FERNANDA SALGADO ESTEVES

ENSINO/APRENDIZAGEM DE CINÉTICA QUÍMICA NO ENSINO SECUNDÁRIO UTILIZANDO SATD – UMA ABORDAGEM PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETENCIAS INVESTIGATIVAS



Departamento de Química
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Maio 2007

FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

MESTRADO EM QUÍMICA
PARA O ENSINO

Ensino/aprendizagem de Cinética Química no Esino Secundário utilizando SATD – Uma abordagem para o desenvolvimento de competências investigativas

Fernanda Salgado Esteves

LICENCIADA EM QUÍMICA (F.C.U.P.)

2007

A presente dissertação é a versão definitiva, com todas as alterações sugeridas pelo júri da prova.

Assinado por: **EULÁLIA FERNANDA ALVES DE CARVALHO PEREIRA**
Num. de Identificação: 05656994
Data: 2024.09.23 14:34:01 +0100

Profª Eulália Carvalho Pereira

Fernanda Salgado Esteves

Ensino/aprendizagem de Cinética Química no Esino Secundário utilizando SATD – Uma abordagem para o desenvolvimento de competências investigativas

Tese orientada por:

Professora Doutora M. Gabriela T. C. Ribeiro da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Professora Doutora Eulália Fernandes A. C. Pereira da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Dissertação submetida à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto para obtenção do grau de Mestre em Química para o Ensino.

Departamento de Química
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Maio 2007

À minha família

Agradecimentos

Desejo manifestar os meus agradecimentos a todos os que colaboraram neste trabalho de investigação ou que pelo seu apoio e incentivo o tornaram possível.

À Professora Doutora Gabriela Ribeiro por ter aceite ser orientadora desta investigação e sem a qual seria impossível a realização desta dissertação. Agradeço os seus preciosos ensinamentos, o apoio e a disponibilidade, o acompanhamento constante e a orientação crítica, bem como a dedicação e o incentivo sistemático durante a supervisão de todo o trabalho.

À Professora Doutora Eulália Fernandes A. C. Pereira, que aceitou ser orientadora desta investigação, pela disponibilidade na discussão crítica deste trabalho.

Aos professores deste curso de mestrado, pela sua contribuição para o meu alargamento de conhecimentos pertinentes para a concretização deste trabalho.

Aos alunos que participaram no projecto "Fórmula 1 das Reações Químicas, usando sensores e computadores" no âmbito das actividades da Universidade Júnior da Universidade do Porto, durante o mês de Julho de 2005, por toda a colaboração prestada.

À minha família por todo o apoio e estímulo, sobretudo nos momentos de maior dificuldade.

A todos os meus amigos que sempre estiveram presentes e que nunca duvidaram das minhas capacidades, o meu obrigada.

ÍNDICE

Capítulo 1 Introdução ……... 1
1.1 Enquadramento do estudo ……. 3
1.2 A "Universidade Júnior" e o projecto desenvolvidos ……... 4
1.3 Finalidade do estudo ……. 5
1.4 Apresentação do estudo …… 6

Capítulo 2 Revisão bibliográfica ……...……... 7
2.1 Revisão bibliográfica …….……...… 9

Capítulo 3 Velocidade de reação: aspectos conceptuais ….……... 23
3.1 Conceito de velocidade de reação …….…….……...… 25
3.2 Teoria das Colisões ……..…….…….……...… 27
3.3 Efeito da concentração sobre a velocidade de reacção …… 34
3.4 Efeito da área superficial sobre a velocidade de reacção ……. 43
3.5 Efeito da temperatura sobre a velocidade de reacção …….. 43
3.6 Efeito da presença de catalisadores sobre a velocidade de reacção ……..… 49

Capítulo 4 – Metodologia ……. 55
4.1 Objectivos ……..… 57
4.2 Amostra ……..… 57
4.2.1 Perfil dos alunos do Grupo 1, Ana e Pedro …… 57
4.3 Enquadramento do tema no currículo ……... 58
4.3.1 Conteúdos desenvolvidos no 3º Ciclo do Ensino Básico …… 58
4.3.2 Conteúdos desenvolvidos no Ensino Secundário …… 64
4.3.3 Conteúdos desenvolvidos no presente estudo …… 75
4.4 Desenho do estudo …… 76
4.4.1 Fase I – Debate acerca dos conceitos/pré-requisitos ……...… 77
4.4.2 Fase II – Estratégia de ensino/aprendizagem ……..…… 78
4.4.2.1 Critérios de selecção das actividades experimentais …… 82
4.4.2.2 Etapa 1 – Familiarização dos alunos com SATD (sensores e software adequado) ……..… 83

4.4.2.3 Etapa 2 – Estudo qualitativo do efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de uma reacção química (Reacção química entre tiossulfato de sódio e ácido clorídrico) …… 83
4.4.2.4 Etapa 3 – Estudo qualitativo do efeito da temperatura na velocidade de uma reacção química (Reacção química entre magnésio metálico e ácido clorídrico) ……..…… 97
4.4.2.5 Etapa 4 – Estudo qualitativo do efeito da área superficial de contacto entre os reagentes na velocidade de uma reacção química (Reacção química entre *Alka-Seltzer*® e água) ……..… 108
4.3.3 Fase III – Avaliação final ……..… 118
4.4.3.1 Etapa 1 – Avaliação final da aprendizagem ……. 118
4.4.3.2 Etapa 2 – Apreciação das actividades propostas, pelos alunos …… 120
4.5 Metodologia do estudo – Estudo de caso …….. 123
4.6 Metodologia da recolha de dados ……..… 125
4.6.1 Observação …… 126
4.6.2 Questionário ……..… 126

Capítulo 5 – Resultados …… 129
5.1 Fase I – Debate acerca de alguns conceitos/pré-requisitos ……... 131
5.2 Fase II – Estratégia de ensino/aprendizagem ……... 132
5.2.1 Etapa 1 – Familiarização dos alunos com SATD (sensores e software adequado) ……... 133
5.2.2 Etapa 2 – Estudo do efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de uma reacção química (Reacção química entre tiossulfato de sódio e ácido clorídrico) …… 135
5.2.3 Etapa 3 – Estudo do efeito da temperatura na velocidade de uma reacção química (Reacção química entre magnésio metálico e ácido clorídrico) …….. 151
5.2.4 Etapa 4 – Estudo do efeito da área superficial de contacto entre os reagentes (estado de divisão) na velocidade de uma reacção química (Reacção química entre *Alka-Seltzer*® e água) ……. 168
5.3 Fase III – Avaliação final …….. 185
5.3.1 Etapa 1 – Avaliação final da aprendizagem ……. 185
5.3.2 Etapa 2 – Apreciação, pelos alunos, das actividades propostas ……... 190

Capítulo 6 – Conclusões e implicações educacionais ……. 195
6.1 Desenvolvimento de competências dos alunos acerca do tema …… 197
6.1.1 Conceito de velocidade …… 198
6.1.2 Efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de uma reacção química …….. 199
6.1.2.1 Identificação de soluções com diferente concentração ……. 199
6.1.2.2 Efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de reacção ….. 199
6.1.3 Efeito da temperatura na velocidade de uma reacção química …….. 200
6.1.3.1 Conceito de temperatura ……... 200
6.1.3.2 Efeito da temperatura na velocidade de reacção ……... 200
6.1.4 Efeito da área superficial de contacto entre os reagentes (estado de divisão) na velocidade de uma reacção química …… 202
6.1.4.1 Conceito de estado de divisão ……... 202
6.1.4.2 Efeito da área superficial de contacto entre os reagentes na velocidade de reacção …….. 202
6.2 Desenvolvimento de competências para a Literacia Científica nos alunos …….. 204
6.2.1 Conhecimento, raciocínio e atitudes …… 204
6.2.2 Comunicação ……... 206
6.3 Apreciação, pelos alunos, das actividades propostas …… 207
6.4 Implicações educacionais …….. 208

Anexos ……...……. 211

Bibliografia ……...……. 275

Lista de figuras

Figura 3.1 – Fracção do número de moléculas com a componente de velocidade entre v_x e $v_x + d\,v_x$ e com coordenada entre x e $x + d\,x$. ……...…… 29
Figura 3.2 – Lei de Distribuição de Velocidades de Maxwell. ……..……..… 30
Figura 3.3 – Trajectória descrita pelo centro de gravidade de uma molécula do tipo A e a possível localização de uma molécula do tipo B. ……. 32
Figura 3.4 – Representação gráfica de *C (A)* = f (*t*) e de *v* = f (*t*) para uma reacção química de ordem zero. ...……... 35
Figura 3.5 – Representação gráfica de *C* (*A*) = f (*t*) e de ln *C* (*A*) = f (*t*) para uma reacção química de primeira ordem. ……... 37
Figura 3.6 – Representação gráfica de C (A) = f (t) e de (1 / C (A)) = f (t) para uma reacção química de segunda ordem. ……... 39
Figura 3.7 – Efeito do estado de divisão dos reagentes sólidos sobre a velocidade de reacção. ……... 43
Figura 3.8 – Representação gráfica da variação da energia potencial em função da coordenada reaccional, para a reacção química: $2BrNO\ (g) \rightarrow 2NO\ (g) + Br_2\ (g)$. …. 45
Figura 3.9 – Representação gráfica da fracção de moléculas com um certo valor de energia para as temperaturas T_1 e T_2. …….. 46
Figura 3.10 – Orientações possíveis para a colisão entre duas moléculas de *BrNO*. ….. 47
Figura 3.11 – Representação gráfica de $\ln k = f\left(1/T\right)$ para uma reacção química que segue a equação de Arrenhius. …… 48
Figura 3.12 – Representação gráfica da variação da energia potencial em função da coordenada reaccional para uma dada reacção química, não catalisada e catalisada. … 50
Figura 3.13 – Mecanismo da catálise heterogénea da hidrogenação do etileno. …… 52
Figura 4.1 – Reacção química entre magnésio metálico e ácido clorídrico. ……..….. 61
Figura 4.2 – Reacção química entre tiossulfato de sódio e ácido clorídrico. …….. 61
Figura 4.3 – Reacção química entre permanganato de potássio triturado e glicerol. …. 62
Figura 4.4 – Reacção química entre vinagre e Sais Eno®. …….. 63
Figura 4.5 – Perfis de reacções sem catalisador (a azul) e com catalisador (a verde). ... 67
Figura 4.6 – Variação da concentração (a) e da velocidade (b) em função do tempo. ... 68

Figura 4.7 – Evolução das concentrações das espécies químicas ao longo do tempo e da rapidez das reacções directa e inversa para a reacção química de produção de amoníaco. …… 69
Figura 4.8 – Evolução temporal das concentrações de amoníaco, hidrogénio e azoto, partindo de diferentes situações reais. …… 70
Figura 4.9 – Metais usados em catálise. …… 72
Figura 4.10 – Esquema ilustrativo das alterações estruturais que ocorrem ao longo da reacção química entre o NO_2 e o CO, para formar o NO e CO_2. ……... 73
Figura 4.11 – Perfil energético ilustrativo da Teoria do Estado de Transição, para a reacção entre o NO_2 e o CO, para formar o NO e CO_2. …… 74
Figura 4.12 – Determinação do intervalo de tempo necessário para que a percentagem de luz que atravessa o meio reaccional diminua até um valor igual a 80 %, na *Actividade experimental 1*. …… 85
Figura 4.13 – Interface LIVE Griffin. ……..… 85
Figura 4.14 – Montagem experimental. ……..… 86
Figura 4.15 – Aspecto final do meio reaccional na *Actividade experimental 1*. ……. 88
Figura 4.16 – Determinação do intervalo de tempo necessário para que o ângulo de rotação do sensor de *posição* aumente até um valor igual a 10 º, na *Actividade experimental 2*. ……...… 98
Figura 4.17 – Montagem experimental. …… 100
Figura 4.18 – Determinação do intervalo de tempo necessário para que o ângulo de rotação do sensor de *posição* aumente até um valor igual a 10 º, na *Actividade experimental 3*. ……...…… 109
Figura 5.1 – Familiarização com os sensores. …… 134
Figura 5.2 – Montagem experimental efectuada pelos alunos. ……... 136
Figura 5.3 – Estudo do efeito da concentração sobre a velocidade da reacção entre tiossulfato de sódio e ácido clorídrico. …… 138
Figura 5.4 – Reacção química. …… 141
Figura 5.5 – Objectivo. ……... 142
Figura 5.6 – Material. …….. 142
Figura 5.7 – Montagem experimental. …… 143
Figura 5.8 – Quantidades adicionadas de cada um dos reagentes. ……. 143
Figura 5.9 – Controlo de variáveis. ……. 144

Figura 5.10 – Resultados. …… 145
Figura 5.11 – Interpretação do gráfico obtido ……. 146
Figura 5.12 – Conclusão. …… 147
Figura 5.13 – Conclusões apresentadas pela Ana na Ficha de Trabalho 1. …… 149
Figura 5.14 – Conclusões apresentadas pelo Pedro na Ficha de Trabalho 1. ……. 150
Figura 5.15 – Montagem experimental efectuada pelos alunos. ……. 152
Figura 5.16 – Estudo do efeito da temperatura sobre a velocidade da reacção entre ácido clorídrico e magnésio metálico. ……. 154
Figura 5.17 – Reacção química. …….. 157
Figura 5.18 – Objectivo. ……. 158
Figura 5.19 – Material. …… 158
Figura 5.20 – Montagem experimental. …….. 159
Figura 5.21 – Quantidades adicionadas de cada um dos reagentes. ……... 159
Figura 5.22 – Controlo de variáveis. ……...… 160
Figura 5.23 – Resultados. …… 161
Figura 5.24 – Interpretação do gráfico obtido. …… 161
Figura 5.25 – Conclusão. …… 163
Figura 5.26 – Conclusões apresentadas pela Ana na Ficha de Trabalho, na Etapa 3 deste estudo. …… 166
Figura 5.27 – Conclusões apresentadas pelo Pedro na Ficha de Trabalho, na Etapa 3 deste estudo. …… 167
Figura 5.28 – Esquema utilizado pela monitora para clarificar o conceito de estado de divisão. …… 168
Figura 5.29 – Estudo do efeito do estado de divisão dos reagentes sobre a velocidade da reacção entre Alka-Seltzer® e água. ……... 171
Figura 5.30 – Reacção química. …….. 174
Figura 5.31 – Objectivo. ……. 175
Figura 5.32 – Material. …… 176
Figura 5.33 – Montagem experimental. …….. 176
Figura 5.34 – Quantidades adicionadas de cada um dos reagentes. ……... 177
Figura 5.35 – Controlo de variáveis. ……... 177
Figura 5.36 – Gráfico obtido. …….. 178
Figura 5.37 – Interpretação do gráfico obtido. …… 178

Figura 5.38 – Conclusão. …… 180
Figura 5.39 – Conclusões apresentadas pela Ana na Ficha de Trabalho, na Etapa 4 deste estudo. …… 183
Figura 5.40 – Conclusões apresentadas pelo Pedro na Ficha de Trabalho, na Etapa 4 deste estudo. …… 184

Lista de tabelas

Tabela 3.1 – Valores da velocidade inicial obtidos na realização de três ensaios envolvendo diferentes concentrações iniciais dos reagentes, para a reacção química: $aA + bB \longrightarrow cC + dD$. …… 41

Tabela 4.1 – Caracterização da amostra deste estudo. ……..……. 57

Tabela 4.2 – Manuais escolares mais usados no 3º Ciclo do Ensino Básico, no ano lectivo de 2004/2005. ……..……..……..……. 59

Tabela 4.3 – Manuais escolares, do Ensino Secundário, analisados neste estudo. …... 66

Tabela 4.4 – Condições experimentais utilizadas para a realização dos diferentes ensaios no estudo do efeito da concentração inicial de tiossulfato de sódio na velocidade da reacção em estudo. ……..……..……. 88

Tabela 4.5 – Condições experimentais utilizadas para a realização dos diferentes ensaios no estudo do efeito da concentração inicial do ácido clorídrico na velocidade da reacção em estudo. ……. 89

Tabela 4.6 – Tempos de reacção obtidos nos diferentes ensaios utilizando o sensor de luz. …….. 91

Tabela 4.7 – Tempos de reacção obtidos nos diferentes ensaios utilizando o sensor de luz. …….. 92

Tabela 4.8 – Tabela para registo do valor do ângulo registado pelo sensor de posição (θ) para determinado volume de gás libertado ($V_{\text{gás libertado}}$). …… 101

Tabela 4.9 – Condições experimentais utilizadas para a realização dos diferentes ensaios no estudo do efeito da temperatura na velocidade da reacçao em estudo. ……. 101

Tabela 4.10 – Correspondência verificada entre o volume de gás libertado e o ângulo registado pelo sensor de posição. ……... 102

Tabela 4.11 – Tempos de reacção obtidos, utilizando o sensor *de posição*. …….. 103

Tabela 4.12 – Tabela para registo do valor do ângulo registado pelo sensor de posição (θ) para determinado volume de gás libertado ($V_{\text{gás libertado}}$). ……. 111

Tabela 4.13 – Condições experimentais utilizadas para a realização dos diferentes ensaios no estudo do efeito do estado de divisão dos reagentes na velocidade da reacção em estudo. …….. 111

Tabela 4.14 – Correspondência verificada entre o volume de gás libertado e o ângulo registado pelo sensor de posição. ……...…… 112
Tabela 4.15 – Tempos de reacção obtidos nos diferentes ensaios utilizando o sensor *de posição*. …….. 113

Lista de quadros

Quadro 2.1 – Principais propriedades das TIC e os potenciais benefícios subjacentes às mesmas, Rogers & Wild (1996). ……...…… 19
Quadro 3.1 – Resumo da cinética das reacções do tipo $aA \rightarrow cC + dD + ...$, de ordem zero, primeira ordem e segunda ordem. ……. 40
Quadro 4.1 – *Actividade experimental 1*: Reacção química entre tiossulfato de sódio e ácido clorídrico. …… 96
Quadro 4.2 – *Actividade experimental 2*: Reacção química entre magnésio metálico e ácido clorídrico. …… 107
Quadro 4.3 – *Actividade experimental 3*: Reacção química entre Alka-Seltzer® e água. 117
Quadro 4.4 – Principais vantagens e desvantagens da observação participante. …….. 126
Quadro 5.1 – Resultados obtidos, para o grupo, na realização da Actividade Experimental 1. ……. 140
Quadro 5.2 – Itens abordados pelos alunos na página web elaborada para a Actividade Experimental 1. ……. 148
Quadro 5.3 – Resultados obtidos, para o grupo, na realização da Actividade Experimental 2. ……. 156
Quadro 5.4 – Itens abordados pelos alunos na página web elaborada para a Actividade Experimental 2. ……. 165
Quadro 5.5 – Resultados obtidos, para o grupo, na realização da Actividade Experimental 3. ……. 173
Quadro 5.6 – Itens abordados pelos alunos na página web elaborada para a Actividade Experimental 3. ……. 181
Quadro 6.1 – Desenvolvimento conceptual da Ana acerca do conceito de velocidade. ... 198
Quadro 6.2 – Desenvolvimento conceptual do Pedro acerca do conceito de velocidade. 198
Quadro 6.3 – Desenvolvimento conceptual da Ana acerca do efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de uma reacção química. …….. 199
Quadro 6.4 – Desenvolvimento conceptual do Pedro acerca do efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de uma reacção química. …….. 200
Quadro 6.5 – Desenvolvimento conceptual da Ana acerca do efeito da temperatura na velocidade de uma reacção química. …… 201

Quadro 6.6 – Desenvolvimento conceptual do Pedro acerca do efeito da temperatura na velocidade de uma reacção química. …… 201
Quadro 6.7 – Desenvolvimento conceptual da Ana acerca do efeito da área superficial de contacto entre os reagentes (estado de divisão) na velocidade de uma reacção química. ……. 203
Quadro 6.8 – Desenvolvimento conceptual do Pedro acerca do efeito da área superficial de contacto entre os reagentes (estado de divisão) na velocidade de uma reacção química. ……... 203
Quadro 6.9 – Visão global das fases da experiência conseguidas ou não pelos alunos, ao longo das várias actividades experimentais propostas. …… 205
Quadro 6.10 – Itens abordados, pelos alunos, nas páginas web elaboradas para comunicação dos resultados. ……. 207
Quadro 6.11 – Aspectos focados pelos alunos na apreciação das actividades propostas. 208

Lista de diagramas

Diagrama 4.1 – Descrição do estudo. ……. 76
Diagrama 4.2 – Aspectos abordados no debate. ……. 77
Diagrama 4.3 – Esquematização da Fase II deste estudo. …….. 79
Diagrama 4.4 – Aspectos que os alunos deveriam abordar na página web. ……... 81
Diagrama 4.5 – Gráficos de *% luz* transmitida em função do tempo. ……. 90
Diagrama 4.6 – Variação do ângulo registado pelo sensor de posição ao longo do tempo. …….. 102
Diagrama 4.7 – Variação do ângulo registado pelo sensor de posição ao longo do tempo. …….. 112
Diagrama 4.8 – Esquematização da Avaliação final. …….. 118
Diagrama 5.1 – Dificuldades demonstradas pelos alunos. …….. 132

Resumo

Neste estudo investigou-se o impacto da implementação de uma estratégia baseada na realização de trabalho experimental, de carácter investigativo, no desenvolvimento conceptual dos alunos. O tema abordado foi a Velocidade das Reações Químicas.

Na estratégia delineada, os alunos, trabalhando em grupo, tiveram que planificar e executar um conjunto de actividades experimentais, complementadas por situações de reflexão acerca das evidências experimentais e da sua relação com os conceitos e teorias que as explicam. A estratégia foi implementada, no âmbito das actividades da Universidade Júnior da Universidade do Porto durante o mês de Julho de 2005, a alunos do Ensino Secundário com idades compreendidas entre os 15 e os 17 anos.

Em resultado da aplicação desta estratégia, verificou-se um desenvolvimento conceptual nos alunos relativamente aos conteúdos abordados, designadamente a velocidade de reações químicas, os factores passiveis de alterar a velocidade de reação e o seu efeito na velocidade de reação.

Os resultados do estudo põem também em evidência o papel determinante da reflexão, por parte dos alunos, antes, durante e depois da realização de trabalho experimental, para uma aprendizagem efectiva dos conteúdos.

O estudo aponta ainda para o desenvolvimento, nos alunos, de um conjunto de competências para a Literacia Científica em diferentes domínios, nomeadamente ao nível do conhecimento, do raciocínio, das atitudes e da comunicação. O desenvolvimento de competências nestes domínios é de extrema importância para o exercício pleno da cidadania.

O presente estudo salienta a importância, para o professor, da investigação dos conhecimentos previamente adquiridos pelos alunos, em contextos formais e informais. Caso o professor não conheça as ideias dos alunos, a reflexão acerca do trabalho experimental constitui uma boa ferramenta alternativa para a identificação das dificuldades dos alunos.

A metodologia aplicada despertou grande entusiasmo nos alunos, que referiram o trabalho experimental como sendo aquilo de que mais gostaram ao longo das actividades propostas.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the efficiency of the implementation of a strategy, based on investigative experimental work, on the conceptual development of some students. The subject studied was the Rate of Reactions.

Students had to plan and execute a set of experimental activities, complemented by situations of reflection about experimental evidences and its relations with the concepts and theories that explain them. The strategy was implemented during the activities of Universidade Júnior, promoted by the University of Porto during the month of July 2005, to secondary school students aged 15 – 17.

As a result of the implementation of this strategy, it was possible to notice a conceptual development on the students, relative to the concepts of rate of reaction, the factors that affect the rate of reaction and its effects.

The results illustrate the importance, for students, of the reflection before, during and after the realization of experimental work to an effective learning.

The results also illustrate the development of a set of competences for scientific literacy in different domains, namely: knowledge, reasoning, attitudes and communication. The development of these competences is extremely important to the exercise of citizenship.

The results point out the importance, to the teacher, of the identification of the previous knowledge, acquired on different contexts, of the students about the subject. In case the teacher does not know this information, reflection about experimental work is a good tool to identify the difficulties of the students.

The strategy applied raised great enthusiasm on the students. They referred the experimental work as the thing they liked the most during the proposed activities.

Résumé

Dans cette étude nos avons perquisitionné l'impact de l'insertion d'une stratégie fondée sur la réalisation d'un travail expérimental, de caractère d'investigation, respectant le développement conceptuel des étudiants. Le thème aborde a été: Vitesse des Réactions Chimiques.

A partir de la stratégie délinée, les étudiants, en groupe, on dû planifier e élaborer un ensemble d'activités expérimentales, accomplies par des situations de réflexion sur les évidences expérimentales et de leur relations avec es concepts et les théories qui les supportent. La stratégie a été appliquée, pour les activités de l'Universidade Júnior da Universidade do Porto, pendant le mois de juillet 2005, pour des élevés de l'enseignement secondaire, dont l'âge entre 15 et 17 ans.

Come résultat de l'application de cette stratégie, on a pu vérifier un développement conceptuel des étudiants, en relation aux contenus abordés, nommément la vitesse des réactions e leur effet dans la vitesse de réaction.

