os fenómenos mais palpáveis do nosso dia a dia com o intuito de nos ajudar a perceber o porquê destes acontecerem.”	1, 1, 0
	Frederico	“Para mim a Física estuda todo comportamento dos movimentos.”	1, 0, 1
	Luís	“Na minha opinião, a Física estuda os fenómenos naturais em geral!”	1, 0, 0
	Sérgio	“A Física estuda o comportamento de corpos quando expostos a determinadas condições.”	2, 0, 0
	João	“Estuda os fenómenos que são palpáveis e visíveis ao olho humano.”	1, 1, 0
	Lucas	“É a ciência que estuda os fenómenos da natureza em geral, mais especificamente as suas propriedades e relações entre si.”	3, 0, 0
	António	“A Física é a ciência que estuda a natureza, sendo responsável por nos levar aos estudos de fenómenos naturais como a mecânica, a eletricidade, etc...”	1, 0, 1
	Miguel	“Pessoalmente, creio que a Física estuda a natureza e os fenómenos que nos rodeiam no dia-a-dia em geral, procurando explicar todos os seus mecanismos e explicar as suas consequências.”	3, 0, 0
	Carlos	“As interações entre corpos distintos.”	1, 0, 1
Nuno	“A Física estuda o mundo a nossa volta e pretende encontrar a razão para os acontecimentos. Estuda, também, aquilo que não vemos, novamente, para responder às questões que nos colocamos relacionadas com o que nos rodeia, a física estuda a razão dos acontecimentos do meio físico.”	3, 0, 0	
Análise à questão	Global	Apesar das respostas nesta questão estarem bem construídas, nota-se alguma falta de profundidade com algum nível de senso comum. É de notar a preocupação nalgumas respostas em realçar a importância da integração dos conceitos da Física.	

<p>Questão 2: Quais as definições/conceitos que considera mais importantes para a aprendizagem da Física?</p> <p>(e.g. Força, massa, aceleração, velocidade, electricidade)</p> <p>1. Conceitos de força, aceleração e velocidade como fundamentais</p> <p>2. nível de senso comum</p> <p>3. Integração de conceitos</p>	Ana	“O que é uma força, o que é uma energia, as leis de Newton.”	2, 0, 0
	Bruno	“Conceito de massa, velocidade, aceleração, entre muitos mais.”	2, 0, 0
	Luísa	“Velocidade, aceleração, deslocamento, Leis de Newton, energias e forças, mas principalmente saber relacionar todos os conceitos.”	3, 0, 2
	Pedro	“Força de atrito, força da gravidade e a força aplicada.”	1, 1, 0
	Frederico	“Os conceitos que considero mais importantes na aprendizagem da Física são os movimentos e forças.”	2, 0, 0
	Luís	“Movimento , Eletricidade , Calor , Luz e Som.”	1, 1, 0
	Sérgio	“Força, velocidade, tempo e aceleração.”	3, 0, 0
	João	“Definição de energia, força ondas etc”	1, 1, 0
	Lucas	“Os conceitos de força resultante, velocidade, energia tanto mecânica como potencial e cinética.”	2, 0, 0
	António	“Os conceitos que considero mais importantes para mim na aprendizagem da Física são as forças e os movimentos e também a electricidade.”	2, 0, 0
Miguel	“Creio que os conceitos que envolvem forças e os vários movimentos são os mais essências para a aprendizagem desta área do saber.”	2, 0, 0	
Carlos	“Os conceitos de força resultante, velocidade, energia tanto mecânica como potencial e cinética”	2, 0, 0	
Nuno	“O conceito de força, aceleração, energia. As leis de Newton.”	3, 0, 0	
Análise à questão	Global	De uma forma geral as respostas apontam para uma percepção correcta relativamente aos conceitos fundamentais da Física. Numa das respostas a integração de conceitos aparece de forma significativa. Tal como na questão anterior, podemos observar algum nível de senso comum.	
<p>Questão 3: O que acha da ligação entre a Física e a Química?</p> <p>(e.g. São ambas Ciências exactas que se relacionam no estudo de conceitos comuns como a energia e as forças)</p> <p>1. Construção lógica e completa da ideia</p> <p>2. Integração de conceitos</p>	Ana	“Creio que se complementam, uma vez que a Física estuda os fenómenos físicos/naturais sem a transformação da matéria e a Química estuda os fenómenos onde ocorrem transformação de matéria.”	2, 0, 0
	Bruno	“Acho que ambas são essenciais para o estudo”	0, 0, 1
	Luísa	“A física e a química estão ligadas das mais variadas formas, na minha opinião eles relacionam-se na medida em a química aprofunda mais os conhecimentos microscópicos que a física estuda, no entanto temos noção que ambas se influenciam, ou seja, apesar de na escola estudarmos as duas áreas de formas distinta e separada, elas têm influencias umas nas outras.”	3, 1, 0
	Pedro	“Estas ligações são essenciais na aprendizagem de ambas.”	0, 0, 1
	Frederico	“A ligação entre estas áreas são muito importantes pois, na pratica, as duas estão sempre relacionadas entre si.”	1, 1, 0
	Luís	“Embora a Química estude em particular os fenómenos em que ocorrem transformações de matéria(reações químicas) e a Física o fenómeno em que apenas ocorre deformação do mesmo , ambas ocorrem em ambiente natural e trabalham com fenómenos naturais completando-se uma à outra.”	3, 1, 0
	Sérgio	“São ciências empíricas cujos estudos se conciliam para o avanço do conhecimento.”	1, 1, 0

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

3. Nível de senso comum	João	“Não acho que estejam ligadas diretamente visto que a física se trata maioritariamente de coisas palpáveis e visíveis, e assim mais fácil de perceber e certo, e a química algo que tem mudado ao longo dos tempos e que para mim não desperta muito interesse”	0, 0, 2
	Lucas	“Ambos estudam os fenómenos da natureza.”	1, 0, 0
	António	“A Física e a Química e estão ligadas. A Física estuda os fenómenos físicos e a Química estuda os fenómenos químicos, e ambos estes fenómenos são estudados na natureza.”	1, 0, 0
	Miguel	“Sinceramente, acho difícil encontrar esta ligação em vários casos. Porém, quando estudo melhor estas situações, sou capaz de encontrar uma ligação lógica e necessária entre ambas estas áreas.”	0, 0, 0
	Carlos	“Acho que a ligação entre as duas não é evidente.”	1,0,0
	Nuno	“Para dar resposta aos problemas do dia a dia a física e a química são necessárias uma à outra. Contudo, numa abordagem mais teórica é perfeitamente viável a separação das duas áreas de estudo.”	2, 1, 0
Análise à questão	Global	Apesar de se tratar de uma questão que dificilmente se enquadra na construção científica associada ao currículo da disciplina de Física e Química do secundário, algumas respostas refletem maturidade científica. No entanto, grande parte dos alunos não consegue descrever de forma consistente a ligação que estas duas áreas. Também nesta questão prevalece algum nível de senso comum.	
<p>Questão 4: O que é para si a programação? (e.g. Forma de comunicação com um computador)</p> <p>1. Construção lógica e completa da ideia</p> <p>2. Senso comum</p> <p>3. Aquisição de conhecimentos computacionais</p>	Ana	“Uma forma diferente e prática de compreender física.”	1, 1, 0
	Bruno	“É uma forma de comunicação com um computador. Através de diversos “passos” é possível formar uma lista de ordens para que o computador cumpra, de forma a resolver os problemas com os quais nos confrontamos. E sendo bem utilizada simplifica muito os desafios encontrados em diversos aspetos da vida, sendo que a tecnologia está cada vez mais presente na nossa vida, através da robótica, segurança e outras áreas “controladas” pela programação.”	2, 0, 2
	Luísa	“A programação para mim é algo que relaciona a informática com as questões diárias das pessoas é uma forma mais fácil de fazer aquilo que é verificável no nosso cérebro e através do papel, visto que tudo aquilo que demoraria montes de tempo a fazer se utilizássemos um lápis e um papel é feito numa questão de segundos através da programação.”	2, 0, 2
	Pedro	“A programação é um conjunto de ordens que são dadas e escritas pelo programador num programa de programação, com o intuito de facilitar o trabalho que este programador realiza.”	1, 1, 1
	Frederico	“Programação é um processo de escrita utilizada para que os humanos consigam se comunicar com o computador.”	2, 0, 3
	Luís	“Programação para mim é de forma simples e o mais detalhadamente possível, ordenar através da escrita (linguagem) transmitir ordens a um computador, e o mesmo as executar corretamente.”	3, 0, 3
	Sérgio	“Escrever “coisas” no computador que o mandam fazer o que queremos.”	1, 0, 2
	João	“Linguagem dos computadores. Máquinas virtuais.”	0, 2, 0
	Lucas	“É um processo no qual descrevemos a tarefa que queremos que o computador faça sempre escrito numa linguagem computacional.”	3, 0, 3
	António	“Para mim, a programação é uma maneira diferente de aprendizagem de Física, onde utilizamos algoritmos para resolver diversos problemas relacionados com a Física.”	1, 2, 0
Miguel	“Creio que programação significa traduzir Física, ou qualquer outro tipo de problemas, para um linguagem virtual.”	2, 0, 1	

	Carlos	“A programação para mim é uma ferramenta elementar para a construção do mundo atual, visto que este gira á volta da tecnologia tendo esta como pilar a programação.”	1, 2, 0
	Nuno	“A programação é uma ferramenta que permite encontrar soluções antes muito difíceis ou trabalhosas de uma forma simples e rápida.”	2, 0, 1
Análise à questão	Global	Na maior parte das respostas a esta questão, os alunos mostram ter adquirido noções válidas de programação, notando-se, no entanto, por parte de alguns alunos um nível de senso comum significativo.	
<p>Questão 5: O que é para si um algoritmo? (e.g. Estruturação das etapas que conduzem à resolução de um problema)</p> <p>Aquisição de conhecimentos computacionais</p>	Ana	“Uma série de ações que se realizam quando algo programado acontece.”	0
	Bruno	“Conjunto de etapas e ordens que se dá a um computador, com uma sequência lógica, que nos leva à resolução de um determinado problema.”	3
	Luísa	“Um algoritmo para mim é aquilo que antecede a programação, é o tempo que os programadores têm que tirar para pensar naquilo que estão a fazer, porque o computador só faz aquilo que lhe mandam, sempre me disseram que se o computador está a dar erro é porque ou nós estamos a fazer algo de errado ou não fomos explícitos o suficiente para o computador perceber aquilo que queremos fazer.”	2
	Pedro	“É a forma como damos as ordens ao programa de programação.”	1
	Frederico	“Um algoritmo é um conjunto de instruções que se dá a uma máquina para executá-las por ordem de forma a obtermos um resultado ou uma solução.”	3
	Luís	“É a ordenação sucessiva de tarefas de modo a resolver um problema!”	3
	Sérgio	“É um conjunto de linhas de código que fazem com que o computador faça coisas diferentes dependendo dos dados iniciais que lhe fornecemos.”	2
	João	“Uma série de ações que se realizam quando algo acontece.”	0
	Lucas	“É uma sequência de ações que têm como fim solucionar um problema.”	2
	António	“Para mim, um algoritmo é um esquema de resolução de problema.”	2
	Miguel	“Um algoritmo representa os passos que são necessários para a tradução de um problema para um programa.”	3
	Carlos	“Um algoritmo é uma sequência de ações finitas que visam resolver um problema.”	3
Nuno	“Um algoritmo é uma estruturação do pensamento, uma organização e planeamento das tarefas que necessitam de ser realizadas. É um método que nos permite evitar erros acidentais e ser rápidos ao escrever código.”	3	
Análise à questão	Global	As respostas a esta questão vêm reforçar a análise à questão anterior, mostrando que em grande parte dos casos os alunos têm uma percepção significativa da programação, tendo adquirido a ideia de pensamento computacional.	
<p>Questão 6: De que forma é que considera que a programação pode ajudar (ou complicar) a aprendizagem da Física?</p>	Ana	“Honestamente, creio que a programação pode tanto ajudar como ser indiferente à aprendizagem da Física. Ajuda a perceber a Física de uma maneira mais prática, e diferente, através de gráficos e saber de facto construí-los e compreende-los.”	2, 1, 1, 1
	Bruno	“Acho que pode ajudar bastante, sendo uma maneira diferente de aplicar o aprendido nas aulas e uma forma divertida de consolidar diversos aspetos da física.”	2, 1, 1, 0
	Luísa	“Nas nossas aulas de programação aprendemos a relacionar a matéria de física do 10º ano e do 11º ano, tal é bastante útil porque ambas existem em conjunto e dependem umas das outras.”	3, 3, 1, 2

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

<p>(e.g. Permite estabelecer relações entre os conceitos da Física e resolver problemas que não conseguiria com lápis e papel)</p> <p>1. Construção lógica e completa da ideia</p> <p>2. Integração de conceitos</p> <p>3. Aquisição de conhecimentos computacionais</p> <p>4. Metacognição</p>	Pedro	“A programação ajuda na compreensão da física, visto que nos ajuda a realizar a quer algoritmos de exercícios que nos seriam complicados de resolver passo a passo quer os gráficos que estes originam.”	1, 1, 1, 0
	Frederico	“A programação ajuda a Física pois trabalha o nosso raciocínio matemático, lógico e podemos utilizá-la para entendermos a Física de uma forma mais prática e interativa.”	2, 2, 2, 2
	Luís	“Complicar não, mas acredito que com mais pratica de programação em si, será possível visualizar ainda mais a ligação entre as duas.”	1, 0, 0, 0
	Sérgio	“Na minha opinião, torna mais claro a relação entre as diferentes grandezas e o raciocínio por trás das contas que fazemos nos testes e exames.”	3, 2, 1, 2
	João	“Acho que não ajudou nem piorou a minha física. São coisas diferentes e aquilo que fizemos nas aulas foi apenas uma forma mais complicada de fazer certos gráficos que já estavam desenhados no livro. Ou seja, acho que ajudaria mais se depois de todo aquele trabalho víssemos algo novo e não um gráfico parecido a outra que já tínhamos visto antes ao estudarmos essa matéria em casa.”	1, 0, 0, 0
	Lucas	“Para podermos programar temos de simplificar os nossos conhecimentos para os podermos introduzir no computador e ao simplificarmos estes conhecimentos para o computador simplificamos para nós também.”	3, 1, 2, 3
	António	“Acho que a programação pode-nos ajudar a compreender alguns conceitos mais complexos da Física, tentando resolver certos problemas Físicos com um algoritmo.”	2, 1, 1, 1
	Miguel	“Permite-nos compreender melhor aquilo que estamos a estudar e também ter uma nova maneira de compreender uma certa matéria.”	1, 0, 0, 0
	Carlos	“A programação é essencial para nos ajudar a aprender física, visto que esta nos ajuda a planear e a delinear um plano para resolver os problemas propostos sendo este um dos pontos fulcrais da física.”	2, 1, 2, 2
Nuno	<p>“A programação exige uma compreensão dos conceitos físicos, de forma a ser possível a sua aplicação, tal exige, consequentemente que os alunos estejam confortáveis com os conceitos lecionados e sejam capazes de resolver problemas, com facilidade, utilizando esses conceitos.</p> <p>Logo, a programação desenvolve as competências exigidas para o estudo da física e facilita, assim a sua aprendizagem.”</p>	2, 1, 1, 2	
Análise à questão	Global	Em grande parte das respostas os alunos expressam a sua satisfação relativamente ao entendimento da Física através da programação, observando-se nalguns casos traços de metacognição, no sentido em que os alunos expressam a sua construção relativamente à resolução dos problemas da Física.	
<p>Questão 7: De que é que gostou mais nas sessões de programação?</p> <p>1. Grau de satisfação</p> <p>2. Aquisição de conhecimentos computacionais</p>	Ana	“Quando, de facto, conseguia relacionar a programação com a matéria.”	1, 1, 0
	Bruno	Não responde	
	Luísa	“De sermos obrigados a refletir na matéria e a perceber que está tudo relacionado que as coisas dependem umas das outras.”	2, 1, 3
	Pedro	“Gostei mais da realização do algoritmo associado à queda do pára-quedas e a execução dos gráficos que este origina.”	2, 1, 0
	Frederico	“O que eu gostei mais da Física foi, do facto, de podermos aplicar a Física na programação que é uma área em que eu estou muito interessado em segui-la, podendo desta forma aplica-la na prática.”	2, 1, 0
	Luís	“Gostei do desenvolvimento necessário para desenvolver um algoritmo funcional!”	2, 1, 0
	Sérgio	“Aprender como funciona uma linguagem de programação e a realizar tarefas simples.”	2, 2, 0

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

3. Integração de conceitos	João	“Ter uma noção do que se tratava”	1, 0, 0
	Lucas	“Da últimas aulas nas quais usávamos o conhecimento adquirido em aulas anteriores e programávamos sozinhos.”	3, 2, 1
	António	“Gostei muito utilizar algoritmos para resolver questões relacionadas com a Física.”	3, 2, 0
	Miguel	“Sem dúvida da maneira de ensinar do professor e de sermos nós sozinhos a tentar descobrir maneiras de concretizar o problema e programa.”	3, 1, 0
	Carlos	“Gostei da forma como o professor nos expor tanto a matéria como a própria programação.”	3, 0, 0
	Nuno	“Do desafio constante que nos era proposto, da independência que era necessária.”	3, 1, 1
Análise à questão	Global	De uma forma geral, o discurso dos alunos revela satisfação relativamente às sessões, com razões diversas. É denominador comum a satisfação relativa à aquisição de competências de programação. Um dos alunos expressa claramente o facto da programação ajudar no entendimento da integração de conceitos na Física.	
<p>Questão 8: De que é que gostou menos nas sessões de programação?</p> <p>1. Grau de insatisfação</p> <p>2. Construção lógica e completa da ideia</p>	Ana	“Quando não entendia do que se estava a ser falado, por vezes, creio que o professor não era muito claro e/ou explícito e eu, muitas vezes, não conseguia acompanhar a aula e ficava sem entender como é que se relacionava com Física.”	3, 2
	Bruno	“Acho que no início das sessões ficamos muito tempo a entender os básicos da programação.”	2, 2
	Luísa	“Aquilo que gostei menos, foram as sessões iniciais em que o professor nos mostrou mais ou menos como é que se programava e todas as definições básicas associadas à programação, essa aula foi bastante secante na minha opinião, apesar de ter noção que ela é necessária, poderia ter sido abordada de maneira diferente. Por fim, apesar de parecer que me estou a contradizer, não gostei do facto de o professor nos por a trabalhar sozinho, por exemplo dava-nos um problema e dizia agora resolvam, mas o verdadeiro problema era que nós não tínhamos bases suficientes para conseguir através dos dados e do nosso conhecimento chegar à solução, se calhar até sabíamos a matéria, mas o difícil era passar os nossos conhecimentos para o computador.”	2, 3
	Pedro	“O espaçamento que as seções tiveram.”	1, 1
	Frederico	“Não houve nada de que gostei menos.”	0, 1
	Luís	“Na minha opinião eu acho que se devia investir mais na parte teórica da linguagem antes de a intercalar com a física, pois eu senti alguma dificuldade em desenvolver código já em tarefas de física pois não tinha praticado o suficiente de programação em si antes.”	2, 2
	Sérgio	“Esperava conseguir fazer mais no final das sessões; penso que o processo de aprendizagem foi muito lento, o que é compreensível tendo em conta os diferentes interesses/motivações de cada um.”	1, 2
	João	“Pelas mesmas razões que no ponto 6”	3, 1
	Lucas	“De devido ao espaçamento de aulas termos de repetir os conhecimentos dados inúmeras vezes.”	1, 2
	António	“Acho que as aulas estavam demasiado afastadas umas das outras e às vezes de uma aula para outra já nos tínhamos esquecido de alguns conceitos.”	1, 2
	Miguel	“Creio que nalgumas sessões estávamos demasiado à vontade, o que permitiu que a atenção dos alunos fosse menor. Também acho que os espaçamento entre as sessões foi demasiado longo.”	1, 1

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

	Carlos	“Penso que não houve nada que eu achasse que fosse mau.”	0, 1
	Nuno	“Algumas vezes senti que não abordamos certos problemas no tempo suficiente e reconheço que é um desafio grande não tendo nós bases sólidas de programação.”	1, 2
Análise à questão	Global	Com exceção de dois alunos, todos mostraram alguma insatisfação. As duas principais razões de insatisfação são o afastamento temporal entre sessões e o tempo despendido com a aprendizagem dos conceitos base da programação. Em dois dos casos os alunos mostram alguma insatisfação por falta de tempo para maiores desenvolvimentos.	
	Ana	“A fazer alguns gráficos.”	1, 0
	Bruno	“As sessões de programação ajudaram-me bastante a compreender o movimento de um corpo em queda livre e a entender as variações de energia nesse mesmo movimento.”	2, 2
	Luísa	“Aprendi um pouco sobre programação, mas acho que ganhei imenso por relacionar as matérias.”	1, 2
	Pedro	“Aprendi a relação que os gráficos que nos são facultados têm com os problemas que temos que resolver.”	1, 2
	Frederico	“Aprendemos a lógica de programação que é a base inicial e, na minha opinião a importante para conseguir aprender a programar e aprofundamos conceitos sobre Física.”	1, 1
	Luís	“Observei proporcionalidades entre conceitos Físicos que outrora não os tinha desenvolvido eu desconhecia.”	1, 2
	Sérgio	“Não sinto que aprendi nada novo em termos de “matéria” mas clarificou conceitos que não estavam bem solidificados.”	2, 1
	João	“Nada que já tivesse aprendido. O que nós dávamos nas aulas de programação era um pequeno desenvolvimento daquilo que se dava nas aulas normais.”	0, 0
	Lucas	“Aprendemos os conceitos básicos da programação e aprofundamos o que temos vindo a trabalhar nas aulas de f.q.”	1, 1
	António	“Aprendi que as questões e problemas relacionados com a Física podem se resolver de maneiras diferentes, nomeadamente, com o uso de um algoritmo.”	0, 0
	Miguel	“Sem dúvida novas maneiras de compreender algo e também novas maneiras de resolver problemas. Percebi também muito melhor certos elementos da matéria.”	2, 1
	Carlos	“Aprendi os conceitos básicos da programação e aprofundei os conhecimentos já adquiridos da física.”	2, 1
	Nuno	“A importância do conceito velocidade instantânea e da possibilidade de admitir que se o intervalo for pequeno o suficiente podemos considerá-lo um instante.”	3, 2
Análise à questão	Global	Com duas exceções, os alunos consideraram que aprofundaram os conceitos da Física através das sessões. Os alunos expressaram de forma diferente em que medida foi o seu aprofundamento.	
	Ana	“A velocidade em que o corpo se encontra, e as variações da mesma, a posição que o corpo se encontra e as variações da mesma.”	1, 0
	Bruno	“Velocidade, massa ou as forças aplicadas nesse corpo.”	2, 2
	Luísa	“Podemos calcular o movimento de um corpo de varias formas, sendo a mais básica através da velocidade e da massa do corpo.”	2, 2
	Pedro	“Velocidade, força de atrito, e a aceleração a que o corpo esta sujeito.”	1, 0

<p>(e.g. A partir dos valores da massa e da velocidade em tempos sucessivos)</p> <p>1. Compreensão dos conceitos fundamentais da Física</p> <p>2. Integração de conceitos</p>	Frederico	“O que eu preciso de conhecer é a massa e a velocidade.”	2, 0
	Luís	“A massa , e a sua velocidade!”	2, 0
	Sérgio	“A intensidade da força resultante, ou seja, a aceleração resultante e a massa do corpo. O deslocamento do corpo, isto é, a distância percorrida, tendo em conta que o movimento é retilíneo e não houve inversão de sentido.”	3, 1
	João	“Forças resistentes, massa, forças que atuam no corpo que sem ser as resistentes, distancias trajetórias etc.”	1, 0
	Lucas	“A massa, a velocidade instantânea em cada momento e o intervalo de tempo.”	3, 1
	António	“Para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo precisamos de conhecer a massa e velocidade do corpo.”	2, 0
	Miguel	“Creio que é importante saber a massa do corpo, a velocidade inicial e final, depois, dependendo do movimento, saber o peso do corpo e se há resistência do ar/atrito ou não, talvez o deslocamento.”	1, 0
	Carlos	“É preciso conhecer a velocidade ao qual se desloca, a sua massa e o tempo.”	3, 1
	Nuno	“A variação da sua velocidade, ao longo do tempo.”	2, 1
Análise à questão	Global	Os alunos mostram de forma geral responder de forma satisfatória a esta questão, associando a descrição da energia cinética ao conhecimento da velocidade e da massa. Nalguns casos os alunos mostram que não existe uma forma única de o fazer, demonstrando um nível de integração de conceitos significativo	

Tabela A.9.2: Pré-análise das entrevistas aos alunos: discurso de cada aluno.