Les résultats de l'étude ont évidences le rôle de la réflexion, par les étudiants, avant, pendant et après la réalisation du travail expérimental, pour un apprentissage des contenus.

Cette étude développe, encore, chez les étudiants, un ensemble de compétences pour la *Scientific Literacy* dans plusieurs domaines, par exemple : au niveau de la connaissance, du raisonnement, des attitudes et de la communication. Le développement des compétences dans ces domaines est très important pour leur citoyenneté.

Cette étude démontre l'importance, pour le professeur, de l'identification des connaissances préalables achevées par les étudiants, dans plusieurs contextes. Si le professeur ne connaît les idées des étudiants la réflexion concernant le travail expérimental est un outil précieux alternatif pour l'identification des difficultés des étudiants.

La méthodologie appliquée provoque l'enthousiasme des élèves, qui ont mentionné le travail expérimental comme étant celui qu'ils ont le plus apprécié, pendant les activités proposées.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do estudo

Ciência e Sociedade desenvolvem-se, constituindo uma teia de relações múltiplas e complexas. A sociedade de informação e do conhecimento em que vivemos apela à compreensão da Ciência, não apenas enquanto corpo de saberes, mas também enquanto instituição social. Questões de natureza científica com implicações sociais vem à praça pública para discussão e os cidadãos são chamados a dar a sua opinião. A Literacia Científica é assim fundamental para o exercício pleno da cidadania (Galvão e tal, 2001).

Neste contexto, o professor, como cidadão e educador, não pode limitar-se a ser difusor do saber. O professor deve actuar de modo a colmatar as dificuldades sentidas pelos alunos e a promover o desenvolvimento de competências específicas em diferentes domínios (conhecimento, raciocínio, comunicação e atitudes) que auxiliem a formação de cidadãos capazes de ter uma opinião, de se envolverem nos assuntos do quotidiano e nas problemáticas de natureza científica.

Contudo, a actuação do professor em todo o processo de ensino/aprendizagem é significativamente condicionada pelo conhecimento e compreensão das dificuldades dos alunos, relativamente a cada um dos temas do currículo. Deste modo, torna-se imperativo desenvolver um conjunto de procedimentos variados que permitam identificar as dificuldades dos alunos, de forma a poder propor alterações adequadas aos métodos de ensino praticados pelos docentes ao longo do processo de ensino/aprendizagem.

No presente estudo, o tema geral em análise foi a *Velocidade das Reacções Químicas*. Este tema surge pela primeira vez nas Orientações Curriculares para a disciplina de Ciências Físico-Químicas do 3º Ciclo do Ensino Básico, no tema geral *Sustentabilidade na Terra*, Unidade 2 – "Reacções químicas", sub-tema "2.2 – Velocidade das Reacções Químicas". Todavia, no âmbito do Ensino Secundário, a velocidade das reacções químicas não é identificada como um objecto de ensino propriamente dito, embora seja evidente a sua importância para a compreensão de alguns conceitos e fenómenos, tais como os conceitos de equilíbrio químico, catalisador e de reacção catalisada e os fenómenos de catálise homogénea e de catálise heterogénea.

O tema *Velocidade das Reacções Químicas* é um tema de crescente importância, quer ao nível da indústria química, quer no nosso dia-a-dia. Ao nível da indústria química, este tema é importante pois possibilita a procura de processos que permitam efectuar as reacções de forma mais eficiente e de aumentar a sua velocidade, visando uma maior produtividade e selectividade. Por outro lado, são inúmeras as acções habituais no nosso quotidiano, tais como

a conservação dos alimentos no frigorífico e os fogos de artifício, que podem ser facilmente justificadas e compreendidas com uma breve abordagem do tema.

Em suma, a escolha do tema *Velocidade das Reacções Químicas* teve em consideração, essencialmente, três aspectos:

- A importância deste tema na compreensão de inúmeros fenómenos do nosso quotidiano, bem como de áreas tecnológicas tais como a da indústria química;
- Estar identificado como objecto de ensino nas Orientações Curriculares para a disciplina de Ciências Físico-Químicas para o Ensino Básico e
- Estar associado à compreensão de alguns conceitos e fenómenos inseridos no Programa de Física e Química A para o Ensino Secundário.

Os alunos envolvidos no presente estudo eram alunos que tinham concluído, pelo menos, o 9º ano de escolaridade e com idades compreendidas entre os 15 e os 17 anos. A participação dos alunos neste estudo surgiu no âmbito da participação dos mesmos nas actividades da Universidade Júnior da Universidade do Porto, durante o mês de Julho de 2005.

1.2 A "Universidade Júnior" e o projecto desenvolvidos

A Universidade Júnior é um projecto desenvolvido pela Universidade do Porto, no qual se pretende que os alunos desenvolvam actividades de forma a ampliar e adquirir novos conhecimentos em diversas áreas do conhecimento, desde as Engenharias e as Ciências, às Letras, à Psicologia, à Medicina e às Ciências da Nutrição e da Alimentação incluindo o Desporto e as Belas Artes.

No ano de 2005, a Universidade Júnior envolveu cinco programas que foram desenvolvidos em diversas faculdades da Universidade do Porto. O "Experimenta no Verão" para jovens dos 5º e 6º anos de escolaridade, as "Oficinas de Verão" para jovens dos 7º e 8º anos de escolaridade, o "Verão em Projecto" para jovens dos 9º, 10º e 11º anos e a "Escola de Línguas" para jovens do 5º ao 11º anos e a "Escola de Física" para jovens dos 10º e 11º anos. Os quatro primeiros programas decorreram no mês de Julho de 2005 enquanto a "Escola de Física" decorreu no mês de Setembro do mesmo ano. Em cada um destes programas existiam muitos e variados cursos que os alunos podiam frequentar.

Inicialmente, os alunos escolhiam o programa que pretendiam frequentar mediante o ano de escolaridade que tinham terminado e posteriormente o projecto e a semana do mês de Julho que pretendiam. Existia a possibilidade dos alunos frequentarem mais semanas até um

máximo de quatro, que correspondiam às quatro semanas do mês de Julho, optando por diferentes projectos, se assim houvesse possibilidade. Durante a semana, os alunos desenvolviam actividades das 9:00 às 17:30 horas acompanhados por um ou mais monitores que os orientavam nas actividades de aprendizagem inerentes ao projecto, bem como nas horas de almoço e lanche. Durante a semana, para cada programa os alunos tinham uma manha ou tarde livre, na qual tinham a oportunidade de conhecer um pouco da cidade do Porto e sua cultura. Visitaram o Parque da Cidade, Casa da Musica, Serralves, entre outros.

A Universidade Júnior dispunha ainda, para alunos que viviam longe do Porto, a possibilidade de passarem a semana na cidade em regime de alojamento.

O presente estudo inseriu-se no programa "Verão em Projecto" e intitulou-se de **"Fórmula 1 das Reacções Químicas, usando sensores e computadores"**. O projecto desenvolveu-se de segunda a sexta-feira das 9:00 às 17:30 horas durante o mês de Julho. Os alunos inscritos neste programa tinham a sexta-feira de manha livre, altura em que tinham a oportunidade de assistir a um espectáculo na Casa da Música.

1.3 Finalidade do estudo

O presente estudo teve como principais objectivos:

- Promover a aprendizagem de alunos dos Ensinos Básico e Secundário acerca do tema Velocidade das Reacções Químicas (velocidade de reacções químicas, factores passíveis de alterar a velocidade das reacções químicas e seu efeito na velocidade das reacções químicas) usando uma estratégia que dê relevância ao trabalho experimental, envolvendo Sistemas de Aquisição e Tratamento de Dados (SATD);
- Avaliar o conjunto de actividades laboratoriais propostas;
- Promover o desenvolvimento de competências específicas para a Literacia Científica, ao nível do conhecimento processual e substantivo, do raciocínio, da comunicação e das atitudes

1.4 Apresentação do estudo

Este estudo apresenta-se em seis capítulos.

No Capítulo 1 apresenta-se a Introdução.

No Capítulo 2 apresenta-se uma revisão bibliográfica da literatura. Neste capítulo é feita uma descrição sumaria de alguns trabalhos de investigação e comunicações apresentados no âmbito da realização de trabalho experimental usando sensores e SATD. É ainda de salientar que não é feita qualquer referência a trabalhos realizados no âmbito da Cinética Química, visto que a investigação educacional não tem produzido trabalhos acerca do ensino/aprendizagem de conceitos associados ao tema.

No Capítulo 3 apresenta-se uma breve exposição teórica acerca da velocidade de reacção, da Teoria das Colisões e do efeito de factores passíveis de alterar a velocidade de reacção (concentração, estado de divisão, temperatura e presença de catalisadores).

No Capítulo 4 apresenta-se uma descrição pormenorizada da metodologia utilizada ao longo do estudo, a qual inclui uma exposição acerca dos conteúdos abordados e das actividades experimentais propostas aos alunos no presente estudo. Para cada uma das actividades experimentais é apresentada informação acerca das reacções químicas envolvidas, dos reagentes necessários, do equipamento e software utilizado na recolha de dados, do material, da montagem experimental, do procedimento seguido na realização experimental das mesmas e dos resultados obtidos, bem como a sua discussão.

No Capítulo 5 apresentam-se os resultados obtidos ao longo da avaliação realizada a partir de observações, registos em suporte áudio e questionários efectuados, bem como a partir de trabalhos elaborados, individualmente ou em grupo, pelos alunos (fichas de trabalho e páginas Web).

No Capítulo 6 apresentam-se as conclusões, onde são feitas algumas considerações acerca de todo o estudo e apresentadas conclusões gerais que podem ser deduzidas deste trabalho.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao longo deste capítulo será efectuada uma descrição sumária de alguns trabalhos de investigação e comunicações apresentados no âmbito da realização de trabalho experimental usando sensores e Sistemas de Aquisição e Tratamento de Dados (SATD), e das suas conclusões.

Os trabalhos serão apresentados por ordem cronológica.

Contudo, não será feita qualquer referência a trabalhos realizados no âmbito da Cinética Química, visto que a investigação educacional não tem produzido trabalhos acerca do ensino/aprendizagem de conceitos associados ao tema.

2.1 Revisão bibliográfica

Mackay (2003), membro do "Qualifications and Curriculum Authority" (QCA), refere que as Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) são únicas como assunto central do National Curriculum for England, de tal forma que aparecem ou são consolidadas no contexto de outros assuntos.

O autor destaca ainda alguns benefícios inerentes ao uso de TIC no processo de ensino-aprendizagem:

- Produção de materiais, especialmente para tópicos onde o trabalho prático pode ser limitado;
- Utilização de um ecrã para visualização de gráficos, diagramas, modelos de software, imagens de microscópio, vídeos, etc. , a serem partilhados, discutidos e explorados na turma;
- Preparação de outros materiais didácticos, armazenamento de dados relativos a alunos e monitorização da evolução da sua aprendizagem.

Mackay refere também, alguns procedimentos que podem facilitar a implementação das TIC no ensino:

- Fácil acesso aos computadores;
- Manutenção e segurança dos computadores;
- Instalação e actualização de software;
- Uso de trabalho individual, de grupo ou demonstrações.

Hart (2003), depois de efectuar uma análise de vários softwares e hardwares utilizados no ensino das ciências, teceu uma apreciação positiva acerca do uso de sensores e concluiu que, atendendo à grande diversidade de recursos ao dispor dos professores, estes

podem facilmente melhorar o processo de ensino-aprendizagem das ciências. O recurso a estes novos materiais permite tornar o ensino-aprendizagem das ciências mais excitante e estimulante, tanto para alunos como para professores.

Higginbotham (2003), atendendo à sua experiência pessoal, considera que é extremamente importante que o professor domine a parte prática da montagem de SATD, de modo a ser capaz de realizar actividades experimentais propriamente ditas.

De acordo com a autora, os SATD possuem outras utilidades para além da produção de gráficos em tempo-real, nomeadamente:

- **Exploração** – Observação do modo como os sensores reagem a mudanças;
- **Comparação** – Recorrendo a um só sensor, registo de leituras simples que permitam fazer comparações (introduzindo a necessidade de um teste fiável);
- **Registo** – Utilização de um sensor e da linha do gráfico para demonstrar mudanças contínuas;
- **Monitorização** – Registo de dados, recorrendo a dois sensores, de modo a possibilitar comparações depois de concluída a experiência;
- **Investigação** – Utilização de quaisquer sensores para descobrir a resposta a questões colocadas;
- **Análise gráfica** – "Contar" a história do gráfico usando as ferramentas de análise disponíveis no ecrã e anotar os comentários no gráfico.

Ball (2003) define como boas práticas pedagógicas no ensino-aprendizagem das ciências, no 1º Ciclo, situações onde se verifica que as crianças estão empenhadas em questionar, explorar, interpretar e agradadas com as experiências. O autor considera as TIC apropriadas para o desenvolvimento dessas situações.

Para fazer um uso efectivo das TIC no ensino, os professores e alunos devem ter consciência de que estas podem ser usadas como:

- Ferramentas,
- Fontes de referência;
- Meio de comunicação;
- Único meio de fazer determinadas actividades.

As três ferramentas mais importantes são as folhas de cálculo, as bases de dados e os sistemas de análise e tratamento de dados. Os SATD são a ferramenta mais utilizada nas actividades das TIC associadas às ciências.

Testa *et al.* (2002) desenvolveram um trabalho baseado em gráficos em tempo real onde demonstraram que estes são uma importante ferramenta no ensino das ciências e que as suas características intrínsecas permitem abordagens didácticas inovadoras.

Ensinar jovens estudantes a interpretar gráficos produzidos em tempo real a partir de experiências é um objectivo educacional importante e os que forem capazes de o fazer correctamente adquirem capacidades adicionais que se vão tornar cada vez mais úteis na educação em ciências.

O uso das imagens de gráficos torna possível não só tirar pleno partido das abordagens didácticas baseadas em experiências em tempo real mas também suprir dificuldades comuns na leitura de gráficos cartesianos familiares, supostamente compreendidos mas muitas vezes mal interpretados.

Os resultados sugerem que quanto mais descritivas forem as captações de dados melhor suportam a relação entre os gráficos e as experiências que os suportam. A consciência das diferenças entre "ideal" e "real" e a capacidade de usar pontos de vista globais ou individuais simultaneamente, representam um nível de capacidades cognitivas elevado e transversal, úteis em muitos contextos. O uso didáctico de gráficos em tempo real pode ser uma importante contribuição para a aquisição dessas capacidades.

No futuro próximo a presença de imagens de gráficos em tempo real nas actividades de ciências como materiais didácticos vai aumentar exponencialmente. O estudo das interpretações dos gráficos, feitas pelos alunos, podem insinuar o desenvolvimento de abordagens não tradicionais e a introdução de elementos de inovação no estudo das ciências no ensino básico.

Green (2001) desenvolveu um estudo onde tinha como objectivo perceber o modo como as crianças usam as evidências acumuladas durante uma aula prática de ciências, se estas são capazes de pensar consistentemente acerca do que estão a fazer e se as soluções que elas expressam são alcançadas com base nas evidências acumuladas.

A amostra envolveu 170 crianças, com idades compreendidas entre os 8 e os 11 anos, que realizaram experiências com um pêndulo.

Green (2001) concluiu que existem pequenas diferenças entre rapazes e raparigas, visto que os rapazes são melhor sucedidos a relacionar a causa e efeito e as raparigas a explicar e interpretar as evidências.

Newton (2000) desenvolveu um estudo acerca da utilização de SATD com o intuito de identificar benefícios expressos deste método, explorar a transposição desses mesmos benefícios para a realidade da sala de aula de ciências e avaliar o seu impacto nos professores e no modo como estes desenvolvem esses mesmos métodos.

O autor refere que o processo de implementação deste tipo de equipamento na sala de aula é um processo complexo que abrange os recursos necessários, o planeamento de estratégias e o nível de compreensão dos professores acerca do alcance e do potencial das actividades baseadas na utilização de SATD.

Na revisão de literatura feita pelo autor são realçados os trabalhos desenvolvidos por Rogers & Wild (1994, 1996) no âmbito do estudo da importância da utilização de SATD em laboratórios, num pequeno número de escolas. Este estudo permitiu identificar certos atributos das técnicas baseadas no uso de SATD, as quais se revelaram muito benéficas para a aprendizagem dos alunos. Aqui é também realçada a importância do contexto e das técnicas de ensino-aprendizagem adoptadas para alcançar esses mesmos benefícios.

Newton (2000) também atribui importância a outros factores pois é na sala de aula que os professores de ciências implementam os métodos de utilização de SATD e onde os benefícios para qualquer aluno devem ser assegurados. Uma vez que as pesquisas sugerem que o contexto da sua utilização é um factor determinante para nos apercebermos dos verdadeiros benefícios dos SATD, parece apropriado considerar o uso prático dos mesmos nas salas de aula.

O ponto fulcral do artigo de Newton é a realidade das experiências de alguns professores de ciências no uso de SATD. Uma parte do estudo pretendeu explorar um certo número de tópicos relacionados com o uso rotineiro de SATD no ensino das ciências.

Esses tópicos eram:

- Motivação dos professores para utilizar métodos baseados em SATD;
- Identificação de factores que influenciam o modo como as actividades, envolvendo SATD, são seleccionadas;
- Influência do Currículo Nacional nas práticas utilizando SATD;
- Capacidades desenvolvidas pelos alunos e pelos professores durante a utilização deste método;
- Identificação dos aspectos dos SATD que os professores gostariam de desenvolver a seguir.

Para isso o autor realizou uma série de entrevistas semi-estruturadas a 5 professores de ciências, de 4 escolas secundárias diferentes. Na altura do estudo, 2 destas escolas tinham o

estatuto especial de escolas de tecnologias, pelo que possuíam bastantes recursos de TIC, sendo este um aspecto importante da experiência curricular dos alunos. As outras 2 escolas não tinham qualquer estatuto especial mas tinham adquirido material das TIC para ensinar ciências. Os professores voluntariaram-se para participar no estudo. Após a observação de um conjunto de aulas que envolveram a utilização de SATD, os professores foram entrevistados para expressarem as suas opiniões acerca das experiências realizadas.

Newton (2000) concluiu que a potencial contribuição dos métodos baseados na utilização de SATD na aprendizagem das ciências pelos alunos é considerável.

Os dados deste estudo revelam ainda que é necessário verificar um determinado conjunto de características nas actividades baseadas na utilização de SATD, de modo a que promovam o desenvolvimento de uma abordagem mais interpretativa nas actividades práticas. As características a verificar são, por exemplo:

- Disponibilidade de hardware e software adequado e actualizado;
- Apoio técnico para assegurar que o equipamento funciona bem;
- Capacidades dos professores no uso técnico do equipamento.

Estes factores são pré-requisitos para o estabelecimento de uma plataforma a partir da qual as actividades baseadas na utilização de SATD vão emergir.

Contudo, é também necessária a experiência e familiarização com o equipamento e o seu uso na sala de aula para aumentar o conhecimento profissional dos métodos baseados na utilização de SATD, nomeadamente, acerca:

- Do modo como os SATD podem mudar as necessidades da turma;
- Da compreensão dos inúmeros benefícios da abordagem dos métodos baseados na utilização de SATD;
- Do desenvolvimento de abordagens de ensino que explorem os atributos da tecnologia.

A compreensão destes tópicos leva algum tempo a emergir mas os entusiastas das TIC podem conduzir facilmente a integração dos SATD no ensino das ciências.

É possível que uma apreciação completa do potencial dos SATD como ferramenta para os professores possa encorajar os professores de ciências a identificar e clarificar os objectivos para o ensino experimental das ciências, desenhados a partir dos atributos das novas tecnologias, mas é provável que seja necessário serem guiados pelo currículo para:

- Criar oportunidades no currículo para planear actividades baseadas na utilização de STAD;
- Contribuir com incentivos para encorajar um maior uso de SATD.

Para que a potencial contribuição dos SATD no ensino prático das ciências seja concretizada deve ser desenvolvida mais investigação que explore os constrangimentos da aula onde for aplicada.

Existe também a necessidade de planear as actividades dos alunos com as novas tecnologias em mente, o que requer que os professores não só compreendam os atributos da tecnologia mas as mudanças nos alunos durante o trabalho prático, conduzindo a um uso efectivo das tecnologias e ajudando os alunos a conseguirem evoluir em ciências.

Wellington (1999), no âmbito de um estudo da integração das TIC no ensino das ciências, pretendeu saber como, quando e onde é que os professores recorrem às TIC e quais os principais benefícios e entraves associados à sua utilização.

Para tal, o autor utilizou como amostra 50 escolas e colégios do Reino Unido, incluindo 3 de Singapura. Ao longo do estudo, Wellington monitorizou os fóruns de discussão na Web, os comentários dos professores durante todo o tempo e efectuou seis estudos de casos, envolvendo a realização de observação, de entrevistas a alunos e professores, e de questionários enviados a todas as escolas.

O autor concluiu que na integração das TIC, em qualquer instituição de ensino, nunca se deve subestimar o número de pessoas envolvidas, as posições hierárquicas que estas ocupam, nem as relações que se estabelecem. Logo, é erróneo pensar que um programa de formação de professores bem consolidado ou que o abastecimento de escolas com software e hardware é suficiente para que este tipo de ensino seja implementado com sucesso.

Para Wellington, o sucesso da implementação de um projecto envolvendo TIC depende da junção de um conjunto de condições, tais como:

- Uma escola onde os elementos se apoiem mutuamente e tenham um espírito positivo, direccionado para as TIC e para as políticas que as reforçam;
- Um coordenador das TIC voluntarioso, com uma atitude positiva quanto ao seu uso no processo de ensino-aprendizagem de temas que não relacionados directamente com as TIC;
- O suporte de um técnico das TIC;
- A disponibilidade de recursos das TIC e um registo da sua utilização transparente para os professores;
- Confiança dos professores e dos alunos no uso das TIC;
- Software que constitua claramente, para os alunos e professores envolvidos nestes projectos, um valor adicional para o processo de ensino/aprendizagem,

através da fomentação da visualização, da diferenciação, da motivação e da diversidade;

- Uma pessoa "chave", da área das TIC, com entusiasmo e persistência suficientes para colaborar na concretização destes projectos.

As práticas frutíferas, envolvendo o uso das TIC, permitem motivar professores e alunos e progredir, de forma positiva, na aprendizagem de determinados conteúdos. Em especial relativamente aos alunos, estas práticas também permitem a existência de uma diferenciação no processo de ensino-aprendizagem, possibilitando aos alunos trabalhar ao seu próprio ritmo e controlar a sua própria aprendizagem. Por outro lado, relativamente aos professores, estas práticas podem constituir uma ferramenta de ensino válida, contribuindo para uma melhoria do seu papel enquanto professores e facultando um maior contacto e exploração das dificuldades dos indivíduos.

Todavia, o sucesso apenas poderá ser uma realidade quando os factores mencionados anteriormente forem ajustados na complexa instituição que é "a escola". É compreensível, portanto, que algumas escolas desistam na tentativa de implementar este tipo de práticas.

Os estudos anteriores identificaram alguns dos potenciais benefícios, para o processo de ensino-aprendizagem, do recurso a SATD na realização de trabalhos práticos. Contudo, as técnicas de utilização de SATD parecem ainda não ter ganho o apoio profissional dos professores. Por exemplo, no Reino Unido, as informações fornecidas pela inspecção das escolas (OFSTEAD, 1998 *cit.* Newton, 2000) indicavam que a aplicação das TIC no ensino é inconsistente apesar de ser um dos requerimentos do Currículo Nacional do Reino Unido.

Este facto pode advir por diversas razões, tais como problemas de aprovisionamento das escolas, acesso insuficiente aos recursos e treino insuficiente por parte dos professores, às quais acresce ainda o desafio colocado pela implementação de inovações na sala de aula.

Willis (1998) desenvolveu um trabalho englobado no projecto "Primary Teacher as Scientist", o qual tinha como objectivo ajudar os professores primários a melhorar a sua compreensão da ciência e das experiências na sala de aula.

Neste trabalho, a autora definiu como objectivos planear e ensaiar algumas investigações que as crianças pudessem realizar com sensores com o intuito de aumentar o seu conhecimento científico, utilizando sensores de um modo apropriado e correcto em situações onde outros instrumentos são menos precisos ou difíceis de usar. Os alunos podiam também realizar as suas próprias investigações.

A amostra deste estudo envolveu 4 alunos do 6º ano (11 anos) que prepararam as actividades para apresentarem aos seus colegas do 5º e 6º anos.

A investigadora fez auto-formação sobre sensores e ensinou os alunos a trabalhar com sensores de luz, temperatura e som. As várias actividades foram realizadas com base numa questão/problema em investigações propostas pelos próprios alunos.

Willis (1998) concluiu que os sensores e os Sistemas de Aquisição e Tratamento de Dados (SATD) têm várias características que os tornam ideais para o uso no ensino das ciências no ensino primário1º Ciclo do Ensino Básico (1º CEB).