Aluno	Questão	Respostas	Análise
Ana	Q1	“Estuda os fenómenos naturais; ciência que estuda a natureza.”	<p>1. Conjunto de respostas consistente.</p> <p>2. De forma geral o aluno constrói de forma lógica as suas ideias, mas sem grande profundidade.</p> <p>3. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é reduzido.</p> <p>4. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é reduzido.</p> <p>5. Satisfação reduzida relativamente às sessões.</p> <p>6. Como crítica maior, o aluno queixa-se da clareza do professor na explicação dos assuntos</p> <p>7. O nível de participação nas sessões</p>
	Q2	“O que é uma força, o que é uma energia, as leis de Newton.”	
	Q3	“Creio que se complementam, uma vez que a Física estuda os fenómenos físicos/naturais sem a transformação da matéria e a Química estuda os fenómenos onde ocorrem transformação de matéria.”	
	Q4	“Uma forma diferente e prática de compreender física.”	
	Q5	“Uma série de ações que se realizam quando algo programado acontece.”	
	Q6	“Honestamente, creio que a programação pode tanto ajudar como ser indiferente à aprendizagem da Física. Ajuda a perceber a Física de uma maneira mais prática, e diferente, através de gráficos e saber de facto construí-los e compreendê-los.”	
	Q7	“Quando, de facto, conseguia relacionar a programação com a matéria.”	
	Q8	“Quando não entendia do que se estava a ser falado, por vezes, creio que o professor não era muito claro e/ou explícito e eu, muitas vezes, não conseguia acompanhar a aula e ficava sem entender como é que se relacionava com Física.”	
	Q9	“A fazer alguns gráficos.”	

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

	Q10	“A velocidade em que o corpo se encontra, e as variações da mesma, a posição que o corpo se encontra e as variações da mesma.”	foi baixo, muito dependente dos colegas.
Bruno	Q1	“Para mim a física é uma ciência exata que estuda todos os fenómenos observáveis pelo ser humano, macroscopicamente e microscopicamente, desde os movimentos dos astros no espaço até ao simples procedimento de aquecimento de um alimento. Quer queiramos quer não esta está presente em todos os momentos das nossas vidas.”	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conjunto de respostas consistente. 2. O aluno constrói de forma lógica e de forma suficientemente completa as suas ideias. 3. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é bom, notando-se que consegue integrar os conceitos da Mecânica. 4. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é bom. 5. Mostra satisfação relativamente às sessões. 6. Como crítica maior, o aluno refere o tempo despendido na aprendizagem da programação. 7. O nível de participação nas sessões foi alto.
	Q2	“Conceito de massa, velocidade, aceleração, entre muitos mais.”	
	Q3	“Acho que ambas são essenciais para o estudo”	
	Q4	“É uma forma de comunicação com um computador. Através de diversos “passos” é possível formar uma lista de ordens para que o computador cumpra, de forma a resolver os problemas com os quais nos confrontamos. E sendo bem utilizada simplifica muito os desafios encontrados em diversos aspetos da vida, sendo que a tecnologia está cada vez mais presente na nossa vida, através da robótica, segurança e outras áreas “controladas” pela programação.”	
	Q5	“Conjunto de etapas e ordens que se dá a um computador, com uma sequência lógica, que nos leva à resolução de um determinado problema.”	
	Q6	“Acho que pode ajudar bastante, sendo uma maneira diferente de aplicar o aprendido nas aulas e uma forma divertida de consolidar diversos aspetos da física.”	
	Q7	Não responde (por lapso?)	
	Q8	“Acho que no início das sessões ficamos muito tempo a entender os básicos da programação.”	
	Q9	“As sessões de programação ajudaram-me bastante a compreender o movimento de um corpo em queda livre e a entender as variações de energia nesse mesmo movimento.”	
	Q10	“Velocidade, massa ou as forças aplicadas nesse corpo.”	
Luísa	Q1	“Na minha opinião a física estuda os movimentos e os mais variados tipos de fenómenos que são verificáveis com a prática, por exemplo são os tipos de fenómenos que se vêm através da observação sem ser necessária o microscópio. Ou seja, estuda os fenómenos do dia-a-dia.”	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conjunto de respostas muito consistente. 2. O aluno constrói de forma lógica e de forma bastante completa as suas ideias. 3. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é bom, notando-se que consegue integrar os conceitos da Mecânica. 4. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é bom. 5. Mostra satisfação relativamente às sessões (com algumas reservas). 6. O aluno realça o facto de ter conseguido
	Q2	“Velocidade, aceleração, deslocamento, Leis de Newton, energias e forças, mas principalmente saber relacionar todos os conceitos.”	
	Q3	“A física e a química estão ligadas das mais variadas formas, na minha opinião eles relacionam-se na medida em a química aprofunda mais os conhecimentos microscópicos que a física estuda, no entanto temos noção que ambas se influenciam, ou seja, apesar de na escola estudarmos as duas áreas de formas distinta e separada, elas têm influencias umas nas outras.”	
	Q4	“A programação para mim é algo que relaciona a informática com as questões diárias das pessoas é uma forma mais fácil de fazer aquilo que é verificável no nosso cérebro e através do papel, visto que tudo aquilo que demoraria montes de tempo a fazer se utilizássemos um lápis e um papel é feito numa questão de segundos através da programação.”	
	Q5	“Um algoritmo para mim é aquilo que antecede a programação, é o tempo que os programadores têm que tirar para pensar naquilo que estão a fazer, porque o computador só faz aquilo que lhe mandam, sempre me disseram que se o computador está a dar erro é porque ou nós estamos a fazer algo de errado ou não fomos explícitos o suficiente para o computador perceber aquilo que queremos fazer.”	

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

	Q6	“Nas nossas aulas de programação aprendemos a relacionar a matéria de física do 10º ano e do 11º ano, tal é bastante útil porque ambas existem em conjunto e dependem umas das outras.”	<p>interligar as matérias aprendidas em Física.</p> <p>7. Como crítica maior, o aluno refere o tempo despendido na aprendizagem da programação. O aluno põe igualmente em causa o facto de o professor deixar os alunos trabalharem sozinhos sem bases sólidas.</p> <p>8. O nível de participação nas sessões foi muito alto.</p>
	Q7	“De sermos obrigados a refletir na matéria e a perceber que está tudo relacionado que as coisas dependem umas das outras.”	
	Q8	“Aquilo que gostei menos, foram as sessões iniciais em que o professor nos mostrou mais ou menos como é que se programava e todas as definições básicas associadas à programação, essa aula foi bastante secante na minha opinião, apesar de ter noção que ela é necessária, poderia ter sido abordada de maneira diferente. Por fim, apesar de parecer que me estou a contradizer, não gostei do facto de o professor nos por a trabalhar sozinho, por exemplo dava-nos um problema e dizia agora resolvam, mas o verdadeiro problema era que nós não tínhamos bases suficientes para conseguir através dos dados e do nosso conhecimento chegar à solução, se calhar até sabíamos a matéria, mas o difícil era passar os nossos conhecimentos para o computador.”	
	Q9	“Aprendi um pouco sobre programação, mas acho que ganhei imenso por relacionar as matérias.”	
	Q10	“Podemos calcular o movimento de um corpo de várias formas, sendo a mais básica através da velocidade e da massa do corpo.”	
Pedro	Q1	“Para mim, a física estuda os fenómenos mais palpáveis do nosso dia a dia com o intuito de nos ajudar a perceber o porquê destes acontecerem.”	<p>1. Conjunto de respostas pouco consistente.</p> <p>2. O aluno não consegue construir de forma lógica e completa as suas ideias.</p> <p>3. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é baixo, situando-se no senso comum.</p> <p>4. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é reduzido.</p> <p>5. Mostra satisfação relativamente às sessões.</p> <p>6. Como crítica maior, o aluno refere o afastamento temporal das sessões.</p> <p>7. O nível de participação nas sessões foi baixo denotando muitas dificuldades de aprendizagem.</p>
	Q2	“Força de atrito, força da gravidade e a força aplicada.”	
	Q3	“Estas ligações são essenciais na aprendizagem de ambas.”	
	Q4	“A programação é um conjunto de ordens que são dadas e escritas pelo programador num programa de programação, com o intuito de facilitar o trabalho que este programador realiza.”	
	Q5	“É a forma como damos as ordens ao programa de programação.”	
	Q6	“A programação ajuda na compreensão da física, visto que nos ajuda a realizar a quer algoritmos de exercícios que nos seriam complicados de resolver passo a passo quer os gráficos que estes originam.”	
	Q7	“Gostei mais da realização do algoritmo associado à queda do pára-quadras e a execução dos gráficos que este origina.”	
	Q8	“O espaçamento que as seções tiveram.”	
	Q9	“Aprendi a relação que os gráficos que nos são facultados têm com os problemas que temos que resolver.”	
	Q10	“Velocidade, força de atrito, e a aceleração a que o corpo está sujeito.”	
Frederico	Q1	“Para mim a Física estuda todo comportamento dos movimentos.”	<p>1. Conjunto de respostas consistente.</p> <p>2. De forma geral o aluno constrói de forma lógica as suas ideias, mas sem grande profundidade Física.</p>
	Q2	“Os conceitos que considero mais importantes na aprendizagem da Física são os movimentos e forças.”	
	Q3	“A ligação entre estas áreas são muito importantes pois, na pratica, as duas estão sempre relacionadas entre si.”	

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

	Q4	“Programação é um processo de escrita utilizada para que os humanos consigam se comunicar com o computador.”	3. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é razoável.
	Q5	“Um algoritmo é um conjunto de instruções que se dá a uma máquina para executá-las por ordem de forma a obtermos um resultado ou uma solução.”	4. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é bom.
	Q6	“A programação ajuda a Física pois trabalha o nosso raciocínio matemático, lógico e podemos utilizá-la para entendermos a Física de uma forma mais prática e interativa.”	5 Mostra satisfação relativamente às sessões.
	Q7	“O que eu gostei mais da Física foi, do facto, de podermos aplicar a Física na programação que é uma área em que eu estou muito interessado em segui-la, podendo desta forma aplica-la na prática.”	6. O aluno não apresenta qualquer crítica negativa.
	Q8	“Não houve nada de que gostei menos.”	7. O nível de participação nas sessões foi alto, apesar de só ter participado nas sessões do 11.º ano.
	Q9	“Aprendemos a lógica de programação que é a base inicial e, na minha opinião a importante para conseguir aprender a programar e aprofundamos conceitos sobre Física.”	
	Q10	“O que eu preciso de conhecer é a massa e a velocidade.”	
Luís	Q1	“Na minha opinião, a Física estuda os fenómenos naturais em geral!”	1. Conjunto de respostas consistente.
	Q2	“Movimento, Eletricidade, Calor, Luz e Som.”	2 O aluno tem dificuldade em construir de forma lógica e completa as suas ideias.
	Q3	“Embora a Química estude em particular os fenómenos em que ocorrem transformações de matéria (reações químicas) e a Física o fenómeno em que apenas ocorre deformação do mesmo, ambas ocorrem em ambiente natural e trabalham com fenómenos naturais completando-se uma à outra.”	3. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é reduzido.
	Q4	“Programação para mim é de forma simples e o mais detalhadamente possível, ordenar através da escrita (linguagem) transmitir ordens a um computador, e o mesmo as executar corretamente.”	4. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é bom.
	Q5	“É a ordenação sucessiva de tarefas de modo a resolver um problema!”	5 Mostra satisfação relativamente às sessões.
	Q6	“Complicar não, mas acredito que com mais pratica de programação em si, será possível visualizar ainda mais a ligação entre as duas.”	6. Como crítica maior, o aluno refere a dificuldade na aprendizagem da programação.
	Q7	“Gostei do desenvolvimento necessário para desenvolver um algoritmo funcional!”	7. O nível de participação nas sessões foi razoável, apresentando dificuldades de aprendizagem.
	Q8	“Na minha opinião eu acho que se devia investir mais na parte teórica da linguagem antes de a intercalar com a física, pois eu senti alguma dificuldade em desenvolver código já em tarefas de física pois não tinha praticado o suficiente de programação em si antes.”	
	Q9	“Observei proporcionalidades entre conceitos Físicos que outrora não os tinha desenvolvido eu desconhecia.”	
	Q10	“A massa, e a sua velocidade!”	
Sérgio	Q1	“A Física estuda o comportamento de corpos quando expostos a determinadas condições.”	1. Conjunto de respostas consistente.
	Q2	“Força, velocidade, tempo e aceleração.”	2 O aluno constrói de forma lógica e completa as suas ideias. Boa capacidade de síntese.
	Q3	“São ciências empíricas cujos estudos se conciliam para o avanço do conhecimento.”	

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

	Q4	“Escrever “coisas” no computador que o mandam fazer o que queremos.”	<p>3. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é muito bom, notando-se que consegue integrar os conceitos da Mecânica.</p> <p>4. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é bom.</p> <p>5 Mostra satisfação relativamente às sessões.</p> <p>6. Como crítica maior, o aluno refere o tempo despendido na aprendizagem da programação, como factor inibidor de um maior desenvolvimento.</p> <p>7. O nível de participação nas sessões foi muito alto.</p>
	Q5	“É um conjunto de linhas de código que fazem com que o computador faça coisas diferentes dependendo dos dados iniciais que lhe fornecemos.”	
	Q6	“Na minha opinião, torna mais claro a relação entre as diferentes grandezas e o raciocínio por trás das contas que fazemos nos testes e exames.”	
	Q7	“Aprender como funciona uma linguagem de programação e a realizar tarefas simples.”	
	Q8	“Esperava conseguir fazer mais no final das sessões; penso que o processo de aprendizagem foi muito lento, o que é compreensível tendo em conta os diferentes interesses/motivações de cada um.”	
	Q9	“Não sinto que aprendi nada novo em termos de “matéria”, mas clarificou conceitos que não estavam bem solidificados.”	
	Q10	“A intensidade da força resultante, ou seja, a aceleração resultante e a massa do corpo. O deslocamento do corpo, isto é, a distância percorrida, tendo em conta que o movimento é retilíneo e não houve inversão de sentido.”	
João	Q1	“Estuda os fenómenos que são palpáveis e visíveis ao olho humano.”	<p>1. Conjunto de respostas muito pouco consistente (utilização do etc).</p> <p>2. O aluno não consegue construir de forma lógica e completa as suas ideias.</p> <p>3. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é baixo, situando-se no senso comum.</p> <p>4. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é reduzido.</p> <p>5. Mostra insatisfação relativamente às sessões.</p> <p>6. O nível de participação nas sessões foi baixo (o aluno foi por várias vezes chamado à atenção pela professora por estar a jogar durante as sessões).</p>
	Q2	“Definição de energia, força ondas etc”	
	Q3	“Não acho que estejam ligadas diretamente visto que a física se trata maioritariamente de coisas palpáveis e visíveis, e assim mais fácil de perceber e certo, e a química algo que tem mudado ao longo dos tempos e que para mim não desperta muito interesse”	
	Q4	“Linguagem dos computadores. Máquinas virtuais.”	
	Q5	“Uma série de ações que se realizam quando algo acontece.”	
	Q6	“Acho que não ajudou nem piorou a minha física. São coisas diferentes e aquilo que fizemos nas aulas foi apenas uma forma mais complicada de fazer certos gráficos que já estavam desenhados no livro. Ou seja, acho que ajudaria mais se depois de todo aquele trabalho víssemos algo novo e não um gráfico parecido a outra que já tínhamos visto antes ao estudarmos essa matéria em casa.”	
	Q7	“Ter uma noção do que se tratava”	
	Q8	“Pelos mesmas razões que no ponto 6”	
	Q9	“Nada que já tivesse aprendido. O que nós dávamos nas aulas de programação era um pequeno desenvolvimento daquilo que se dava nas aulas normais.”	
	Q10	“Forças resistentes, massa, forças que atuam no corpo que sem ser as resistentes, distancias trajetórias etc.”	
Lucas	Q1	“É a ciência que estuda os fenómenos da natureza em geral, mais especificamente as suas propriedades e relações entre si.”	<p>1. Conjunto de respostas muito consistente.</p> <p>2. O aluno constrói de forma lógica e completa as suas ideias.</p> <p>3. O nível de conhecimento dos</p>
	Q2	“Os conceitos de força resultante, velocidade, energia tanto mecânica como potencial e cinética.”	
	Q3	“Ambos estudam os fenómenos da natureza.”	

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

	Q4	“É um processo no qual descrevemos a tarefa que queremos que o computador faça sempre escrito numa linguagem computacional.”	conceitos fundamentais da Física é bom.
	Q5	“É uma sequência de ações que têm como fim solucionar um problema.”	4. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é bom.
	Q6	“Para podermos programar temos de simplificar os nossos conhecimentos para os podermos introduzir no computador e ao simplificarmos estes conhecimentos para o computador simplificamos para nós também.”	5 Mostra satisfação relativamente às sessões.
	Q7	“Das últimas aulas nas quais usávamos o conhecimento adquirido em aulas anteriores e programávamos sozinhos.”	6. Como crítica maior, o aluno refere o afastamento temporal das sessões.
	Q8	“De devido ao espaçamento de aulas termos de repetir os conhecimentos dados inúmeras vezes.”	7. O nível de participação nas sessões foi alto.
	Q9	“Aprendemos os conceitos básicos da programação e aprofundamos o que temos vindo a trabalhar nas aulas de fq.”	
	Q10	“A massa, a velocidade instantânea em cada momento e o intervalo de tempo.”	
António	Q1	“A Física é a ciência que estuda a natureza, sendo responsável por nos levar aos estudos de fenómenos naturais como a mecânica, a eletricidade, etc...”	1. Conjunto de respostas pouco consistente.
	Q2	“Os conceitos que considero mais importantes para mim na aprendizagem da Física são as forças e os movimentos e também a eletricidade.”	2. O aluno tem dificuldade em construir de forma lógica e completa as suas ideias.
	Q3	“A Física e a Química e estão ligadas. A Física estuda os fenómenos físicos e a Química estuda os fenómenos químicos, e ambos estes fenómenos são estudados na natureza.”	3. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é fraco e de senso comum.
	Q4	“Para mim, a programação é uma maneira diferente de aprendizagem de Física, onde utilizamos algoritmos para resolver diversos problemas relacionados com a Física.”	4. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é reduzido.
	Q5	“Para mim, um algoritmo é um esquema de resolução de problema.”	5 Mostra satisfação relativamente às sessões.
	Q6	“Acho que a programação pode-nos ajudar a compreender alguns conceitos mais complexos da Física, tentando resolver certos problemas Físicos com um algoritmo.”	6. Como crítica maior, o aluno refere o afastamento temporal das sessões.
	Q7	“Gostei muito utilizar algoritmos para resolver questões relacionadas com a Física.”	7. O nível de participação nas sessões foi fraco. O aluno não assistiu às sessões do 11.º ano.
	Q8	“Acho que as aulas estavam demasiado afastadas umas das outras e às vezes de uma aula para outra já nos tínhamos esquecido de alguns conceitos.”	
	Q9	“Aprendi que as questões e problemas relacionados com a Física podem se resolver de maneiras diferentes, nomeadamente, com o uso de um algoritmo.”	
	Q10	“Para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo precisamos de conhecer a massa e velocidade do corpo.”	
Miguel	Q1	“Pessoalmente, creio que a Física estuda a natureza e os fenómenos que nos rodeiam no dia-a-dia em geral, procurando explicar todos os seus mecanismos e explicar as suas consequências.”	1. Conjunto de respostas consistente.
	Q2	“Creio que os conceitos que envolvem forças e os vários movimentos são os mais essenciais para a aprendizagem desta área do saber.”	2. O aluno tem dificuldade em construir de forma lógica e completa as suas ideias.
	Q3	“Sinceramente, acho difícil encontrar esta ligação em vários casos. Porém, quando estudo melhor estas situações, sou capaz de encontrar uma ligação lógica e necessária entre ambas estas áreas.”	3. O nível de conhecimento dos

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

	Q4	“Creio que programação significa traduzir Física, ou qualquer outro tipo de problemas, para uma linguagem virtual.”	conceitos fundamentais da Física é razoável.
	Q5	“Um algoritmo representa os passos que são necessários para a tradução de um problema para um programa.”	4. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é razoável.
	Q6	“Permite-nos compreender melhor aquilo que estamos a estudar e também ter uma nova maneira de compreender uma certa matéria.”	5 Mostra satisfação relativamente às sessões.
	Q7	“Sem dúvida da maneira de ensinar do professor e de sermos nós sozinhos a tentar descobrir maneiras de concretizar o problema e programa.”	6. Como crítica maior, o aluno refere o afastamento temporal das sessões.
	Q8	“Creio que nalgumas sessões estávamos demasiado à vontade, o que permitiu que a atenção dos alunos fosse menor. Também acho que o espaçamento entre as sessões foi demasiado longo.”	7. O nível de participação nas sessões foi razoável (bom no 10.º ano e mais fraco no 11.º ano).
	Q9	“Sem dúvida novas maneiras de compreender algo e também novas maneiras de resolver problemas. Percebi também muito melhor certos elementos da matéria.”	
	Q10	“Creio que é importante saber a massa do corpo, a velocidade inicial e final, depois, dependendo do movimento, saber o peso do corpo e se há resistência do ar/atrito ou não, talvez o deslocamento.”	
Carlos	Q1	“As interações entre corpos distintos.”	1. Conjunto de respostas consistente.
	Q2	“Os conceitos de força resultante, velocidade, energia tanto mecânica como potencial e cinética”	2. O aluno tem dificuldade em construir de forma lógica e completa as suas ideias.
	Q3	“Acho que a ligação entre as duas não é evidente.”	3. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais da Física é bom.
	Q4	“A programação para mim é uma ferramenta elementar para a construção do mundo atual, visto que este gira á volta da tecnologia tendo esta como pilar a programação.”	4. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é bom.
	Q5	“Um algoritmo é uma sequência de ações finitas que visam resolver um problema.”	5 Mostra satisfação relativamente às sessões.
	Q6	“A programação é essencial para nos ajudar a aprender física, visto que esta nos ajuda a planear e a delinear um plano para resolver os problemas propostos sendo este um dos pontos fulcrais da física.”	6. O aluno não apresenta qualquer crítica negativa (realça apenas as qualidades do professor).
	Q7	“Gostei da forma como o professor nos expor tanto a matéria como a própria programação.”	7. O nível de participação nas sessões foi muito alto.
	Q8	“Penso que não houve nada que eu achasse que fosse mau.”	
	Q9	“Aprendi os conceitos básicos da programação e aprofundei os conhecimentos já adquiridos da física.”	
	Q10	“É preciso conhecer a velocidade ao qual se desloca, a sua massa e o tempo.”	
Nuno	Q1	“A Física estuda o mundo a nossa volta e pretende encontrar a razão para os acontecimentos. Estuda, também, aquilo que não vemos, novamente, para responder às questões que nos colocamos relacionadas com o que nos rodeia, a física estuda a razão dos acontecimentos do meio físico.”	1. Conjunto de respostas consistente.
	Q2	“O conceito de força, aceleração, energia. As leis de Newton.”	2. O aluno constrói de forma lógica e de forma bastante completa as suas ideias. Boa capacidade de síntese.
	Q3	“Para dar resposta aos problemas do dia a dia a física e a química são necessárias uma à outra. Contudo, numa abordagem mais teórica é perfeitamente viável a separação das duas áreas de estudo.”	3. O nível de conhecimento dos conceitos fundamentais

	Q4	“A programação é uma ferramenta que permite encontrar soluções antes muito difíceis ou trabalhosas de uma forma simples e rápida.”	<p>da Física é muito bom, notando-se que consegue integrar os conceitos da Mecânica.</p> <p>4. O nível de conhecimento dos conceitos de programação é bom.</p> <p>5 Mostra satisfação relativamente às sessões.</p> <p>6. Como crítica maior, o aluno refere o tempo despendido na aprendizagem da programação, como factor inibidor de um maior desenvolvimento.</p> <p>7. O nível de participação nas sessões foi muito alto.</p>
	Q5	“Um algoritmo é uma estruturação do pensamento, uma organização e planeamento das tarefas que necessitam de ser realizadas. É um método que nos permite evitar erros acidentais e ser rápidos ao escrever código.”	
	Q6	“A programação exige uma compreensão dos conceitos físicos, de forma a ser possível a sua aplicação, tal exige, consequentemente que os alunos estejam confortáveis com os conceitos lecionados e sejam capazes de resolver problemas, com facilidade, utilizando esses conceitos. Logo, a programação desenvolve as competências exigidas para o estudo da física e facilita, assim a sua aprendizagem.”	
	Q7	“Do desafio constante que nos era proposto, da independência que era necessária.”	
	Q8	“Algumas vezes senti que não abordamos certos problemas no tempo suficiente e reconheço que é um desafio grande não tendo nós bases sólidas de programação.”	
	Q9	“A importância do conceito velocidade instantânea e da possibilidade de admitir que se o intervalo for pequeno o suficiente podemos considerá-lo um instante.”	
	Q10	“A variação da sua velocidade, ao longo do tempo.”	