O software é simples e fácil de usar, enquanto o hardware é relativamente fácil de montar e operar. As crianças não precisam de tentar registar medições e observar fenómenos ao mesmo tempo, uma vez que os SATD efectuam o registo de várias variáveis simultaneamente. Os sensores e computadores possibilitam que os resultados das investigações sejam visíveis e que estejam instantaneamente acessíveis.

Outra das vantagens identificadas pela autora é o facto dos resultados poderem ser impressos e fotocopiados de modo a que as crianças escrevam sobre as suas investigações ou interpretem gráficos. Todavia, o maior benefício em usar técnicas baseadas na utilização de SATD é, na opinião da autora, o entusiasmo por este género de actividades, o qual aumenta quando os alunos testam as suas próprias ideias.

Newton (1998) refere que as ferramentas de software previamente mencionadas permitem aos alunos explorar e apresentar os dados de uma forma mais diversificada e implicam um menor investimento em termos de tempo e esforço.

Os alunos podem observar os dados segundo diferentes perspectivas, de modo a tentar identificar tendências e padrões e a testar ideias acerca dos mesmos. O treino destas capacidades de síntese, análise e interpretação de fenómenos podem levar, por sua vez, ao desenvolvimento de uma maior actividade cognitiva e, consequentemente, a uma melhoria no nível de aproveitamento dos alunos nestas áreas.

Powers & Salamon (1998) desenvolveram um projecto onde os professores foram treinados para terem uma maior literacia computacional, criando programas de computadores que seriam posteriormente integrando nas experiências desenvolvidas nas suas aulas.

Os autores constataram que os alunos, depois de utilizarem os programas, se mostraram extremamente motivados, apresentaram uma atitude mais positiva em relação às ciências, melhoraram as suas capacidades cognitivas e aumentaram a sua literacia na área dos

computadores. Por seu lado, os professores melhoraram a sua literacia e conhecimentos nesta área.

Durante o projecto os participantes (alunos e professores) sentiram que o seu conhecimento sobre ciências e sobre a utilização de tecnologias de interface tinha aumentado drasticamente e que as barreiras pessoais relativas ao computador tinham deixado de existir.

Rogers (1997) descreveu o desenvolvimento de ferramentas de software que proporcionem novas oportunidades para os alunos explorarem informação e que constituam uma potencial ajuda na realização de trabalho investigativo.

Um dos benefícios dos métodos envolvendo a utilização de SATD é o facto destes permitirem aos alunos ter maior responsabilidade na execução dos trabalhos práticos, visto que a recolha de dados e a construção de gráficos automática reduz a necessidade de intervenção do professor, por parte dos alunos.

Todavia, a intervenção do professor continua a ser de extrema importância, sobretudo no que respeita às interpretações que os alunos fazem dos gráficos apresentados no computador. As perguntas perspicazes feitas pelos professores também podem, tal como Barton (1997) demonstrou, ajudar os alunos na interpretação dos dados.

Mesmo sem a intervenção directa do professor, parecem surgir benefícios associados à visualização de gráficos e de informações em tempo real.

Barton (1997) desenvolveu um estudo cujo objectivo consistia em fazer uma comparação entre a produção de gráficos com o auxílio de um computador e a sua produção convencional (lápis e papel).

O tema abordado foi as "características de medição eléctrica", enquanto que a amostra envolveu alunos dos vários níveis de ensino do ensino secundário, retirados das aulas regulares para trabalharem com o autor durante 70 minutos.

Barton (1997) atribuiu a mesma tarefa a três grupos por cada nível de ensino estudado. A única diferença entre as tarefas atribuídas residia no método de recolha de dados: o grupo da abordagem computadorizada usou uma interface "corrente/voltagem"; o grupo da abordagem prática recolheu os dados através da leitura de escalas em voltímetros e amperímetros e o grupo da abordagem não prática recebeu os dados necessários. O trabalho dos três grupos foi avaliado relativamente a dois aspectos: o desenvolvimento das actividades e os resultados na interpretação dos gráficos.

Este estudo mostrou como a construção de gráficos com o auxílio de um computador pode fazer com que os alunos compreendam melhor e dêem maior importância à informação registada.

Este estudo mostrou que a abordagem computadorizada parece ser superior às outras abordagens, uma vez que é mais flexível e oferece gráficos em tempo real. A apresentação dos dados é imediata e espontânea, captando a atenção dos estudantes que procuram interpretar os acontecimentos.

Por outro lado, na abordagem prática, a recolha de dados parece ser encarada como um fim e a atenção dos alunos foca-se nos valores individuais dos dados, em vez de os tentarem visualizar como um todo. Ao contrário do que se verifica na abordagem computadorizada, a recolha de dados nesta abordagem tende a ser uma actividade silenciosa com os alunos a desempenharem papéis diferenciados.

Relativamente à abordagem não prática, o autor refere que deve ser evitada quando se pretende que os alunos relacionem variáveis através da análise de gráficos, particularmente no caso de alunos mais novos ou com menor aproveitamento escolar. Tal como na abordagem pratica não computadorizada, na abordagem não prática os alunos dão maior ênfase aos dados individuais do que à sua interpretação como um todo.

Barton (1997) referiu ainda, como implicações para o ensino, que os alunos têm dificuldade em fazer descrições verbais dos gráficos particularmente nos grupos de menor aproveitamento, o que pode advir da falta de experiência na descrição verbal de informação gráfica. Contudo, o diálogo acerca sobre gráficos pode melhorar a capacidade de os descrever e encorajar à reflexão sobre o significado dos mesmos.

As questões levantadas no estudo apontam também para a importância do papel que o professor desempenha na gerência da aprendizagem dos alunos.

Rogers e Wild (1996) propuseram-se examinar o uso de SATD em laboratórios de ciências, de modo a avaliar os benefícios educacionais atribuídos às TIC.

Os autores identificaram um conjunto de propriedades das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), entre as quais se incluem os SATD, e associaram estas propriedades aos seus potenciais benefícios, como se mostra no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Principais propriedades das TIC e os potenciais benefícios subjacentes às mesmas, Rogers & Wild (1996).

PROPRIEDADES DAS TIC QUE AUMENTAM O VALOR DO TRABALHO PRÁTICO	POTENCIAIS BENEFÍCIOS DAS TIC (DEPENDENTES DO CONTEXTO DE APLICAÇÃO)
▪ Novos contextos para a obtenção de dados. ▪ Redução do esforço manual para a obtenção de gráficos. ▪ Dados e relatório em tempo real. ▪ Precisão das leituras (menor dependência das escalas dos instrumentos de leitura). ▪ Precisão na apresentação de relatório (armazenamento automático dos dados). ▪ Ferramentas para calcular e analisar. ▪ Novos métodos de explorar dados.	▪ Menor dependência de informação secundária. Os alunos podem obter os seus próprios dados numa maior variedade de situações. ▪ O nível de competências necessário para traçar os gráficos é baixo. ▪ Mais tempo disponível. ▪ Fomentação da interactividade. ▪ Promoção da reflexão sobre os dados. ▪ Encorajamento da recolha de mais dados. ▪ Redução de erros, ou seja, a informação é de melhor qualidade. ▪ Maior quantidade de informação disponível. ▪ Novo discernimento dos dados – identificação de padrões e orientações.

Os autores concluíram que os grupos que utilizaram as TIC despenderam mais tempo na discussão dos dados, partindo para a discussão mais cedo na aula. A ênfase tradicional atribuída aos aspectos mecânicos das medições, gravações e relatórios no trabalho prático convencional foi minorado, o que aponta para o potencial das TIC para possibilitar dar maior relevância ao desenvolvimento de competências de ordem mais elevada.

Os autores verificaram ainda que, embora a utilização das TIC promova significativamente a reflexão dos alunos, o alcance e a qualidade das propriedades atestadas às TIC são muito dependentes da sua aplicação e das condições que envolvem o seu uso. Assim, é de extrema importância que o processo de ensino-aprendizagem tenha um carácter investigativo.

Para terminar são sugeridas algumas estratégias que permitam tirar o maior proveito da utilização de TIC:

- Auferir total proveito do potencial do software;
- Rever e redefinir os objectivos das actividades práticas;
- Conferir aos alunos liberdade para explorar o equipamento;
- Encorajar uma abordagem investigativa.

Na América do Norte o projecto TESSI, onde uma vasta gama de tecnologias foi implementada com abordagens de ensino cuidadosamente estruturadas, descreveu que os alunos a trabalharem em cenários ricos em novas tecnologias, trabalhavam de modo mais independente (Pedretti *et al.,* 1998). Estes investigadores identificaram a importância da

dimensão social da resposta dos alunos a este tipo de ambiente de aprendizagens. Tal como Rogers & Wild (1996), eles reconhecem que existem outros factores para além dos atributos destas novas tecnologias que influenciam o sucesso da integração e do uso destas na aula.

Nakhleh (1994) constatou que as actividades práticas de ciência, abrangendo a utilização de SATD, envolvem os alunos em actividades de interpretação e compreensão de dados e de informação. De facto, as capacidades de interpretação de dados, identificação e análise de resultados "anormais" parecem ser bem suportadas pelos métodos que envolvem SATD.

Os sistemas electrónicos que constituem estas ferramentas de software permitem recolher grandes quantidades de informação de qualidade, pelo que os alunos não são confrontados com a insuficiência de dados, nem com informação demasiado confusa. Estes sistemas reduzem ainda o esforço que os alunos necessitam de investir na apresentação gráfica dos dados, podendo investir esse esforço em actividades de análise/reflexão.

Mercer (1994) efectuou uma pesquisa acerca dos diálogos estabelecidos entre os alunos num ambiente de trabalho envolvendo a utilização de computadores, dando especial ênfase ao valor das acções faladas e da interacção social estabelecida entre os indivíduos.

A base da abordagem adoptada por Mercer (1994) vem das teorias sociais construtivistas da psicologia.

No Reino Unido, o projecto SLANT identificou a ocorrência de tipos de diálogo educacionalmente úteis nos grupos das TIC em escolas primárias (Mercer, 1994).

Em trabalhos semelhantes, desenvolvidos na Austrália, envolvendo alunos mais novos, os padrões do discurso dos alunos revelaram-se semelhantes (Wild & Braid, 1996).

Nos Estados Unidos da América, as técnicas de análise de discurso têm sido utilizadas durante a realização de trabalho em laboratórios computadorizados, por alunos de física do 12º ano. Os resultados revelaram o papel do computador no trabalho de grupo. O padrão de interacções pôs em evidência o papel do computador no trabalho de grupo, indicando que o computador pode ser visto como um elemento do grupo devido à sua capacidade de contribuir com informação para a discussão.

Os alunos desenharam imagens ou símbolos no computador para ajudar ao desenvolvimento do seu pensamento em trabalhos experimentais (Kelly & Crawford, 1996).

Tinker e Mokros (1987) sugerem quatro razões possíveis para justificar o grande impacto dos computadores e dos SATD no laboratório sobre a capacidade dos alunos interpretarem gráficos.

Os laboratórios computadorizados apresentam múltiplas modalidades, apresentam eventos em tempo real com as suas representações simbólicas, oferecem experiências científicas genuínas e eliminam o trabalho da produção de gráficos.

Desenhar um gráfico ponto por ponto é importante e dá às crianças a ideia concreta de como se produz um gráfico. Contudo, os autores argumentam que os alunos não necessitam de treinar muito o traçado de gráficos, com lápis e papel, pois só depois de produzidos os gráficos, é que os alunos compreendem o seu significado e utilidade.

Aprender num ambiente de laboratórios computadorizados reforça muitas modalidades de aprendizagem. Os alunos ganham experiência na manipulação dos materiais de laboratório, na exploração e investigação, usando por vezes o seu próprio movimento físico como dados. A experiência física é reforçada com a experiência visual, visto que os gráficos em tempo real oferecem uma ligação em tempo real entre a experiência concreta e a representação simbólica dessa mesma experiência. De acordo com a teoria de Piaget, esta situação pode ser a ponte entre as operações concretas e as operações formais.

Aprender sobre gráficos pode ser particularmente eficaz num contexto em que os alunos compreendam e controlem as experiências.

Geralmente os alunos estão mais motivados para as experiências baseadas nesta metodologia e alunos motivados e que controlam as suas aprendizagens são melhores alunos.

CAPÍTULO 3 – VELOCIDADE DE REACÇÃO: ASPECTOS CONCEPTUAIS

Grande parte das transformações que ocorrem no mundo que nos rodeia são de natureza química. Algumas delas são praticamente instantâneas, como por exemplo o registo de uma imagem fotográfica. Outras demoram milhares ou até milhões de anos, como é o caso das transformações geológicas que ocorrem no interior da Terra e que são responsáveis, por exemplo, pelo aparecimento do petróleo e pela formação de carvão.

A Cinética Química estuda reacções químicas cujas propriedades variam no tempo. Esse estudo é inerentemente experimental e envolve o estudo da velocidade das reacções químicas, os mecanismos através dos quais elas se processam e os factores que as influenciam.

É possível encontrar inúmeras aplicações da Cinética Química no quotidiano, desde a conservação dos alimentos, onde a baixa temperatura dos frigoríficos provoca a desaceleração de todas as reacções orgânicas, até aos fogos de artifício que envolvem reacções muito rápidas. Na indústria química, esta área é importante nomeadamente para encontrar processos de efectuar as reacções de forma mais eficiente e de aumentar a sua velocidade, visando uma maior produtividade.

3.1 Conceito de velocidade de reacção

Considere-se a seguinte reacção química genérica:

$$aA + bB + \ldots \left\{ \begin{matrix} \rightarrow \\ \rightleftarrows \end{matrix} \right\} cC + dD + \ldots$$

Quando uma reacção é isocórica (volume constante), independentemente de esta ser completa ou de equilíbrio, é possível definir a sua velocidade a partir do modo como as concentrações das espécies químicas nela envolvidas (reagentes ou produtos) variam com o tempo.

Assim, tem-se que a velocidade média de reacção, v_m, para um certo intervalo de tempo, Δt, é dada por

$$v_m = -\frac{1}{a}\frac{\Delta C(A)}{\Delta t} = \frac{1}{c}\frac{\Delta C(C)}{\Delta t} \qquad \textbf{(1)}$$

onde ΔC(A) é a variação da concentração do reagente *A* e ΔC(*C*) é a variação da concentração do produto *C*.

Por vezes é útil definir a velocidade de reacção em cada instante, isto é, a velocidade instantânea, *v*, a qual é dada pela seguinte expressão:

$$v = -\frac{1}{a}\cdot\frac{dC(A)}{dt} = -\frac{1}{b}\cdot\frac{dC(B)}{dt} = ... = \frac{1}{c}\cdot\frac{dC(C)}{dt} = \frac{1}{d}\cdot\frac{dC(D)}{dt} = ... \qquad \textbf{(2)}$$

Note-se que os coeficientes presentes na equação **(2)** (Ex.: $1/a$, $1/b$, …) estão relacionados com a estequiometria da reacção e são atribuídos de modo a que a velocidade de reacção seja única, independentemente do reagente ou produto a partir de cuja concentração se exprime.

É ainda de salientar que, por convenção, a velocidade de reacção é sempre positiva pelo que se atribui o sinal negativo quando esta é expressa em função dos reagentes e o sinal positivo quando esta é expressa em função dos produtos.

Segundo Frost & Pearson (1961), dado que a velocidade de reacção não mantém, de um modo geral, um valor constante no decurso do tempo, e uma vez que depende da concentração das espécies químicas envolvidas na reacção química, da temperatura, da pressão, etc., é possível escrever genericamente:

$$v = v\,(C(A), C(B), ..., T, ...) \qquad \textbf{(3)}$$

Em certos casos, esta função pode ser decomposta num produto de duas funções, uma função *f*, que só depende das concentrações das espécies químicas presentes, e uma função *k* que depende dos restantes factores:

$$v = k\,(T, ...) \times f\,(C(A)\,, C(B), ...) \qquad \textbf{(4)}$$

Se a função *f* for um monómio algébrico inteiro, vem que

$$v = k\,(T, ...) \times C(A)^{\alpha} \times C(B)^{\beta} \times ... \qquad \textbf{(5)}$$

onde α, β, … são números inteiros e positivos.

A expressão **(5)**, que relaciona a velocidade da reacção com as concentrações dos reagentes, designa-se por lei cinética de reacção ou lei de velocidade da reacção.

As dimensões da velocidade de reacção são [concentração].[tempo]$^{-1}$. Em unidades do Sistema Internacional (SI), o valor da velocidade de reacção é frequentemente expresso em mol L^{-1} s^{-1}.

O grau do monómio,

$$\alpha + \beta + ... = n \qquad \textbf{(6)}$$

é a chamada ordem total da reacção, sendo α, β, ..., as ordens parciais da reacção com respeito a *A*, *B*, ...

Se as concentrações dos reagentes forem unitárias, verifica-se que a velocidade de reacção é igual à velocidade específica de reacção *k*.

Note-se que as unidades da velocidade específica dependem da ordem da reacção.

Esta noção de ordem costuma ser generalizada para os seguintes casos:

1. Reacções de ordem zero,

$$\alpha + \beta + ... = 0 \qquad v = k$$

2. Reacções com ordem negativa,

$$\alpha + \beta + ... < 0 \qquad (\alpha, \beta, \ldots \text{ inteiros})$$

3. Reacções com ordem fraccionária,

$$\alpha + \beta + ... = \pm \frac{p}{q} \qquad (p \text{ e } q \text{ primos})$$

Esta generalização fundamenta-se na analogia de caracterização matemática entre reacções com ordem verdadeira e reacções com ordem generalizada.

A noção de ordem não pode, porém, ser generalizada para funções que não sejam monómios, para funções algébricas fraccionárias ou irracionais, nem para funções que não sejam algébricas. Nestes casos diz-se que a reacção não tem ordem total.

Note-se que o facto de uma reacção não ter ordem total não significa que não possa ter ordens parciais com respeito a alguns reagentes.

Independentemente de a reacção ter ou não ordem, tem sempre molecularidade, desde que seja estequiométrica, ou seja, representável por uma equação química. Nesta hipótese, terá não só uma molecularidade total mas também tantas molecularidades parciais, quantos os reagentes.

3.2 Teoria das Colisões

A velocidade de reacção depende da concentração das espécies químicas envolvidas numa dada reacção química. Assim, a velocidade de reacção da reacção química

$$aA + bB \longrightarrow cC + dD + ...$$

pode ser descrita pela lei de velocidade

$$v = k \times C^a(A) \times C^b(B)$$

onde a ordem de reacção em relação a cada um dos reagentes depende do mecanismo da reacção.

Porém, a expressão acima não explica o efeito da temperatura, da área superficial e da presença de catalisadores sobre a velocidade de reacção, embora explique o motivo pelo qual a concentração é um dos factores passíveis de alterar a velocidade de reacção. A Teoria das Colisões surge assim como uma das teorias que tenta explicar o efeito destes diversos factores sobre a velocidade de reacção.

De acordo com Frost & Pearson (1961), a Teoria das Colisões parte do pressuposto que as moléculas devem colidir para que possam reagir numa dada reacção química e assenta em três hipóteses básicas:

1. As moléculas gasosas são esferas rígidas de diâmetro σ e massa *m*, em movimento aleatório e contínuo;
2. O volume das moléculas é desprezável face ao volume ocupado pelo gás;
3. Não existe qualquer tipo de interacção entre as moléculas. Contudo, as moléculas sofrem colisões elásticas perfeitas (ângulo de incidência igual ao ângulo de deflexão; velocidade constante em grandeza mas não em direcção) quando a distância entre os seus centros for menor ou igual a σ.

Supondo que as moléculas se movem independentemente umas das outras, excepto durante a pequena duração de uma colisão, deve existir uma distribuição definida de velocidades que pode ser calculada ignorando as colisões.

As leis de distribuição de velocidade podem ser facilmente obtidas como casos especiais da Lei de Distribuição de Energia de Boltzmann. De acordo com esta, a probabilidade de uma molécula ocupar um nível de energia E_i e peso estatístico g_i, é proporcional a $g_i \times e^{-E_i/kT}$ onde *k* representa a constante de Boltzmann e *T* a temperatura absoluta. Esta probabilidade, pode também ser representada por $\frac{dn}{n_0}$, ou seja, pela fracção de moléculas com a energia desejada.

Considere-se, em primeiro lugar, a distribuição de uma dada componente da velocidade, seja v_x.

As moléculas apenas possuem energia cinética de translação, a qual é dada por:

$$E_i = \frac{1}{2} m \times {v_x}^2 \qquad (7)$$

onde *m* representa a massa da molécula. Para uma distribuição contínua de energia, como neste caso, o peso estatístico é o volume da fase espacial em unidades h^f, para *f* graus de liberdade. Neste caso,

$$g_i = \frac{m \times d\,v_x \times d\,x}{h} \qquad \textbf{(8)}$$

onde *h* é a constante de Planck.

Então, a fracção do número de moléculas com a componente de velocidade entre v_x e $v_x + d\,v_x$ e com a coordenada entre *x* e $x + d\,x$ é,

$$\frac{d\,n}{n_0} = A \times \frac{m\,d\,v_x\;d\,x}{h} \times e^{-\frac{m\,v_x^2}{2kT}} \qquad \textbf{(9)}$$

onde *A* é uma constante de proporcionalidade, que se determina integrando com respeito a v_x e *x*, nos seus domínios de existência, respectivamente $-\infty$ a $+\infty$ e de 0 a a.

$$\frac{d\,n}{n_0} = \left(\frac{m}{2\pi\,k\,T}\right)^{1/2} \times e^{-\frac{m\,v_x^2}{2kT}} \times d\,v_x \qquad \textbf{(10)}$$

Esta distribuição tem um máximo para $v_x = 0$ e decresce quando v_x se torna positivo ou negativo (Figura 3.1).

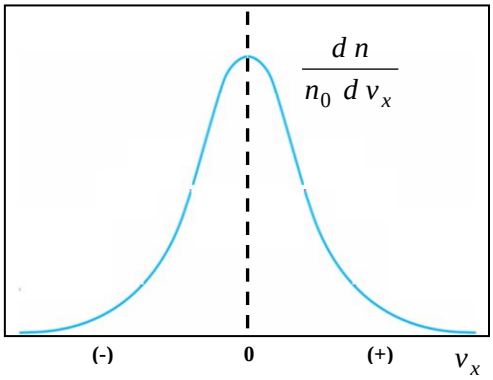


Figura 3.1 – Fracção do número de moléculas com a componente de velocidade entre v_x e $v_x + d\,v_x$ e com coordenada entre *x* e $x + d\,x$.

Para as três componentes da velocidade, nos intervalos $v_x \to d\,v_x$, $v_y \to d\,v_y$ e $v_z \to d\,v_z$, a probabilidade será:

$$\frac{d\,n}{n_0} = \left(\frac{m}{2\pi k T}\right)^{3/2} \times e^{-\frac{m c^2}{2kT}} \times d\,v_x \times d\,v_y \times d\,v_z \qquad \textbf{(11)}$$

onde c^2 é o quadrado da intensidade do vector velocidade dado por $c^2 = {v_x}^2 + {v_y}^2 + {v_z}^2$.

A distribuição de velocidades, sem considerar a sua direcção, é muitas vezes importante. A equação de velocidade em coordenadas cartesianas **(11)** pode então ser substituída pela correspondente equação em coordenadas esféricas, nas variáveis da velocidade, *c*, θ e ϕ, onde *c* representa a intensidade da velocidade e onde θ e ϕ representam, respectivamente, a latitude e a longitude, fixando assim a direcção da velocidade. O elemento volúmico $d\,v_x \times d\,v_y \times d\,v_z$ passa pois a ser $c^2 \times sen\,\theta \times d\,c \times d\,\theta \times d\,\phi$. Integrando θ de $0 \rightarrow \pi$ e ϕ de $0 \rightarrow 2\pi$, vem

$$\int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} sen\theta \times d\theta \times d\phi = 4\pi \qquad \textbf{(12)}$$

Logo, a distribuição de velocidades, sem considerar a direcção, é dada por:

$$\frac{d\,n}{n_0} = \left(\frac{m}{2\pi k T}\right)^{3/2} \times c^2 \times e^{-\frac{m c^2}{2kT}} \times d\,c \qquad \textbf{(13)}$$

A equação **(13)** constitui a Lei de Distribuição de Velocidades de Maxwell, cuja representação gráfica está ilustrada na Figura 3.2. Note-se que o máximo da distribuição se desloca no sentido de *c* crescente, quando *T* aumenta ou *m* diminui.

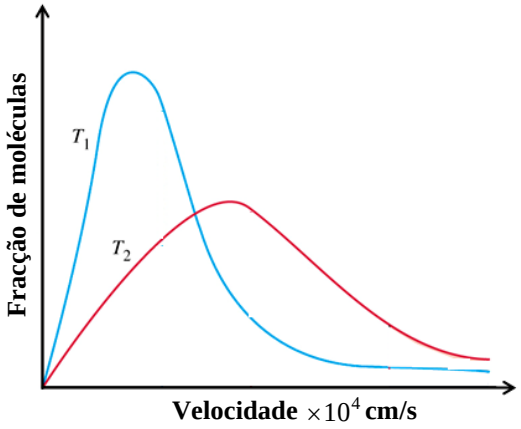


Figura 3.2 – Lei de Distribuição de Velocidades de Maxwell.

A partir da equação **(13)** é ainda possível determinar a velocidade mais provável, α, a velocidade média, $\bar{c}$, e a velocidade quadrática média, *u*, das partículas.

A velocidade mais provável, α, pode ser calculada através da determinação do máximo da Lei de Distribuição de Velocidades, ou seja, através do cálculo de $d\left(\frac{d\,n}{n_0}\right)\Big/dc = 0$, obtendo-se

$$\alpha = \left(\frac{2\,k\,T}{m}\right)^{1/2} \qquad \textbf{(14)}$$

A velocidade média, $\bar{c}$, pode ser determinada através da determinação do valor médio da equação **(13)**, para o que se multiplica por *c* e se integra entre 0 e ∞:

$$\bar{c} = \left(\frac{8\,k\,T}{\pi\,m}\right)^{1/2} = \left(\frac{2}{\sqrt{\pi}}\right) \times \alpha = 1{,}128\,\alpha \qquad \textbf{(15)}$$

Por último, a velocidade quadrática media, *u* ou $\left(\bar{c}^{\,2}\right)^{1/2}$, pode ser determinada multiplicando a equação **(14)** por c^2, integrando para obter $\bar{c}^{\,2}$ e extraindo a raiz quadrada:

$$u = \left(\frac{3\,k\,T}{m}\right)^{1/2} = \sqrt{\frac{3}{2}} \times \alpha = 1{,}224\,\alpha \qquad \textbf{(16)}$$

Colisões entre moléculas

Considerem-se dois tipos de moléculas *A* e *B*, que se supõem esferas rígidas, com diâmetros respectivamente σ_A e σ_B, existindo n_A moléculas de *A* e n_B moléculas de *B* em $1\,\mathrm{cm}^3$.

Segundo Frost & Pearson (1961), define-se uma colisão bimolecular como a situação em que há contacto entre a superfície de duas esferas. Considere-se uma molécula *A* movendo-se numa direcção arbitrária com uma velocidade média $\bar{r}$ relativamente a uma molécula do tipo *B*. Se o centro da molécula *B* se encontra numa posição tal que a sua distância à trajectória descrita pelo centro de gravidade da molécula *A*, ao longo do seu movimento, é menor que $\sigma_{AB} = \frac{\sigma_A + \sigma_B}{2}$, terá lugar uma colisão (Figura 3.3).

O número de colisões por segundo, pode então ser calculado a partir do produto entre o volume percorrido por uma esfera de raio σ_{AB} e o número de moléculas de *B* por centímetro cúbico (n_B), ou seja, é dado por $\pi \times \sigma_{AB}^2 \times \bar{r} \times n_B$.

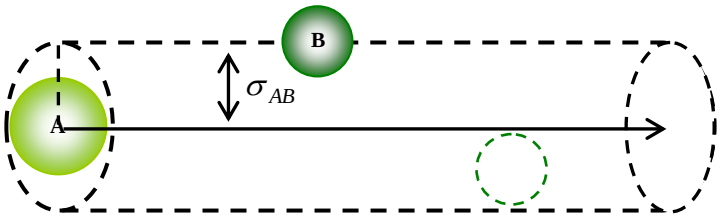


Figura 3.3 – Trajectória descrita pelo centro de gravidade de uma molécula do tipo *A* e a possível localização de uma molécula do tipo *B*.

A velocidade média, $\bar{r}$, pode calcular-se usando o produto entre duas leis de distribuição, uma para cada espécie molecular. As coordenadas de velocidade são substituídas pela velocidade do centro de gravidade e a velocidade relativa r:

$$r^2 = (v_{xA} - v_{xB})^2 + (v_{yA} - v_{yB})^2 + (v_{zA} - v_{zB})^2 \qquad \textbf{(17)}$$

A expressão é então integrada para todas as direcções e velocidades, depois de multiplicada por *r*. O resultado é

$$\bar{r} = \left(\frac{8kT}{\pi\mu}\right)^{1/2} \qquad \textbf{(18)}$$

Onde μ representa a massa reduzida dada por

$$\mu = \frac{m_A \times m_B}{m_A + m_B}$$

Note-se que, quando as moléculas são de um só tipo $m_A = m_B = m$, vem que $\mu = \frac{m}{2}$ e $\bar{r} = \sqrt{2} \times \bar{c}$.

O número de colisões por molécula do tipo *A* por segundo será então, substituindo $\bar{r}$ pelo seu valor,

$$\left(\frac{8\pi kT}{\mu}\right)^{1/2} \times \sigma_{AB}^2 \times n_B \qquad \textbf{(19)}$$

Multiplicando a equação **(19)** por n_A, obtém-se o número de colisões bimoleculares Z'_{AB} entre moléculas do tipo *A* e do tipo *B*, por centímetro cúbico e por segundo:

$$Z'_{AB} = \left(\frac{8\pi kT}{\mu}\right)^{1/2} \times \sigma_{AB}^2 \times n_A \times n_B \qquad \textbf{(20)}$$

Se numa reacção cada colisão fosse efectiva, isto é, desse origem à formação de produtos, a velocidade da reacção seria muito superior à observada experimentalmente. Isto

verifica-se simplesmente pela análise da equação **(19)**, pois se uma única molécula tem em média, nas condições normais, 10^{10} colisões por segundo, o período de semi-transformação de uma reacção nessas condições, seria da ordem de 10^{-10} segundos. Na realidade, o valor do período de semi-transformação este valor é menor que os valores observados em cerca de $10^{-15} - 10^{-20}$ vezes. Além disso, a dependência do número de colisões com respeito à temperatura, $T^{1/2}$, não está de acordo com a equação de Arrenhius (equação **(41)**).

Seja q a fracção do número de colisões efectivas, o qual depende da temperatura e da natureza das moléculas reagentes. De acordo com a Teoria das Colisões, a velocidade de reacção será então, para moléculas diferentes ($A + B \longrightarrow \ldots$ **)**,

$$q \times Z'_{AB} = q \times \left(\frac{8 \pi k T}{\mu} \right)^{1/2} \times \sigma_{AB}^2 \times n_A \times n_B \qquad \textbf{(21)}$$

Note-se que, a velocidade é aqui definida como o número de colisões efectivas, por centímetro cúbico e por segundo. Para moléculas diferentes, isto é o mesmo que

$$-\frac{d\, n_A}{d\, t} \text{ ou } -\frac{d\, n_B}{d\, t}$$

É ainda de salientar que uma análise da equação **(21)** permite afirmar que é possível aumentar a velocidade de reacção por duas vias:

1. Aumentando o número de colisões por segundo;
2. Aumentando a energia cinética de translação das moléculas, de modo a que o número de colisões efectivas também aumente.

Dividindo a equação **(21)** pelos factores de concentração, obtém-se as velocidades específicas de reacção, *k*. Para evitar ambiguidades, a constante de Boltzmann anteriormente representada também por *k* será substituída por R/N, onde *R* representa a constante dos gases perfeitos e *N* a constante de Avogadro. Então, para reacções químicas do tipo $A + B \longrightarrow \ldots$ vem que

$$k = q \times \sqrt{\frac{8 \pi R T}{N \mu}} \times \sigma_{AB}^2 = q \times \sqrt{8 \pi R T \times \left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right)} \times \sigma_{AB}^2 \qquad \textbf{(22)}$$

onde M_A e M_B representam as massas moleculares das diferentes moléculas.

3.3 Efeito da concentração sobre a velocidade de reacção

Uma observação importante, com que os cientistas se têm deparado durante o estudo cinético de inúmeras reacções químicas, é que a velocidade de reacção é frequentemente bastante influenciada pelas concentrações das espécies reagentes. Este efeito surge, de acordo com a Teoria das Colisões, visto que o aumento da concentração inicial das espécies químicas envolvidas numa dada reacção química leva ao aumento do número de colisões e, consequentemente, ao aumento da velocidade de reacção (equação **(22)**).

De seguida, serão apresentadas algumas das relações observadas entre a velocidade de reacção e as concentrações das espécies químicas envolvidas.

Note-se que neste estudo apensas será feita uma abordagem de reacções simples, envolvendo apenas um reagente. Atendendo a que a maioria destas reacções são de ordem zero, de primeira ou segunda ordem, apenas se irão abordar em maior detalhe as leis de velocidade de ordem 0, 1 e 2.

Note-se que o estudo cinético de reacções complexas implica a utilização de métodos mais complexos do que aqueles que irão ser abordados.

A – Reacções de ordem zero

Considere-se a seguinte reacção química genérica:

$$aA \longrightarrow cC + dD + \ldots$$

Quando uma reacção é de ordem zero, a sua velocidade é independente da concentração das espécies que nela participam. Logo, a lei de velocidade da reacção será dada por:

$$v = -\frac{1}{a}\frac{d\,C(A)}{dt} = k \qquad \textbf{(23)}$$

Onde $C(A)$ representa a concentração do reagente A envolvido na reacção química. Esta forma particular da equação é denominada forma diferencial da lei de velocidade, visto que relaciona diferenças de concentração e de tempo com as concentrações das espécies. É ainda possível utilizar o cálculo matemático para escrever a mesma equação de um modo diferente. Assim, integrando a equação **(23)**, obtém-se a forma integral da lei de velocidade:

$$\frac{1}{a}\,C(A) = -kt + constante \qquad \textbf{(24)}$$

Note-se que na equação **(24)** surgem concentrações e não variações de concentrações como acontecia na equação **(23)**.

A constante de integração pode ser eliminada se for conhecido o valor da concentração $C_0(A)$ da respectiva espécie química no instante t_0, vindo então:

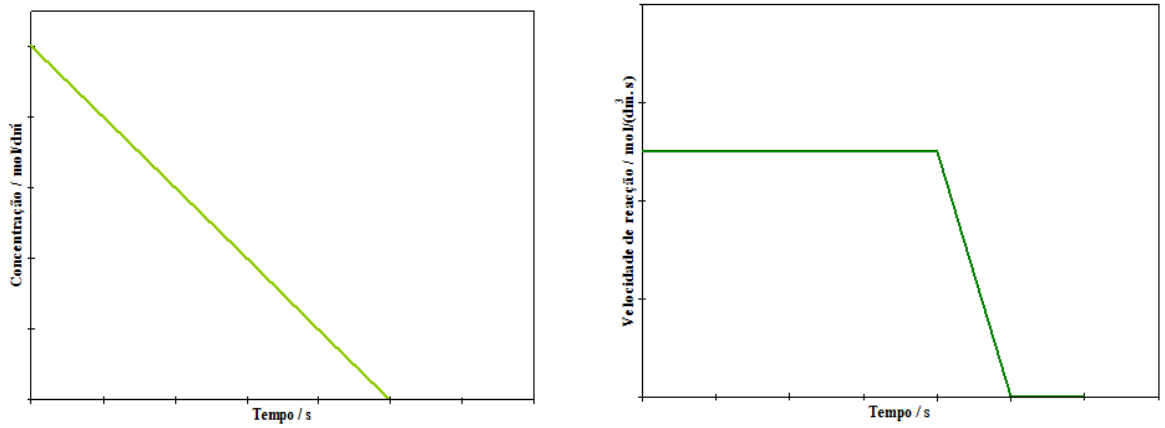
$$C(A) - C_0(A) = -akt \quad \textbf{(25)}$$

ou

$$C(A) = C_0(A) - akt \quad \textbf{(26)}$$

No caso das reacções químicas de ordem zero, a velocidade específica tem as unidades mol . dm^{-3} . s^{-1}, dimensões que são especificas desta ordem.

A Figura 3.4 mostra representações gráficas típicas de reacções de ordem zero. O gráfico da representação gráfica da concentração em função do tempo ($C(A) = f(t)$, Figura 3.4-a) é uma linha recta que termina quando todo o reagente foi consumido. Por outro lado, a velocidade da reacção (Figura 3.4-b) é uma linha horizontal que cai abruptamente para zero quando o reagente se consome completamente.



(a) **(b)**

Figura 3.4 – Representação gráfica de *C (A)* = f (*t*) e de *v* = f (*t*) para uma reacção química de ordem zero. in Química: Princípios e Aplicações. Reger & Outros (1997)

As leis de velocidade de ordem zero são raramente encontradas, excepto para reacções que envolvam enzimas.

Tempo de semi-transformação para reacções de ordem zero

O tempo de semi-transformação é definido como o intervalo de tempo necessário para que a concentração de um dado reagente diminua até metade do seu valor inicial. Note-se que nem sempre é possível definir tempo de semi-transformação e, por vezes, o seu valor não é único.

Para as reacções de ordem zero, sendo:

$$\begin{cases} t = 0 \\ C(A) = C_0(A) \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} t = t_{1/2} \\ C(A) = \frac{1}{2} C_0(A) \end{cases}$$

vem, por substituição em **(26)** e subtracção membro a membro,

$$-\frac{1}{2} C_0(A) = -k\, t_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \frac{C_0(A)}{2k} \qquad \textbf{(27)}$$

O tempo de semi-transformação é pois directamente proporcional à concentração inicial, propriedade característica das reacções de ordem zero.

B – Reacções de primeira ordem

Considere-se a seguinte equação química genérica:

$$aA \longrightarrow cC + dD + \ldots$$

Quando uma reacção é de primeira ordem em relação a *A*, a forma diferencial da lei de velocidade com respeito a esse reagente é proporcional à concentração do mesmo e será dada por:

$$v = -\frac{dC(A)}{dt} = k \times C(A) \qquad \textbf{(28)}$$

onde *C* (*A*) representa a concentração do reagente *A*. Integrando a equação **(28)**, obtém-se a forma integral da lei de velocidade:

$$C(A) = C_0(A) \times e^{-kt} \qquad \textbf{(29)}$$

onde $C(A)$ representa a concentração do reagente *A* em qualquer instante de tempo, $C_0(A)$ representa a concentração do reagente *A* no instante t = 0 e onde *e* representa a base dos logaritmos naturais. A equação **(29)** descreve um decaimento exponencial.

Outra forma de exprimir a forma integral da lei de velocidade de uma reacção de primeira ordem é através da aplicação de logaritmos naturais a ambos os membros da equação **(29)**:

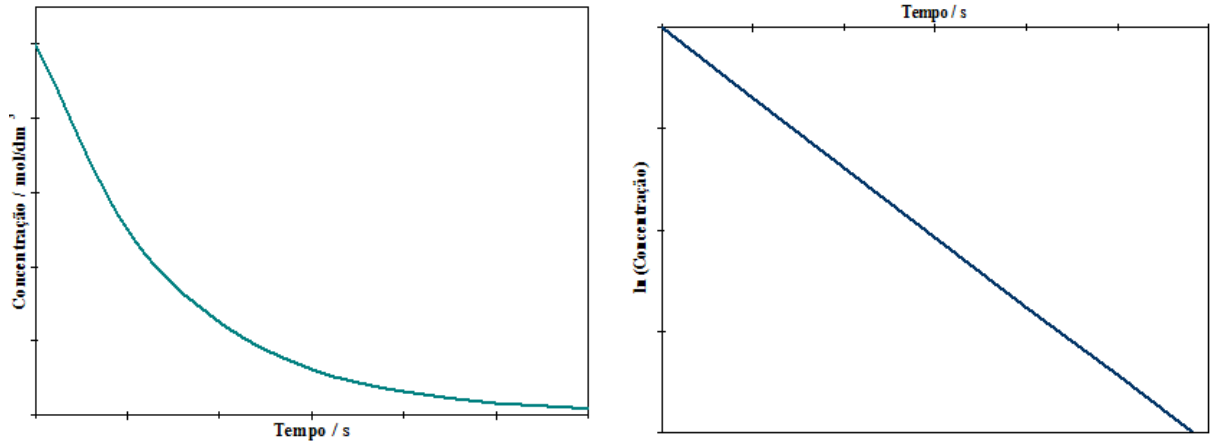
$$\ln C(A) = \ln C_0(A) - k\,t \qquad \textbf{(30)}$$

ou

$$\ln \frac{C(A)}{C_0(A)} = -\,k\,t$$

No caso das reacções químicas de primeira ordem, a velocidade específica tem as unidades s^{-1}.

A Figura 3.5 mostra representações gráficas típicas de reacções de primeira ordem. Note-se que o gráfico da representação gráfica de $\ln C(A) = \mathrm{f}(t)$ (Figura 3.5-b) é uma linha recta com declive igual a $-k$ e ordenada na origem igual a $\ln C_0(A)$.



(a) **(b)**

Figura 3.5 – Representação gráfica de *C* (*A*) = f (*t*) e de ln *C* (*A*) = f (*t*) para uma reacção química de primeira ordem.
in Química: Princípios e Aplicações. Reger & Outros (1997)

Tempo de semi-transformação para reacções de primeira ordem

Considere-se que:

$$\begin{cases} t = 0 \\ C(A) = C_0(A) \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} t = t_{1/2} \\ C(A) = \dfrac{1}{2} C_0(A) \end{cases}$$

Para reacções de primeira ordem, por substituição em **(29)** vem que,

$$\frac{C_0(A)}{2} = C_0(A) \times e^{-k\,t} \qquad \textbf{(31)}$$

Dividindo ambos os membros da equação **(31)** por $C_0(A)$ vem que

$$\frac{1}{2} = e^{-kt} \qquad \textbf{(32)}$$

e aplicando logaritmos naturais a ambos os membros da equação **(32)**

$$\ln\left(\frac{1}{2}\right) = -k\,t_{1/2} \qquad \textbf{(33)}$$

Calculando o valor do logaritmo natural e resolvendo em ordem a $t_{1/2}$, a equação **(33)** toma a forma,

$$t_{1/2} = \frac{0{,}693}{k} \qquad \textbf{(34)}$$

Deste modo verifica-se que, nas reacções químicas de primeira ordem, tempo de semi-transformação é independente da concentração do reagente *A*, ou seja, o tempo de semi-transformação é constante.

C – Reacções de segunda ordem

Considere-se a seguinte equação química genérica:

$$aA \longrightarrow cC + dD + \ldots$$

Assim, quando uma reacção é de segunda ordem em relação a *A*, a forma diferencial da lei de velocidade com respeito a esse reagente é dada por:

$$v = -\frac{dC(A)}{dt} = k \times C^2(A) \qquad \textbf{(35)}$$

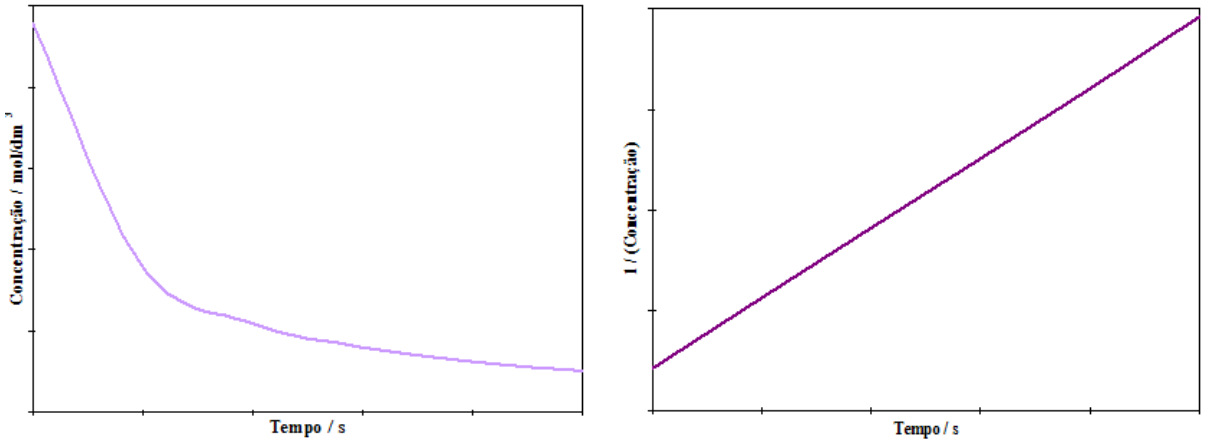
onde *C* (*A*) representa a concentração do reagente *A*. Integrando a equação **(35)**, obtém-se a forma integral da lei de velocidade:

$$\frac{1}{C(A)} = \frac{1}{C_0(A)} + k\,t \qquad \textbf{(36)}$$

onde $C(A)$ representa a concentração do reagente *A* em qualquer instante de tempo e $C_0(A)$ representa a concentração do reagente *A* no instante t = 0.

No caso das reacções químicas de segunda ordem, a velocidade específica tem as unidades $mol^{-1} \cdot dm^3 \cdot s^{-1}$.

A Figura 3.6 mostra representações gráficas típicas de reacções de primeira ordem. Note-se que o gráfico da representação gráfica de $\ln C(A) = \mathrm{f}(t)$ (Figura 3.6-b) é uma linha recta com declive igual a k e ordenada na origem igual a $\frac{1}{C_0(A)}$.



(a) **(b)**

Figura 3.6 – Representação gráfica de *C* (*A*) = f (*t*) e de (1 / *C* (*A*)) = f (*t*) para uma reacção química de segunda ordem.
in Química: Princípios e Aplicações. Reger & Outros (1997)

Tempo de semi-transformação para reacções de segunda ordem

Considere-se que:

$$\begin{cases} t = 0 \\ C(A) = C_0(A) \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} t = t_{1/2} \\ C(A) = \frac{1}{2} C_0(A) \end{cases}$$

Para reacções de segunda ordem, por substituição em **(37)** vem que,

$$\frac{2}{C_0(A)} = \frac{1}{C_0(A)} + k\, t_{1/2} \qquad \textbf{(37)}$$

$$\Leftrightarrow \frac{2}{C_0(A)} - \frac{1}{C_0(A)} = k\, t_{1/2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{C_0(A)} = k\, t_{1/2}$$

$$\Leftrightarrow t_{1/2} = \frac{1}{k \times C_0(A)} \qquad \textbf{(38)}$$

Assim, nas reacções químicas de segunda ordem, o tempo de semi-transformação é inversamente proporcional à concentração inicial do reagente *A*.

O Quadro 3.1 resume os dados mais importantes relativos a cada uma das leis de velocidade acabadas de abordar.

Quadro 3.1 – Resumo da cinética das reacções do tipo $aA \longrightarrow cC + dD + \ldots$, de ordem zero, primeira ordem e segunda ordem. in Química: Princípios e Aplicações. Reger & Outros (1997)

	Cinética		
	Ordem zero	**Primeira ordem**	**Segunda ordem**
Lei de velocidade	$v = k$	$v = k \times C(A)$	$v = k \times C^2(A)$
Forma integral da lei de velocidade	$C(A) = C_0(A) - k\,t$	$\ln C(A) = \ln C_0(A) - k\,t$	$\frac{1}{C(A)} = \frac{1}{C_0(A)} + k\,t$
Representação gráfica a realizar para obter uma recta do tipo *y = m x + b*	$C(A) = f(t)$	$\ln C(A) = f(t)$	$\frac{1}{C(A)} = f(t)$
Relação entre a velocidade especifica (*k*) e o declive da recta obtida (*m*)	$m = -k$	$m = -k$	$m = k$
Tempo de meia-vida ($t_{1/2}$)	$t_{1/2} = \frac{C_0(A)}{2k}$	$t_{1/2} = \frac{0{,}693}{k}$	$t_{1/2} = \frac{1}{k \times C_0(A)}$

D – Determinação da lei de velocidade de uma reacção

Um dos métodos de tratamento de dados para estabelecer a lei cinética de uma reacção é o método das velocidades iniciais. A velocidade inicial da reacção é a velocidade instantânea determinada imediatamente após a reacção se ter iniciado (logo após o instante $t = 0$). A ideia é determinar a velocidade instantânea antes que as concentrações iniciais dos reagentes tenham variado significativamente. Realizam-se vários ensaios utilizando diferentes concentrações iniciais, sendo determinada a velocidade inicial para cada um desses ensaios. Os resultados são então comparados para analisar como é que a velocidade inicial da reacção varia com as concentrações inicias. Este procedimento permite determinar a forma da lei de velocidade.

Considere-se a equação genérica:

$$aA + bB \longrightarrow cC + dD$$

A Tabela 3.1 apresenta os valores da velocidade inicial obtidos em três ensaios envolvendo diferentes concentrações iniciais dos reagentes.

Tabela 3.1 – Valores da velocidade inicial obtidos na realização de três ensaios envolvendo diferentes concentrações iniciais dos reagentes, para a reacção química: $aA + bB \longrightarrow cC + dD$.
in Química: Princípios e Aplicações. Reger & Outros (1997)

Ensaio	$C_0(A)$ / **mol/dm³**	$C_0(B)$ / **mol/dm³**	v_0 / **mol/(dm³.s)**
1	0,100	0,0050	$1{,}35\times10^{-7}$
2	0,100	0,010	$2{,}70\times10^{-7}$
3	0,200	0,010	$5{,}40\times10^{-7}$

A forma genérica para a lei de velocidade da reacção química considerada é:

$$v = -\frac{dC(A)}{dt} = k \times C^n(A) \times C^m(B)$$

É possível determinar os valores de *n* e *m* através da análise da variação da velocidade inicial com a concentração inicial de cada um dos reagentes *A* e *B*. Nos Ensaios 1 e 2, onde a concentração inicial de *A* permanece constante, enquanto a concentração inicial de *B* duplica, verifica-se que a velocidade inicial da reacção também duplica.