Tabela A.9.3: Síntese da análise das entrevistas aos alunos.

Categorias primárias	Sujeitos	Indicadores	Unidades de contexto	Síntese
Entendimento dos conceitos da Dinâmica	Ana	“O que é uma força, o que é uma energia, as leis de Newton”	R2 Conceitos mais importantes	<p>1. De uma forma geral, os alunos mostram um entendimento dos conceitos fundamentais da Mecânica, sendo referido nalguns casos o aprofundamento desses conceitos associado às sessões de programação que tiveram.</p> <p>2. Também de forma geral os alunos assumem que os conceitos fundamentais para o estudo da Física são: força, aceleração e velocidade. Isto reflecte uma reconstrução dos subsunçores associados à aprendizagem significativa da Física.</p>
	Bruno	“Conceito de massa, velocidade, aceleração, entre muitos mais.”	R2 Conceitos mais importantes	
	Bruno	“Velocidade, massa ou as forças aplicadas nesse corpo.”	R10 Descrever e energia cinética	
	Luísa	“Velocidade, aceleração, deslocamento, Leis de Newton, energias e forças, mas principalmente saber relacionar todos os conceitos.”	R2 Conceitos mais importantes	
	Luísa	“Podemos calcular o movimento de um corpo de varias formas, sendo a mais básica através da velocidade e da massa do corpo.”	R10 Descrever e energia cinética	
	Frederico	“Os conceitos que considero mais importantes na aprendizagem da Física são os movimentos e forças.”	R2 Conceitos mais importantes	
	Frederico	“O que eu preciso de conhecer é a massa e a velocidade.”	R10 Descrever e energia cinética	
	Luís	“A massa, e a sua velocidade!”	R10 Descrever e energia cinética	
	Sérgio	“Força, velocidade, tempo e aceleração.”	R2	

			Conceitos mais importantes	
	Sérgio	“A intensidade da força resultante, ou seja, a aceleração resultante e a massa do corpo. O deslocamento do corpo, isto é, a distância percorrida, ...”	R10 Descrever e energia cinética	
	Sérgio	“Não sinto que aprendi nada novo em termos de “matéria” mas clarificou conceitos que não estavam bem solidificados.”	R9 O que aprendeu de Física com a programação	
	Lucas	“Aprendemos os conceitos básicos da programação e aprofundamos o que temos vindo a trabalhar nas aulas de fq.”	R9 O que aprendeu de Física com a programação	
	Lucas	“A massa, a velocidade instantânea em cada momento e o intervalo de tempo.”	R10 Descrever e energia cinética	
	Carlos	“... aprofundei os conhecimentos já adquiridos da física.”	R9 O que aprendeu de Física com a programação	
	Carlos	“...velocidade ao qual se desloca, a sua massa e o tempo.”	R10 Descrever e energia cinética	
	Nuno	“O conceito de força, aceleração, energia. As leis de Newton.	R2 Conceitos mais importantes	
	Nuno	“A importância do conceito velocidade instantânea e da possibilidade de admitir que se o intervalo for pequeno o suficiente podemos considera-lo um instante.”	R9 O que aprendeu de Física com a programação	
Entendimento dos conceitos da programação	Bruno	“É uma forma de comunicação com um computador.” “Através de diversos “passos” é possível formar uma lista de ordens para que o computador cumpra, de forma a resolver os problemas com os quais nos confrontamos.”	R4 O que é a programação	1. Tendo em conta o nível baixo de programação que os alunos apresentavam no início das sessões, os alunos de uma forma geral mostram ter adquirido um nível significativo nas competências de programação. 2. É também de realçar a noção de que a ordenação sequencial de passos para a resolução de problemas é fundamental. 3. Está implícito no discurso geral que para transmitirem as ideias ao computador precisam de desmontar o problema para o conseguir explicar (metacognição)
	Bruno	“Conjunto de etapas e ordens que se dá a um computador, com uma sequência lógica, que nos leva à resolução de um determinado problema.”	R5 O que é um algoritmo	
	Luísa	“Um algoritmo para mim é aquilo que antecede a programação, é o tempo que os programadores têm que tirar para pensar naquilo que estão a fazer, porque o computador só faz aquilo que lhe mandam, ...”	R5 O que é um algoritmo	
	Pedro	“... conjunto de ordens que são dadas e escritas pelo programador num programa ...”	R4 O que é a programação	
	Pedro	“É a forma como damos as ordens ao programa de programação.”	R5 O que é um algoritmo	
	Frederico	“... processo de escrita utilizada para que os humanos consigam se comunicar com o computador.”	R4	

			O que é a programação	
	Frederico	“...é um conjunto de instruções que se dá a uma máquina para executá-las por ordem de forma a obtermos um resultado ou uma solução.”	R5 O que é um algoritmo	
	Luís	“...ordenação sucessiva de tarefas de modo a resolver um problema!”	R5 O que é um algoritmo	
	Sérgio	“Escrever “coisas” no computador que o mandam fazer o que queremos.”	R4 O que é a programação	
	Lucas	“É um processo no qual descrevemos a tarefa que queremos que o computador faça sempre escrito numa linguagem computacional.”	R4 O que é a programação	
	Lucas	“É uma sequência de ações que têm como fim solucionar um problema.”	R5 O que é um algoritmo	
	Lucas	“Para podermos programar temos de simplificar os nossos conhecimentos para os podermos introduzir no computador e ao simplificarmos estes conhecimentos para o computador simplificamos para nós também.”	R6 Programação como ajuda para a Física	
	Miguel	“traduzir Física, ou qualquer outro tipo de problemas, para uma linguagem virtual.”	R4 O que é a programação	
	Miguel	“passos que são necessários para a tradução de um problema para um programa.”	R5 O que é um algoritmo	
	Carlos	“... sequência de ações finitas que visam resolver um problema.”	R5 O que é um algoritmo	
	Carlos	“... ajuda a planear e a delinear um plano para resolver os problemas propostos ...”	R6 Programação como ajuda para a Física	
	Nuno	“A programação é uma ferramenta que permite encontrar soluções antes muito difíceis ou trabalhosas de uma forma simples e rápida.”	R4 O que é a programação	
	Nuno	“...uma estruturação do pensamento, uma organização e planeamento das tarefas que necessitam de ser realizadas.” “... permite evitar erros acidentais e ser rápidos ao escrever código.”	R5 O que é um algoritmo	
	Nuno	“a programação desenvolve as competências exigidas para o estudo da física e facilita, assim a sua aprendizagem.”	R6 Programação como ajuda para a Física	
Integração de conceitos da Mecânica	Ana	“Ajuda a perceber a Física de uma maneira mais prática, e diferente, através de gráficos e saber de facto construí-los e compreendê-los”	R6 Programação como ajuda para a Física	1. Nesta categoria, os indicadores encontrados ficaram reduzidos a um número pequeno de alunos (os melhores alunos).
	Bruno	“As sessões de programação ajudaram-me bastante a compreender o movimento de	R9	

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

		um corpo em queda livre e a entender as variações de energia nesse mesmo movimento.”	O que aprendeu de Física com a programação	<p>2. Note-se a profundidade de algumas respostas que reflectem não só uma integração de conceitos mas também um nível significativo de metacognição.</p> <p>3. Parte significativa dos indicadores aparece nas perguntas que relacionam a aprendizagem da Física com as sessões de programação.</p>
	Bruno	“Velocidade, massa ou as forças aplicadas nesse corpo.”	R10 Descrever e energia cinética	
	Luísa	“Velocidade, aceleração, deslocamento, Leis de Newton, energias e forças, mas principalmente saber relacionar todos os conceitos.”	R2 Conceitos mais importantes	
	Luísa	“...aprendemos a relacionar a matéria de física do 10º ano e do 11º ano, tal é bastante útil porque ambas existem em conjunto e dependem umas das outras.”	R6 Programação como ajuda para a Física	
	Luísa	“De sermos obrigados a refletir na matéria e a perceber que está tudo relacionado que as coisas dependem umas das outras.”	R7 Gostou mais	
	Luísa	“Aprendi um pouco sobre programação, mas acho que ganhei imenso por relacionar as matérias.”	R9 O que aprendeu de Física com a programação	
	Luísa	“Podemos calcular o movimento de um corpo de várias formas, sendo a mais básica através da velocidade e da massa do corpo.”	R10 Descrever e energia cinética	
	Sérgio	“torna mais claro a relação entre as diferentes grandezas e o raciocínio por trás das contas que fazemos nos testes e exames.”	R6 Programação como ajuda para a Física	
	Nuno	“A importância do conceito velocidade instantânea e da possibilidade de admitir que se o intervalo for pequeno o suficiente podemos considerá-lo um instante.”	R9 O que aprendeu de Física com a programação	
Adequabilidade (Aceitação, Satisfação)	Ana	“... por vezes, creio que o professor não era muito claro e/ou explícito e eu, muitas vezes, não conseguia acompanhar a aula e ficava sem entender como é que se relacionava com Física.”	R8 Gostou menos	<p>1. De uma forma geral os alunos manifestaram satisfação relativamente ao projecto.</p> <p>2. Também de uma forma geral os alunos consideraram que o trabalho foi adequado, reconhecendo que lhes proporcionou aprendizagens na Física que vão além das que experimentam nas aulas.</p> <p>4. Os alunos mostram também satisfação relativamente à aprendizagem da programação, assim como a consideram adequada para a aprendizagem da Física.</p> <p>3. Nalguns casos são apontadas críticas que se prendem quer com a falta de acompanhamento do professor durante o processo de programação, quer com o tempo dispendido na fase inicial</p>
	Bruno	“Acho que pode ajudar bastante, sendo uma maneira diferente de aplicar o aprendido nas aulas e uma forma divertida de consolidar diversos aspetos da física.”	R6 Programação como ajuda para a Física	
	Bruno	“As sessões de programação ajudaram-me bastante a compreender o movimento de um corpo em queda livre e a entender as variações de energia nesse mesmo movimento.”	R9 O que aprendeu de Física com a programação	
	Luísa	“Aquilo que gostei menos, foram as sessões iniciais em que o professor nos mostrou mais ou menos como é que se programava e todas as definições básicas associadas à programação, essa aula foi bastante secante na minha opinião, apesar de ter noção que ela é necessária, ...) “...não gostei do facto de o professor nos por a trabalhar sozinho, ...”	R8 Gostou menos	
	Luísa	“Aprendi um pouco sobre programação, mas acho que ganhei imenso por relacionar as matérias.”	R9 O que aprendeu de Física com a programação	

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

	Pedro	“A programação ajuda na compreensão da física, visto que nos ajuda a realizar a quer algoritmos de exercícios que nos seriam complicados de resolver passo a passo quer os gráficos que estes originam.”	R6 Programação como ajuda para a Física	de aprendizagem das estruturas de programação.
	Frederico	“...trabalha o nosso raciocínio matemático, lógico e podemos utilizá-la para entenderemos a Física de uma forma mais prática e interativa.”	R6 Programação como ajuda para a Física	
	Frederico	“...poderemos aplicar a Física na programação ...”	R7 Gostou mais	
	Frederico	“Não houve nada de que gostei menos.”	R8 Gostou menos	
	Luís	“Observei proporcionalidades entre conceitos Físicos que outrora não os tinha desenvolvido eu desconhecia.”	R9 O que aprendeu de Física com a programação	
	Sérgio	“Aprender como funciona uma linguagem de programação e a realizar tarefas simples.”	R7 Gostou mais	
	Sérgio	“Não sinto que aprendi nada novo em termos de “matéria” mas clarificou conceitos que não estavam bem solidificados.”	R9 O que aprendeu de Física com a programação	
	Sérgio	“...penso que o processo de aprendizagem foi muito lento, ...”	R8 Gostou menos	
	João	“Acho que não ajudou nem piorou a minha física. São coisas diferentes e aquilo que fizemos nas aulas foi apenas uma forma mais complicada de fazer certos gráficos que já estavam desenhados no livro.”	R6 Programação como ajuda para a Física	
	Lucas	“...usávamos o conhecimento adquirido em aulas anteriores e programávamos sozinhos.”	R7 Gostou mais	
	Miguel	“Permite-nos compreender melhor aquilo que estamos a estudar e também ter uma nova maneira de compreender uma certa matéria.”	R6 Programação como ajuda para a Física	
	Miguel	“de sermos nós sozinhos a tentar descobrir maneiras de concretizar o problema e programar.”	R7 Gostou mais	
	Miguel	“Percebi também muito melhor certos elementos da matéria.”	R9 O que aprendeu de Física com a programação	
	Carlos	“...não houve nada que eu achasse que fosse mau.”	R8 Gostou menos	
	Nuno	“Do desafio constante que nos era proposto, da independência que era necessária.”	R7 Gostou mais	
Categorias emergentes	Sujeitos	Indicadores	Unidades de contexto	Síntese
Afastamento temporal	Pedro	“O espaçamento que as seções tiveram.”	R8	

João Robert Paula Nogueira- Programação computacional e aprendizagem significativa em Física: estudo exploratório com alunos do ensino secundário

			Gostou menos	Parece-me relevante o facto de as sessões terem tido um afastamento temporal significativo na satisfação dos alunos
	Lucas	“devido ao espaçamento de aulas termos de repetir os conhecimentos dados inúmeras vezes.”	R8 Gostou menos	
	Miguel	“espaçamento entre as sessões foi demasiado longo.”	R8 Gostou menos	
Dificuldade da programação	Luísa	“...o difícil era passar os nossos conhecimentos para o computador.”	R8 Gostou menos	Esta categoria não parecer relevância para o estudo.
	Luís	“...senti alguma dificuldade em desenvolver código ...”	R8 Gostou menos	
Ritmo das sessões	Bruno	“Acho que no início das sessões ficamos muito tempo a entender os básicos da programação.”	R8 Gostou menos	Considero que é relevante observar alguma saturação dos alunos pela repetição dos conceitos básicos de programação que tive necessidade de fazer, percebendo que alguns alunos não tinham conseguido fixar, de uma sessão para a outra.
	Luísa	“Aquilo que gostei menos, foram as sessões iniciais em que o professor nos mostrou mais ou menos como é que se programava e todas as definições básicas associadas à programação, essa aula foi bastante secante na minha opinião, apesar de ter noção que ela é necessária, ...”	R8 Gostou menos	
	Sérgio	“...penso que o processo de aprendizagem foi muito lento, ...”	R8 Gostou menos	
	Nuno	“... não abordamos certos problemas no tempo suficiente ...”	R8 Gostou menos	
Subjectividade do docente (atribuição de relevância no processo de aprendizagem devida a características especiais do docente que conduz as sessões de programação)	Miguel	“Sem dúvida da maneira de ensinar do professor ...”	R7 Gostou mais	Neste caso não me parece relevante considerar esta categoria.
	Carlos	“Gostei da forma como o professor nos expos tanto a matéria como a própria programação.”	R7 Gostou mais	

Anexos

Anexo 1. Textos recolhidos dos alunos

Anexo 1.1. Apontamentos das aulas

Neste anexo vou agrupar os apontamentos por aluno, de forma a ser mais perceptível a observação da sua prestação. Nem todos os alunos me entregaram os seus apontamentos, e por outro lado, alguns faltaram a sessões.

Ana

Apontamentos da última sessão do 10.º ano:

$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$
 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

$\Delta x = v \Delta t$
 $\Delta v = a \Delta t$

$h(1) = 50$
 $v(1) = 0$
 $a = -9,8$
 $t(1) = 0$
 $dt = 0,001$

inicialização

$f_{ax} = Bv^2$
 $f_{ox} = ma$
 $P = mg$

$\Rightarrow mg - Bv^2 = ma$

$a = g - \frac{B}{m} v^2$

Programa:

~~$a(i) = g - \frac{B}{m} v(i)^2$~~
 ~~$a = g - \frac{B}{m} v^2$~~

$Bm = 0,5;$
 $h(1) = 50;$
 $v(1) = 0;$
 $t(1) = 0;$
 $dt = 0,001;$
 $a = -9,8;$
 $j = 0;$

$while\ h(i+1) > 0$
 $i = i + 1;$
 $a(i+1) = -g + Bm \times v(i+1)^2;$
 $v(i+1) = v(i) + a(i) \times dt;$
 $h(i+1) = h(i) + v(i+1) \times dt;$
 $t(i+1) = t(i) + dt;$
 end
 $plot\ (+,h)$

Apontamentos da primeira sessão do 11.º ano:

$\Delta v = a \times \Delta t$
↓
(se fosse constante)

$\Delta h = v \Delta t$
 $\Delta v = a \Delta t$

$v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \Delta t$
 $h(t + \Delta t) = h(t) + v(t + \Delta t) \Delta t$

$F_{\text{arr}} = b v^2$

~~arr~~

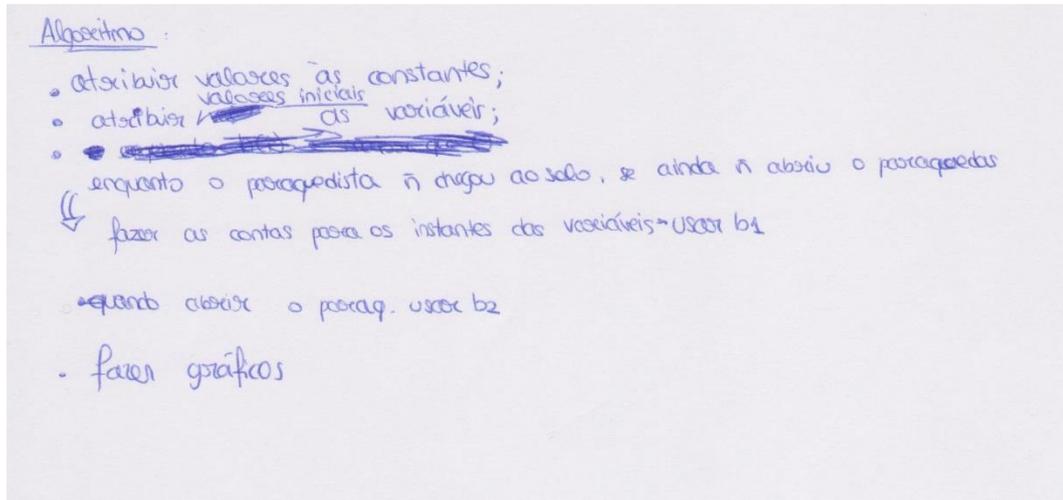
$a(t + \Delta t) = g - \frac{b}{m} \times (v(t + \Delta t))^2$

$a = ? \rightarrow$ na posição ~~25~~ 250m

~~25~~

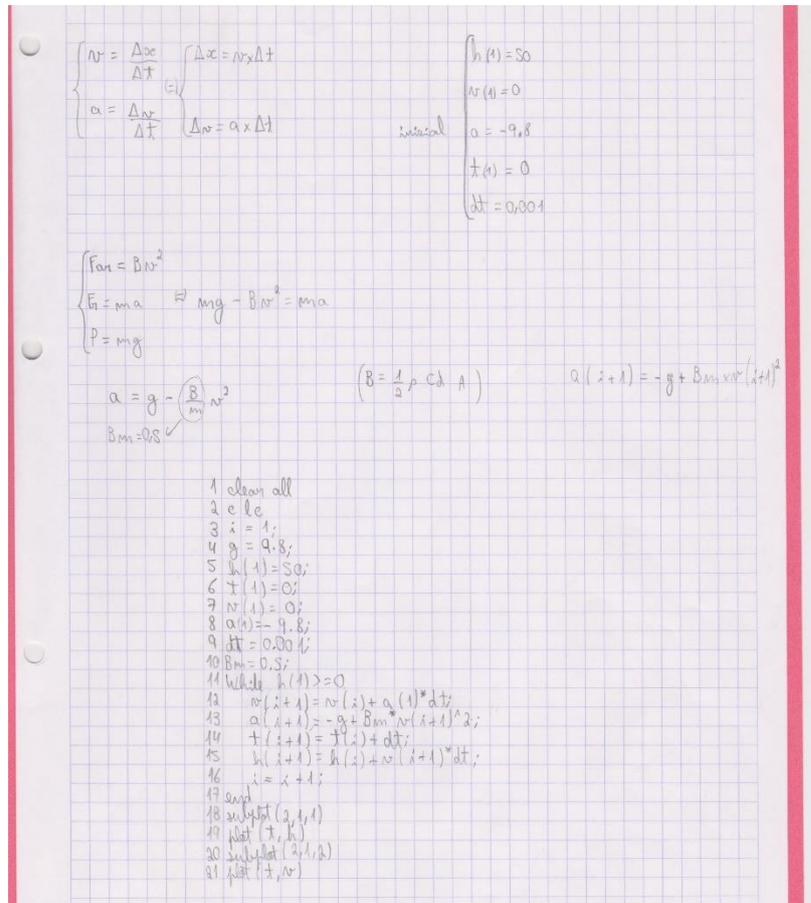
$m = ?$
 $b = 0$
 $b_p = 0.5$

Apontamentos da terceira sessão do 11.º ano:



Bruno

Apontamentos da última sessão do 10.º ano:



Apontamentos da primeira sessão do 11.º ano:

$\Delta v = a \Delta t$
 ↳ com aceleração constante ou num intervalo de tempo muito reduzido

$\begin{cases} \Delta h = v \Delta t \\ \Delta v = a \Delta t \end{cases}$

$\begin{cases} v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \Delta t \\ h(t + \Delta t) = h(t) + v(t + \Delta t) \Delta t \end{cases}$

$F_{arr} = b v^2 \quad a(t + \Delta t) = g - \frac{b}{m} (v(t + \Delta t))^2$

$h = 500m$
 $h_f = 280m$

posição do ar
 $v_0 = 0 m/s \quad v_f = ?$
 $b = 0 \quad b = 0,5$

1.º atribuir valores às variáveis
 2.º ~~descrever~~ enquanto $h > 280$

Apontamentos da segunda sessão do 11.º ano:

1- $m = 100$
 2- $g = 9,8$
 3- $h_f = 3000$
 4- $\Delta t = 0,01$
 5- $v_f = 0$
 6- $i = i + 1$
 7- $b_1 = 0,25$
 8- $b_2 = 25$
 9- $a(i) = 0$
 10- $v(i + \Delta t) = v(i) + a(i) * \Delta t$
 11- $h(i + \Delta t)$

Apontamentos da terceira sessão do 11.º ano:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E_p = m g h$$

$$W_f = f \Delta x$$

$$W_{FNC} = \Delta E_m$$

- ~~Indicar~~ atribuir variáveis
- Criar função "enquanto"
- Condição "se" altura > 1000 m
- Escrever cálculos para obter os resultados necessários
- "Se não" (altura < 1000)
- Escrever cálculos para obter os resultados necessários
- Escrever variáveis necessárias (ΔE_m , ΔE_p , ΔE_c)
- Desenhar gráficos (t , E_c , t , E_p , t , $-W_{FNC}$)

Luísa

Apontamentos da última sessão do 10.º ano:

$$v = \frac{\Delta u}{\Delta t} \quad (1) \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2)$$

$$\Delta u = \Delta t \times v \quad \Delta v = \Delta t \times a$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{For} = \beta v^2 \\ F_R = ma \\ P = mg \end{array} \right\} \quad (1) \quad mg - \beta v^2 = ma \quad (1) \quad \boxed{a = g - \frac{\beta}{m} v^2}$$

———— // ————

$$\begin{aligned} i &= 1 \\ h(i) &= 50 \\ v(i) &= 0 \\ g &= -9,8 \\ t(i) &= 0 \\ \Delta t &= 0,001 \\ a(i) &= -9,8 \\ B_m &= 0,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{while } h(i) > 0; \\ v(i+1) &= v(i) + (g \times \Delta t); \\ h(i+1) &= h(i) + (v(i+1) \times \Delta t); \\ t(i+1) &= t(i) + \Delta t; \\ a(i+1) &= -g + B_m \times v(i+1)^2; \end{aligned}$$

Apontamentos da primeira sessão do 11.º ano:

paraguedista

→ ficou sujeito ao peso, move-se

\vec{F}_a \vec{P} \vec{v}

$\Delta v = a \times \Delta t$; se tiver um intervalo de tempo muito pequeno é SEMPRE VERDADE

Tem força → tem aceleração → tem velocidade → aumenta a energia cinética

\vec{F}_a : depende das dimensões do objeto e do fluido
depende da velocidade

$$F_a = b v^2$$

$$\Delta h = v \Delta t$$

$$\Delta v = a \Delta t$$

$$v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \Delta t$$

$$h(t + \Delta t) = h(t) + v(t + \Delta t) \Delta t$$

$$a(t + \Delta t) = g - \frac{b}{m} (v(t + \Delta t))^2$$

$h = 500 \text{ m}$
 $h_p = 250 \text{ m}$; $v_p = ?$; $b = 0,5$
 $v_0 = 0 \text{ m/s}$; $b = 0$

(v, t) (h, t)

Apontamentos da segunda sessão do 11.º ano:

$$* \left\{ \begin{array}{l} v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \Delta t \\ h(t + \Delta t) = h(t) + v(t + \Delta t) \Delta t \\ a(t + \Delta t) = -g + \frac{b}{m} (v(t + \Delta t))^2 \\ t(t + \Delta t) = t(t) + \Delta t \end{array} \right.$$

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

~~.....~~ $\Delta t = 0,001 \text{ s}$

$a_0 = 0 \text{ m/s}$

$v_0 = 0 \text{ m/s}$

$h_0 = 3000 \text{ m}$

$m = 100 \text{ kg}$

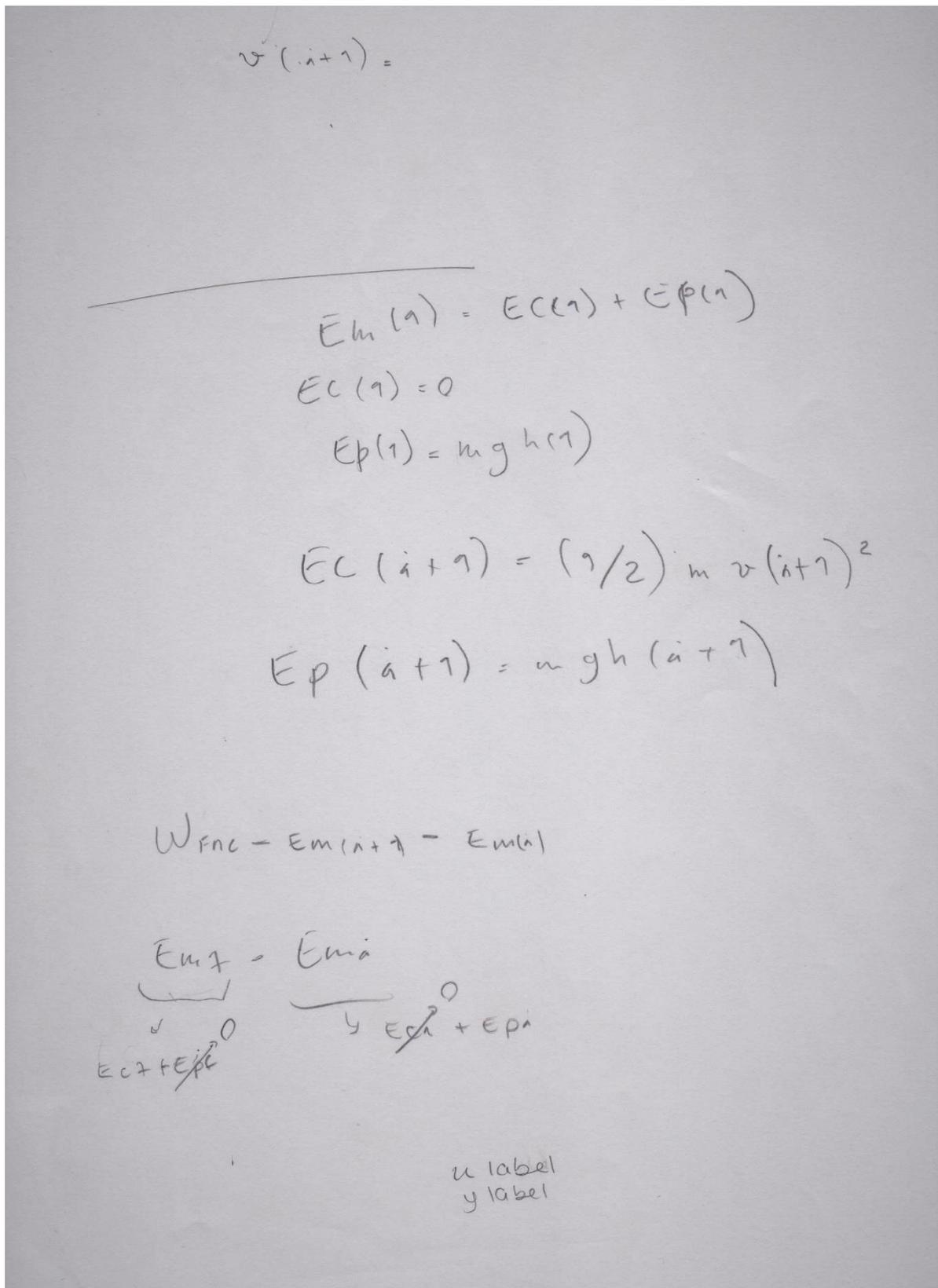
se $h > 1000 \text{ m}$, então $b = 0,25 \text{ N}$

*

se $h < 1000 \text{ m}$, então $b = 25,0 \text{ N}$

*

Apontamentos da terceira sessão do 11.º ano:



Luís

Apontamentos da última sessão do 10.º ano:

$$\begin{cases} v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Delta x = v \Delta t \\ \Delta v = a \Delta t \end{cases}$$

$$\begin{cases} f_{ar} = B v^2 \\ f_n = ma \\ P = mg \end{cases} \Rightarrow mg - Bv^2 = ma$$

$$a = g - \frac{B}{m} v^2$$

~~mm~~ $Bm = 0,5$

$$a(i+1) = -g + Bm \times v(i+1)^2$$

Programa
clc
clear all

$g(i) = -9,8;$
 $h(i) = 50;$
 $v(i) = 0;$
 $t(i) = 0;$
 $\Delta t = 0,01;$
 $i = 1;$
 $g = 9,8;$
~~g = 9,8;~~

while $h(i) > 0$
 $t(i+1) = t(i) + \Delta t$

Apontamentos da primeira sessão do 11.º ano:

$\begin{cases} \Delta v = a \Delta t, & \text{quando } a \text{ é constante} \\ \Delta h = v \Delta t \end{cases}$

$\begin{cases} v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \Delta t \\ h(t + \Delta t) = h(t) + v(t) \Delta t \end{cases}$

$f_{Ar} = b v^2$

$h = 500 \text{ m}$
 $h_p = 250 \text{ m}$
 $v_0 = 0$
 $v_p = ?$
 $b_0 = 0$
 $b = 0,5$

$a(t + \Delta t) = g - \frac{b}{m} (v(t + \Delta t))^2$

Pedro

Apontamentos da última sessão do 10.º ano:

aceleração gravítica

$$\begin{cases} v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Delta x = v \Delta t \\ \Delta v = a \Delta t \end{cases}$$

inicial

$$\begin{cases} h(1) = 0 \\ v(1) = 0 \\ a = -g \\ t(1) = 0 \\ dt = 0,001 \end{cases} \quad \begin{cases} F_{Ar} = Bv^2 \\ F_r = ma \\ P = mg \end{cases} \quad \begin{cases} B_m = 0,5 \\ \Rightarrow mg - Bv^2 = ma \\ a(i+1) = -g + B_m \times v(i+1)^2 \end{cases}$$

$$t(i+1) = t(i) + dt$$

$$v(i+1) = v(i) + a(i) \times dt$$

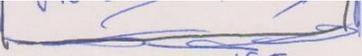
$$a(i+1)$$

$$h(i+1) = 1/2 \times m \times v(i+1)^2$$

$$E_p(i+1) = m \times g \times h(i+1)$$

$$i = i + 1$$

Apontamentos da primeira sessão do 11.º ano:



$$\begin{cases} \Delta h = v \Delta t \\ \Delta v = a \Delta t \end{cases}$$

$$\begin{cases} v(t+\Delta t) = v(t) + a(t) \Delta t \\ h(t+\Delta t) = h(t) + v(t+\Delta t) \Delta t \end{cases}$$

$$F_a = b v^2$$

while $h(t) \leq 250 \text{ m}$
 $B_m = 0,5$

$$v(i+1) = v(i) + a(i) \times dt$$

$$a(i+1) = -g + B_m \times v(i+1)^2$$

$$t(i+1) = t(i) + dt$$

$$i = i + 1$$

end

$h = 1500 \text{ m}$ $b = 0$ $b = 0$
 $h_p = 250$ $v_p = ?$ $b = 0,5$

$$a(t+\Delta t) = -g - \frac{b}{m} (v(t+\Delta t))^2$$

Apontamentos da segunda sessão do 11.º ano:

$h_{\text{inicial}} \rightarrow 3000 \text{ m}$ • Atribuir valores às variáveis
 $h_{\text{final}} \rightarrow 0 \text{ m}$
 $h_{\text{final}} (\text{queda livre}) \rightarrow 1000 \text{ m} = h_{\text{inicial}} \text{ queda com paraquedas aberto}$

Apontamentos da terceira sessão do 11.º ano:

Faça um programa:
→ calcula a E_c , E_p , $(-W_{FNC})$
 $\text{plot}(t, E_c, t, E_p, t, -W_{FNC})$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$
$$E_p = mgh$$
$$W_F = F \Delta x$$
$$W_{FNC} = \Delta E_m$$

- atribuir valores às constantes →
- dar valores às variáveis

Sérgio

Apontamentos da última sessão do 10.º ano:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta x = v \times \Delta t \Leftrightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{v}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta v = a \times \Delta t \Leftrightarrow \Delta t = \frac{\Delta v}{a}$$

Início

$h(1) = 0$
 $v(1) = 0$
 $t(1) = 0$
 $dt = 0,001$

Programa

$E_p(1) = 0$ → definir energia potencial
 $E_c(1) = 0$ → definir energia cinética
 $B_m = 0,5$ → definir B_m

3- $a(1) = -9,8$ → definir aceleração inicial
4- $h(1) = 50$ → definir altura inicial
5- $v(1) = 0$ → definir velocidade inicial
6- $t(1) = 0$ → definir tempo inicial
7- $dt = 0,001$ → definir o intervalo de tempo
8- $i = 1$ → definir índice inicial
 $g = 9,8$ → definir aceleração da gravidade

9- while $h(i) > 0$ → repetir enquanto o objeto está acima do chão

10- $t(i+1) = t(i) + dt$ → atribuir um novo valor a t
11- $v(i+1) = v(i) + a(i) * dt$ → atribuir um novo valor a v
12- $h(i+1) = h(i) + v(i+1) * dt$ → atribuir um novo valor a h
13- $a(i+1) = g + B_m * [v(i+1)]^2$ → atribuir um novo valor a a
14- $E_c(i+1) = 0,5 * m * v(i+1)^2$; → atribuir novo valor a E_c
15- $E_p(i+1) = m * g * h(i+1)$; → atribuir novo valor a E_p
16- $i = i + 1$ → atribuir novo valor a i
17- end

18- subplot (4,1,1) → criar gráficos numa coluna com 4 linhas
19- plot (t, h) → criar gráfico como $h(t)$
20- subplot (4,1,2) → gráfico na 2ª linha
21- plot (t, v) → criar gráfico como $v(t)$
22- subplot (4,1,3) → gráfico na 3ª linha
23- plot (t, E_c) → criar gráfico como $E_c(t)$
24- subplot (4,1,4) → gráfico na 4ª linha

Apontamentos da terceira sessão do 11.º ano:

atribuir valores às constantes:
 g ; m ; b_1 ; b_2 ; dt
↓ ↓ ↓ ↓
aceleração massa b_1 b_2 dt intervalo de tempo
gravítica d_{res} d_{res}
coeficient $_{1/2}$ coeficient $_{1/2}$
atribuir valores iniciais às variáveis
 h ; v ; a ; t ;
↓ ↓ ↓ t tempo
altura velocidade aceleração

enquanto o paraquedista não chegou ao solo: ~~abriu o paraquedas~~ se ainda não abriu o paraquedas
fazer contas para os instantes dos variáveis ; usar b_1

quando abrir o paraquedas
fazer contas com b_2

fazer gráficos

João

Apontamentos da última sessão do 10.º ano:

Handwritten notes in red ink on a piece of paper:

$$\left\{ \begin{array}{l} v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \Delta x = v \Delta t \\ \Delta v = a \Delta t \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} h(1) = 50 \\ v(1) = 0 \\ a = -9,8 \\ t(1) = 0 \\ \Delta t = 0,001 \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} f_{ar} = Bv^2 \\ f_r = ma \\ P = mg \end{array} \right. \Rightarrow mg - Bv^2 = ma$$

$$a = g - \frac{B}{m} v^2$$
$$B = \frac{1}{2} \rho C_D A$$

~~$$a(i+1) = -g + \frac{B}{m} v(i+1)^2$$~~
$$a(i+1) = -g + B m \times v(i+1)^2$$

Apontamentos da primeira sessão do 11.º ano:

$$\Delta v = a \Delta t$$

$$\Delta h = v \Delta t$$

$$\Delta v = a \Delta t$$

$$F_{ar} = b v^2$$

$$v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \Delta t$$

$$h(t + \Delta t) = h(t) + v(t + \Delta t) \Delta t$$

$h = 500 \text{ m}$
 $h_p = 250 \text{ m}$

$N_b = 0 \quad b = 0$
 $N_p = ? \quad b = 0,5$

$$a(t + \Delta t) = g - \frac{b}{m} (v(t + \Delta t))^2$$

1. O paraquedista salta sendo $v_i = 0 \text{ m/s}$
2. o " cai tendo uma velocidade cada vez maior.
3. Abre-se o paraquedas e por a velocidade ir baixar
4. A velocidade é a mais baixa neste momento
5. " " torna-se estável.

$t = h:$

1. $500 \text{ m} = h$
2. $] 500; 250 [\text{ m} = h$
3. $250 \text{ m} = h$
4. $] 250, 0 [\text{ m} = h$

Apontamentos da segunda sessão do 11.º ano:

enquanto $h > 1000\text{m}$:

$b = 40,25$

$$\left[\begin{array}{l} v(t+\Delta t) = v(t) + a(t)\Delta t \\ h(t+\Delta t) = h(t) + v(t+\Delta t)\Delta t \\ a(t+\Delta t) = -g + \frac{b}{m} (v(t+\Delta t))^2 \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} a \text{ é constante } b; \text{ enquanto } h \text{ é} \\ \text{maior que } 1000\text{m}; \text{ } b = 40,25 \end{array} \right.$$

$t(t+\Delta t) = t(t) + \Delta t$

$\Delta t = 0,001$

enquanto $h < 1000\text{m}$:

$b = 25$

$\left[\right]$ a constante b ; enquanto h é menor que 1000m ;

$b = 25$ $\Delta t = 0,001$

~~$\Delta t = 0,1\text{s}$~~

para ambas as situações:

Contas: $v(i+1) = v(i) + a(i)\Delta t$
 $h(i+1) = h(i) + v(i+1)\Delta t$

terminados
atribua valores às variáveis
use $h(i)$; $v(i)$; $a(i)$; $t(i)$
atribua valores às constantes
 m , g , b_1 , b_2 , Δt
enquanto $h > 1000$

enquanto $h(i) > 1000\text{m}$:

use-se b_1 " < 1000
" " < 1000
use-se b_2

Apontamentos da terceira sessão do 11.º ano:

$v(i+1) = v(i) + a(i) \Delta t$
 $h(i+1) = h(i) + v(i+1) \Delta t$

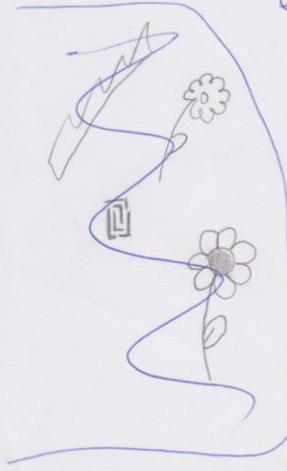
enquanto $1000 < h < 3000$
 $a(i+1) = -g + \frac{b_1}{m} (v(i+1))^2$

quando $h = 1000 \rightarrow v = -60 \text{ m/s}$
 shoot

~~1000 e 3000~~ ←
 $E_c = \frac{1}{2} m v^2$
 $E_p = mgh$
 $W_f = F \Delta x$
 $W_{\text{fnc}} = \Delta E_m$

$E_p = 100 \times g \times 10 \times 3000$
~~1000~~ 3000000
 29

Algoritmo:
 Atribuir valores às constantes e às variáveis:
~~constantes:~~
 h, v, a, t
 enquanto o paraquedista não chegar ao solo; usa-se o b_1
 quando abre o paraquedas calculam-se a)
 energias com o b_2
 transformar em gráficos.



Lucas

Apontamentos da última sessão do 10.º ano:

Programar $\left\{ \begin{array}{l} \rightarrow \text{resolver um problema passo a passo.} \\ \rightarrow \text{decompor um problema} \end{array} \right.$

$$\left\{ \begin{array}{l} v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ \quad \rightarrow \text{velocidade linear} \\ a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \end{array} \right.$$
$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta x = v \Delta t \\ \Delta v = a \Delta t \end{array} \right.$$

while h > 0

$$\left\{ \begin{array}{l} t_{(1)} = 0 \\ h_{(1)} = 50 \\ v_{(1)} = 0 \\ a = -9,8 \\ \Delta t = 0,001 \rightarrow \text{um erro cometido } \Delta t \text{ é instantânea} \end{array} \right.$$

incubamos as variáveis

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{\text{arr}} = B v^2 \\ F_r = m a \\ P = m g \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} P - F_{\text{arr}} = F_r \\ m g - B v^2 = m a \Leftrightarrow a = g - \frac{B}{m} v^2 \end{array} \right.$$

$B = 0,5$
 a

$$a_{(i+1)} = g - B_m \times v_{(i+1)}^2$$

Apontamentos da primeira sessão do 11.º ano:

Diagrama de um objeto em queda com forças de resistência e gravidade. A velocidade inicial é zero.

Equações de movimento:

$$\Delta v = a \Delta t$$

↳ mas só se considerarmos 1 instante quando a aceleração constante

$$\Delta h = v \Delta t$$

$$v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \Delta t$$

$$h(t + \Delta t) = h(t) + v(t + \Delta t) \Delta t$$

$$F_{Ar} = b v^2$$

Condições iniciais e parâmetros:

$h = 500 \text{ m}$ $v_0 = 0$ $b = 0$

$h_p = 250 \text{ m}$ $v_p = ?$ $b = 0,5$

Equação da aceleração:

$$a(t + \Delta t) = g - \frac{b}{m} [v(t + \Delta t)]^2$$

Apontamentos da segunda sessão do 11.º ano:

Algoritmo

1.º movimento

Parâmetros:

- $h_i = 300 \text{ m}$
- $a = -9,8 + \frac{b}{m} v^2$
- $b = 0,75$

Equações de atualização:

$$v_{(i+1)} = v_{(i)} + a_{(i)} \Delta t$$

$$h_{(i+1)} = h_{(i)} + v_{(i+1)} \Delta t$$

$$a_{(i+1)} = -g + \frac{b}{m} [v_{(i+1)}]^2$$

$$t_{(i+1)} = t_{(i)} + \Delta t$$

$$i = i + 1$$

Condições de parada:

- 1.º $h \geq 2000 \text{ m} \rightarrow b_1 = 425 \text{ N}$
- 2.º $h \geq 1000 \text{ m} \rightarrow b_2 = 25 \text{ N}$

$t \rightarrow i$

Apontamentos da terceira sessão do 11.º ano:

atribuir
 1- ~~atribuir~~ os valores constantes
 $\Delta t, b_1, b_2, m, g, i$

2- atribuir valores iniciais
 $a(i), v(i), h(i), t(i)$

3- estruturas com while $h(i) > 0$
 - se for o 1º movimento
 calcular:
 $v(i+1) \rightarrow v(i) + a(i) \times \Delta t$
 $h(i+1) \rightarrow h(i) + v(i+1) \times \Delta t$
 $a(i+1) \rightarrow g + \frac{b_1}{m} \times (v(i+1))^2$
 $t(i+1) \rightarrow t(i) + \Delta t$
 $E_c(i+1) \rightarrow \frac{1}{2} m (v(i+1))^2$
 $E_p(i+1) \rightarrow m \times g \times h(i+1)$
 $W_{F_{nc}}(i+1) \rightarrow b_1 \times v(i+1)^2 \times \frac{h(i) - h(i+1)}{\Delta x} + W_{i,i}$



$W_{F_2} = W_{F_1} + W_F$

$2000 - 3000$
 Δx

$h_{(i+1)} - h_{(i)} =$

$\therefore \text{~~2000~~ - 1000$

$W_F = F \times \Delta x \times \text{~~cos}~~ =$
 $= b \times v^2 \times \Delta x =$
 $=$

Miguel

Apontamentos da última sessão do 10.º ano:

Programar \rightarrow Decompor problema em várias passas

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

\Downarrow \Downarrow

$$\Delta x = v \times \Delta t \qquad \Delta v = a \times \Delta t$$

$F_{ar} = B \times v^2$ $F = m \times a$ $P = m \times g$

$$mg - Bv^2 = ma$$
$$a = g - \frac{B}{m} v^2$$
$$Bm = 0,5$$
$$i = 1$$
$$v(1) = 0$$
$$g = -9,8$$
$$\Delta t = 0,001$$
$$a(1) = 0$$
$$h(1) = 0$$

Apontamentos da primeira sessão do 11.º ano:

\vec{P}

$$\begin{cases} \Delta v = a \times \Delta t, \text{ só quando } a \text{ é constante} \\ \Delta h = v \times \Delta t \end{cases}$$

Resistência do ar (\vec{F}_{ar})

$$\begin{cases} v(t+\Delta t) = v(t) + a(t)\Delta t \\ h(t+\Delta t) = h(t) + v(t+\Delta t)\Delta t \end{cases} \quad \vec{F}_{ar} = b v^2$$

$h = 500\text{m}$ $h_p = 250\text{m}$
 $v_0 = 0$ $v_p = ?$
 $b_0 = 0$ $b = 0,5$

$v/h/t/$

Carlos

Apontamentos da última sessão do 10.º ano:

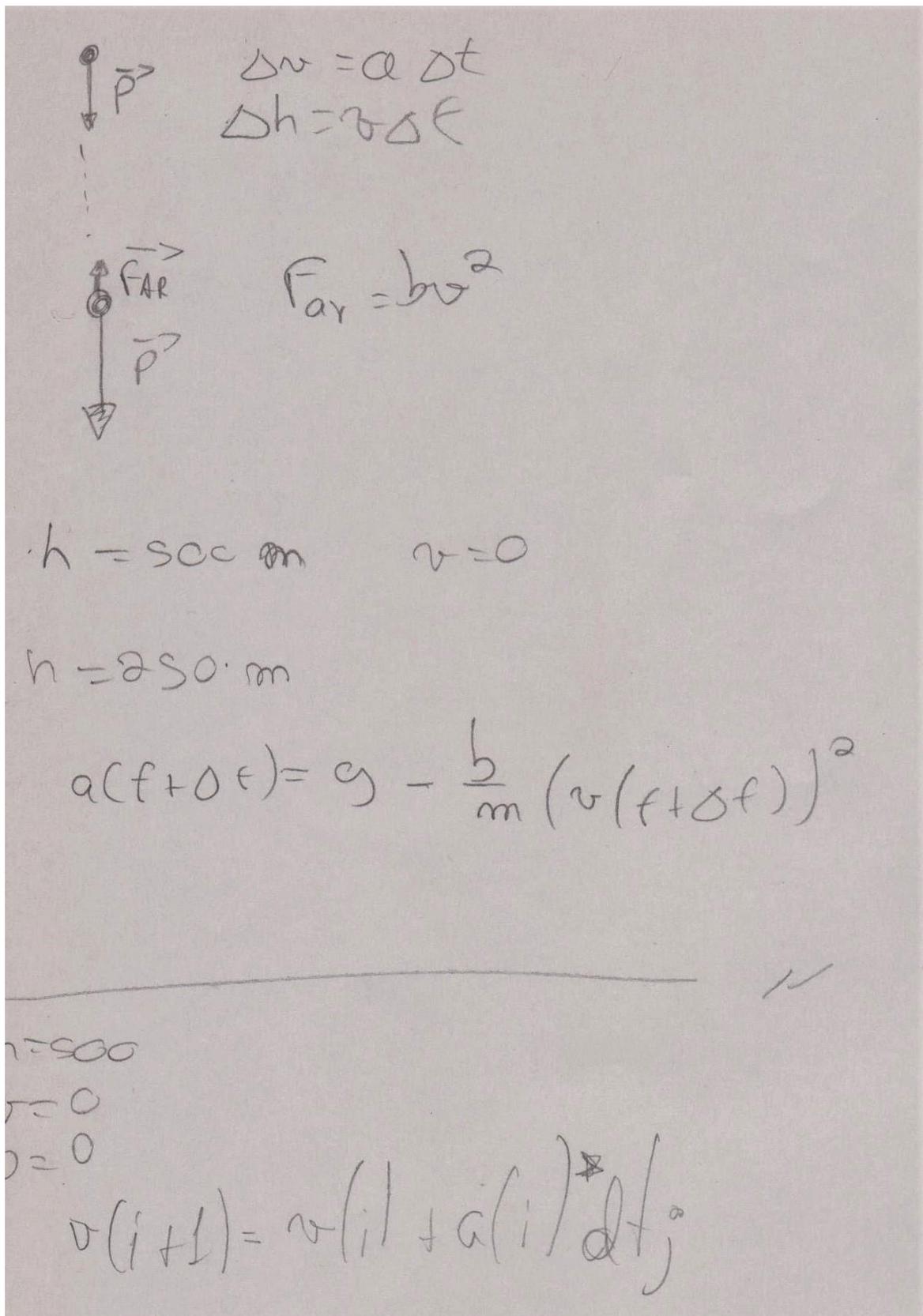
The image shows a page of handwritten physics notes on lined paper. The notes are written in black ink and cover most of the page. The content includes definitions of acceleration, kinematic equations, and energy formulas. The handwriting is clear and legible.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$
$$\Delta x = \Delta t \cdot v \quad \Delta v = \Delta t \cdot a$$

$t = 1$

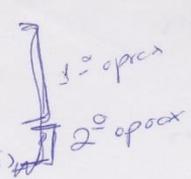
$$h(1) = 50$$
$$v(1) = 0$$
$$t(1) = 0$$
$$B_m = 0,00$$
$$a(1) = -9,8$$
$$m = 5$$
$$E_c(1) = 0$$
$$t_p \Rightarrow (1) = 24,50$$
$$E_c(i+1) = \frac{1}{2} \times m \times v(i+1)^2$$
$$E_p(i+1) = m \times g \times h(i+1)$$
$$Q(i+1) = \frac{1}{2} \times m \times v(i+1)^2$$

Apontamentos da primeira sessão do 11.º ano:



Apontamentos da segunda sessão do 11.º ano:

$P = -mg$ Antes
 $F_{ar} = b v^a$
 $F_R = -mg + b v^2$ depois
 $F_R = -mg + b v^a$ antes (depois)



$a = F_R$
 2.º aprox
 $a = -g + \frac{b}{m} v^a$
 $a = -9,8 + \frac{b}{100} v^a$

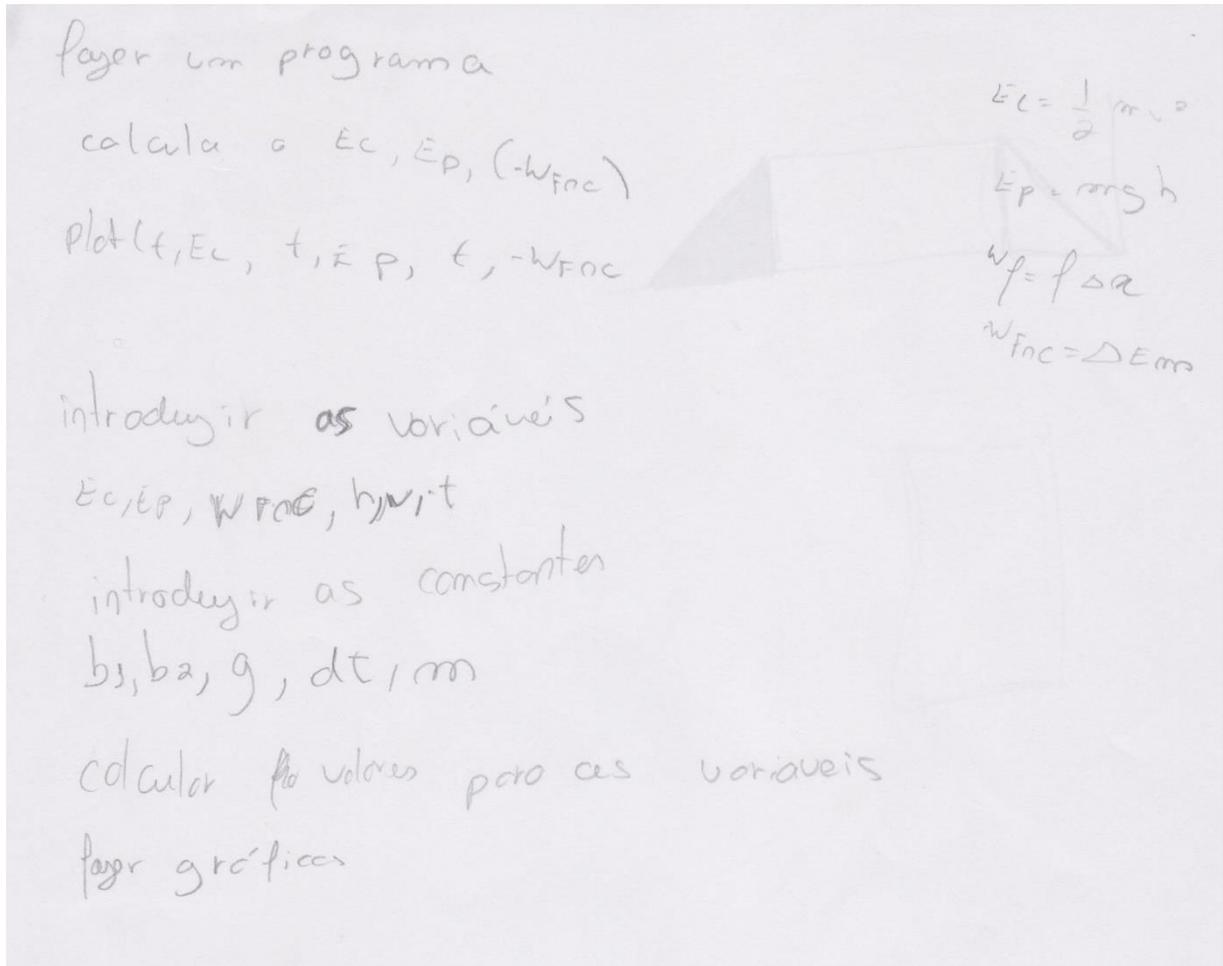
Introduzir valores iniciais
 $h(t) = 3000 \text{ m}$
 $v(t) = 0 \text{ m/s}$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Introduzir os valores iniciais dos grandezas, velocidade, altura, aceleração gravítica e variação do tempo e coeficiente de arrastamento. Depois até a altura ser 1000 m a velocidade é dada pelo soma do velocidade inicial pelo ^{o produto} da aceleração com a variação do tempo.

A aceleração é calculada pela soma da aceleração gravítica pela divisão do coeficiente de arrastamento pela massa vezes a velocidade ao quadrado.

A altura é calculado pela soma da altura ~~inicial~~ inicial e pela ^{o produto} velocidade nesse instante pelo ~~diversão~~ variação do tempo.

Apontamentos da terceira sessão do 11.º ano:



Nuno

Apontamentos da última sessão do 10.º ano:

The image shows handwritten notes on lined paper. At the top, there are two equations defining velocity and acceleration in terms of their respective changes over time. Below this, a set of initial conditions for a falling object is listed, including height, velocity, acceleration, time, and time step. To the right, a force diagram is shown with three forces: drag force (F_{AR}), weight (P), and the resulting net force (F_e). The drag force is given as proportional to the square of the velocity. The net force equation is derived as mg - Bv² = ma. Below the physics notes, a program is written in a pseudocode style, starting with the same initial conditions and a loop that updates velocity, acceleration, height, and time at each step until the height is non-negative.

$$\left. \begin{array}{l} v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \Delta x = v \Delta t \\ \Delta v = a \Delta t \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} h_{(1)} = 50 \\ v_{(1)} = 0 \\ a = -9.8 \\ T_{(1)} = 0 \\ dt = 0,001 \end{array} \right\} \text{ inicial.}$$

$$\left. \begin{array}{l} F_{AR} = B \cdot v^2 \\ F_e = m a \\ P = m g \end{array} \right\} \Rightarrow mg - Bv^2 = ma$$

Programa

```
h(1) = 50
v(1) = 0
a(1) = -9.8
T(1) = 0
dt = 0,001
i = 0
Bm = 0.5
while h(i+1) >= 0
  v(i+1) = v(i) + a(i) * dt
  a(i+1) = -9.8 + Bm * v(i+1)^2
  h(i+1) = h(i) + v(i+1) * dt
  T(i+1) = T(i) + dt
  i = i + 1
end.
```

Apontamentos da primeira sessão do 11.º ano:

→ Paraquedista

Instante Inicial

Instante em que abre o para-quedas

$\Delta v = a \Delta t$
 ↳ se Δt é um instante

Se o corpo está sujeito a uma força então ele ganha uma aceleração que faz variar a sua velocidade. Isto faz variar a Energia Cinética.

No instante em que se abre o para-quedas a \vec{F}_{ar} é muito superior ao \vec{P} mas uma vez que esta depende da v . Quando, a partir desse instante o corpo ganha uma aceleração de sentido contrário ao do deslocamento, diminuindo a sua velocidade e consequentemente a \vec{F}_{ar} .

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta h = v \Delta t \\ \Delta v = a \Delta t \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \Delta t \\ h(t + \Delta t) = h(t) + v(t + \Delta t) \Delta t \end{array} \right.$$

Apontamentos da segunda sessão do 11.º ano:

$h_0 = 3000$
 $b_1 = 0,25$
 $v_0 = 0$
 $g = 9,8$
 $\Delta t = 0,1$
 $i = 0$
 $m = 100$

• Atribuir valores às variáveis ^{iniciais} e constantes.
 • Enquanto $h > 1000$ m
 $v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \Delta t$
 $h(t + \Delta t) = h(t) + v(t + \Delta t) \Delta t$
 $a(t + \Delta t) = -g + \frac{b_1}{m} (v(t + \Delta t))^2$
 $t(t + \Delta t) = t(t) + \Delta t$

• Ao chegar aos 1000 m, $b_2 = 25$, a velocidade corresponde à velocidade do instante em que $h = 1000$ m.
 $b_2 = 25$
 $v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \Delta t$
 $h(t + \Delta t) = h(t) + v(t + \Delta t) \Delta t$
 $a(t + \Delta t) = -g + \frac{b_2}{m} (v(t + \Delta t))^2$

• Faça o gráfico de v em função de t

Algoritmo do Professor

- atribuir valores às variáveis
 $h(i), v(i), a(i), t(i)$
- atribuir valores às constantes
 $m, g, b_1, b_2, \Delta t, i$
- enquanto $h(i) > 1000$
 faça contas com b_1
- quando $h(i) < 1000$ e $h(i) > 0$
 faça contas com b_2
- Faça o gráfico de v em função de t

Contas:

$$\begin{cases}
 v(i+1) = v(i) + a(i) \Delta t \\
 h(i+1) = h(i) + v(i+1) \Delta t \\
 a(i+1) = -g + \frac{b}{m} (v(i+1))^2 \\
 t(i+1) = t(i) + \Delta t \\
 i = i+1
 \end{cases}$$

Apontamentos da terceira sessão do 11.º ano:

$E_c = \frac{1}{2} m v^2$ $E_{c(i)} = \frac{m}{2} v_{(i)}^2$
 $E_p = mgh$ $E_{p(i)} = mg h_{(i)}$

A energia cinética do instante corresponde a $\frac{m}{2} v_{(i)}^2$ ↪ velocidade
do
instante.
 Energia potencial, a mesma coisa.

$W_{FNC} = \Delta E_m$ $\Delta E_m = E_{m_f} - E_{m_i}$ (=) $\Delta E_m = E_{c_f} + E_{p_f} - (E_{c_i} + E_{p_i})$

(1) $W_{FNC} = E_{c_f} + E_{p_f} - E_{c_i} - E_{p_i}$

(2) $W_{FNC(i+1)} = E_{m(i+1)} - E_{m(i)}$

(3) " = $E_{c(i+1)} + E_{p(i+1)} - E_{c(i)} - E_{p(i)}$

Atribuir valor às variáveis E_c, E_p, W_{FNC}

Se $h_{(i)} > 1000$

$E_{c(i+1)} = \frac{m}{2} \cdot (v_{(i+1)})^2$
 $E_{p(i+1)} = m \cdot g \cdot h_{(i+1)}$

$W_{FNC(i+1)} = E_{c(i+1)} + E_{p(i+1)} - E_{c(i)} - E_{p(i)}$
↙ $W_{FNC(i)}$

Anexo 1.2. Resposta à questão inicial do 11.º ano

Ana:

Apreendi mais sobre E_c e E_p , como relacioná-las. Também aprendi mais sobre a aceleração e velocidade. ~~Logo~~ (a ler gráficos)

Bruno:

Acho que estas aulas de programação foram muito úteis, uma vez que, não só desenvolvi ~~as~~ capacidades de desenvolvimento de pensamento e cálculo em determinados exercícios de física, como também ~~aprendi~~ aprendi a passar esses cálculos para o computador, de modo a resolver diversos ~~exercícios~~ problemas. Lembra-me que fizemos um exercício para ~~uma~~ ^{calcular e compreender} os ~~marionetas~~ marionetas numa queda de um corpo a 50 m de altura e trabalhamos com a velocidade e aceleração de corpo.

Luísa:

Atribuição de variáveis → Programação
~~uma~~ O último programa que fizemos um gráfico que relacionava as energias potenciais e cinéticas
Falamos das definições de velocidade, rapidez e aceleração e como elas se relacionavam
Física

Luís:

~~Recordo-me~~ Recordo-me essencialmente de aprender lógica de programação, desde ~~algoritmos~~ de definição de algoritmos até funções de própria linguagem de modo a criar programas como calculadora etc (estruturas de repetição, estruturas de atribuição etc.)
Posteriormente, relaciono-me a programação com física e criando alguns programas como o de Torre de pizza etc que nos levou à construção de gráficos que relacionavam grandezas físicas.

Pedro:

• O ano passado tive a oportunidade de aprender a programar diversos programas no octave
• Sem que eu fosse as suas capacidades de ensinar, sendo que não tenho qualquer tipo de experiência alguma, confesso que não me recordo de grande coisa, provavelmente devido às férias de verão.

Sérgio:

$== \rightarrow$ comparar
 $i=i+1 \rightarrow$ o valor de i aumenta 1 unidade
Ex: $i=0$
Ex while ~~while~~ $i < 49$;
repetir até... ~~$y=i^2$~~ $i=i+1$ } todos os quadrados perfeitos até 49 exclusive
end
input \rightarrow aparece no ecrã aquilo que quisermos
ex: input("ola");
clear \rightarrow limpar o que está antes
clc

João:

No ano passado aprendemos os básicos da programação. Deu para perceber bem como eram feitos os estes gráficos nomeadamente o da Ep em função da altura a que se encontra um corpo. Eu Sabarnas Figueira a saber que a programação é bem mais fácil do que eu pensava e que se podermos compará-la a um ~~em~~ grande circuito de funções e deuses. Gostei bastante

Lucas:

Aprendemos a programar uma calculadora de equações de 2º grau, a programar e as variáveis de Em ao longo da descida de um objeto do topo da torre pizza e tudo isto no programa octave

Miguel:

- Tipos de estruturas (repetição, etc.)
- Relacionar grandezas físicas;
- ler um programa com gráficos;
- trabalhar com o Vetor.

Carlos:

No 3 processos
Atribuição $\rightarrow =$
comparação $\rightarrow ==$
repetição \rightarrow while
 $a = a + 1$ $a \leq 10$

Nuno:

$$\left\{ \begin{array}{l} v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \Delta x = v \Delta t \\ \Delta v = a \Delta t \end{array} \right.$$

Podemos atribuir valor a variáveis (=) ou defini-las (=>)

Existem diferentes estruturas de programação:

- Estruturas de repetição (while)
- Estruturas de atribuição (=)

Através do programa conseguimos determinar várias ~~variáveis~~ variáveis, nos programas do ano passado conseguimos determinar a posição em função do instante de tempo, a velocidade v , a Energia cinética e a Energia Potencial.

Anexo 1.2. Respostas à ficha de preparação

Resposta da Ana:

2. a) A massa do paraquedista é sempre 100kg antes e depois de o paraquedas abrir. ~~A massa é uma constante.~~

b)

- antes de abrir o paraquedas

\vec{P}

$P = -mg$
 $F_{RA} = -v^2 \Leftrightarrow F_{RA} = -P \Leftrightarrow -P = -mv^2 \Leftrightarrow P = mv^2$
 $F_R = P$
 $\Leftrightarrow F_R = v^2$
- depois de abrir o paraquedas

\vec{P}

$F_{RA} = v^2$
 $F_R = P + F_{RA}$
 $\Leftrightarrow F_R = -mg + v^2$

c)

- antes

\vec{P}

$F_{RA} = bv^2$
 $\Leftrightarrow F_{RA} = 0,25N \cdot (m/s)^2$
 $v^2 = \left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)^2$
- depois

\vec{P}

$F_R = F_{RA} + P = -mg + 0,25N/v^2$

$m = 100kg$
 $g = 9,8 m/s$

NOTA: a velocidade calcula-se a partir da expressão:

$\left| \frac{\Delta x}{\Delta t} \right|$

d) $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

1º aprox \Rightarrow a aceleração é calculada a partir da variação da força de resistência do ar por unidade de tempo. ~~que neste caso vai ser constante visto~~

2º aprox \Rightarrow a aceleração é calculada através da variação da força de resist. do ar por unidade de tempo $\left(v^2 = \frac{F_{RA}}{b} = v = \sqrt{\frac{F_{RA}}{b}} \right)$ ou $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

0)

1º período $\Rightarrow p_1 = 3000m$
 2º período $\Rightarrow p_2 = 1000m$

3)

Cálculo da variação do tempo (quanto demora a chegar ao chão) desde a abertura do paraquedas e desde ~~o~~ a saída do avião.

Calcula a aceleração a partir da $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ sendo que esta se calcula a partir da $\frac{\Delta x}{\Delta t}$.

Por fim, insere os valores de cada ^{período} ~~período~~ no programa e teremos o gráfico.

Resposta do Bruno:

Movimento de um paraquedista em queda

2-

a) Nenhuma, visto que o corpo não perde nem ganha massa, ρ que se altera e apenas a força resultante. A aceleração varia.

b) $v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \cdot \Delta t =$
 $v(t + \Delta t) = v(t) + 9,8(t) \cdot \Delta t$

c)

d)

e) 1º - 3000 m
 2º - 1000 m

3-

~~primeira~~

- primeira atribui-se os valores às respectivas variáveis.

- Indicamos que i (instante ~~anterior~~ de que se fala) = $i + 1$

- Quando um ~~for~~ $h > 1000$ → if

- $v(t + \Delta t) = v(t) + 9,8(t) \cdot \Delta t$ 1º

- else

- $v(t + \Delta t) = v(t) + 9,8(t) \cdot \Delta t$

- $Ax = B \cdot v^2$

- Se a altura for 0 para o programa.

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$
 $m = 100 \text{ kg}$
 $h_1 = 3000 \text{ m}$
 $h_2 = 1000 \text{ m}$
 $h_3 = 0 \text{ m}$
 $\Delta t = \Delta t + 0,001$
 $B = 25$
 $\rho = 1,25$
 $1^\circ - Ax = B \cdot v^2$
 $2^\circ - Ax = B \cdot v^2$

- primeira atribui-se os valores às respectivas variáveis

- $i = i + 1$

- "if", altura > 1000 → g

- $v(t + \Delta t) = v(t) + 9,8(t) \cdot \Delta t$

- $Ax = B \cdot v^2$

- ~~Se não:~~

$\left. \begin{array}{l} \text{A velocidade é igual à velocidade resultante da ação gravítica +} \\ \text{a velocidade perdida pela resistência do ar.} \\ \text{- h=0} \end{array} \right\}$

Resposta da Luísa:

a) A massa do paraquedista é igual antes e depois do paraquedismo abrir.

Referencial



b) 1.º Período: $F_E = P \downarrow$
 $m \cdot a = -m \cdot g \downarrow$
 $\frac{\Delta v}{\Delta t} = -g \downarrow$
 $\Delta v = -g \cdot \Delta t \Rightarrow$
 $v_f - v_i = -g \cdot \Delta t$
 $v_f - 0 = -9,8 \cdot \Delta t$
 $v_f = -9,8 \Delta t$

2.º Período:
 $F_{AE} - P = F_E \downarrow$
 $b \cdot v^2 - mg = m \cdot a \downarrow$
 $b \cdot v^2 = ma + mg \downarrow$
 $v = \sqrt{\frac{ma + mg}{b}} \downarrow$
 $v = \sqrt{\frac{m(a + g)}{b}} \Rightarrow$
 $v = \sqrt{\frac{1000(a + 9,8)}{25}}$

c) 1.º Período: $F_D = F_{AE} - P \downarrow$
 $m \cdot a = b \cdot v^2 - mg \downarrow$
 $\frac{ma + mg}{b} = v^2 \downarrow$
 $v = \sqrt{\frac{m(a + g)}{b}} \Rightarrow$
 $v = \sqrt{\frac{1000(a + 9,8)}{0,25}}$

2.º Período:
 $v = \sqrt{\frac{1000(a + 9,8)}{25}}$

d) Na primeira situação, no primeiro período: $a = -g = -9,8 \text{ m/s}^2$
 " " " " , no segundo período: $a = \frac{b \cdot v^2 - mg}{m}$
 Na segunda situação, no primeiro e no segundo período a expressão é igual, apenas varia o valor da variável b
 $a = \frac{b \cdot v^2 - mg}{m}$

e) Na primeira situação e na segunda situação, no primeiro período $y_0 = 3000 \text{ m}$
 Na primeira e na segunda situação, no segundo período $y_0 = 1000 \text{ m}$

3) 1.ª situação

1.º Período
 $v = v_0 + (a \cdot t)$
 $v = -9,8t$

2.º Período
 $v = \sqrt{\frac{b \cdot v^2 - mg}{m}} + at =$
 $v_0 = v_f \text{ do 1.º Período}$

2.ª situação

1.º Período \rightarrow 2.º Período
 $v = at \Rightarrow v = \frac{b \cdot v^2 - mg}{m} \cdot t$

Resposta do Luís:

2-

a) Antes do procedimento abrir o paracaídas ele cai com movimento acelerado, pois a sua peso é a única força a atuar.