Atendendo a que

$$v = k \times C^n(A) \times C^m(B)$$

é possível escrever para o Ensaio 1

$$v_1 = 1{,}35 \times 10^{-7}\text{mol/(dm}^3 s) = k \times (0{,}100\text{mol/dm}^3)^n \times (0{,}0050\text{mol/dm}^3)^m$$

e para o Ensaio 2

$$v_2 = 2{,}70 \times 10^{-7}\text{mol/(dm}^3 s) = k \times (0{,}100\text{mol/dm}^3)^n \times (0{,}010\text{mol/dm}^3)^m$$

Dividindo membro a membro as duas equações acabadas de obter vem que,

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{1{,}35 \times 10^{-7}\text{mol/(dm}^3 s)}{2{,}70 \times 10^{-7}\text{mol/(dm}^3 s)} = \frac{k \times (0{,}100\text{mol/dm}^3)^n \times (0{,}0050\text{mol/dm}^3)^m}{k \times (0{,}100\text{mol/dm}^3)^n \times (0{,}010\text{mol/dm}^3)^m}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1{,}35 \times 10^{-7}\text{mol/(dm}^3 s)}{2{,}70 \times 10^{-7}\text{mol/(dm}^3 s)} = \frac{(0{,}0050\text{mol/dm}^3)^m}{(0{,}010\text{mol/dm}^3)^m}$$

$$\Leftrightarrow 2{,}00 = (2{,}0)^m$$

$\Rightarrow m = 1$

O resultado obtido, $m = 1$, indica que a reacção é de primeira ordem em relação ao reagente *B*.

De igual modo, considerando os dados relativos aos Ensaios 2 e 3 é possível escrever:

$$v_2 = 2{,}70 \times 10^{-7}\,\text{mol/(dm}^3 s) = k \times (0{,}100\,\text{mol/dm}^3)^n \times (0{,}010\,\text{mol/dm}^3)^m$$
$$v_3 = 5{,}40 \times 10^{-7}\,\text{mol/(dm}^3 s) = k \times (0{,}200\,\text{mol/dm}^3)^n \times (0{,}010\,\text{mol/dm}^3)^m$$

Dividindo membro a membro as duas equações acabadas de obter vem que,

$$\frac{v_3}{v_2} = \frac{5{,}40\times10^{-7}\ \text{mol}/\left(\text{dm}^3\text{s}\right)}{2{,}70\times10^{-7}\ \text{mol}/\left(\text{dm}^3\text{s}\right)} = \frac{k\times\left(0{,}200\,\text{mol/dm}^3\right)^n\times\left(0{,}010\,\text{mol/dm}^3\right)^m}{k\times\left(0{,}100\,\text{mol/dm}^3\right)^n\times\left(0{,}010\,\text{mol/dm}^3\right)^m}$$

$$\Leftrightarrow \frac{5{,}40\times10^{-7}\ \text{mol}/\left(\text{dm}^3\text{s}\right)}{2{,}70\times10^{-7}\ \text{mol}/\left(\text{dm}^3\text{s}\right)} = \frac{\left(0{,}200\,\text{mol/dm}^3\right)^n}{\left(0{,}100\,\text{mol/dm}^3\right)^n}$$

$$\Leftrightarrow 2{,}00 = (2{,}00)^n$$

$$\Rightarrow n = 1$$

O resultado obtido, $n = 1$, indica que a reacção é de primeira ordem em relação ao reagente *A*.

É de salientar que o facto de *n* e *m* terem o mesmo valor é apenas uma coincidência e que os valores obtidos para *n* e *m* não são necessariamente iguais aos coeficientes estequiométricos dos reagentes na equação química acertada.

Atendendo aos resultados obtidos, a lei de velocidade para a reacção química considerada é

$$v = k \times C(A) \times C(B)$$

A ordem total da reacção é igual à soma de *n* e *m*, o que indica que a cinética da reacção química considerada é de segunda ordem.

Note-se que é ainda possível determinar o valor de *k* a partir dos dados relativos a qualquer um dos ensaios. Por exemplo, considerando os dados relativos ao Ensaio 1 é possível escrever que:

$$v = k \times C(A) \times C(B)$$
$$v_1 = 1{,}35\times10^{-7}\ \text{mol}/\left(\text{dm}^3\text{s}\right) = k\times\left(0{,}100\,\text{mol/dm}^3\right)\times\left(0{,}0050\,\text{mol/dm}^3\right)$$

Resolvendo a equação em ordem a *k* vem que

$$k = \frac{1{,}35 \times 10^{-7}\text{mol}/(\text{dm}^3 s)}{(0{,}100\text{mol}/\text{dm}^3) \times (0{,}0050\text{mol}/\text{dm}^3)} = 2{,}7 \times 10^{-4}\text{dm}^3/(\text{mol}.s)$$

3.4 Efeito da área superficial sobre a velocidade de reacção

São inúmeras as reacções químicas que ocorrem em sistemas heterogéneos, ou seja, em sistemas que contêm mais do que uma fase, sendo uma fase a porção de um sistema onde as propriedades físicas são constantes em qualquer ponto.

Um exemplo típico deste tipo de reacções é a combustão da madeira no seio do ar. Tal como ocorre nas restantes reacções em sistema heterogéneo, a combustão da madeira apenas ocorre na superfície de contacto entre a madeira e o ar. Logo, é natural que a velocidade de reacção dependa do tamanho dessa superfície que actua como uma concentração efectiva para a reacção. De facto, no dia-a-dia verifica-se que a serradura arde muito mais rapidamente do que um pedaço de madeira com a mesma massa.

Este facto pode ser facilmente compreendido atendendo a que o aumento do estado de divisão do reagente sólido leva ao aumento da área da superfície de contacto entre os reagentes, aumentando a probabilidade de colisão entre os corpúsculos dos reagentes e, consequentemente, a velocidade de reacção, tal como se evidencia na Figura 3.7.

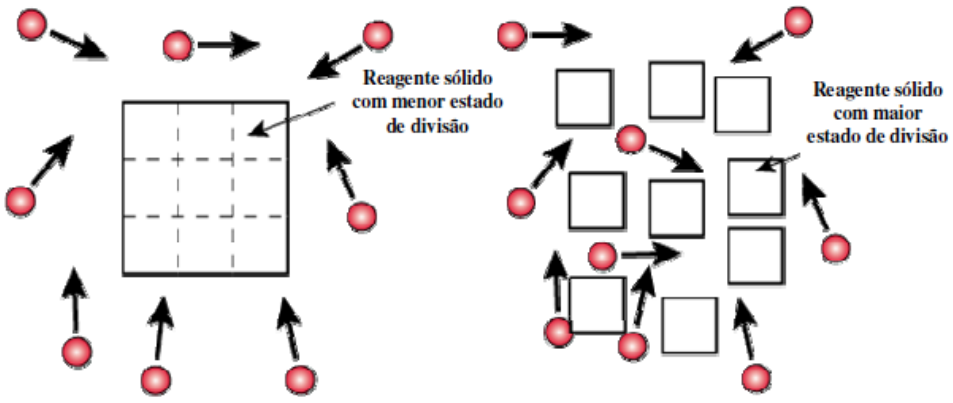


Figura 3.7 – Efeito do estado de divisão dos reagentes sólidos sobre a velocidade de reacção.

3.5 Efeito da temperatura sobre a velocidade de reacção

De acordo com a Teoria das Colisões (§ 3.2), um aumento de temperatura à qual decorre uma reacção química leva ao aumento da energia cinética de translação das moléculas

e, portanto, produz dois efeitos. Por um lado, este aumento leva ao aumento do número de colisões por segundo e, por outro lado, aumenta a probabilidade de a colisão ser efectiva quando as colisões ocorrem, uma vez que existe também maior probabilidade da quantidade de energia associada às colisões ser superior à energia mínima necessária (energia de activação).

Este facto está de acordo com a observação de velocidades de reacção superiores a temperaturas mais elevadas, pelo que existe consenso qualitativo entre a Teoria das Colisões e as observações experimentais. Contudo, verifica-se que a velocidade de reacção é muito inferior à frequência de colisão calculada para um conjunto de partículas gasosas. Isto indica que apenas uma pequena fracção das colisões produz uma reacção, ou seja, apenas uma pequena fracção das colisões é eficaz.

De acordo com Zumdahl (2002), Arrenhius foi o primeiro a tentar explicar o motivo pelo qual apenas uma pequena fracção das colisões é eficaz, ao sugerir a existência de uma energia de activação que deve ser ultrapassada para que a reacção química possa ocorrer. É possível verificar que este pressuposto faz sentido considerando a reacção química de decomposição do BrNO em fase gasosa:

$$2\,BrNO(g) \longrightarrow 2\,NO(g) + Br_2(g)$$

Tal como a equação química acima ilustra, esta reacção química envolve a quebra de duas ligações *Br—N* e a formação de uma ligação *Br—Br*. Note-se ainda que a quebra da ligação *Br—N* requer uma quantidade de energia considerável (243 kJ/mol).

A Teoria das Colisões propõe que a energia necessária para a quebra de ligações provém da energia cinética de translação que as moléculas envolvidas na reacção possuem antes da colisão. Assim, esta energia transforma-se em energia potencial à medida que as moléculas são distorcidas durante a colisão, quebrando ligações e rearranjando os átomos de forma a obter os produtos da reacção (Figura 3.8).

Tal como a Figura 3.8 ilustra, a conversão de *BrNO* em *NO* e Br_2 é uma transformação exotérmica visto que os produtos possuem menor energia potencial do que os reagentes. No entanto, ΔE não tem qualquer efeito na velocidade de reacção, a qual depende apenas do valor da energia de activação, E_a.

É ainda de salientar que o arranjo dos átomos observado no topo da curva, ou "barreira", de energia potencial da Figura 3.8 é usualmente denominado complexo activado ou estado de transição.

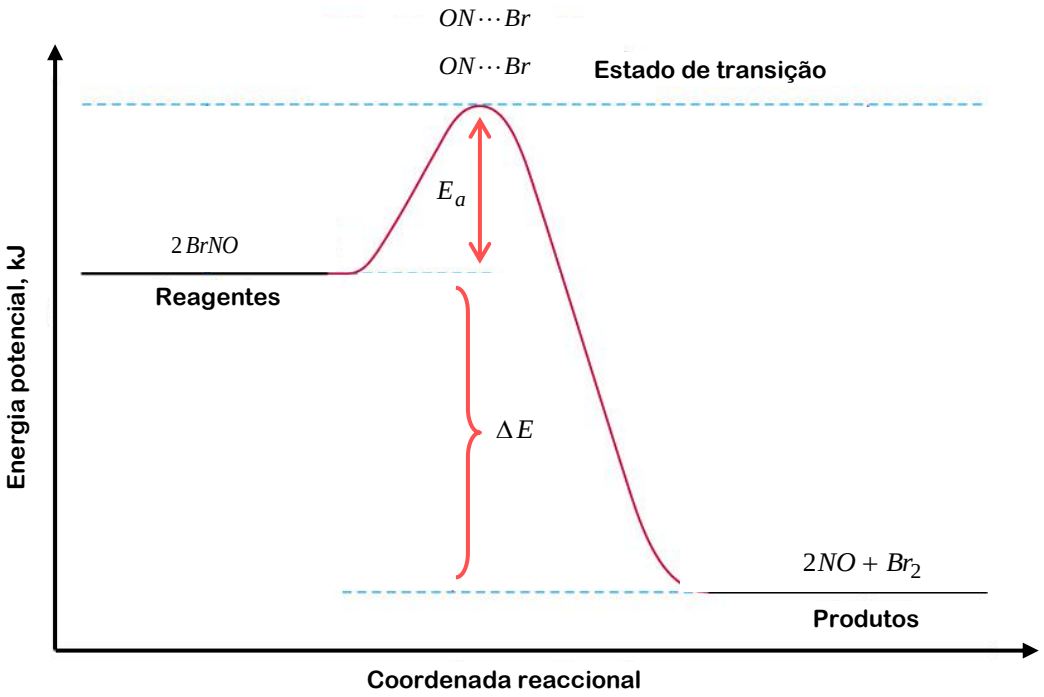


Figura 3.8 – Representação gráfica da variação da energia potencial em função da coordenada reaccional, para a reacção química: $2\,BrNO(g) \longrightarrow 2\,NO(g) + Br_2(g)$.

O ponto-chave da teoria proposta por Arrenhius é o facto das moléculas de *BrNO* necessitarem de uma energia mínima para conseguirem ultrapassar a barreira energética e, consequentemente, dar origem aos produtos. Esta energia é fornecida pela energia da colisão. Assim, a colisão entre duas moléculas de *BrNO*, com energia cinética baixa, não envolverá energia suficiente para ultrapassar a barreira energética e a reacção química não ocorrerá. Logo, para uma dada temperatura, apenas uma pequena fracção das colisões envolve energia suficiente para poderem ser consideradas efectivas e, consequentemente, para resultarem na formação dos produtos.

Atendendo a que existe uma distribuição para as velocidades das moléculas numa amostra de gás, é possível afirmar que também deve existir uma distribuição para as energias de colisão, tal como ilustra a Figura 3.9 para duas temperaturas diferentes.

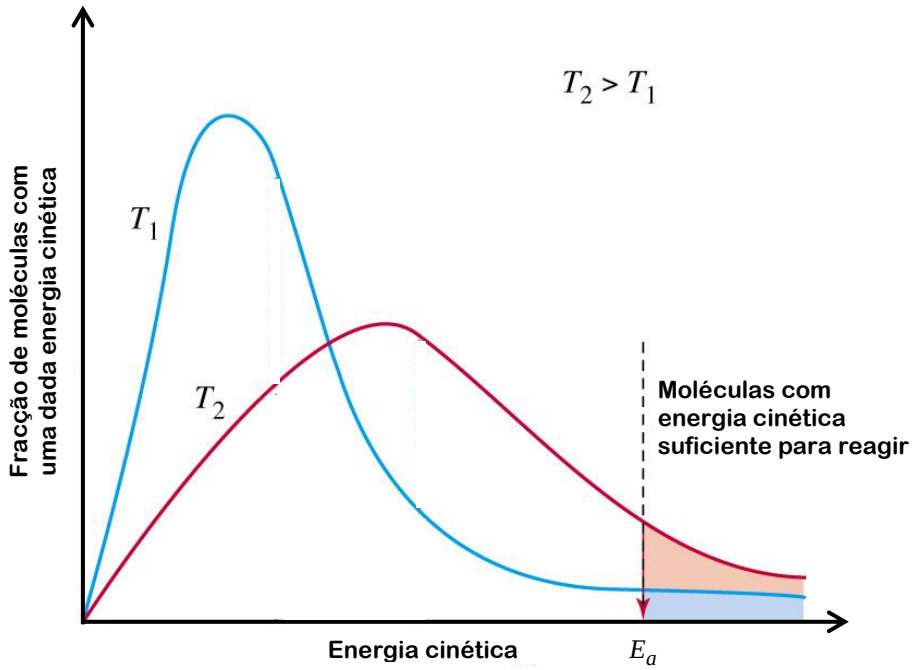


Figura 3.9 – Representação gráfica da fracção de moléculas com um certo valor de energia para as temperaturas T_1 e T_2.

Na Figura 3.9 está também assinalado o valor da energia de activação da reacção em questão. Note-se que apenas as colisões com energia superior à energia de activação são passíveis de ultrapassar a barreira. Para a temperatura T_1, a fracção de colisões efectivas é bastante pequena. Contudo, à medida que a temperatura aumenta até T_2, a fracção de colisões com energia superior à energia de activação aumenta dramaticamente. De facto, a fracção de colisões efectivas aumenta exponencialmente com a temperatura. Este resultado está de acordo com o aumento exponencial da velocidade de reacção com a temperatura verificado experimentalmente.

Arrenhius propôs que o número de colisões, N, com energia igual ou superior à energia de activação é dado por

$$N = N_0 \times e^{-\frac{E_a}{RT}} \qquad \textbf{(39)}$$

onde N_0 representa o número total de colisões, E_a representa a energia de activação, R representa a constante dos gases ideais e T representa o valor da temperatura expresso em Kelvin. O factor $e^{-\frac{E_a}{RT}}$ representa a fracção de colisões com energia igual ou superior a E_a, à temperatura T.

Tal como já foi referido, nem todas as colisões moleculares são efectivas visto que é necessária uma energia mínima para que uma reacção ocorra. Contudo, existe outra limitação. As experiências mostram que a velocidade de reacção observada é consideravelmente menor do que a velocidade de colisão com energia suficiente para ultrapassar a barreira energética. Isto significa que, embora muitas colisões tenham energia suficiente, nem todas levam à ocorrência da reacção química.

O motivo desta discrepância reside na orientação molecular durante as colisões. Tal como a Figura 3.10 ilustra, algumas orientações moleculares podem levar à ocorrência da reacção química, enquanto outras não. Portanto, é necessário incluir um factor de correcção que nos permita ter em consideração colisões com orientações moleculares não produtivas.

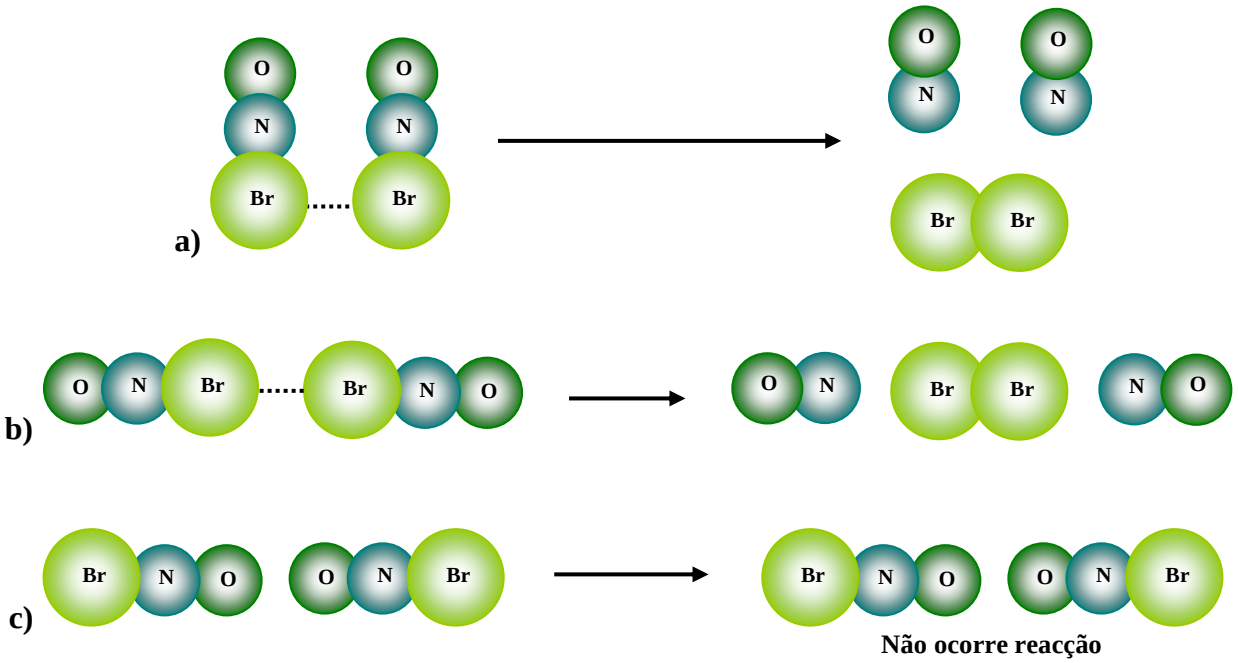


Figura 3.10 – Orientações possíveis para a colisão entre duas moléculas de *BrNO*. As orientações a) e b) podem levar à ocorrência de reacção química mas a orientação c) não.

Em suma, para que as colisões entre os reagentes sejam efectivas é necessário satisfazer dois requisitos:

1. A colisão deve envolver energia suficiente para produzir a reacção, ou seja, a energia da colisão deve ser igual ou superior à energia de activação da reacção;
2. As orientações relativas dos reagentes devem permitir a formação das novas ligações necessárias para a formação dos produtos.

Tendo em atenção estes requisitos, é possível representar a velocidade específica de reacção, k, por

$$k = z \times p \times e^{-\frac{E_a}{RT}} \qquad \textbf{(40)}$$

onde z representa a frequência de colisão (o número total de colisões por unidade de tempo) e onde p, usualmente denominado factor estéreo, reflecte a fracção de colisões com orientações efectivas. Relembre-se que o factor $e^{-\frac{E_a}{RT}}$ representa a fracção de colisões com energia suficiente para produzir a reacção química.

A expressão anterior é muitas vezes escrita na seguinte forma

$$k = A \times e^{-\frac{E_a}{RT}} \qquad \textbf{(41)}$$

Na equação **(41),** denominada por equação de Arrenhius, *A* é denominado por factor pré-exponencial da reacção.

Aplicando logaritmos naturais a ambos os membros da equação **(41)** obtém-se que

$$\ln k = -\frac{E_a}{R} \times \left(\frac{1}{T}\right) + \ln A \qquad \textbf{(42)}$$

A equação **(42)** é uma equação linear da forma $y = m\,x + b$, onde $y = \ln k$, $m = -E_a / R = declive$, $x = 1/T$, $b = \ln A = ordenada\ na\ origem$. Assim, para as reacções químicas cuja velocidade específica segue a equação de Arrenhius, a representação gráfica de $\ln k = f\left(1/T\right)$ fornece uma linha recta (Figura 3.11). Os valores obtidos para o declive e para a ordenada na origem podem então ser utilizados para determinar os valores de E_a e A característicos da reacção.

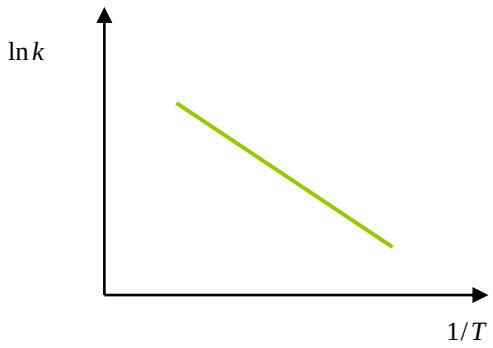


Figura 3.11 – Representação gráfica de $\ln k = f\left(1/T\right)$ para uma reacção química que segue a equação de Arrenhius. **in Chemical Principles. Zumdahl (2002)**

Contudo, também é possível determinar o valor de E_a a partir dos valores da velocidade específica a duas temperaturas diferentes, T_1 e T_2, recorrendo à equação **(42)**. Neste caso, é possível escrever que para a temperatura T_1,

$$\ln k_1 = -\frac{E_a}{R} \times \left(\frac{1}{T_1} \right) + \ln A$$

e para a temperatura T_2,

$$\ln k_2 = -\frac{E_a}{R} \times \left(\frac{1}{T_2} \right) + \ln A$$

Subtraindo a primeira equação à segunda vem que

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{R} \times \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

Portanto, os valores de k_1 e de k_2, determinados às temperaturas T_1 e T_2, podem ser utilizados para calcular E_a.

O facto da maioria das reacções químicas obedecerem à equação de Arrenhius indica que a Teoria das Colisões é fisicamente razoável para as reacções químicas.

3.6 Efeito da presença de catalisadores sobre a velocidade de reacção

Tal como foi visto em § 3.5, se uma dada reacção não ocorre a uma velocidade suficientemente elevada, à temperatura ambiente, é possível aumentar significativamente a sua velocidade de reacção através do aumento da temperatura à qual a reacção decorre. Contudo, existem situações onde isto não é possível. Por exemplo, atendendo a que as células humanas apenas sobrevivem numa estreita gama de temperaturas, o corpo humano está desenhado para funcionar a uma temperatura praticamente constante igual a 37 ºC. Mas as reacções bioquímicas mais complexas que nos mantêm vivos seriam bastante lentas a esta temperatura caso não existisse outra intervenção. Nós sobrevivemos pois o nosso organismo contém muitas substâncias, denominadas enzimas, que aumentam a velocidade destas reacções embora a temperatura do corpo humano permaneça constante. De facto, quase todas as reacções bioquímicas importantes são assistidas por enzimas específicas, as quais não são nada mais do que catalisadores (biológicos), isto é, substâncias que aumentam a velocidade de reacção, sem serem consumidas no decurso da mesma.

De facto, a maioria dos processos industriais também beneficiam da utilização de catalisadores. Embora seja possível utilizar temperaturas mais elevadas para aumentar a velocidade de reacção das reacções químicas envolvidas nesses processos, tais condições são muito caras pois acarretam um aumento significativo no consumo energético. Assim, no processo de Haber para a síntese de amoníaco, tal como em muitos outros processos industriais, a utilização de um catalisador apropriado (mistura de ferro e outros metais) permite aumentar a velocidade de reacção a uma temperatura relativamente baixa, possibilitando a redução dos custos de produção.

Atendendo a que, para cada reacção química, é necessário ultrapassar uma determinada barreira energética (energia de activação), a função dos catalisadores consiste precisamente em fornecer um novo mecanismo à reacção, ao qual está associada uma energia de activação menor (Figura 3.12). Deste modo, a fracção de colisões efectivas será maior para uma dada temperatura. Note-se que a presença do catalisador não afecta a diferença de energia entre os reagentes e os produtos envolvidos na reacção química, embora diminua a energia de activação associada à reacção.

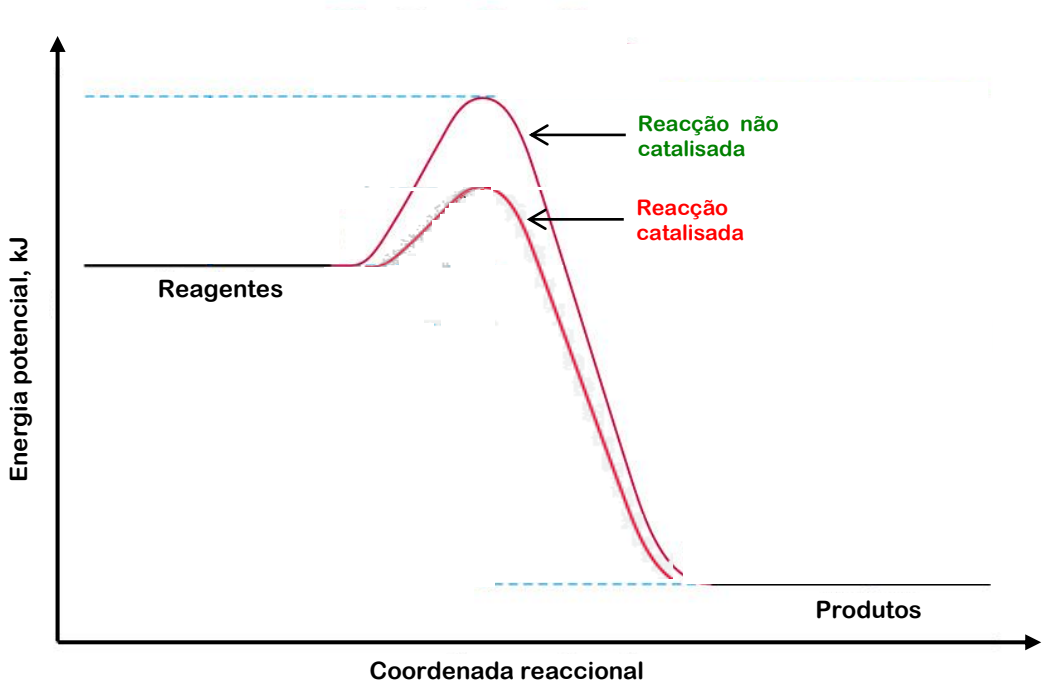


Figura 3.12 – Representação gráfica da variação da energia potencial em função da coordenada reaccional para uma dada reacção química, não catalisada e catalisada.
in Chemical Principles. Zumdahl (2002)

Os catalisadores podem ser classificados em homogéneos, quando estão presentes no mesmo estado físico que as espécies químicas envolvidas na reacção, ou em heterogéneos, quando estão presentes num estado físico diferente daquele em que se encontram as espécies químicas envolvidas na reacção.

A – Catálise heterogénea

Os catalisadores heterogéneos mais utilizados actualmente consistem em superfícies metálicas de platina, paládio, níquel ou ferro.

Na maioria dos casos, a catálise heterogénea envolve a adsorção de reagentes gasosos na superfície de um catalisador sólido. A adsorção refere-se ao processo em que uma substância adere à superfície de outra substância, enquanto a absorção se refere à penetração de uma substância noutra, como por exemplo, quando a água é absorvida por uma esponja.

O processo de Haber, para a síntese de amoníaco a partir de azoto e hidrogénio, é um dos exemplos mais antigos de catálise heterogénea. Desenvolvido em 1909 pelo alemão Fritz Haber, este processo envolve como catalisador uma mistura de ferro, potássio e cálcio, visto que a mistura funciona melhor do que apenas ferro, tal como inicialmente propôs Haber.

Depois de vários estudos desenvolvidos sobre este processo de produção industrial, acredita-se que a chave da sua efectividade reside no facto das ligações químicas *N—N* e *H—H* serem enfraquecidas quando moléculas de hidrogénio (H_2) e azoto (N_2) se encontram ligadas ao ferro na superfície do metal. O ferro torna-se assim o catalisador ideal pois a ligação *N—N* é suficientemente forte para que os átomos de azoto, presentes na superfície do metal, não se liguem entre si para formar a molécula de azoto (N_2) mas é suficientemente fraca para permitir que os átomos de azoto e hidrogénio, presentes na superfície do metal, se combinem para formar amoníaco (NH_3).

Um exemplo importante de catálise heterogénea consiste na hidrogenação de hidrocarbonetos insaturados, isto é, na hidrogenação de compostos constituídos principalmente por átomos de carbono e de hidrogénio, onde existem algumas ligações duplas *C—C*. Este processo industrial é importante, por exemplo, na transformação de gorduras insaturadas, presentes em óleos, em gorduras saturadas.

Ao longo deste processo verifica-se que as ligações duplas *C—C* são convertidas em ligações simples através da adição de átomos de hidrogénio, tal como ilustra a seguinte equação química que traduz a hidrogenação do etileno:

$$C_2H_2\,(g) + H_2\,(g) \longrightarrow C_2H_3\,(g)$$

Esta reacção é bastante lenta à temperatura ambiente, visto que a ligação forte *H—H* existente na molécula de hidrogénio leva à existência de uma energia de activação elevada. Contudo, a velocidade de reacção pode ser aumentada significativamente através da utilização de um catalisador sólido de platina, paládio ou níquel. O hidrogénio e o etileno aderem à superfície

do catalisador, onde a reacção química decorre. A principal função do catalisador é, aparentemente, permitir a formação de interacções metal–hidrogénio que enfraqueçam as ligações *H—H* e facilitem a reacção (Figura 3.13).

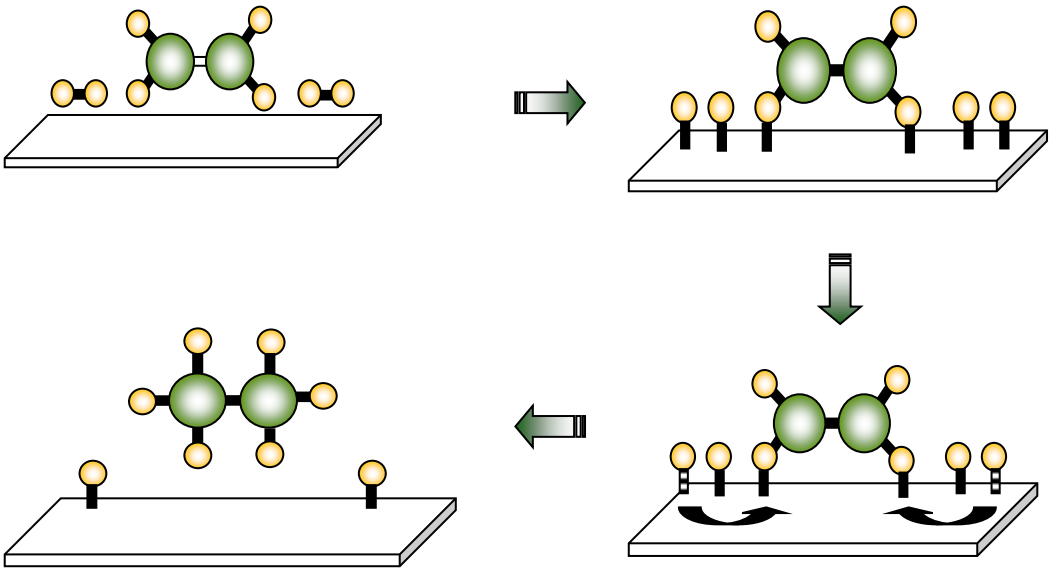


Figura 3.13 – Mecanismo da catálise heterogénea da hidrogenação do etileno.
in Chemical Principles. Zumdahl (2002).

De um modo geral, a catálise heterogénea envolve quatro etapas:

1. Adsorção e activação dos reagentes;
2. Migração dos reagentes adsorvidos na superfície;
3. Reacção química entre as substâncias adsorvidas;
4. Desadsorção dos produtos.

B – Catálise homogénea

São diversos os exemplos de catálise homogénea, tanto em fase gasosa como em fase líquida.

Um desses exemplos consiste no comportamento catalítico invulgar do dióxido de azoto (NO_2) em relação ao ozono (O_3). De facto, o dióxido de azoto catalisa a produção de ozono na troposfera, a parte da atmosfera mais próxima da superfície terrestre, enquanto que na atmosfera superior catalisa a decomposição do ozono. Infelizmente, ambos os efeitos acarretam problemas ambientais.

Na troposfera o monóxido de azoto é produzido em qualquer processo de combustão a temperaturas elevadas onde o azoto esteja presente, tal como traduz a seguinte equação química:

$$N_2\,(g) + O_2\,(g) \longrightarrow 2NO(g)$$

Esta reacção é muito lenta, à temperatura ambiente, devido à fortes ligações $N \equiv N$ e $O = O$. Contudo, a temperaturas mais elevadas, tais como as encontradas nos motores de combustão interna dos automóveis, verifica-se a formação de quantidades significativas de monóxido de azoto. Algum deste monóxido de azoto é reconvertido a moléculas de azoto no próprio conversor catalítico. Contudo as quantidades que conseguem escapar são significativas e, quando na atmosfera, podem reagir com o oxigénio, de acordo com a seguinte equação química:

$$NO_2\,(g) \xrightarrow{luz} NO\,(g) + O\,(g)$$

O átomo de oxigénio formado neste processo é muito reactivo e pode combinar-se com outras moléculas de oxigénio para formar ozono:

$$O_2\,(g) + O\,(g) \longrightarrow O_3\,(g)$$

O ozono é um agente oxidante poderoso que pode reagir com outros poluentes atmosféricos para formar substâncias irritantes para os olhos e pulmões.

Nesta série de reacções o dióxido de azoto actua como um verdadeiro catalisador pois favorece a produção de ozono sem ser consumido durante a mesma. Este facto pode ser verificado através da soma das equações químicas anteriores:

$$\begin{aligned} NO\,(g) + \tfrac{1}{2}O_2\,(g) &\longrightarrow NO_2(g) \\ NO_2(g) &\xrightarrow{luz} NO(g) + O(g) \\ \hline O_2(g) + O(g) &\longrightarrow O_3(g) \\ \hline \tfrac{3}{2}O_2(g) &\longrightarrow O_3(g) \end{aligned}$$

Na atmosfera superior a presença de dióxido de azoto tem o efeito oposto, ou seja, o consumo de ozono, sendo as reacções químicas envolvidas traduzidas pelas seguintes equações químicas:

$$\begin{aligned} NO\,(g) + O_3\,(g) &\longrightarrow NO_2(g) + O_2(g) \\ \hline NO_2(g) + O(g) &\longrightarrow O_2(g) + NO(g) \\ \hline O(g) + O_3(g) &\longrightarrow 2O_2(g) \end{aligned}$$

O dióxido de azoto actua, mais uma vez, como um catalisador. Todavia, neste caso, o seu efeito é converter o ozono (O_3) a oxigénio (O_2), o que representa um potencial problema pois o ozono, que absorve radiação ultravioleta (UV), é necessário para nos proteger dos efeitos nocivos desta radiação de elevada energia. Ou seja, o ozono é necessário na atmosfera

superior para bloquear a radiação UV proveniente do Sol. Porém, a presença de ozono não é desejada na troposfera, onde corremos o risco de o respirar e aos seus produtos.

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA

4.1 Objectivos

O presente estudo tem como principais objectivos:

- Promover a aprendizagem de alunos dos Ensinos Básico e Secundário acerca do tema Velocidade das Reacções Químicas (velocidade de reacções químicas, factores passíveis de alterar a velocidade das reacções químicas e seu efeito na velocidade das reacções químicas) usando uma estratégia que dê relevância ao trabalho experimental, envolvendo SATD;
- Avaliar o conjunto de actividades experimentais propostas;
- Promover o desenvolvimento de competências especificas para a Literacia Cientifica, ao nível do conhecimento processual e substantivo, do raciocínio, da comunicação e das atitudes.

4.2 Amostra

A amostra foi constituída por 2 alunos que participaram nas actividades da Universidade Júnior da Universidade do Porto. Estes alunos faziam parte de um grupo de cinco alunos que participaram na Universidade Júnior na terceira semana do mês de Julho de 2005.

A caracterização da amostra apresenta-se na Tabela 4.1

Tabela 4.1 – Caracterização da amostra deste estudo.

Grupo	Elementos	Idade	Ano escolaridade terminado			Rapazes	Raparigas
			9º	10º	11º		
1	Ana	17			✓	1	1
	Pedro	15	✓				

4.2.1 Perfil dos alunos do Grupo 1, Ana e Pedro

A Ana tinha 17 anos, residia em Amarante e tinha terminado o 11º ano de escolaridade. A aluna teve conhecimento da Universidade Júnior através de um jornal e a sua inscrição foi feita por iniciativa própria e sem qualquer tipo de ajuda ou conselho. A Ana escolheu este projecto porque o considerou interessante e porque abrangia temas que eram do seu agrado nas aulas.

A Ana já tinha realizado trabalho experimental nas aulas de Ciências Físico-Químicas mas nunca tinha utilizado sensores ou SATD.

O Pedro tinha 15 anos, residia em Lamego e tinha terminado o 9º ano de escolaridade. Na matrícula do 10º ano de escolaridade, efectuada poucos dias antes da frequência deste projecto, tinha incluído a disciplina de Ciências Físico-Químicas porque o aconselharam a fazê-lo. A escolha deste projecto foi feita pela mãe, a conselho de uma amiga desta que é professora de Ciências Físico-Químicas. O aluno não se mostrou particularmente motivado.

O Pedro nunca tinha realizado qualquer trabalho experimental nas aulas de Ciências Físico-Químicas e não conhecia sensores.

4.3 Enquadramento do tema no currículo

4.3.1 Conteúdos desenvolvidos no 3º Ciclo do Ensino Básico

No actual sistema de ensino, a velocidade das reacções químicas é abordada, pela primeira vez, no âmbito da disciplina de Ciências Físico-Químicas no tema geral *Sustentabilidade na Terra*, Unidade 2 – "Reacções químicas", subtema "2.2 – Velocidade das Reacções Químicas", no 3º Ciclo do Ensino Básico.

Em relação a este subtema, no documento das "Orientações Curriculares" para as Ciências Físicas e Naturais no Ensino Básico, refere-se que:

> *«Pretende-se que os alunos compreendam que a Química se refere ao modo como os materiais se transformam para originar outras substâncias. A matéria pode sofrer uma variedade de mudanças, rápidas ou lentas, espectaculares ou imperceptíveis, com ou sem libertação de calor. Incentivar os alunos a identificar, no mundo à sua volta, reacções químicas e a apresentar evidências (mudanças de cor ou da temperatura, produção de gases ou de sólidos) que apoiam os seus resultados.»*
>
> *in* "Orientações Curriculares para as Ciências Físicas e Naturais" – MEEB (2001)

Este mesmo documento apresenta ainda algumas indicações de desenvolvimento dos conteúdos, sob a forma de um conjunto de sugestões de experiências educativas relativas ao subtema em questão:

> *«Sugere-se que os alunos dêem exemplos de reacções químicas correntes e as classifiquem de acordo com a rapidez a que se processam. É importante a realização de experiências de modo a identificar factores que influenciam a velocidade das reacções químicas. Relacionar*

com o que se faz no dia-a-dia para diminuir a velocidade das reacções químicas (por ex. o uso do frigorífico ou a utilização de conservantes para a conservação dos alimentos.»

in "Orientações Curriculares para as Ciências Físicas e Naturais" – MEEB (2001)

Saliente-se que as "Orientações Curriculares" para as Ciências Físicas e Naturais apresentadas pelo Ministério da Educação estão na sequência do documento em que se definem as competências específicas para as Ciências Físicas e Naturais no Ensino Básico, designadamente o documento *Competências Essenciais em Ciências no Ensino Básico* (GALVÃO et al, 2000). De acordo com este documento:

«Sugere-se a realização de actividades experimentais de vários tipos. (i) investigativas, partindo de uma questão ou problema, avaliando as soluções encontradas; (ii) ilustrativas de leis cientificas; (iii) aquisição de técnicas.»

in "Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais" – MEEB (2000)

Para analisar a forma como os manuais escolares tratam o tema, escolheram-se os manuais escolares mais usados, segundo a Direcção Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular. Na Tabela 4.2 apresentam-se os manuais escolares mais usados na disciplina de Ciências Físico-Químicas para o tema geral "Sustentabilidade na Terra".

Tabela 4.2 – Manuais escolares mais usados no 3º Ciclo do Ensino Básico, no ano lectivo de 2004/2005.
Informação cedida pela Direcção Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular do ME

ISBN	EDITORA	TÍTULO
972-41-3333-8	Asa Editores II, SA	*FQ – Sustentabilidade na Terra – 3º Ciclo*
972-0-32388-4	Porto Editora	*Ciências na Nossa Vida – Sustentabilidade na Terra – 3º Ciclo*
972-0-32301-9	Porto Editora	*Eu e o Planeta Azul – Sustentabilidade na Terra – 3º Ciclo*

De um modo geral, os três manuais escolares mais adoptados propõem que o estudo da velocidade das reacções químicas se inicie com o reconhecimento de que diferentes reacções químicas se processam com diferente velocidade e de que uma mesma reacção química, em diferentes condições experimentais, se processa com velocidade diferente.

São referidos os seguintes métodos experimentais que permitem avaliar a velocidade de uma reacção química:

- Medir o intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de produto;
- Medir a quantidade de produto formado num dado intervalo de tempo;

- Medir o intervalo de tempo necessário para o consumo de um ou mais reagentes.

O estudo prossegue com a identificação dos factores passíveis de alterar a velocidade de uma reacção química, designadamente a concentração inicial dos reagentes, a temperatura, a superfície de contacto entre os reagentes e a presença de catalisadores ou de inibidores.

Os manuais propõem a realização de um conjunto de experiências de simples execução e apresentam os resultados esperados em cada uma das mesmas, mostrando assim o efeito de cada um dos factores sobre a velocidade das reacções químicas, de forma a concluir que:

- A velocidade de uma reacção química pode aumentar quando a concentração de um ou mais reagentes em solução aumenta;
- Quanto maior for a temperatura a que decorre uma reacção química, maior será a sua velocidade;
- A velocidade das reacções químicas, onde existe um reagente sólido, é tanto maior quanto maior for a superfície de contacto (maior estado de divisão) desse reagente com os restantes reagentes;
- O aumento da velocidade de uma reacção química é provocado pela presença de um catalisador. A diminuição da velocidade de uma reacção química é provocada pela presença de um inibidor.

Todavia, as actividades experimentais propostas variam de manual para manual. Apresentam-se de seguida as actividades experimentais apresentadas em cada manual.

No manual escolar *FQ – Sustentabilidade na Terra* propõe-se a realização de uma única actividade experimental envolvendo a reacção química entre magnésio metálico e ácido clorídrico. Nessa actividade os alunos deverão variar as condições experimentais, tais como a temperatura, a concentração da solução de ácido clorídrico, a superfície de contacto entre os reagentes e a presença de um catalisador ou inibidor.

Dado que esta reacção química envolve a formação de hidrogénio gasoso, o efeito dos diferentes factores sobre a velocidade de uma reacção química é avaliado com base na comparação do intervalo de tempo necessário para a formação da mesma quantidade de hidrogénio (produto da reacção). Na Figura 4.1 apresenta-se uma figura do manual que exemplifica a experiência.

No manual escolar *Ciências na Nossa Vida – Sustentabilidade na Terra* propõem-se a realização de duas actividades experimentais e uma actividade de análise de dados

previamente fornecidos. Contudo, este manual não apresenta qualquer actividade para o estudo do efeito da temperatura.



Figura 4.1 – Reacção química entre magnésio metálico e ácido clorídrico.
***in* Ciências na Nossa Vida – Sustentabilidade na Terra**

A reacção química entre tiossulfato de sódio e ácido clorídrico, que envolve a formação de um precipitado amarelo de enxofre, é apresentada para o estudo do efeito da concentração inicial dos reagentes e da temperatura sobre a velocidade da reacção química. Este efeito é avaliado com base na comparação do intervalo de tempo necessário para a formação da mesma quantidade de enxofre (produto da reacção). É sugerida a colocação de uma tira de cartolina, com uma cruz preta desenhada, por baixo dos gobelés contendo as misturas reaccionais. Deste modo, a visibilidade da cruz serve como indicador do tempo de formação de uma dada quantidade de enxofre. Na Figura 4.2 apresenta-se uma figura do manual que exemplifica a experiência.

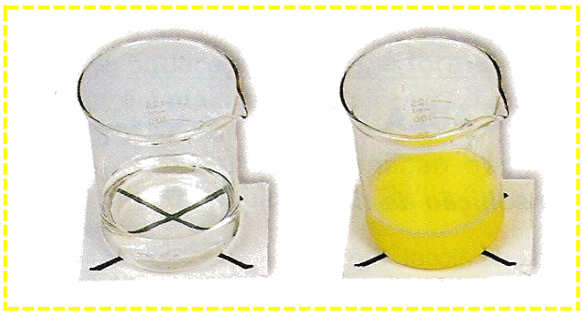


Figura 4.2 – Reacção química entre tiossulfato de sódio e ácido clorídrico.
***in* Ciências na Nossa Vida – Sustentabilidade na Terra**

A reacção química entre permanganato de potássio e glicerol (glicerina) é apresentada para o estudo do efeito da superfície de contacto entre os reagentes sobre a velocidade de uma reacção química. Nesta reacção química é bastante espectacular, o efeito da superfície de contacto entre os reagentes é avaliado através da comparação do intervalo de tempo necessário para o consumo de um ou mais reagentes. Na Figura 4.3 apresenta-se uma figura do manual que exemplifica a experiência.



Figura 4.3 – Reacção química entre permanganato de potássio triturado e glicerol.
***in* Ciências na Nossa Vida – Sustentabilidade na Terra**

Por último, o estudo do efeito da presença de catalisadores ou de inibidores sobre a velocidade de uma reacção química é estudado com base na análise de dados, fornecidos pelo próprio manual. Os dados fornecidos são relativos à reacção química de decomposição da água oxigenada, cuja velocidade de reacção pode ser aumentada através da adição de óxido de manganês (IV), o qual actua como catalisador.

O manual escolar *Eu e o Planeta Azul – Sustentabilidade na Terra* propõe a realização de duas actividades experimentais.

A reacção química entre vinagre e Sais Eno®, que envolve a produção de dióxido de carbono gasoso, é apresentada para o estudo do efeito da concentração inicial dos reagentes e da temperatura na velocidade de uma reacção química. Nesta actividade, a massa do sistema aberto diminui à medida que se vai formando dióxido de carbono, ou seja, à medida que a reacção química decorre. Assim, os efeitos dos dois factores são avaliados com base na comparação da quantidade de dióxido de carbono (produto da reacção) formado num mesmo intervalo de tempo, através da diminuição da massa indicada na balança. Para o estudo do efeito da concentração utilizam-se diferentes quantidades de reagentes, enquanto que para o estudo do efeito da temperatura se utiliza vinagre a diferentes temperaturas. Na Figura 4.4 apresenta-se uma figura do manual que exemplifica a experiência.

A reacção química entre casca de ovo e vinagre, que envolve a formação de dióxido de carbono gasoso, é apresentada para o estudo do efeito da superfície de contacto entre os reagentes sobre a velocidade de uma reacção química. Este efeito é analisado com base na comparação da quantidade de dióxido de carbono (produto da reacção) formado num mesmo intervalo de tempo.



Figura 4.4 – Reacção química entre vinagre e Sais Eno®.
***in* Eu e o Planeta Azul – Sustentabilidade na Terra**

Este manual não propõe a realização de uma actividade experimental para o estudo do efeito da presença de catalisadores ou de inibidores sobre a velocidade de uma reacção química. O efeito deste factor é mais uma vez analisado com base na análise dos dados fornecidos pelo próprio manual, relativos à reacção química de decomposição da água oxigenada.

Para terminar o estudo da velocidade das reacções químicas, os autores dos três manuais mais adoptados estabelecem uma relação entre os factores passíveis de alterar a velocidade de uma reacção química e o que se faz no dia-a-dia, especialmente na área da indústria e no quotidiano (Ex: a utilização do frigorífico ou de conservantes, para a conservação dos alimentos).