Depois de abrir, o peso e a resistência do ar evoluem até tornarem iguais, tendo com isso e descida com velocidade constante.

~~de~~

Não existe qualquer diferença, a velocidade mantém-se constante.

b) $F_R = -mg$

c) $F_R = -mg + b v^2$

d)

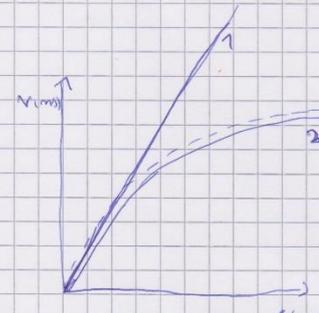
- b) \vec{g}

- d) $\vec{g} + - b v^2$

e) —

3-

Aproximação 2

$$\begin{cases} a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \\ v = \frac{\Delta y}{\Delta t} \\ \Delta v = a \cdot \Delta t \\ \Delta y = v \cdot \Delta t \end{cases}$$


• $h = 3000 \text{ m} \Rightarrow |v| = 0 \text{ m/s} \Rightarrow \Delta t = 0 \text{ s}$

• $h = 2000 \text{ m} \Rightarrow |v| = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{v \cdot \Delta t}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = x$

• $h = 1000 \text{ m} \Rightarrow |v| = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{v \cdot \Delta t}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{y}{x} \Rightarrow y > x$

o tempo do tempo a velocidade aumenta constantemente pois a aceleração é constante

Aproximação 2

$h = 3000 \text{ m} \Rightarrow |v| = 0 \text{ m/s} \Rightarrow \Delta t = 0 \text{ s}$

$h = 2000 \text{ m} \Rightarrow |v| = \frac{\Delta y}{\Delta t} - F_{Rm} = \frac{v \cdot \Delta t}{\Delta t} - b^2 v^2 \Rightarrow \Delta t = x$

$h = 1000 \text{ m} \Rightarrow |v| > |v| \text{ em } h = 2000 \text{ m} \Rightarrow \Delta t = y$

$h = 0 \text{ m} \Rightarrow |v| \text{ é constante e diminui constantemente pois}$

Resposta do Sérgio

2) - a) A massa é sempre 100 kg

b) $F_R = F_{AR} + P \Leftrightarrow \cancel{m \cdot a} = \cancel{0,25v^2 - 9,8m} \Rightarrow F_R = 0,25v^2 - 9,8m$
 $\Leftrightarrow \cancel{\frac{0,25}{100} \cdot v^2 - 9,8}$
 $\Leftrightarrow \cancel{0,0025v^2 - 9,8}$

c) = b)

d) $F_R = 0,25v^2 - 9,8m \Leftrightarrow m \cdot a = 0,25v^2 - 9,8m \Leftrightarrow$
 $\Leftrightarrow a = 0,25 \times 10^{-3} \times v^2 - 9,8$

e) Antes de abrir o para quedas, $y_i = 3000m$
 Depois de abrir o para quedas, a velocidade é $v_i = 1000m$
 constante e a aceleração nula, logo, o $F_R = 0$,
 $F_R = 0,25v^2 - 9,8m \Leftrightarrow 0,25v^2 - 9,8 \times 100 = 0 \Leftrightarrow$
 $\Leftrightarrow 0,25v^2 - 980 = 0 \Leftrightarrow v^2 = 3920 \Leftrightarrow$
 $\Leftrightarrow v = -62,6m/s$
 ~~$v = 62,6m/s$~~

3) - $F_R = F_{AR} + P \Leftrightarrow m \cdot a = bv^2 - mg \Leftrightarrow a = \frac{b}{m}v^2 - g$

$v(t+\Delta t) = v(t) + a(t) \times \Delta t \Leftrightarrow$
 $\Leftrightarrow v(t+\Delta t) = v(t) + \left[\frac{b}{m} \times (v(t))^2 - g \right] \times \Delta t$

Expressão que permite criar o gráfico velocidade - tempo

- É importante notar que: - ~~é necessário~~ a constante b é $0,25N/(m/s)^2$ enquanto ~~que~~ $bv^2 - mg \neq 0$, porque ~~é~~ quando $bv^2 - mg = 0$ a velocidade terminal primeira foi atingida
- quando $bv^2 - mg = 0$, b passa a ser $25N/(m/s)^2$, até que a ~~velocidade~~ iguale ~~se~~ apareça novamente, ou seja, quando a segunda velocidade terminal é atingida.

Resposta do Pedro:

$m = 100 \text{ kg}$
 $h = 3000 \text{ m}$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$
 $\vec{P} = -mg$
 $\vec{F}_{\text{arr}} = b v^2$
 $b \rightarrow 25 \text{ N (m/s}^2)$
 1º Período \rightarrow Sem paraquedas $\rightarrow h = 3000 \text{ m}$
 2º Período \rightarrow com paraquedas $\rightarrow 1000 \text{ m} = h$

② a) 1º Período \rightarrow

$$\vec{F}_r = -\vec{P} + \vec{F}_{\text{arr}}$$

$$m \cdot a = -m \cdot g + b \cdot v^2$$

$$100 \cdot a = -100 \cdot 9,8 + 25 \cdot v^2$$

$$100 \cdot a = -980 + 25 \cdot v^2$$

$$100 \cdot a = -100 \cdot 9,8 + 0,25 \cdot v^2$$

$$100 \cdot a = -980 + 0,25 \cdot v^2$$

$$v^2 = \frac{100a + 980}{0,25} \Leftrightarrow v^2 = 400a + 3920$$

2º Período \rightarrow

$$100 \cdot a = -100 \cdot 9,8 + 25 \cdot v^2$$

$$\Leftrightarrow v^2 = \frac{100a + 980}{25} \Leftrightarrow v^2 = 4a + 39,2$$

R: Não há diferença

b)

$$v = v_0 - g \cdot t = 0 - 9,8 \cdot t = -9,8 t \text{ (SI)}$$

c)

$$\vec{F}_r = \vec{F}_g + \vec{F}_{\text{arr}} = 100 \cdot 9,8 + 0,25 = 98,25 \text{ N}$$

$$\vec{F}_r = m \cdot a \Rightarrow a = \frac{F_r}{m} \Leftrightarrow a = \frac{98,25}{100} \Leftrightarrow a = 0,9825 \text{ m/s}^2$$

$$v = v_0 + at \Leftrightarrow 0 = 0,9825 \cdot t \Leftrightarrow t = -0,9825 \text{ s}$$

d)

$$v = v_0 + at \Leftrightarrow \frac{v - v_0}{t} = a \Leftrightarrow \frac{v}{t} = a \text{ SI}$$

1º Período $\rightarrow -\frac{v}{t} = g \text{ (SI)}$

1º Período $\rightarrow \frac{v}{t} = a$

e)

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

1º $\rightarrow y = 3000 + 0 - 4,9 \cdot t^2 \Leftrightarrow y = 3000 \text{ m}$

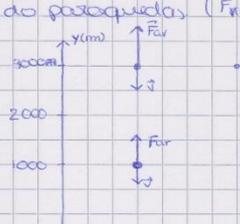
2º $\rightarrow y = 1000 \text{ m}$

⑤ ?

Resposta do João:

1. $m = 100 \text{ kg}$
 $R = 3000 \text{ m}$
 $v_0 = v_{\text{lançamento}} \text{ (Horizontal)}$
 $F_{\text{arr}} = b \cdot v^2$
 queda livre até a abertura do paraquedas ($F_{\text{arr}} = 0$)
 $P = -m \cdot g$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

R: 1000 m
 $v < 0 \text{ m/s}^{-1}$
 $F_{\text{arr}} = b \cdot v^2$
 $b = 25 \text{ N/m}^2$
 antes do paraquedas:
 $0,25 \text{ N}/(\text{m/s}^2) = b$



2. a) não há diferenças
 b) 1ª situação:
 $F_{\text{arr}} = 0 \text{ N}$
 $F = P = -m \cdot g$
 se $F_{\text{arr}} \Rightarrow v^2$ e $F_{\text{arr}} = 0$ então
 $\Rightarrow F = 0 = v^2$
 $v^2 = -m \cdot g \Rightarrow v = \sqrt{-m \cdot g}$

c) entre os 3000m e os 1000m:
 1ª situação:
 $v = \sqrt{-m \cdot g}$
 2ª situação:
 $\vec{F}_r = \vec{F}_{\text{arr}} + \vec{P}$
 $\Rightarrow \vec{F}_r = (b \cdot v^2) + (-m \cdot g)$
 $\Rightarrow \vec{F}_r = 0,25 v^2 + (-100 \times 9,8)$
 $\vec{F}_r = 0,25 v^2 + (-980)$
 $\Rightarrow 25 v^2 = 980 - \vec{F}_r$
 $\Rightarrow \vec{F}_r = 25 v^2 - 980$
 $\Rightarrow -925 v^2 = -980 - \vec{F}_r$
 $\Rightarrow 0,25 v^2 = 980 + \vec{F}_r$
 $\Rightarrow v^2 = \frac{980 + \vec{F}_r}{0,25} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{980 + \vec{F}_r}{0,25}}$

entre os 1000m e os 0m:
 1ª situação:
 $F_{\text{arr}} = b \cdot v^2$
 $\vec{F}_r = \vec{F}_{\text{arr}} + \vec{P}$
 $\vec{F}_r = b \cdot v^2 + (-m \cdot g)$
 $\vec{F}_r = 25 v^2 - 980$
 $\Rightarrow 25 v^2 = 980 + \vec{F}_r$
 $v^2 = \frac{980 + \vec{F}_r}{0,25} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{980 + \vec{F}_r}{0,25}}$

d) —
 e) $y(t) = x_0 + v_0 t - g a t^2$
 $v(t) = v_0 + a t$
 $v^2(t) = v_0^2 + 2 a \Delta x$
 $v^2 = 0 + 2 \times 9,8 \times \Delta x$
 entre os 3000m e os 1000m:
 $x_0 \Leftrightarrow t_0$
 $x_1 \Leftrightarrow t_1$
 $x_2 \Leftrightarrow t_2$
 $x_3 \Leftrightarrow t_3$
 $y(t) = 0 + 0 - g \times a t$
 $y(t) = -9,8 \times (-9,8) \times (9,8) t$
 $y(t) = 9,8^2 \times t$
 $= a t^2$

f) 3. $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \Delta v = a \cdot \Delta t$
 $v = \frac{\Delta y}{\Delta t} \Rightarrow \Delta y = v \cdot \Delta t$
 $v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \cdot \Delta t$
 $y(t + \Delta t) = y(t) + v(t + \Delta t) \cdot \Delta t$

- quando $t = 0$; $x = 3000$
- a velocidade aumenta constantemente porque não existem forças resistentes. Quando se abre o paraquedas (t_2) a velocidade diminui bastante e em t_3 , torna-se constante
- depois chega aos 0m em t_3 com $y(t_3) = 0 \text{ m}$

Resposta do Lucas:

$m_A = 100 \text{ kg} = 1000 \text{ N}$
 $m_B = 8000 \text{ m}$
 $v_i = v_{0i} = 0$
 $F_{\text{ext}} = 0$
 $P = -m \times g$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$
 $h_A = 1000 \text{ m}$
 $v_i < 0$
 $F_{\text{ext}} = b \cdot v^2$
 $P \text{ et } F_{\text{ext}} \text{ é de } 100 \text{ N}$

(Nota: $F_{\text{ext}} = b \cdot v^2 \rightarrow 0,25 \text{ N/m}^2$)

a) Nenhum, porque a paragem está entre a paragem do aparelho e a base.
 b) 1° e 2° atuam o peso
 $F_R = P = -mg = -980 \text{ N}$
 2° e atuam o peso e a F_{ext}
 $F_{\text{ext}} = P + F_{\text{ext}} =$
 $= -mg + b \cdot v^2 =$
 $= -100 \times 9,8 + 25 \cdot 0 =$
 $= -980 + 25 \cdot 0 = \text{N}$

c) 1° e atuam o peso e a F_{ext}
 $F_{\text{ext}} = P + F_{\text{ext}} =$
 $= -mg + b \cdot v^2 =$
 $= -980 + 0,25 \cdot 0 = \text{N}$
 2° e atuam o peso e a F_{ext}
 $F_{\text{ext}} = -980 + 25 \cdot 0 = \text{N}$

d) 1° e 2° atuam o peso e a F_{ext}
 $v_{10} = v_0 + a \cdot t$
 $t = v_{10} = -9,8 \text{ s}$
 $v_{10} = v_0 + a \cdot t$
 $F_R = m \cdot a =$
 $(-980 + 25 \cdot 0) / 100 = a =$
 $= -9,8 + 0,25 \cdot 0 = a$
 $v_{10} = (-9,8 + 0,25 \cdot 0) \text{ m/s}$

$v_{10} = v_0 + a \cdot t$
 $v_{10} = ?$
 $v_{10} = 0 \text{ m/s}$
 $\Delta E_c = \Delta E_p$, sistema é conservativo
 $\frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 = m g h_f - m g h_i$
 $\Rightarrow \frac{1}{2} \times 100 \times v_f^2 = 100 \times 9,8 \times 1000 - 100 \times 9,8 \times 3000$
 $\Rightarrow v_f = -3,9 \times 100 \text{ m/s}$
 $v_{10} = -3,9 \times 100 + a \cdot t$
 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1000 - 3000}{\Delta t} = -3,9 \times 100 \text{ m/s}$
 $\Rightarrow 0,05 \text{ s} = \Delta t$
 $v = a \cdot \Delta t$
 $\Rightarrow a = -768 \text{ m/s}^2$
 $v_{10} = -3,9 \times 100 + (-768) \cdot 0,05$

e) Sabendo que na 1° aproximação a 1° parte da queda é conservativa podemos dizer que o valor da velocidade será constante com uma $a = -9,8 \text{ m/s}^2$
 $\Rightarrow v(t + \Delta t) = v(t) + a \cdot \Delta t$
 \Rightarrow na 2° parte desta aproximação sabemos que existe uma força resistiva e que podemos calcular a sua a através de $F_{\text{ext}} = m \cdot a$. Com esta condição usamos a primeira técnica a aplicar, a qual nos dá a qual a velocidade no ponto, podemos assim calcular as diferentes velocidades.
 \Rightarrow Na 2° aproximação tentamos de utilizar sempre que possível a conservação de energia, seguindo assim os passos da 2° parte de 1° aproximação.

Resposta do António:

2) a) A massa da paraquedista antes de precipitar cair não se
maior do que a massa ~~da~~ ^{paraquedas} ~~o~~ ^{paraquedas} cair.

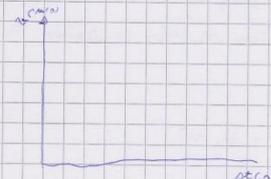
b) Na primeira aproximação, a ~~uma~~ única força que determina o movimento é o peso, $P = m \cdot g$, $F = P$
 $W_{FA} = W_P = -\Delta E_p = -m \cdot g \cdot (g \cdot h) = -m \cdot g \cdot g \cdot t$
 $W_{FA} = -m \cdot g \cdot v \cdot \Delta t$

c) Na segunda aproximação, ~~o~~ o movimento fica determinado por duas forças, P e F_{FA} , com sentidos contrários, $F = P + F_{FA}$
 $W_{FA} = W_P + W_{FA}$
 $W_{FA} = -m \cdot g \cdot v \cdot \Delta t + k \cdot v^2$

d) Na primeira aproximação, $F = P$, $m \cdot a = -m \cdot g$
 $a = -g$
 Na segunda aproximação, $F = P + F_{FA}$, $m \cdot a = -m \cdot g + k \cdot v^2$
 $a = -g + k \cdot v^2$

e) o movimento está dividido em dois períodos.
 No primeiro período: $y = y_0 + v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$
 $1_1 = 3000 + 0 - \frac{1}{2} \times 9,8 t^2$
 $1_1 = 3000 - 4,9 t^2$
 No segundo período: $y_2 = 1_1 + v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$
 $1_2 = 1000 - 4,9 t^2$

3) ~~calculamos a velocidade~~
 ~~$v = \frac{dy}{dt}$~~
~~Na primeira aproximação: $W_{FA} = -m \cdot g \cdot v \cdot \Delta t$~~
 ~~$v = v_0 + a \cdot t$~~
 calculamos a velocidade $v(t + \Delta t) = v(t) + (a \cdot \Delta t)$
 calculamos a posição vertical $y(t + \Delta t) = y(t) + v(t) \cdot \Delta t$
 calculamos o intervalo de tempo $v = \frac{\Delta y}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{\Delta y}{v}$



Insuamos os valores das várias
velocidades ao longo dos vários
intervalos de tempo no gráfico
Dando-nos o gráfico
da velocidade em função
do tempo.

Resposta do Miguel:

2)

a) ~~Wankhamu.~~

b) $v = v_0 - g t = 0 - 9,8 \times t = -9,8 t \text{ (SI)}$

c) $\vec{F}_n = F_g + F_{ar}$
 $\vec{F}_n = m a \Rightarrow a = \frac{\vec{F}_n}{m} \Rightarrow a = \frac{98,25}{100} \Rightarrow a = 0,9825 \text{ m/s}^2$

$v = v_0 + a t = 0 + 0,9825 t = 0,9825 t \text{ (SI)}$

d) $v = v_0 + a t \Rightarrow \frac{v - v_0}{t} = a \Rightarrow \frac{v}{t} = a \text{ (SI)}$

$1^\circ \rightarrow -\frac{v}{t} = g \text{ (SI)}$

$2^\circ \rightarrow \frac{v}{t} = a \text{ (SI)}$

e) $y = y_0 + v_0 t + \frac{a}{2} t^2 \text{ (SI)}$

$1^\circ \text{ Parada} \rightarrow y = 3000 + 0 - 4,9 \times 0^2 \Rightarrow$
 $y = 3000 \text{ m}$

$2^\circ \text{ Parada} \rightarrow y = 1000 \text{ m}$

3)

$v_0 = 0 \text{ m/s} \quad g = -9,8 \text{ m/s}^2 \quad t_i = 0 \text{ s}$

Engrenamento $y \leq 3000$:

$v(t_i + \Delta t) = v(t_i) - g \times \Delta t$

~~$F_n = F_g + F_{ar} = -98 + 25 \text{ N}$~~

$F_n = F_g + F_{ar} = -98 + 25 \text{ N}^2$

$F_n = m a \Rightarrow a = \frac{-98 + 25 \text{ N}^2}{100}$

Engrenamento $y \leq 1000 \text{ m}$:

$v(t + \Delta t) = v + \left(\frac{-98 + 25 \text{ N}^2}{100} \right) \times \Delta t$

Resposta do Carlos:

$m = 100 \text{ kg}$
 $h = 3000 \text{ m}$
 $P = -m \cdot g$
 $g = -9,8 \text{ m/s}^2$
 $F_{ar} = b \cdot v^k \rightarrow \text{Depois de abrir o paracaidas}$
 $b = 2,5 \text{ N} / (\text{m/s})^2$
 Antes de abrir o paracaidas $b = 0,25 \text{ N} / (\text{m/s})^2$

2 -

a) Zero, visto que a massa se mantém constante

b) 1º período $\rightarrow F_R = -P \Rightarrow$
 $\Rightarrow F_R = -mg \Rightarrow$
 $\Rightarrow m \cdot a = -m \cdot g \Rightarrow$
 $\Rightarrow a = -g$
 $\Rightarrow \frac{\Delta v}{\Delta t} = -g \Rightarrow \frac{v_f - v_i}{t - 0} = -9,8$
 $\Rightarrow \frac{v_f}{t} = -9,8 \Rightarrow v_f = -9,8 t \text{ e } P$

2º período $\rightarrow F_R = -P + F_{AR}$
 $\Rightarrow F_R = mg + b v^k \Rightarrow$
 $\Rightarrow F_R = -980 + 2,5 v^2$
 $\Rightarrow 100 a = -980 + 2,5 v^2$
 $\Rightarrow a = -9,8 + \frac{v^2}{40}$
 $\Rightarrow \frac{v^2}{40} = a + 9,8 \Rightarrow v^2 = 40a + 392$
 $\Rightarrow v = \sqrt{40a + 392}$

3º período $\rightarrow F_R = -P + F_{AR}$
 $\Rightarrow m \cdot a = -m \cdot g + b v^2$
 $\Rightarrow a = -9,8 + 0,25 v^2$
 $\Rightarrow a = -9,8 + 0,25 v^2$
 $\Rightarrow a = -9,8 + \frac{v^2}{40}$
 $\Rightarrow \frac{v^2}{40} = a + 9,8 \Rightarrow v = \frac{\sqrt{40(a+9,8)}}{20} \Rightarrow v = 20 \sqrt{a+9,8}$

3º período - é igual ao 2º período da primeira aproximação
 $v^2 = 40a + 392 \Rightarrow$
 $\Rightarrow v = \sqrt{40a + 392}$

$v = 114,36 \text{ m/s}$
 $t = 20 \sqrt{a+9,8}$

e) No 1º período a sua posição horizontal é de 3000m e no 2º período é de 1000m

3.

1ª aproximação $b = 2,5 \text{ N}$
 $y(t) = 3000 \text{ m}$
 $v(t) = 0$
 $a(t) = 9,8$
 $t = 0$
 $\Delta t = \Delta t$
 $m = 100 \text{ kg}$
 $y(t + \Delta t) = y(t) + v(t + \Delta t) \cdot \Delta t$
 while $y(t + \Delta t) > 1000 \text{ m}$
 $v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \cdot \Delta t$
 end

while $1000 > y(t + \Delta t) > 0$
 $v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \cdot \Delta t - b \times (v(t + \Delta t))^2$

2ª aproximação $b_1 = 0,25 \quad b = 2,5$
 $y(t + \Delta t) = y(t) + v(t + \Delta t) \cdot \Delta t$
 while $y(t + \Delta t) > 1000 \text{ m}$
 $v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \cdot \Delta t - b_1 \times (v(t + \Delta t))^2$
 while $1000 > y(t + \Delta t) > 0$
 $v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \cdot \Delta t - b \times (v(t + \Delta t))^2$

Resposta do Nuno:

1. $m = 100 \text{ kg}$
 $h_0 = 3000 \text{ m}$

1ª aproximação $\rightarrow F_{\text{arr}} \Rightarrow$ desprezível
 \vec{F}_z , antes abuz o paraquedas \vec{P} , $\vec{P} = -m \cdot g$

$h \rightarrow$ abertura do paraquedas $\rightarrow 1000 \text{ m}$
 $F_{\text{arr}} = b \cdot v^2$
 $b = 25 \text{ N} / (\text{m/s})^2$

2ª aproximação $\rightarrow F_{\text{arr}} \Rightarrow$ não desprezível $b = 0,25 \text{ N}$

2. a) A massa do paraquedista é independente do seu movimento, nunca se alterando

b) 1º período $\rightarrow \vec{F}_z = \vec{P} \Leftrightarrow F_z = -m \cdot g$, constante, não depende da velocidade $\Leftrightarrow F_z = -980 \text{ N}$
 2º período $\rightarrow \vec{F}_z = \vec{P} + \vec{F}_{\text{arr}} \Leftrightarrow F_z = P + F_{\text{arr}} \Leftrightarrow F_z = -m \cdot g + b \cdot v^2$
 $\Leftrightarrow F_z = -980 + 25 v^2 \text{ N}$

c) 1º período $\rightarrow \vec{F}_z = \vec{P} + \vec{F}_{\text{arr}} \Leftrightarrow F_z = P + F_{\text{arr}} \Leftrightarrow F_z = -m \cdot g + b \cdot v^2$
 $\Leftrightarrow F_z = -980 + 0,25 v^2$
 2º período $\rightarrow \vec{F}_z = \vec{P} + \vec{F}_{\text{arr}} \Leftrightarrow F_z = P + F_{\text{arr}} \Leftrightarrow F_z = -m \cdot g + b \cdot v^2$
 $\Leftrightarrow F_z = -980 + 25 v^2$

d) 1ª aproximação: 1º Período $\rightarrow F_z = -m \cdot g \Leftrightarrow m \cdot a = -m \cdot g$
 $\Leftrightarrow a = -g$
 2º Período $\rightarrow F_z = -m \cdot g + b \cdot v^2 \Leftrightarrow m \cdot a = -m \cdot g + b v^2$
 $\Leftrightarrow a = -g + \frac{b v^2}{m}$
 $\Leftrightarrow a = -9,8 + \frac{v^2}{4}$

2ª aproximação: 1º Período $\rightarrow F_z = -m \cdot g + b v^2 \Leftrightarrow m \cdot a = -m \cdot g + b v^2$
 $\Leftrightarrow a = -g + \frac{b v^2}{m} \Leftrightarrow a = -9,8 + \frac{v^2}{400}$

(continua na página seguinte)

Resposta do Nuno (continuação):

2º período $\rightarrow F_R = -m \cdot g + b v^2 \Leftrightarrow m \cdot a = -m \cdot g + b v^2 \Leftrightarrow a = -g + \frac{b v^2}{m}$
 $\Leftrightarrow a = -9,8 + \frac{v^2}{4}$

e) No início do primeiro período a posição é $y = 3000 \text{ m}$.
 No início do segundo período a posição é $y = 1000 \text{ m}$.