É de salientar que os manuais considerados utilizam os termos "velocidade" e "rapidez" indistintamente. Todavia, é importante estar ciente de que o conceito de velocidade aqui utilizado é um conceito químico, que não deve ser confundido com o conceito físico de velocidade (grandeza vectorial). Assim, em química, a velocidade (ou rapidez) é uma taxa de variação de uma propriedade do meio reaccional, ao longo do tempo.

O estudo do efeito de cada um dos factores passíveis de alterar a velocidade de uma reacção química é tratado a nível macroscópico. O facto do estudo das reacções químicas em termos de rearranjos de átomos e de colisões eficazes apenas surgir no subtema "2.3 – Explicação e representação das reacções químicas", depois do estudo da "velocidade" das reacções químicas, poderá ser um dos principais motivos para a realização de uma abordagem apenas macroscópica.

4.3.2 Conteúdos desenvolvidos no Ensino Secundário

No âmbito do Ensino Secundário, a velocidade das reacções químicas não é identificada como um objecto de ensino propriamente dito. De facto, este tema surge apenas associado à compreensão de alguns conceitos e fenómenos, tais como os conceitos de equilíbrio químico, catalisador e de reacção catalisada e os fenómenos de controlo do tempo de dissolução, de catálise homogénea e de catálise heterogénea.

Assim, no âmbito do programa de Física e Química A, para o 11º ou 12º ano de escolaridade, do Curso Cientifico-Humanístico de Ciências e Tecnologias verifica-se que é feita uma referência à velocidade das reacções químicas nas unidades:

- Unidade 1 – "Química e Indústria: equilíbrios e desequilíbrios" subtemas:
  - "1.4 Produção industrial do amoníaco" e
  - "1.5 Controlo da produção industrial".

Analisando os objectivos definidos na Unidade 1 – "Química e Indústria: equilíbrios e desequilíbrios", para os subtemas acima referidos, são de salientar os seguintes objectivos de aprendizagem:

- "1.4 Produção industrial do amoníaco:
  - Associar estado de equilíbrio dinâmico ao estado de equilíbrio de um sistema, em que a velocidade de variação de uma dada propriedade num sentido é igual à velocidade de variação da mesma propriedade no sentido inverso.
- "1.5 Controlo da produção industrial":
  - Discutir o compromisso entre os valores de pressão e temperatura e o uso de catalisador para optimizar a produção de amoníaco na mesma reacção de síntese;
  - Associar o processo de obtenção do amoníaco conhecido como processo de Haber à síntese daquele composto catalisada pelo ferro em condições adequadas de pressão e temperatura;
  - Reconhecer que o papel desempenhado pelo catalisador é o de aumentar a velocidade das reacções directa e inversa, por forma a atingir-se mais rapidamente o estado de equilíbrio (aumento da eficiência), não havendo, no entanto, influência na quantidade de produto obtida.

Por outro lado, no âmbito do Programa de Química para o 12º ano de escolaridade, do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias verifica-se que é feita uma

referência à velocidade das reacções químicas na Unidade 1 – "Metais e Ligas Metálicas" subtemas:

- "1.3.4 Os metais como catalisadores" e
- "Actividade Laboratorial 1.7 – Catálise enzimática: efeito da temperatura e de um inibidor sobre uma reacção bioquímica";

Analisando os objectivos definidos na Unidade 1 – "Metais e Ligas Metálicas", para os subtemas acima referidos, são de salientar os seguintes objectivos de aprendizagem:

- "1.3.4 Os metais como catalisadores":
  - Apresentar razões para a importância económica dos catalisadores na actividade industrial;
  - Discutir dois exemplos clássicos de catálise industrial: síntese do amoníaco (processo de Haber) e síntese do ácido nítrico (processo de Ostwald);
  - Explicitar a importância do conversor catalítico no controlo/redução de gases de escape em motores de automóvel;
  - Associar a importância dos catalisadores enzimáticos (enzimas) nas reacções biológicas vitais com as baixas temperaturas e concentração dos constituintes celulares nos organismos biológicos;
  - Identificar os catalisadores como agentes que actuam apenas sobre a velocidade da reacção;
  - Distinguir catálise homogénea e heterogénea em termos de estado físico dos reagentes e do catalisador;
  - Reconhecer a predominância dos metais de transição nos catalisadores usados nos processos industriais e integrantes dos processos biológicos e
  - Relacionar a actividade catalítica dos metais de transição e seus compostos com os estados de oxidação variáveis.
- "Actividade Laboratorial 1.7 – Catálise enzimática: efeito da temperatura e de um inibidor sobre uma reacção bioquímica":
  - Traçar um gráfico de velocidade da reacção química em função da temperatura;
  - Traçar um gráfico de velocidade da reacção química em função da quantidade de inibidor;
  - Interpretar os gráficos obtidos.

Para analisar a forma como os manuais escolares tratam o tema, escolheram-se manuais escolares com base em informação recolhida junto de alguns professores. Os dados sobre quais os manuais escolares mais usados no Ensino Secundário, no ano lectivo 2004/2005 foram solicitados à Direcção Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular, mas não foi recebida qualquer resposta, pelo que a escolha residiu sobre os anteriores, cujos dados se resumem na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Manuais escolares, do Ensino Secundário, analisados neste estudo.

ISBN	EDITORA	TÍTULO
972-0-42216-5	Porto Editora	*Química em contexto – Fisica e Química A (11º ou 12º - Ano 2)*
972-47-2548-0	Texto Editora	*11Q*
972-0-42217-3	Porto Editora	*Química em contexto 12*
972-770-320-8	Plátano Editora	*Química – 12º Ano*

4.3.2.1 Física e Química A (11º ou 12º – Ano 2)

A abordagem feita pelos autores dos manuais considerados, relativamente aos conteúdos analisados, difere significativamente. Assim, a análise será apresentada para cada manual separadamente.

O manual escolar *Química em contexto* aproveita o facto de se utilizar um catalisador de ferro na optimização da síntese do amoníaco, pelo processo de Haber-Bosch para propor que o estudo do subtema "1.3 Síntese do amoníaco e balanço energético" se inicie com uma breve abordagem acerca do que são catalisadores e do modo como estes actuam.

Assim, um catalisador é definido como sendo uma substância capaz de fazer variar a velocidade com que uma reacção química decorre, embora não tenha qualquer influência sobre a composição do sistema no estado de equilíbrio.

Este manual refere que a utilização de catalisadores se deve a que, por vezes, mesmo depois de optimizar as condições de temperatura, pressão e composição dos reagentes, a velocidade com que uma dada reacção química decorre continua a não ser a mais desejável.

Com o intuito de abordar o modo como estas substâncias actuam, o manual começa por realçar que, para que uma reacção química ocorra, é necessário ultrapassar uma barreira energética (energia de activação) de forma a permitir que os reagentes colidam eficazmente para dar origem aos produtos. Neste contexto, o papel dos catalisadores é o de diminuir a

energia de activação (aumentar a quantidade de reagente que, por unidade de tempo, consegue vencer a barreira energética, aumentando simultaneamente a velocidade da reacção).

De seguida, o manual escolar propõe uma análise das representações gráficas que usualmente surgem quando se pretende esquematizar a variação da energia de activação de uma reacção química devido à presença de um catalisador (positivo). Saliente-se ainda que esta análise é utilizada para introduzir o estudo da variação de entalpia de reacção em sistemas fechados. Na Figura 4.5 apresenta-se uma figura do manual.

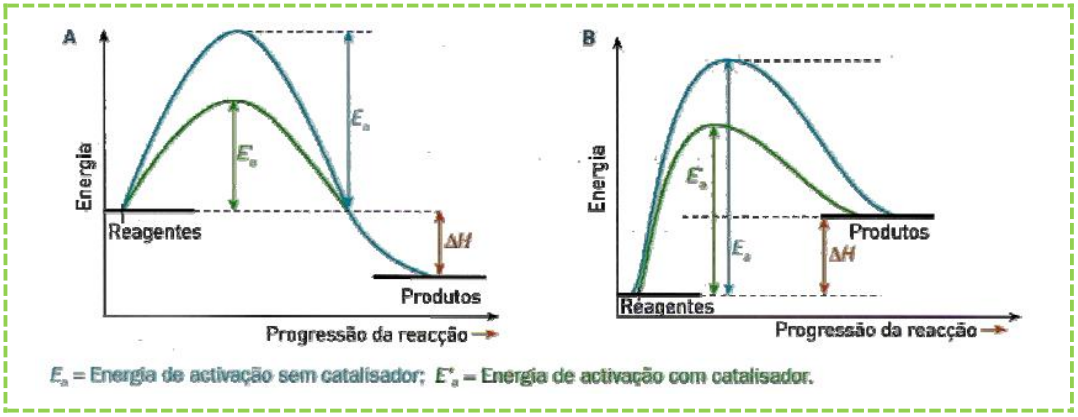


Figura 4.5 – Perfis de reacções sem catalisador (a azul) e com catalisador (a verde).
***in* Química em contexto – Física e Química A 11º ano**

Posteriormente, no estudo do subtema "1.4 Produção industrial do amoníaco" surge uma nova referência à velocidade das reacções químicas, no âmbito da definição de reacções químicas reversíveis e no âmbito do estudo do estado de equilíbrio químico.

A propósito da definição de reacções reversíveis, o manual escolar *Quimica em contexto* refere que para que duas reacções químicas possam ser consideradas reversíveis é necessário que as mesmas possuam velocidade diferente, para além de terem que ser inversas uma da outra e terem que ocorrer em condições que podem não ser, necessariamente, as mesmas.

Por outro lado, ao longo do estudo do estado de equilíbrio químico, o manual escolares apresenta e propõe uma analise das representações gráficas da variação da concentração ao longo do tempo e da variação da velocidade da reacção ao longo do tempo. Na Figura 4.6 apresenta-se uma figura do manual.

A análise destas representações gráficas tem como finalidade levar os alunos a concluir que, à medida que a reacção química decorre, a concentração dos reagentes diminui e a dos produtos aumenta, enquanto que a velocidade de consumo dos reagentes diminui e a velocidade de formação dos produtos aumenta. Todavia, a partir de um determinado instante *t*, verifica-se que a composição quantitativa da mistura reaccional permanece constante e a velocidade das duas reacções, directa e inversa, atinge o mesmo valor.

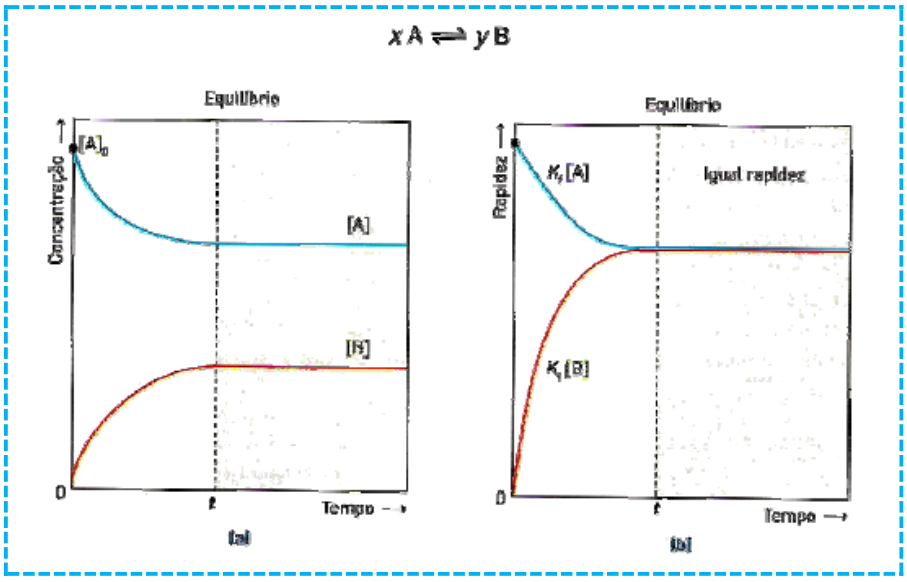


Figura 4.6 – Variação da concentração (a) e da velocidade (b) em função do tempo.
***in* Química em contexto – Física e Química A 11º ano**

Note-se que a representação gráfica da variação da velocidade ao longo do tempo pode levar os alunos a considerar que, quando o sistema se encontra no estado de equilíbrio, a concentração do reagente é sempre maior do que a do produto.

Com base nesta conclusão, o manual *Química em contexto* avança para a definição de estado de equilíbrio onde se verifica, mais uma vez, que a velocidade tem um papel importante. Assim, diz-se que um sistema atingiu um estado de equilíbrio químico quando:

- O sistema for fechado;
- As condições de operação das reacções directa e inversa forem as mesmas;
- Não houver manifestações a nível macroscópico, isto é, quando não se registam, macroscopicamente, variações de propriedades físico-químicas e
- A velocidade da reacção directa for igual à da reacção inversa, ou seja, a velocidade de variação de uma dada propriedade num sentido é igual à velocidade de variação da mesma propriedade no sentido inverso.

Ainda durante o estudo do subtema "1.4 Produção industrial do amoníaco" o manual escolar *Química em contexto* dá especial ênfase à distinção entre velocidade e extensão de uma reacção química. O manual realça então que o valor da constante de equilíbrio, K_C, e o tempo necessário para alcançar o estado de equilíbrio não estão directamente relacionados, ou seja, o valor da constante de equilíbrio nada diz acerca do valor da velocidade da reacção.

Por último, em relação ao estudo do subtema "1.5 Controlo da produção industrial", a presença do conceito de velocidade surge associada ao estudo da alteração do equilíbrio químico à escala industrial.

No contexto do controlo da produção industrial, o manual escolar *Química em contexto* realça ainda que os factores passíveis de alterar a velocidade de uma reacção têm potencialidade para alterar o equilíbrio químico se forem susceptíveis de alterar de forma desigual a velocidade da reacção directa e da reacção inversa.

Por outro lado, o manual *11 Q* propõe que o estudo do subtema "1.4 Produção industrial do amoníaco" se inicie com uma abordagem dos conceitos de reacção química reversível e irreversível.

Neste contexto, o conceito de velocidade de reacção surge associado à definição de reacções químicas reversíveis. Assim, numa reacção química reversível, verifica-se que as transformações no sentido directo e inverso coexistem, embora possa parecer macroscopicamente que a reacção chegou ao fim. Todavia, a nível microscópico, verifica-se que as reacções nos sentidos directo e inverso continuam a processar-se com igual velocidade. Nestas condições, diz-se que a reacção química atingiu o estado de equilíbrio químico. Portanto, o equilíbrio químico é um equilíbrio dinâmico.

De seguida, o manual *11Q* propõe uma abordagem às características do equilíbrio químico, tomando como exemplo o equilíbrio químico da reacção de síntese do amoníaco.

Após realizar uma distinção entre equilíbrio homogéneo e heterogéneo, o manual *11Q* apresenta e propõe a análise de um conjunto de representações gráficas da variação da concentração ao longo do tempo e da variação da velocidade ao longo do tempo. Na Figura 4.7 apresenta-se uma figura do manual que ilustra os gráficos apresentados. Note-se que o manual relembra o conceito de velocidade, na legenda relativa aos gráficos apresentados.

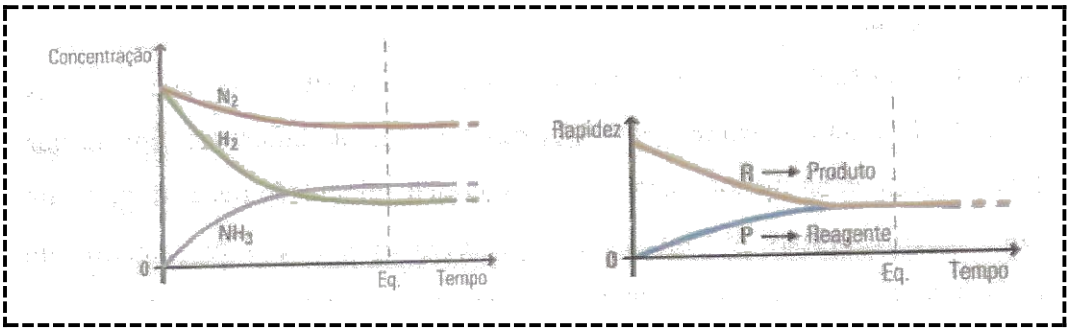


Figura 4.7 – Evolução das concentrações das espécies químicas ao longo do tempo e da rapidez das reacções directa e inversa para a reacção química de produção de amoníaco. A rapidez é a taxa de variação da concentração de um reagente ou de um produto.

***in* 11Q – Física e Química A (Ano 2)**

Ao longo da análise dos gráficos apresentados, o manual realça que, a nível microscópico, as moléculas dos reagentes vão-se combinando com uma velocidade inicialmente grande mas que vai diminuindo ao longo do tempo, visto que a quantidade dos

reagentes é cada vez menor. Por sua vez, os produtos vão aumentando a sua concentração e reagindo também entre si, originando reagentes. Assim, a velocidade deste processo vai aumentando com o tempo à medida que os produtos da reacção estão disponíveis. Consequentemente, as concentrações dos reagentes diminuem e as concentrações dos produtos aumentam. Por outro lado, quando a velocidade da reacção directa é igual à velocidade da reacção inversa e quando as concentrações de todas as espécies químicas permanecem constantes, verifica-se que o sistema atinge o estado de equilíbrio químico.

Ao contrário do que se verifica no manual *Química em contexto*, o manual *11 Q* apresenta ainda alguns gráficos, da variação da concentração ao longo do tempo, relativos a situações onde se parte de situações iniciais em que apenas existem produtos no meio reaccional ou onde existem diferentes concentrações de reagentes e produtos. Na Figura 4.8 apresenta-se uma figura do manual que ilustra os gráficos apresentados.

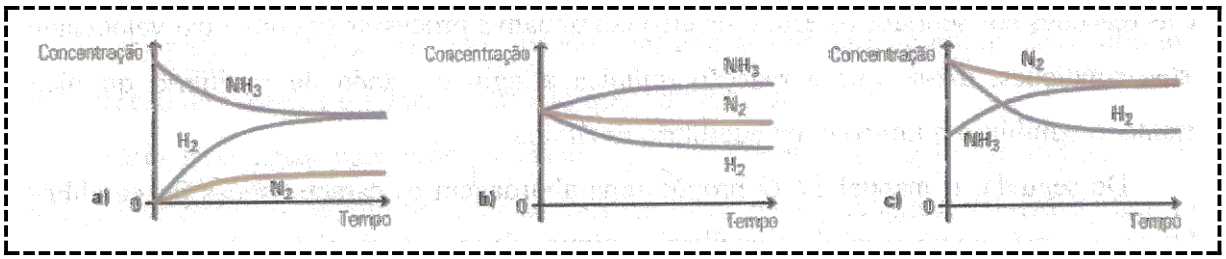


Figura 4.8 – Evolução temporal das concentrações de amoníaco, hidrogénio e azoto, partindo de uma situação em que: a) existe apenas o produto da reacção; b) existem iguais concentrações de produtos e reagentes; c) os reagentes estão em concentração dupla do produto.
***in* 11Q – Física e Química A (Ano 2)**

O manual *11 Q* realça ainda que existe uma infinidade de estados de equilíbrio que se podem obter a partir de diferentes concentrações iniciais das várias espécies envolvidas numa dada reacção química.

No estudo do subtema "1.5 Controlo da produção industrial", o manual *11 Q* começa por referir que, de modo a manter os stocks nas fábricas, as empresas têm de garantir o fornecimento constante, ao menor custo possível e com a velocidade necessária, de amoníaco e de outras matérias-primas. Assim, a principal preocupação dos engenheiros químicos responsáveis pelo funcionamento de fábricas de amoníaco, entre outras, prende-se com o procedimento para produzir de forma mais eficaz, ou seja, de uma forma mais rápida e económica, com o menor impacto ambiental possível.

O manual prossegue então para o estudo de três factores que influenciam o estado de equilíbrio de um dado sistema, nomeadamente a temperatura, a concentração e a pressão. Todavia, o manual não apresenta qualquer explicação, a nível corpuscular, para o efeito que cada um destes factores tem sobre o estado de equilíbrio de um dado sistema. O manual

também não faz qualquer referência à velocidade de reacção à medida que é analisado o efeito destes factores.

É apenas ao longo de uma análise mais pormenorizada do efeito da temperatura no estado de equilíbrio de um dado sistema, no âmbito do estudo de procedimentos de optimização do processo de produção de amoníaco, que surge uma explicação, em termos corpusculares, para o efeito dos factores acabados de referir.

Por último, ainda no âmbito do estudo de procedimentos de optimização do processo de produção de amoníaco, o manual *11 Q* propõe uma breve abordagem ao conceito de catalisador. Assim, um catalisador é definido como uma substância que, embora não participe directamente na reacção química, pode acelerar as reacções microscópicas directa e inversa, diminuindo significativamente o tempo que demora a atingir o equilíbrio químico. Contudo, o estado de equilíbrio não se altera. A acção dos catalisadores reflecte-se no tempo, ou seja, no aumento da velocidade de uma reacção química e não na extensão da mesma.

4.3.2.2 Química (12º Ano)

No âmbito da disciplina de Química para o 12º ano de escolaridade, a velocidade das reacções químicas não é identificada como um objecto de ensino propriamente dito, tal como se verifica no 11º ano de escolaridade. Assim, este tema surge apenas associado à compreensão de alguns conceitos e fenómenos, tais como o conceito de catalisador e de reacção catalisada e os fenómenos de catálise homogénea e heterogénea.

De um modo geral, os manuais escolares propõem que o estudo do subtema "1.3.4 Os metais como catalisadores" se inicie dando ênfase à importância que os catalisadores têm na sociedade actual.

Os manuais prosseguem então para a definição de catalisador como uma substância capaz de alterar o progresso de uma reacção química, tanto no sentido directo como no inverso, alterando-lhe a velocidade sem lhe alterar o equilíbrio químico, e que permanece quimicamente inalterada.

O manual escolar *Química 12º Ano* reforça que os catalisadores consistem, usualmente, num metal de transição, num óxido de um metal de transição ou numa enzima nos organismos vivos, sendo a única excepção o óxido de alumínio (alumina) usado no cracking dos hidrocarbonetos.

Por seu lado, o manual escolar *Química – 12º Ano* assinala numa Tabela Periódica os metais que entram usualmente na composição dos catalisadores utilizados para os mais diversos fins. Na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** apresenta-se uma figura do manual.

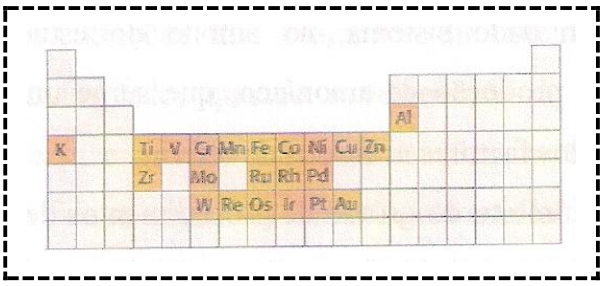


Figura 4.9 – Metais usados em catálise.

***in* Química – 12º Ano**

Após esta abordagem os manuais referem que as reacções químicas em que participam catalisadores são vulgarmente conhecidas por reacções catalisadas ou por catálise. Nestas reacções químicas o catalisador e os reagentes poderão, ou não, encontrar-se no mesmo estado físico. Assim, atendendo ao estado físico em que se encontra o catalisador e os reagentes envolvidos numa dada reacção química é possível distinguir dois tipos de catálise, designadamente a catálise homogénea (espécies químicas na mesma fase) e a catálise heterogénea (espécies químicas em fases distintas).

Numa tentativa de levar os alunos a compreender o mecanismo de actuação dos catalisadores, os manuais expõem duas teorias: a Teoria da adsorção, geralmente aplicada à catálise heterogénea, e a Teoria da formação de espécies intermediárias, geralmente aplicada à catálise homogénea. Saliente-se que a exposição destas teorias compreende uma explicação bastante pormenorizada em relação ao que se passa a nível microscópico durante a catálise.

É ao longo da exposição destas teorias que surge uma nova referência à velocidade das reacções químicas. Assim, de acordo com a Teoria da adsorção, um catalisador actua providenciando uma superfície conveniente para que a reacção ocorra, o que conduz a uma maior concentração e a uma maior aproximação física dos reagentes na superfície do catalisador. Logo, ocorrem mais colisões efectivas perto da superfície, as ligações químicas existentes nos reagentes são enfraquecidas e, consequentemente, a velocidade da reacção aumenta.

Já no final da abordagem do mecanismo de catálise, o manual escolar *Química em contexto* acrescenta ainda que, numa reacção de equilíbrio, o catalisador acelera tanto a reacção no sentido directo como no sentido inverso, de forma que a posição de equilíbrio não é alterada, apenas se alcança mais rapidamente.

O manual escolar *Química – 12º Ano* efectua ainda uma abordagem da Teoria das Colisões e da Teoria do Estado de Transição, com o intuito de conduzir os alunos a uma melhor compreensão dos mecanismos de catálise.

Ao longo desta abordagem é reforçado que, de acordo com a Teoria das Colisões, para que duas moléculas reajam uma com a outra, é necessário que colidam. No entanto, da colisão de duas moléculas de reagente nem sempre resulta a formação de produto, pois nem todas as colisões são eficazes. Assim, há factores que contribuem para a eficácia de uma colisão, nomeadamente, a orientação relativa das moléculas quando colidem e a energia de activação.