3. 1ª aproximação:

- Durante o período a F_R é constante, logo a aceleração também o é. A velocidade aumenta constantemente, no sentido negativo.

$$v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \cdot \Delta t \quad \begin{matrix} v_0 = 0 \text{ ms}^{-1} \\ a = -9,8 \text{ ms}^{-2} \end{matrix}$$

$$y(t + \Delta t) = y(t) + v(t + \Delta t) \cdot \Delta t$$

- ~~Quando $y = 1000 \text{ m}$ o primeiro período termina, logo essa velocidade final é a velocidade inicial do segundo período.~~ Quando $y = 1000 \text{ m}$ o primeiro período termina, logo essa velocidade final é a velocidade inicial do segundo período.
- No segundo período a aceleração não é constante.

$$a = -g + \frac{b v^2}{m} \Leftrightarrow a = -g + \frac{v^2}{4} \Leftrightarrow a = -g + 0,25 v^2$$

$y_0 = 1000 \text{ m}$
 $a = -9,8 + 0,25 v^2$

~~Quando $y = 1000 \text{ m}$ o primeiro período termina, logo essa velocidade final é a velocidade inicial do segundo período.~~

$$v(t + \Delta t) = v(t) + a(t) \cdot \Delta t$$

$$a(t + \Delta t) = -9,8 + 0,25 v(t + \Delta t)$$

$$y(t + \Delta t) = y(t) + v(t + \Delta t) \cdot \Delta t$$

2ª aproximação:

- A aceleração não é constante

$$a = -9,8 + \frac{v^2}{400}$$

A velocidade varia.

Enquanto $y > 1000 \text{ m}$ $a = -9,8 + \frac{v^2}{400}$
 Depois, quando $y = 1000 \text{ m}$, $a = -9,8 + 0,25 v^2$

Anexo 2. Documentos da entrevista à professora da turma

Guião da entrevista

1. O que pensas relativamente ao tempo perdido para as aulas de problemas pelas actividades computacionais?

1.1. Apesar de ter sido perdido porque de facto houve uma parte do tempo que foi utilizado, isso não teve repercussões negativas?

2. Consideras que as actividades computacionais alteraram a forma como os alunos entendem os conceitos associados à Mecânica: força, aceleração, velocidade e posição?

3. Em que medida poderá a aprendizagem da linguagem de programação constituir uma dificuldade para os alunos?

3.1 Consideras que foi muito espaçado no tempo as nossas sessões?

4. Consegues associar, positiva ou negativamente, a evolução dos alunos na disciplina com o trabalho desenvolvido nas sessões de programação?

5. Consideras que a autonomia dos alunos pode ter sido alterada com estas sessões?

6. Qual a avaliação do conselho de turma relativamente a esta actividade?

7. Qual a posição do departamento relativamente a esta actividade?

8. Quais os aspectos que consideras poderem ser benéficos na utilização de estratégias de programação no ensino da Física no Secundário?

9. Quais os aspectos que consideras poderem ser prejudiciais na utilização de estratégias de programação no ensino da Física no Secundário?

9.1. Sentiste, não em termos de autonomia, mas em termos da ajuda aos outros, alguma diferença em algum aluno em particular, na turma em geral ou não sentiste? (capacidade que têm de explicar ao outro)

10. Consideras que estas sessões poderão ter contribuído para a compreensão dos conceitos de trabalho, energia cinética e energia potencial, à luz dos conceitos da Mecânica?

11. Quais as dificuldades que consideras que um professor poderá ter para implementar estratégias de programação durante a leccionação da Física no Secundário?

Transcrição do registo sonoro

A entrevista teve a duração de 38 minutos e foi realizada no dia 12 de janeiro de 2019, numa esplanada próxima da casa da professora. Faço aqui a transcrição de toda a conversa, com excepção das partes em que o discurso não é inteligível. Esta transcrição foi revista e corrigida pela professora. Nas perguntas e respostas, indico o minuto e segundo correspondente ao registo sonoro. Os nomes dos alunos citados pela professora são fictícios e correspondem à atribuição que lhes foi feita em todo o texto.

JOÃO: Introdução da entrevista

A primeira coisa a fazer é explicar o âmbito da entrevista e o que pretendo fazer. Este é um trabalho que estou a desenvolver para o meu doutoramento que tenta integrar a programação no ensino da Física no Secundário, esperando com isso observar de que forma é que os conceitos da Física podem ser revistos e alterados pelos alunos. Esta entrevista vai ser utilizada no meu trabalho, portanto, deves ser o mais sincera e objectiva possível relativamente às perguntas que eu te fizer.

JOÃO 1:40

P.1. O que pensas relativamente ao tempo perdido para as aulas de problemas pelas atividades computacionais?

PROFESSORA 1:45

Q.1. Eu penso que não foi um tempo perdido. Os alunos beneficiaram imenso desta experiência que tiveram contigo, tanto pela componente teórica em que tu abordaste os

conceitos de Física com muita “paixão”, talvez esta palavra não seja tão científica como, em geral, as pessoas estão à espera. Tu falas da Física de uma forma muito bonita, que prende os alunos, e eu acho que é aquilo que às vezes falta para que os alunos também aprendam a ver a ciência dessa forma, o lado bonito da ciência, e tu conseguiste cativá-los para isso pela forma como falas das coisas. Nesse aspeto, identifico-me com a tua forma de trabalhar, também adoro a Física e gosto que eles percebam isso. Evidentemente, tu falas do ponto de vista do professor universitário, abordas os conceitos do ponto de vista de quem os trabalha de cima para baixo, e eu do ponto de vista de quem os trabalha do 4.º ano para cima e, por isso, a abordagem é diferente e eu notei que lhes fez muito bem. Do ponto de vista da programação, penso que também lhes fez muitíssimo bem, por isso, de maneira nenhuma considero que tenha sido um tempo perdido, foi um investimento.

JOÃO 3:35

P.1.1. Apesar de ter sido perdido porque de facto houve uma parte do tempo que foi utilizado, isso não teve repercussões negativas?

PROFESSORA 3:49

Q.1.1. Não teve, porque os alunos tornaram-se mais autónomos. No ano passado trabalhei só com eles no 10.º ano, este ano tenho, também, outra turma do 11.º, que foram sujeitos ao mesmo programa, ao mesmo tipo de avaliação, portanto, as condições em sala de aula não eram muito diferentes. Eram diferentes porque esta turma era mais pequenina, tinha só 13 alunos, e a outra tinha vinte e tal... este ano tem 22 e estes são só 12... isso faz diferença. Mesmo assim, noto nestes alunos muito maior autonomia, muito mais rapidez de raciocínio na abordagem dos problemas, portanto, eu consigo sempre, mesmo que me atrase na matéria, recuperar. Posso atrasar-me 2 ou 3 aulas, em termos de desenvolvimento das matérias, e depois consigo recuperar o que não consigo com os outros, portanto, não, não considero que tenha sido prejudicial.

JOÃO 5:40

P.2. Consideras que as atividades computacionais alteraram a forma como os alunos entendem os conceitos associados à Mecânica: força, aceleração, velocidade e posição?

PROFESSORA 5:45

R.2. Certamente, sim, acho que tornou muito mais ou rápida e fácil a assimilação dos conceitos e a análise de gráficos, a relação entre os vetores e o significado dos seus sentidos.

JOÃO 6:25

P.3. Em que medida poderá a aprendizagem da linguagem de programação constituir uma dificuldade para os alunos? (realcei o facto de poder ter sido para estes alunos ou poderá sê-lo para alunos em geral)

PROFESSORA 7:05

R.3. Penso que só é difícil se for descontinuada, se for muito esporádica a aprendizagem da programação, se eles não tiverem acesso a ela em casa, se não tiverem um computador em sala de aula disponível para trabalharem com maior regularidade. Na minha opinião, os alunos que têm dificuldades na aprendizagem da programação terão em outras disciplinas. Tenho sempre alunos que têm mais vocação para a Física enquanto outros têm mais vocação para Química, outros têm vocação para as duas e outros não têm vocação para nenhuma e isso, na Programação, vai existir também, ou como em Português há os que não têm vocação para o Português, outros que têm imensa vocação para o Português. Por isso, o que é que pode ajudá-los: terem acesso aos programas, terem computador, terem continuidade no trabalho, como em qualquer disciplina.

JOÃO 8:30

P.3.1. Consideras que foi muito espaçado no tempo as nossas sessões?

PROFESSORA 8:36

R.3.1. Sim, mas era muito difícil porque há muitas condicionantes... nós fizemos o melhor possível. O que eu senti foi que, por vezes, tu regressavas ao Colégio e percebia-se que os alunos, entretanto, já tinham esquecido. Eu noto o mesmo, se estiver um tempo sem os ver quando temos aula novamente parece que nunca tinha falado naquela matéria, é preciso ir buscar tudo de novo, e tu tinhas de voltar a falar, a fazer as revisões que eles deviam ter preparado antes de estarem contigo.

JOÃO 9:25

P.4. Consegues associar, positiva ou negativamente, a evolução dos alunos na disciplina com o trabalho desenvolvido nas sessões de programação?

PROFESSORA 9:32

R.4. Sim, eu consigo associar “positivamentetíssimo”, eu acho que esta turma foi de facto a turma com que eu mais adorei trabalhar Física. Tenho a certeza que esta experiência foi

muito benéfica para os alunos. Já dou aulas há mais de vinte anos e se me pergatares se eu queria fazer disto uma rotina, a resposta é seguramente, sim. Gostaria que todos os alunos tivessem a sorte que estes tiveram. Não tenho dúvida nenhuma de que os ajuda a estruturar o raciocínio, que os ajuda a interpretar melhor os problemas, a perceber a necessidade de registar os dados, de os relacionar, de os interligar, de puxar pela cabeça para saber que ponte é que vão fazer entre os dados, de antever aquilo que vão obter e desenvolver espírito crítico, portanto, foi positivo.

JOÃO 10:55

P.5. Consideras que a autonomia dos alunos pode ter sido alterada com estas sessões?

PROFESSORA 10:10

R.5. Sim, seguramente. Notei-os mais confiantes, mais motivados. E ainda mais importante, é que têm menos medo de arriscar, porque como já perceberam que é mesmo assim - podemos voltar atrás e corrigir qualquer coisa. Às vezes é só alterar uma vírgula, ou pôr ou tirar um espaço. Eu acho que eles têm menos medo, por exemplo, o Pedro tem tido dificuldades na compreensão das matérias, mas agora noto que ganhou autoestima em termos de participação, porque percebeu que pode não acertar à primeira, mas que pode voltar atrás e tentar de novo...

JOÃO 12:12

P.6. Qual a avaliação do conselho de turma relativamente a esta atividade?

PROFESSORA 12:16

R.6. Eu senti sempre que, quer o Diretor de Ciclo, quer o conselho de turma, sobretudo a professora responsável, ficaram gratos. Sobretudo o Diretor de Ciclo que foi a pessoa com quem eu troquei mais impressões, valorizou imenso e dizia “o mais possível” sempre que eu lhe perguntava se podíamos avançar. Por exemplo, cheguei a pedir aulas à professora de Religião, ao professor de GD e à professora de Matemática, que é a professora responsável, e o DC usava sempre a expressão “o mais possível”, só temos a agradecer, portanto, acho que há uma abertura total, até porque o Diretor de Ciclo, que é professor de Português, acredita que é por aqui que nós temos de evoluir. E há por parte da escola um investimento no Código; já temos um professor do departamento de Física e Química a dar aulas de Código a miúdos mais novos, penso eu que é ao 5.º ano.

JOÃO 13:34

P.7. Qual a posição do departamento relativamente a esta atividade?

PROFESSORA 13:37

R.7. É de muito interesse nesta actividade e de muita abertura. O Hugo Marques e o Leonel só não entraram no projeto porque não tinham alunos no nível de ensino que tu precisavas, se não, teríamos com certeza mais alunos a participar.

JOÃO 14:20

P.8. Quais os aspetos que consideras poderem ser benéficos na utilização de estratégias de programação no ensino da Física no Secundário?

PROFESSORA 14:27

R.8. Penso que, em termos de metodologia de trabalho, é motivador poderem ver o resultado do seu raciocínio, que eles poderão desenvolver e visualizar. O que eu notei que os motivava era verem no computador uma ideia com uma linguagem diferente, que não é só equação matemática, o equivalente, o igual e o resultado. Era uma linguagem diferente que depois se traduzia numa imagem, associavam o resultado visual a qualquer coisa que já tinham visto nos livros, mas que saiu da cabeça deles, uma construção que eles próprios fizeram e eu senti que isso aumentava a confiança no seu próprio raciocínio. Quando não dava certo, não queriam ficar por ali, tinham vontade de voltar atrás e de descobrir o próprio erro. Penso que aumenta a capacidade de se corrigirem, porque se revêm mais naquilo que estão a fazer, mais do quando fazem em papel. Pois em papel “ah, pois é, não é assim”, não noto a mesma resiliência, a persistência em fazer bem feito. Copiam do quadro uma resposta certa, mas não têm tanta necessidade de se autocorrigir. Penso que se comprometem mais com a resolução do problema, por resultar do seu próprio trabalho, que fizeram no seu computador, no seu programa, porque é diferente do que os outros fizeram. Noto que promove a autonomia, a autoconfiança, a estruturação do raciocínio, que os torna conscientes da importância do pormenor. Normalmente, saltam muitas etapas quando estão a trabalhar no papel, são trapalhões, por exemplo, o Carlos. que tem um raciocínio brilhante, muito rápido, mas salta muitas etapas; é um dos miúdos que nas escolhas múltiplas de exame nacional poderá concretizar bem, mas nas perguntas que envolvam desenvolvimento de cálculo poderão escapar pormenores e rigor, nos problemas perde muito porque, sendo trapalhão, vai saltando etapas e dá erros de cálculo elementares. A programação ensinou-lhe o poder da paciência, o poder da sensibilidade, da atenção ao pormenor, que acho que é aquela poesia que os miúdos não

associam à informática, porque as pessoas pensam que a informática é uma linguagem fria, mas depois percebem que se não tiverem cuidado, se não tiverem atenção ao pormenor, num instante se espalham, porque chegam ao fim e aparece uma coisa que não estavam nada à espera. Portanto, eu acho que isto é importantíssimo para eles perceberem que afinal nós não somos só chatos quando lhes dizemos que é preciso trabalho e persistência, é importante a atenção, a concentração, o olhar para o pormenor, o ser rápido é muito importante, mas não perder a sensibilidade ao pormenor também é, e eu acho que a programação mostrou aos meus alunos que eu não sou só chata...

JOÃO 19:20

P.9. Quais os aspetos que consideras poderem ser prejudiciais na utilização de estratégias de programação no ensino da Física no Secundário?

PROFESSORA 19:35

R.9. Na nossa experiência, penso que não houve aspetos negativos. Há sempre aspetos a melhorar, como a questão do tempo, e até acho que já foi excelente para uma primeira vez, mas, na minha opinião, nada prejudicou os alunos. Mas penso que, se um dia o ensino passar a ser com o computador à frente, poderá ser perigoso, porque podemos passar o limite entre a autonomia e o individualismo. Uma das competências mais importantes que nós devemos promover é a autonomia, a capacidade de resolverem os problemas, de enfrentarem as próprias dificuldades e persistirem em ultrapassá-las, de verem em nós facilitadores, mas serem eles a encontrar o seu caminho. Considero, também, ser igualmente importante o trabalho em equipa, o trabalho em turma, a ligação com os outros, o olhar para os outros, a comunicação visual com os outros, o perceber quem é que está com mais dificuldades, e ouvir os outros. A relação entre eles em sala de aula é muito importante e tenho receio que se nos centrarmos demasiado no trabalho no computador, passemos rapidamente da falta do computador em sala de aula para o excesso de computador em sala de aula. Portanto, penso que marcar um limite é muito importante. Neste momento, não vejo prejuízo nenhum com a experiência que nós tivemos.

JOÃO 22:20

P.9.1. Sentiste, não em termos de autonomia, mas em termos da ajuda aos outros, alguma diferença em algum aluno em particular, na turma em geral ou não sentiste? (capacidade que têm de explicar ao outro)

PROFESSORA 22:40

R.9.1. Ainda ontem estive com a minha turma do 12.º ano e disse que quem quisesse podia assistir às aulas desta turma para fazer revisões do 11.º ano para o exame nacional, porque é uma turma que sabe trabalhar em equipa como eu nunca tinha tido, talvez por ter menos alunos, mas talvez também pela desigualdade de competências que nós sentimos neles, pela diferença de predisposição que eles tinham para a programação, porque havia, no início, alunos muito bons e muito fracos e no final todos conseguiram atingir os objetivos, de uma forma ou de outra, menos o aluno que não pode assistir a todas as aulas. Mas, no final, o Pedro. acabou com muito orgulho, não sei se ele fez bem ou mal, mas eu senti que ele fez um esforço para chegar ao final e só consegui chegar ao final porque teve a ajuda do brilhante Nuno. Portanto, sim, eu acho que esta turma tem essa capacidade de entreaajuda muito acima do normal, provavelmente porque desde o ano passado puderam pôr à prova, tiveram de pôr à prova, essa competência, ao contrário das outras turmas. Tenho falado sempre nos conselhos de turma sobre isso, desde o ano passado, que noto os processos de tutoria a funcionarem muito bem na turma. Quando eu ponho, dois a dois, os alunos com mais facilidade a ajudarem os alunos com mais dificuldade, funciona muito bem. Só te posso agradecer imenso.

JOÃO 25:31

P.10. Consideras que estas sessões poderão ter contribuído para a compreensão dos conceitos de trabalho, energia cinética e energia potencial, à luz dos conceitos da Mecânica?

PROFESSORA 25:45

R.10. Tenho a certeza que contribuíram. Estes alunos conseguiram perceber facilmente - enquanto que na outra turma continuam a andar às voltas - a distinção entre grandezas vetoriais e grandezas escalares. Conseguem, por exemplo, distinguir bem a diferença entre Força e Trabalho, entre Força e Energia. E penso que os ajudou muito o trabalho do ano passado e o trabalho deste ano. A sensação com que eu fico é que, para eles, a Física ficou muito mais clara, mais evidente: os fenómenos são mais evidentes, a Mecânica é mais evidente, sendo que essa é a matéria mais abstrata que eles têm para aprender no 10.º e 11.º, porque a electricidade, a termodinâmica, o electromagnetismo exigem uma zona do cérebro um bocadinho mais concreta... e a Mecânica uma abstração um bocadinho maior, porque Galileu e Newton também tiveram que combater as ideias de Aristóteles, o que é mais difícil, porque por mais que eles digam que já sabem as Leis de Newton, acabam por continuar a pensar como Aristóteles. Sinto que eles deram o salto para Galileu e Newton com muito mais convicção.

JOÃO 27:54

P.11. Quais as dificuldades que consideras que um professor poderá ter para implementar estratégias de programação durante a leção da Física no Secundário?

PROFESSORA 28:03

R.11. Penso que a dimensão das turmas é sempre a maior dificuldade, porque uma turma com a dimensão desta é muito rara. Mesmo nós só começámos a ter turmas mais pequenas a partir do ano passado, porque as turmas em geral têm sempre 20 e tal alunos. Podemos sempre ter divisão, mas isso implica perda de trabalhos práticos (atividades experimentais). Outro aspeto é a disponibilidade de computadores portáteis para termos em sala de aula ou salas de informática disponíveis. Os professores conseguem gerir o tempo, o programa é muito denso e nós estamos muitíssimo pressionados pelos exames nacionais, que abrangem uma quantidade de matéria e com um pormenor que pressiona sobretudo os alunos, mas os alunos têm que ser pressionados pelos professores. É muito fácil o professor dizer “você têm que saber isto, mas não temos mais tempo, portanto estudem”. Mas um professor sofre imenso se não der apoio ao aluno para que ele atinja o grau de profundidade que lhe permita ter sucesso no exame e no futuro académico. O que se passa aqui no colégio é que se nós não tivermos tempo no horário normal, trabalhamos o que for necessário para recuperar o atraso. Noutras condições, os professores podem não ter possibilidade de o fazer porque vivem longe da escola, porque têm condições precárias, etc. É muito difícil com a quantidade de matéria e com as horas que temos, introduzir uma metodologia que requer o seu tempo. Portanto eu gostava que o ministério arranjasse uma forma de incluir esta estratégia, por ser muito eficaz no desenvolvimento de competências de raciocínio e de compreensão, de aplicação, muito mais do que investir em conhecimento com receitas e mais receitas que não os leva a lado nenhum, porque não é assim que a ciência funciona. Acho que às vezes a quantidade é inimiga da qualidade, e por isso acho que valeria a pena, ou incluir mais horas na disciplina de Física e Química, nem que seja mais uma hora por semana, para assim conseguirmos introduzir mais trabalho com o excel (que também considero ser uma ferramenta fundamental), ou reduzir os conteúdos - nós introduzimos o excel nas aulas laboratoriais para a elaboração de relatórios, tratamento de dados. Esta semana tivemos uma aula em que trabalhamos com o excel e foi difícil mandá-los embora, porque estavam entusiasmadíssimos a fazer as tabelas da posição em função do tempo, da velocidade em função do tempo, os cálculos e as formatações dos gráficos. Entusiasmou-os e ajudou a melhorar o espírito crítico na análise dos resultados. Diziam: “vamos eliminar aquele ponto porque aquele ponto nitidamente foi qualquer coisa que correu mal...”. A informática só

nos ajuda desde que eles saibam utilizá-la. É importante que nós como professores os ajudemos nesse sentido, para que não tenham essa dificuldade na entrada da universidade e no seu quotidiano.

Anexo 3. Entrevistas aos alunos da turma

Modelo da entrevista

Caros alunos,

Obrigado pela vossa colaboração ao longo destas sessões. Venho mais uma vez pedir a vossa colaboração, desta vez para responderem ao questionário que se segue. Peço-vos que sejam absolutamente sinceros nas vossas respostas para que este trabalho possa ter validade científica. As respostas devem ser dadas neste mesmo documento, depois de cada questão.

Aluno n°:

1. Na sua opinião, o que é que a Física estuda?
2. Quais as definições/conceitos que considera mais importantes para a aprendizagem da Física?
3. O que acha da ligação entre a Física e a Química?
4. O que é para si a programação?
5. O que é para si um algoritmo?
6. De que forma é que considera que a programação pode ajudar (ou complicar) a aprendizagem da Física?
7. De que é que gostou mais nas sessões de programação?
8. De que é que gostou menos nas sessões de programação?
9. O que é que aprendeu de Física nas sessões de programação?

10. No movimento de um corpo, o que precisa de conhecer para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo?

Muito obrigado! 😊

Documentos editados pelos alunos

Respostas da Ana

1. Na sua opinião, o que é que a Física estuda?

Estuda os fenómenos naturais; ciência que estuda a natureza.

2. Quais as definições/conceitos que considera mais importantes para a aprendizagem da Física?

O que é uma força, o que é uma energia, as leis de Newton.

3. O que acha da ligação entre a Física e a Química?

Creio que se complementam, uma vez que a Física estuda os fenómenos físicos/naturais sem a transformação da matéria e a Química estuda os fenómenos onde ocorrem transformação de matéria.

4. O que é para si a programação?

Uma forma diferente e prática de compreender física.

5. O que é para si um algoritmo?

Uma série de ações que se realizam quando algo programado acontece.

6. De que forma é que considera que a programação pode ajudar (ou complicar) a aprendizagem da Física?

Honestamente, creio que a programação pode tanto ajudar como ser indiferente à aprendizagem da Física. Ajuda a perceber a Física de uma maneira mais prática, e diferente, através de gráficos e saber de facto construí-los e compreende-los.

7. De que é que gostou mais nas sessões de programação?

Quando, de facto, conseguia relacionar a programação com a matéria.

8. De que é que gostou menos nas sessões de programação?

Quando não entendia do que se estava a ser falado, por vezes, creio que o professor não era muito claro e/ou explícito e eu, muitas vezes, não conseguia acompanhar a aula e ficava sem entender como é que se relacionava com Física.

9. O que é que aprendeu de Física nas sessões de programação?

A fazer alguns gráficos.

10. No movimento de um corpo, o que precisa de conhecer para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo?

A velocidade em que o corpo se encontra, e as variações da mesma, a posição que o corpo se encontra e as variações da mesma.

Respostas do Bruno

1. Na sua opinião, o que é que a Física estuda?

Para mim a física é uma ciência exata que estuda todos os fenómenos observáveis pelo ser humano, macroscopicamente e microscopicamente, desde os movimentos dos astros no espaço até ao simples procedimento de aquecimento de um alimento. Quer queiramos quer não esta está presente em todos os momentos das nossas vidas.

2. Quais as definições/conceitos que considera mais importantes para a aprendizagem da Física?

Conceito de massa, velocidade, aceleração, entre muitos mais.

3. O que acha da ligação entre a Física e a Química?

Acho que ambas são essenciais para o estudo

4. O que é para si a programação?

É uma forma de comunicação com um computador. Através de diversos “passos” é possível formar uma lista de ordens para que o computador cumpra, de forma a resolver os problemas com os quais nos confrontamos. E sendo bem utilizada simplifica muito os desafios encontrados em diversos aspetos da vida, sendo que a tecnologia está cada vez mais presente na nossa vida, através da robótica, segurança e outras áreas “controladas” pela programação.

5. O que é para si um algoritmo?

Conjunto de etapas e ordens que se dá a um computador, com uma sequência lógica, que nos leva à resolução de um determinado problema.

6. De que forma é que considera que a programação pode ajudar (ou complicar) a aprendizagem da Física?

Acho que pode ajudar bastante, sendo uma maneira diferente de aplicar o aprendido nas aulas e uma forma divertida de consolidar diversos aspetos da física.

7. De que é que gostou mais nas sessões de programação?

8. De que é que gostou menos nas sessões de programação?

Acho que no início das sessões ficamos muito tempo a entender os básicos da programação.

9. O que é que aprendeu de Física nas sessões de programação?

As sessões de programação ajudaram-me bastante a compreender o movimento de um corpo em queda livre e a entender as variações de energia nesse mesmo movimento.

10. No movimento de um corpo, o que precisa de conhecer para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo?

Velocidade, massa ou as forças aplicadas nesse corpo.

Respostas da Luísa

1. Na sua opinião, o que é que a Física estuda? Na minha opinião a física estuda os movimentos e os mais variados tipos de fenómenos que são verificáveis com a prática, por exemplo são os tipos de fenómenos que se vêm através da observação sem ser necessária o microscópio. Ou seja, estuda os fenómenos do dia-a-dia.

2. Quais as definições/conceitos que considera mais importantes para a aprendizagem da Física? Velocidade, aceleração, deslocamento, Leis de Newton, energias e forças, mas principalmente saber relacionar todos os conceitos.

3. O que acha da ligação entre a Física e a Química? A física e a química estão ligadas das mais variadas formas, na minha opinião eles relacionam-se na medida em a química aprofunda mais os conhecimentos microscópicos que a física estuda, no entanto temos noção que ambas se influenciam, ou seja, apesar de na escola estudarmos as duas áreas de formas distinta e separada, elas têm influencias umas nas outras.

4. O que é para si a programação? A programação para mim é algo que relaciona a informática com as questões diárias das pessoas é uma forma mais fácil de fazer aquilo que é verificável no osso cérebro e através do papel, visto que tudo aquilo que demoraria montes de tempo a fazer se utilizássemos um lápis e um papel é feito numa questão de segundos através da programação.

5. O que é para si um algoritmo? Um algoritmo para mim é aquilo que antecede a programação, é o tempo que os programadores têm que tirar para pensar naquilo que estão a fazer, porque o computador só faz aquilo que lhe mandam, sempre me disseram que se o computador está a dar erro é porque ou nós estamos a fazer algo de errado ou não fomos explícitos o suficiente para o computador perceber aquilo que queremos fazer.

6. De que forma é que considera que a programação pode ajudar (ou complicar) a aprendizagem da Física? Nas nossas aulas de programação aprendemos a relacionar a matéria de física do 10º ano e do 11º ano, tal é bastante útil porque ambas existem em conjunto e dependem umas das outras.

7. De que é que gostou mais nas sessões de programação? De sermos obrigados a refletir na matéria e a perceber que está tudo relacionado que as coisas dependem umas das outras.

8. De que é que gostou menos nas sessões de programação? Aquilo que gostei menos, foram as sessões iniciais em que o professor nos mostrou mais ou menos como é que se programava e todas as definições básicas associadas à programação, essa aula foi bastante secante na minha opinião, apesar de ter noção que ela é necessária, poderia ter sido abordada de maneira diferente. Por fim, apesar de parecer que me estou a contradizer, não gostei do facto de o professor nos por a trabalhar sozinho, por exemplo dava-nos um problema e dizia agora resolvam, mas o verdadeiro problema era que nós não tínhamos bases suficientes para conseguir através dos dados e do nosso conhecimento chegar à solução, se calhar até sabíamos a matéria, mas o difícil era passar os nossos conhecimentos para o computador.

9. O que é que aprendeu de Física nas sessões de programação? Aprendi um pouco sobre programação, mas acho que ganhei imenso por relacionar as matérias.

10. No movimento de um corpo, o que precisa de conhecer para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo? Podemos calcular o movimento de um corpo de varias formas, sendo a mais básica através da velocidade e da massa do corpo.

Respostas do Luís

1. Na sua opinião, o que é que a Física estuda?

Na minha opinião, a Física estuda os fenómenos naturais em geral!

2. Quais as definições/conceitos que considera mais importantes para a aprendizagem da Física?

Movimento , Eletricidade , Calor , Luz e Som.

3. O que acha da ligação entre a Física e a Química?

Embora a Química estude em particular os fenómenos em que ocorrem transformações de matéria(reações químicas) e a Física o fenómeno em que apenas ocorre deformação do mesmo , ambas ocorrem em ambiente natural e trabalham com fenómenos naturais completando-se uma à outra.

4. O que é para si a programação?

Programação para mim é de forma simples e o mais detalhadamente possível, ordenar através da escrita(linguagem) transmitir ordens a um computador , e o mesmo as executar corretamente.

5. O que é para si um algoritmo?

É a ordenação sucessiva de tarefas de modo a resolver um problema!

6. De que forma é que considera que a programação pode ajudar (ou complicar) a aprendizagem da Física?

Complicar não , mas acredito que com mais pratica de programação em si , será possível visualizar ainda mais a ligação entre as duas.

7. De que é que gostou mais nas sessões de programação?

Gostei do desenvolvimento necessário para desenvolver um algoritmo funcional!

8. De que é que gostou menos nas sessões de programação?

Na minha opinião eu acho que se devia investir mais na parte teórica da linguagem antes de a intercalar com a física, pois eu senti alguma dificuldade em desenvolver código já em tarefas de física pois não tinha praticado o suficiente de programação em si antes.

9. O que é que aprendeu de Física nas sessões de programação?

Observei proporcionalidades entre conceitos Físicos que outrora não os tinha desenvolvido eu desconhecia.

10. No movimento de um corpo, o que precisa de conhecer para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo?

A massa , e a sua velocidade!

Respostas do Pedro

1. Na sua opinião, o que é que a Física estuda?

Para mim, a física estuda os fenómenos mais palpáveis do nosso dia a dia com o intuito de nos ajudar a perceber o porquê destes acontecerem.

2. Quais as definições/conceitos que considera mais importantes para a aprendizagem da Física?

Força de atrito, força da gravidade e a força aplicada.

3. O que acha da ligação entre a Física e a Química?

Estas ligações são essenciais na aprendizagem de ambas.

4. O que é para si a programação?

A programação é um conjunto de ordens que são dadas e escritas pelo programador num programa de programação, com o intuito de facilitar o trabalho que este programador realiza.

4. O que é para si um algoritmo?

É a forma como damos as ordens ao programa de programação.

6. De que forma é que considera que a programação pode ajudar (ou complicar) a aprendizagem da Física?

A programação ajuda na compreensão da física, visto que nos ajuda a realizar a quer algoritmos de exercícios que nos seriam complicados de resolver passo a passo quer os gráficos que estes originam.

7. De que é que gostou mais nas sessões de programação?

Gostei mais da realização do algoritmo associado à queda do paraquedista e a execução dos gráficos que este origina.

8. De que é que gostou menos nas sessões de programação?

O espaçamento que as seções tiveram.

9. O que é que aprendeu de Física nas sessões de programação?

Aprendi a relação que os gráficos que nos são facultados têm com os problemas que temos que resolver.

10. No movimento de um corpo, o que precisa de conhecer para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo?

Velocidade, força de atrito, e a aceleração a que o corpo esta sujeito.

Respostas do Sérgio

1. Na sua opinião, o que é que a Física estuda?

A Física estuda o comportamento de corpos quando expostos a determinadas condições.

2. Quais as definições/conceitos que considera mais importantes para a aprendizagem da Física?

Força, velocidade, tempo e aceleração.

3. O que acha da ligação entre a Física e a Química?

São ciências empíricas cujos estudos se conciliam para o avanço do conhecimento.

4. O que é para si a programação?

Escrever “coisas” no computador que o mandam fazer o que queremos.

5. O que é para si um algoritmo?

É um conjunto de linhas de código que fazem com que o computador faça coisas diferentes dependendo dos dados iniciais que lhe fornecemos.

6. De que forma é que considera que a programação pode ajudar (ou complicar) a aprendizagem da Física?

Na minha opinião, torna mais claro a relação entre as diferentes grandezas e o raciocínio por trás das contas que fazemos nos testes e exames.

7. De que é que gostou mais nas sessões de programação?

Aprender como funciona uma linguagem de programação e a realizar tarefas simples.

8. De que é que gostou menos nas sessões de programação?

Esperava conseguir fazer mais no final das sessões; penso que o processo de aprendizagem foi muito lento, o que é compreensível tendo em conta os diferentes interesses/motivações de cada um.

9. O que é que aprendeu de Física nas sessões de programação?

Não sinto que aprendi nada novo em termos de “matéria” mas clarificou conceitos que não estavam bem solidificados.

10. No movimento de um corpo, o que precisa de conhecer para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo?

A intensidade da força resultante, ou seja, a aceleração resultante e a massa do corpo. O deslocamento do corpo, isto é, a distância percorrida, tendo em conta que o movimento é retilíneo e não houve inversão de sentido.

Respostas do João

1. Na sua opinião, o que é que a Física estuda?

Estuda os fenómenos que são palpáveis e visíveis ao olho humano.

2. Quais as definições/conceitos que considera mais importantes para a aprendizagem da Física?

Definição de energia, força ondas etc

3. O que acha da ligação entre a Física e a Química?

Não acho que estejam ligadas diretamente visto que a física se trata maioritariamente de coisas palpáveis e visíveis, e assim mais fácil de perceber e certo, e a química algo que tem mudado ao longo dos tempos e que para mim não desperta muito interesse

4. O que é para si a programação?

Linguagem dos computadores. Máquinas virtuais.

5. O que é para si um algoritmo?

Uma série de ações que se realizam quando algo acontece.

6. De que forma é que considera que a programação pode ajudar (ou complicar) a aprendizagem da Física?

Acho que não ajudou nem piorou a minha física. São coisas diferentes e aquilo que fizemos nas aulas foi apenas uma forma mais complicada de fazer certos gráficos que já estavam desenhados no livro. Ou seja, acho que ajudaria mais se depois de todo aquele trabalho vissemos algo novo e não um gráfico parecido a outra que já tínhamos visto antes ao estudarmos essa matéria em casa.

7. De que é que gostou mais nas sessões de programação?

Ter uma noção do que se tratava

8. De que é que gostou menos nas sessões de programação?

Pelas mesmas razões que no ponto 6

9. O que é que aprendeu de Física nas sessões de programação?

Nada que já tivesse aprendido. O que nós dávamos nas aulas de programação era um pequeno desenvolvimento daquilo que se dava nas aulas normais.

10. No movimento de um corpo, o que precisa de conhecer para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo?

Forças resistentes, massa, forças que atuam no corpo que sem ser as resistentes, distancias trajetórias etc.

Respostas do Lucas

1. Na sua opinião, o que é que a Física estuda?

É a ciência que estuda os fenómenos da natureza em geral, mais especificamente as suas propriedades e relações entre si.

2. Quais as definições/conceitos que considera mais importantes para a aprendizagem da Física?

Os conceitos de força resultante, velocidade, energia tanto mecânica como potencial e cinética.

3. O que acha da ligação entre a Física e a Química?

Ambos estudam os fenómenos da natureza.

4. O que é para si a programação?

É um processo no qual descrevemos a tarefa que queremos que o computador faça sempre escrito numa linguagem computacional.

5. O que é para si um algoritmo?

É uma sequência de ações que têm como fim solucionar um problema.

6. De que forma é que considera que a programação pode ajudar (ou complicar) a aprendizagem da Física?

Para podermos programar temos de simplificar os nossos conhecimentos para os podermos introduzir no computador e ao simplificarmos estes conhecimentos para o computador simplificamos para nós também.

7. De que é que gostou mais nas sessões de programação?

Da últimas aulas nas quais usávamos o conhecimento adquirido em aulas anteriores e programávamos sozinhos.

8. De que é que gostou menos nas sessões de programação?

Devido ao espaçamento de aulas termos de repetir os conhecimentos dados inúmeras vezes.

9. O que é que aprendeu de Física nas sessões de programação?

Aprendemos os conceitos básicos da programação e aprofundamos o que temos vindo a trabalhar nas aulas de física.

10. No movimento de um corpo, o que precisa de conhecer para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo?

A massa, a velocidade instantânea em cada momento e o intervalo de tempo.

Respostas do António

1. Na sua opinião, o que é que a Física estuda?

A Física é a ciência que estuda a natureza, sendo responsável por nos levar aos estudos de fenómenos naturais como a mecânica, a eletricidade, etc...

2. Quais as definições/conceitos que considera mais importantes para a aprendizagem da Física?

OS conceitos que considero mais importantes para mim na aprendizagem da Física são as forças e os movimentos e também a eletricidade.

3. O que acha da ligação entre a Física e a Química?

A Física e a Química estão ligadas. A Física estuda os fenómenos físicos e a Química estuda os fenómenos químicos, e ambos estes fenómenos são estudados na natureza.

4. O que é para si a programação?

Para mim, a programação é uma maneira diferente de aprendizagem de Física, onde utilizamos algoritmos para resolver diversos problemas relacionados com a Física.

5. O que é para si um algoritmo?

Para mim, um algoritmo é um esquema de resolução de problema.

6. De que forma é que considera que a programação pode ajudar (ou complicar) a aprendizagem da Física?

Acho que a programação pode-nos ajudar a compreender alguns conceitos mais complexos da Física, tentando resolver certos problemas físicos com um algoritmo.

7. De que é que gostou mais nas sessões de programação?

Gostei muito utilizar algoritmos para resolver questões relacionadas com a Física.

8. De que é que gostou menos nas sessões de programação?

Acho que as aulas estavam demasiado afastadas umas das outras e às vezes de uma aula para outra já nos tínhamos esquecido de alguns conceitos.

9. O que é que aprendeu de Física nas sessões de programação?

Aprendi que as questões e problemas relacionados com a Física podem se resolver de maniras diferentes, nomeadamente, com o uso de um algoritmo.

10. No movimento de um corpo, o que precisa de conhecer para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo?

Para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo precisamos de conhecer a massa e velocidade do corpo.

Respostas do Miguel

1. Na sua opinião, o que é que a Física estuda?

Pessoalmente, creio que a Física estuda a natureza e os fenómenos que nos rodeiam no dia-a-dia em geral, procurando explicar todos os seus mecanismos e explicar as suas conseqüências.

2. Quais as definições/conceitos que considera mais importantes para a aprendizagem da Física?

Creio que os conceitos que envolvem forças e os vários movimentos são os mais essenciais para a aprendizagem desta área do saber.

3. O que acha da ligação entre a Física e a Química?

Sinceramente, acho difícil encontrar esta ligação em vários casos. Porém, quando estudo melhor estas situações, sou capaz de encontrar uma ligação lógica e necessária entre ambas estas áreas.

4. O que é para si a programação?

Creio que programação significa traduzir Física, ou qualquer outro tipo de problemas, para um linguagem virtual.

5. O que é para si um algoritmo?

Um algoritmo representa os passos que são necessários para a tradução de um problema para um programa.

6. De que forma é que considera que a programação pode ajudar (ou complicar) a aprendizagem da Física?

Permite-nos compreender melhor aquilo que estamos a estudar e também ter uma nova maneira de compreender uma certamatéria.

7. De que é que gostou mais nas sessões de programação?

Sem dúvida da maneira de ensinar do professor e de sermos nós sozinhos a tentar descobrir maneiras de concretizar o problema e programa.

8. De que é que gostou menos nas sessões de programação?

Creio que nalgumas sessões estávamos demasiado à vontade, o que permitiu que a atenção dos alunos fosse menor. Também acho que os espaçamento entre as sessões foi demasiado longo.

9. O que é que aprendeu de Física nas sessões de programação?

Sem dúvida novas maneiras de compreender algo e também novas maneiras de resolver problemas. Percebi também muito melhor certos elementos da matéria.

10. No movimento de um corpo, o que precisa de conhecer para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo?

Creio que é importante saber a massa do corpo, a velocidade inicial e final, depois, dependendo do movimento, saber o peso do corpo e se há resistência do ar/atrito ou não, talvez o deslocamento.

Respostas do Carlos

1. Na sua opinião, o que é que a Física estuda?

As interações entre corpos distintos.

2. Quais as definições/conceitos que considera mais importantes para a aprendizagem da Física?

Os conceitos de força resultante, velocidade, energia tanto mecânica como potencial e cinética

3. O que acha da ligação entre a Física e a Química?

Acho que a ligação entre as duas não é evidente.

4. O que é para si a programação?

A programação para mim é uma ferramenta elementar para a construção do mundo atual, visto que este gira á volta da tecnologia tendo esta como piar a programação.

5. O que é para si um algoritmo?

Um algoritmo é uma sequência de ações finitas que visam resolver um problema.

6. De que forma é que considera que a programação pode ajudar (ou complicar) a aprendizagem da Física?

A programação é essencial para nos ajudar a aprender física, visto que esta nos ajuda a planear e a delinear um plano para resolver os problemas propostos sendo este um dos pontos fulcrais da física.

7. De que é que gostou mais nas sessões de programação?

Gostei da forma como o professor nos expor tanto a matéria como a própria programação.

8. De que é que gostou menos nas sessões de programação?

Penso que não houve nada que eu achasse que fosse mau.

9. O que é que aprendeu de Física nas sessões de programação?

Aprendi os conceitos básicos da programação e aprofundei os conhecimentos já adquiridos da física

10. No movimento de um corpo, o que precisa de conhecer para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo?

É preciso conhecer a velocidade ao qual se desloca, a sua massa e o tempo.

Respostas do Nuno

1. Na sua opinião, o que é que a Física estuda? A Física estuda o mundo a nossa volta e pretende encontrar a razão para os acontecimentos. Estuda, também, aquilo que não vemos, novamente, para responder às questões que nos colocamos relacionadas com o que nos rodeia, a física estuda a razão dos acontecimentos do meio físico.

2. Quais as definições/conceitos que considera mais importantes para a aprendizagem da Física? O conceito de força, aceleração, energia. As leis de Newton.

3. O que acha da ligação entre a Física e a Química?

Para dar resposta aos problemas do dia a dia a física e a química são necessárias uma à outra. Contudo, numa abordagem mais teórica é perfeitamente viável a separação das duas áreas de estudo.

4. O que é para si a programação?

A programação é uma ferramenta que permite encontrar soluções antes muito difíceis ou trabalhosas de uma forma simples e rápida.

5. O que é para si um algoritmo?

Um algoritmo é uma estruturação do pensamento, uma organização e planeamento das tarefas que necessitam de ser realizadas. É um método que nos permite evitar erros acidentais e ser rápidos ao escrever código.

6. De que forma é que considera que a programação pode ajudar (ou complicar) a aprendizagem da Física?

A programação exige uma compreensão dos conceitos físicos, de forma a ser possível a sua aplicação, tal exige, conseqüentemente que os alunos estejam confortáveis com os conceitos lecionados e sejam capazes de resolver problemas, com facilidade, utilizando esses conceitos. Logo, a programação desenvolve as competências exigidas para o estudo da física e facilita, assim a sua aprendizagem.

7. De que é que gostou mais nas sessões de programação?

Do desafio constante que nos era proposto, da independência que era necessária.

8. De que é que gostou menos nas sessões de programação?

Algumas vezes senti que não abordamos certos problemas no tempo suficiente e reconheço que é um desafio grande não tendo nós bases sólidas de programação.

9. O que é que aprendeu de Física nas sessões de programação?

A importância do conceito velocidade instantânea e da possibilidade de admitir que se o intervalo for pequeno o suficiente podemos considera-lo um instante.

10. No movimento de um corpo, o que precisa de conhecer para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo?

A variação da sua velocidade, ao longo do tempo.

Respostas do Frederico

1. Na sua opinião, o que é que a Física estuda?

Para mim a Física estuda todo comportamento dos movimentos.

2. Quais as definições/conceitos que considera mais importantes para a aprendizagem da Física?

Os conceitos que considero mais importantes na aprendizagem da Física são os movimentos e forças.

3. O que acha da ligação entre a Física e a Química?

A ligação entre estas áreas são muito importantes pois, na pratica, as duas estão sempre relacionadas entre si.

4. O que é para si a programação?

Programação é um processo de escrita utilizada para que os humanos consigam se comunicar com o computador.

5. O que é para si um algoritmo?

Um algoritmo é um conjunto de instruções que se dá a uma máquina para executá-las por ordem de forma a obtermos um resultado ou uma solução.

6. De que forma é que considera que a programação pode ajudar (ou complicar) a aprendizagem da Física?

A programação ajuda a Física pois trabalha o nosso raciocínio matemático, lógico e podemos utilizá-la para entendermos a Física de uma forma mais prática e interativa.

7. De que é que gostou mais nas sessões de programação?

O que eu gostei mais da Física foi, do facto, de poderemos aplicar a Física na programação que é uma área em que eu estou muito interessado em segui-la, podendo desta forma aplica-la na prática.

8. De que é que gostou menos nas sessões de programação?

Não houve nada de que gostei menos.

9. O que é que aprendeu de Física nas sessões de programação?

Aprendemos a lógica de programação que é a base inicial e, na minha opinião a importante para conseguir aprender a programar e aprofundamos conceitos sobre Física.

10. No movimento de um corpo, o que precisa de conhecer para descrever a variação de energia cinética ao longo do tempo?

O que eu preciso de conhecer é a massa e a velocidade.