Note-se que o manual define a energia de activação como a energia mínima que as moléculas devem possuir no momento da colisão, de modo a que esta seja eficaz em termos energéticos.

Este manual escolar refere ainda que, à medida que a temperatura aumenta, a fracção de moléculas com energia igual ou superior à energia de activação da reacção que está a ocorrer também aumenta, aumentando a velocidade da reacção. Na Figura 4.10 apresenta-se uma figura do manual.

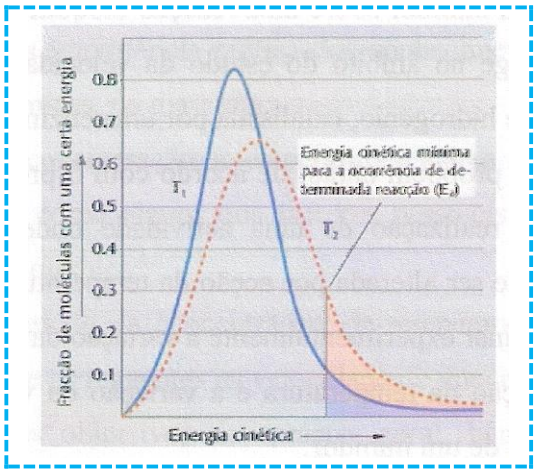


Figura 4.10 – Esquema ilustrativo das alterações estruturais que ocorrem ao longo da reacção química entre o NO_2 e o CO, para formar o NO e CO_2.

***in* Química – 12º Ano**

De seguida, o manual escolar refere que a Teoria das Colisões não tece quaisquer considerações sobre a estrutura da espécie transiente que se forma entre o choque das moléculas de reagentes e o afastamento das moléculas dos produtos, de forma a introduzir a Teoria do Estado de Transição como uma teoria mais geral e valida para reacções que se dão em fase gasosa ou em solução. Esta teoria propõe ainda alterações estruturais sofridas pelas moléculas dos reagentes até se transformarem em produtos. Na Figura 4.11 apresenta-se uma figura do manual.

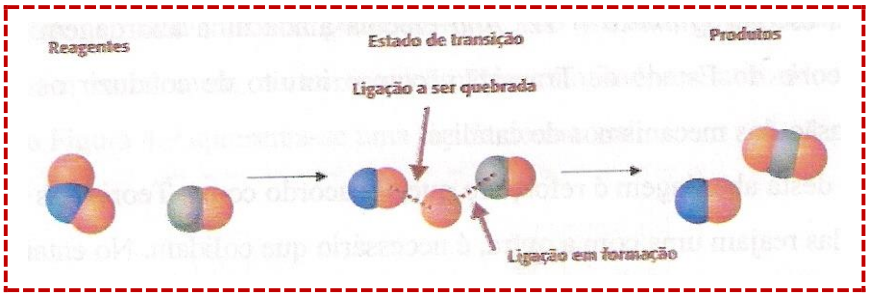


Figura 4.11 – Perfil energético ilustrativo da Teoria do Estado de Transição, para a reacção entre o NO_2 e o CO, para formar o NO e CO_2.

***in* Química – 12º Ano**

Em forma de conclusão da abordagem destas teorias, o manual reforça que os catalisadores aumentam a velocidade das reacções porque permitem que estas ocorram através de um novo mecanismo, envolvendo a formação de intermediários e estados de transição de menor energia do que o da reacção não catalisada. A diminuição da energia de activação tem como efeito o aumento da fracção de moléculas com energia suficiente para reagir e, consequentemente, o aumento da velocidade de reacção.

Posteriormente, na abordagem da Actividade Laboratorial 1.7 – Catálise enzimática: efeito da temperatura e de um inibidor sobre uma reacção bioquímica, o tema da velocidade de uma reacção química surge no âmbito do estudo da velocidade da reacção química de decomposição do peróxido de hidrogénio, catalisada por uma enzima (catálase).

Os manuais escolares propõem então, de acordo com o programa de Química para o 12º ano de escolaridade, a realização de uma actividade onde os alunos terão de averiguar se a velocidade desta reacção pode ser alterada por acção da temperatura ou de um inibidor. Para tal, os alunos deverão determinar experimentalmente a variação da velocidade de uma reacção química catalisada por variação da temperatura e a variação da velocidade de uma reacção química catalisada por adição de um inibidor.

A execução desta actividade envolve a realização de um rigoroso controlo de variáveis, a elaboração de tabelas de registo de dados, o traçado de um gráfico de velocidade da reacção química em função da temperatura, o traçado de um gráfico de velocidade da reacção química em função da quantidade de inibidor e a interpretação dos gráficos obtidos.

4.3.3 Conteúdos desenvolvidos no presente estudo

Com base no tema escolhido definiu-se um conjunto de objectivos de aprendizagem, de carácter geral, comuns a todas as actividades laboratoriais propostas:

- Reconhecer que a velocidade de uma reacção química é inversamente proporcional ao tempo necessário para o consumo de uma dada quantidade de reagente ou para a formação de uma dada quantidade de produto;
- Identificar procedimentos experimentais que permitem avaliar a velocidade de uma reacção química;
- Reconhecer que para estudar a velocidade de uma reacção química é necessário acompanhar a variação de uma propriedade física da mistura reaccional variável no decorrer da reacção química;
- Interpretar representações gráficas da variação das propriedades físicas da mistura reaccional no decorrer da reacção química;
- Concluir que reacções químicas diferentes se processam com velocidade diferente;
- Reconhecer a importância prática dos conhecimentos sobre a velocidade das reacções químicas, no dia-a-dia;
- Identificar a concentração, a temperatura e a área superficial de contacto entre os reagentes como alguns dos factores passíveis de alterar a velocidade de uma reacção química;
- Conhecer o efeito da concentração, da temperatura e da área superficial de contacto entre os reagentes na velocidade de uma reacção química.

A consecução destes objectivos de carácter geral, bem como dos objectivos de carácter específico, enunciados para cada uma das actividades laboratoriais em § 4.3.2, parte do pressuposto que os alunos possuem os seguintes pré-requisitos:

- Identificar e caracterizar reacções químicas;
- Identificar as evidências de ocorrência de uma reacção química;
- Reconhecer o significado de reacção química distinguindo entre reagentes e produtos da reacção;
- Interpretar as reacções químicas como rearranjos de átomos;
- Reconhecer que a ocorrência de uma reacção química implica a colisão entre partículas, a quebra de ligações químicas e a formação de novas ligações químicas;

- Representar reacções químicas através de equações químicas;
- Efectuar o acerto de equações químicas e conhecer o significado dos símbolos químicos presentes numa equação química;
- Reconhecer as informações fornecidas pelas equações químicas;
- Interpretar a Lei de Lavoisier.

4.4 Desenho do estudo

O desenho deste estudo teve em consideração os seguintes aspectos:

- Objectivos estabelecidos para o estudo;
- Conteúdos programáticos relativos ao tema *Velocidade das reacções químicas*;
- Familiarização dos alunos com SATD;
- Realização de trabalho experimental numa perspectiva investigativa;
- Realização de trabalho de grupo.

O estudo decorreu em três fases:

- Fase I – Debate acerca de alguns conceitos e pré-requisitos;
- Fase II – Estratégia de ensino/aprendizagem;
- Fase III – Avaliação final.

O Diagrama 4.1 resume a sequência segundo a qual decorreram as várias fases deste estudo.

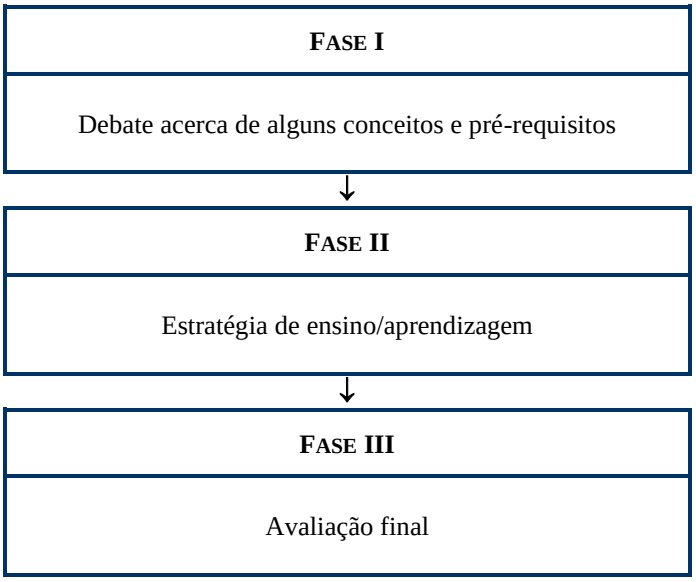


Diagrama 4.1 – Descrição do estudo.

4.4.1 Fase I – Debate acerca dos conceitos/pré-requisitos

Nesta primeira fase do estudo pretendeu-se identificar eventuais dificuldades dos alunos relacionadas com os pré-requisitos (§ 4.3.3), as ideias dos alunos acerca da velocidade de reacções químicas e se atribuíam alguma importância à velocidade das reacções químicas no quotidiano.

Para isso promoveu-se um debate, alargado a todos os alunos inscritos na respectiva semana de actividades. A opção pela realização de um debate nesta etapa teve em consideração que, de acordo com alguns autores, a observação daquilo que se passa em discussões constitui uma boa maneira de identificar ideias alternativas dos alunos sobre um tema em particular, ao que não é alheia a ideia de que a aprendizagem é algo de complexo em que a componente social é importante.

A autora e os alunos deslocaram-se então até um pequeno auditório localizado ao lado do laboratório onde seriam realizadas as actividades. Os alunos sentaram-se próximos uns dos outros e a monitora permaneceu em pé, de forma a poder deslocar facilmente o microfone. A monitora estabeleceu desde logo que todos tinham o direito de manifestar as suas opiniões e que ninguém tinha o direito de criticar negativamente ou ridicularizar os outros, dissipando assim qualquer medo de exposição ao ridículo que alguns alunos pudessem ter, o que inibiria eventuais intervenções.

No Diagrama 4.2 apresentam-se os aspectos (pré-requisitos) abordados durante o debate.

CONTEÚDO		ASPECTOS ABORDADOS
REACÇÕES QUÍMICAS	→	▪ Identificação e caracterização de reacções químicas; ▪ Interpretação de reacções químicas como rearranjos de átomos; ▪ Compreensão de que a ocorrência de uma reacção química implica a colisão entre partículas, a quebra de ligações químicas e a formação de novas ligações químicas;
EQUAÇÕES QUÍMICAS	→	▪ Representação de reacções químicas através de equações químicas; ▪ Informação, qualitativa e quantitativa, fornecida pelas equações químicas; ▪ Acerto de equações químicas;
VELOCIDADE DAS REACÇÕES QUÍMICAS	→	▪ Reacções químicas diferentes se processam com velocidade diferente; ▪ A velocidade é inversamente proporcional ao tempo necessário para: ❖O consumo de uma dada quantidade de reagente; ❖O consumo de um reagente; ❖A formação de uma dada quantidade de produto; ▪ Factores de que depende a velocidade das reacções químicas e qual o seu efeito;

Diagrama 4.2 – Aspectos abordados no debate.

Ao longo do debate a autora levantou algumas questões, tais como:

- *O que é que entendem por reacção química?*
- *Imaginem, por exemplo, um cubo de gelo a fundir. Acham que é uma reacção química? Porquê?*
- *Imaginem agora o que se passa quando temos papel a arder. Será que ocorre alguma reacção química? Porquê?*
- *Quando sabem que ocorre uma reacção química?*
- *Será possível representar as reacções químicas? Como?*
- *Sabem que há carros mais rápidos do que outros, dada a diferente tecnologia com que estão equipados. Então e as reacções químicas? Também há reacções químicas mais rápidas do que outras?*
- *Como é que conseguem saber se uma dada reacção química é mais rápida ou mais lenta do que outra?*
- *Será que é possível alterar a velocidade das reacções químicas?*

A monitora esteve atenta às dificuldades apresentadas pelos alunos relativamente aos aspectos abordados e interveio junto dos mesmos, quer levantando novas questões que promovessem a discussão de conceitos não consolidados, quer ensinando alguns conceitos, de modo a ajudá-los a superar as suas dificuldades.

O debate foi gravado em suporte áudio, de modo a ser efectuado um registo, não filtrado, dos diálogos captados pelo microfone, para posterior análise (LESSARD-HÉRBERT et al, 1990).

4.4.2 Fase II – Estratégia de ensino/aprendizagem

A Fase II deste estudo decorreu em quatro etapas, conforme se apresenta no Diagrama 4.3. A primeira etapa (Etapa 1) correspondeu à familiarização dos alunos com SATD, nomeadamente com os sensores e software a ser utilizados ao longo do estudo. As restantes etapas (Etapas 2 a 4) corresponderam à realização de actividades experimentais, utilizando SATD, para o estudo do efeito de diversos factores na velocidade de reacções químicas.

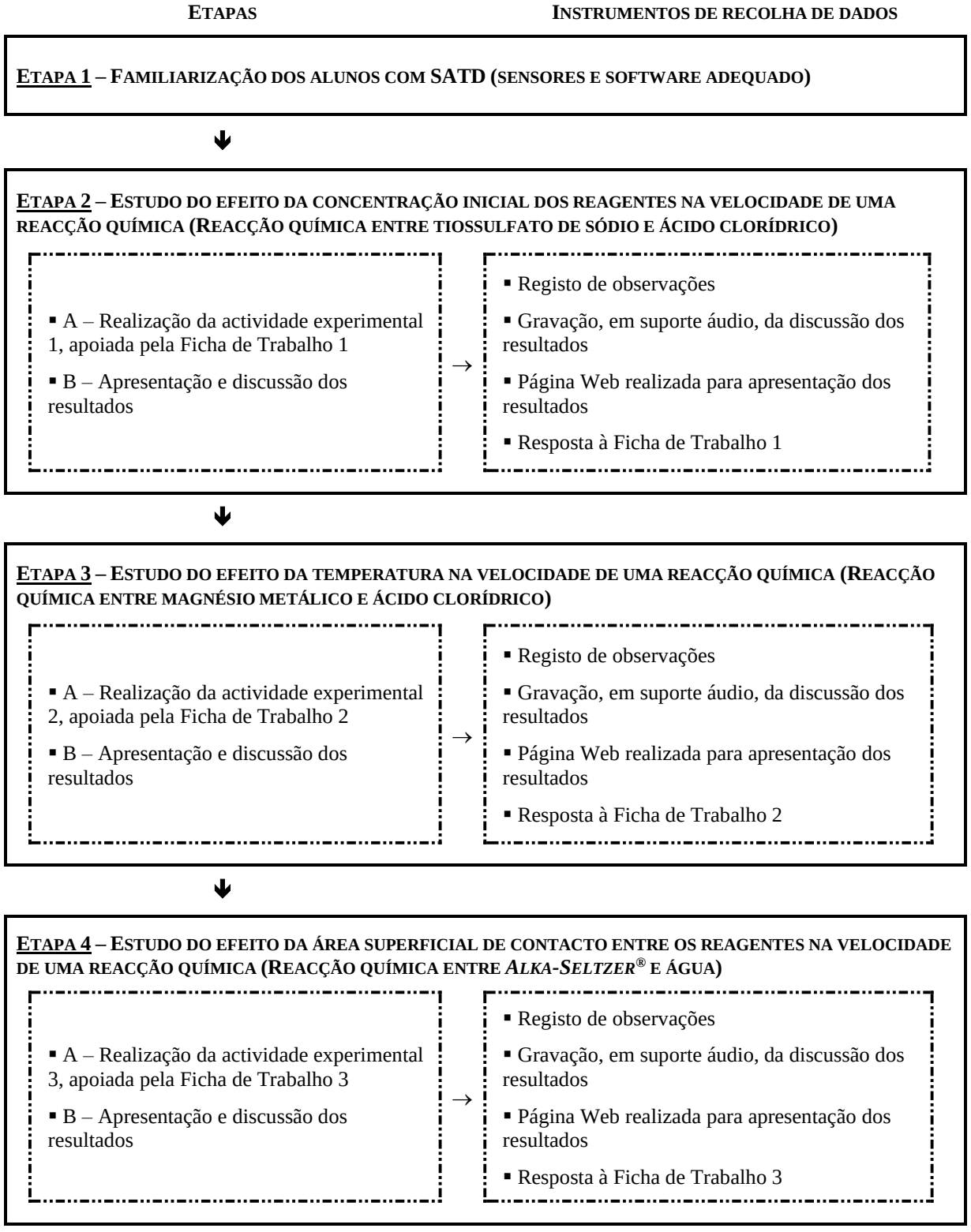


Diagrama 4.3 – Esquematização da Fase II deste estudo.

As actividades experimentais, realizadas nas Etapas 2 a 4, foram acompanhadas de Fichas de Trabalho. Dado o carácter investigativo que se pretendia para o trabalho experimental, as Fichas de Trabalho fornecidas não incluíam descrições pormenorizadas do procedimento experimental a seguir para a realização dos diferentes estudos. Nas Fichas de Trabalho, os alunos encontravam informação acerca das equações químicas envolvidas, da variável a estudar, dos reagentes necessários, bem como da montagem experimental a utilizar. No final de cada secção existia ainda um espaço dedicado à formulação de conclusões.

Os alunos, trabalhando em grupo, deveriam então começar por ler as indicações existentes na Ficha de Trabalho relativas a cada actividade e, com base nas mesmas, deveriam compreender o objectivo da actividade experimental e proceder à interpretação da informação, qualitativa e quantitativa, fornecida pela equação química apresentada e à identificação da evidência experimental da reacção química em estudo.

De seguida, os alunos deveriam interpretar o esquema relativo à montagem experimental a utilizar, fornecido na respectiva Ficha de Trabalho.

Depois de a monitora ter verificado a montagem experimental ou de ter ajudado os alunos a corrigi-la, os alunos deveriam proceder à planificação dos ensaios a realizar, ou seja, deveriam proceder à identificação da propriedade física cuja variação permitia acompanhar o decurso da reacção e à definição da grandeza a medir, do controlo de variáveis a realizar, das quantidades a utilizar de cada um dos reagentes e dos passos a seguir na execução dos vários ensaios, incluindo sequência real dos vários passos e distribuição de tarefas entre os elementos do grupo. A monitora ajudou os alunos a fazer uma planificação adequada.

Por último, os alunos deveriam proceder à realização propriamente dita dos ensaios e à observação e interpretação do gráfico obtido em computador, de modo a concluir acerca do efeito de cada um dos factores na velocidade da reacção.

Após a realização de cada actividade experimental os alunos procediam à elaboração, em grupo e sem qualquer indicação por parte da monitora, de uma página *web* cuja finalidade era a de comunicar os resultados obtidos. Esta página deveria incluir informação acerca dos seguintes itens:

- Reacção química;
- Objectivo;
- Material;
- Montagem experimental;
- Controlo de variáveis;
- Gráfico obtido;

- Interpretação do gráfico obtido e
- Conclusão acerca do efeito do factor em estudo sobre a velocidade da reacção.

No Diagrama 4.4 resume os aspectos que se pretendia que os alunos abordassem em cada um dos itens acabados de referir.

A página *web* elaborada era posteriormente apresentada à monitora que, em conjunto com os alunos, discutia a informação apresentada. A apresentação foi gravada em suporte áudio e teve uma duração média de 15 minutos.

Os alunos elaboraram uma página *web* para cada uma das etapas da Fase II deste estudo.

No final de cada actividade experimental, era solicitado aos alunos que apresentassem, individualmente, as suas conclusões na respectiva Ficha de Trabalho.

ITEM		ASPECTOS A ABORDAR
REACÇÃO QUÍMICA	→	▪ Equação química que traduz a reacção química em estudo;
OBJECTIVO	→	▪ Objectivo da actividade experimental;
MATERIAL	→	▪ Listagem de todo o material utilizado, incluindo os sensores utilizados;
MONTAGEM EXPERIMENTAL	→	▪ Fotografia da montagem experimental efectuada;
CONTROLO DE VARIÁVEIS	→	▪ Condições experimentais a manter e a variar, de ensaio para ensaio; ▪ Propriedade física acompanhada e grandeza física registada, no decurso da reacção química; ▪ Quantidades adicionadas de cada um dos reagentes;
GRÁFICO OBTIDO	→	▪ Representação gráfica dos resultados obtidos na realização dos vários ensaios;
INTERPRETAÇÃO DO GRÁFICO OBTIDO	→	▪ Variação do valor da grandeza registada, ao longo do tempo; ▪ Relação existente entre a formação de uma dada quantidade de produto e uma determinada variação do valor da grandeza cuja variação foi registada; ▪ Comparação dos intervalos de tempo necessários para a formação de uma dada quantidade de produto, nos diferentes ensaios;
CONCLUSÃO ACERCA DO EFEITO DO FACTOR SOBRE A VELOCIDADE DA REACÇÃO	→	▪ Efeito do factor estudado sobre a velocidade de reacção;

Diagrama 4.4 – Aspectos que os alunos deveriam abordar na página web.

A monitora acompanhou a realização das actividades e interveio junto dos grupos, quer esclarecendo dúvidas e levantando novas questões, quer chamando a atenção para determinadas evidências experimentais, e ainda estando atenta às dificuldades sentidas pelos alunos e ajudando-os a superá-las.

A metodologia acabada de descrever foi utilizada ao longo das Etapas 2 a 4 da Fase II deste estudo.

Seguidamente passa-se a descrever em pormenor cada uma das etapas que constituem a estratégia de ensino/aprendizagem.

4.4.2.1 Critérios de selecção das actividades experimentais

A selecção das actividades experimentais a utilizar neste estudo foi feita tendo em consideração um conjunto de aspectos considerados pertinentes, nomeadamente:

- Objectivos estabelecidos para este estudo;
- Realização de actividades experimentais de execução simples;
- Realização de actividades experimentais que envolvem riscos mínimos de segurança;
- O estudo cinético de diferentes tipos de reacções químicas, nomeadamente reacções de precipitação e formação de um gás, cujas evidências e procedimentos experimentais comprovassem a importância de planear as experiências e identificar as grandezas a medir e das condições a usar (incluindo materiais e equipamento), antes da sua execução;
- O estudo cinético de reacções químicas relativamente rápidas;
- Utilização de SATD e sensores de uso didáctico;
- Actividades experimentais testadas com sucesso por Esteves et al (2005).

A opção pela utilização de SATD e de sensores de uso didáctico resultou do facto de estes:

- Permitirem a aquisição de um maior número de dados fiáveis em tempo real;
- Serem de fácil manuseamento e montagem;
- Apresentarem um grau de dificuldade e um tempo dispendido no tratamento de resultados reduzidos;
- Permitirem acompanhar, ao longo do tempo, a ocorrência de reacções químicas, sem perturbar o decurso das mesmas.

4.4.2.2 Etapa 1 – Familiarização dos alunos com SATD (sensores e software adequado)

Esta primeira etapa tinha como principal objectivo a familiarização dos alunos com os SATD a ser utilizados, nomeadamente com alguns sensores e com a respectiva interface e software, e a aquisição das técnicas necessárias ao seu manuseamento, cuidados a ter e como fazer medições durante a sua utilização. Os sensores utilizados ao longo desta etapa foram o sensor de som, o sensor de luz, o sensor de pulsação e o sensor de temperatura.

No Anexo 1 é apresentada uma descrição pormenorizada das características dos sensores, bem como dos cuidados a ter.

A estratégia delineada consistiu, essencialmente, em conferir aos alunos alguma liberdade na experimentação dos diferentes sensores.

4.4.2.3 Etapa 2 – Estudo qualitativo do efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de uma reacção química (Reacção química entre tiossulfato de sódio e ácido clorídrico)

A Etapa 2 tinha como objectivos:

- A identificação, por parte dos alunos, da concentração como um dos factores de que depende a velocidade das reacções químicas;
- A compreensão, por parte dos alunos, da relação experimental entre a variação da velocidade e a variação da concentração, tendo em atenção a variação da percentagem de luz que atravessa a mistura reaccional ao longo do tempo, a qual se relaciona com a quantidade de precipitado formado;
- A conclusão, por parte dos alunos, de que quanto maior a concentração inicial dos reagentes, maior a velocidade com que decorre uma reacção química.

A estratégia delineada para esta etapa é a descrita em § 4.4.2.

A – A ACTIVIDADE EXPERIMENTAL



Introdução

A reacção química entre tiossulfato de sódio e ácido clorídrico pode ser traduzida pela seguinte equação química:

$$S_2O_3^{2-}(aq) + 2\,H^+(aq) \rightarrow S(s) + SO_2(g) + H_2O(l)$$

À medida que estas duas substâncias químicas reagem entre si, observa-se a precipitação de enxofre em solução, o qual interfere com um feixe de luz que é transmitido através da mistura reaccional, diminuindo a sua intensidade no receptor do sensor.

Deste modo, quando se altera a concentração da solução de tiossulfato de sódio adicionada, a quantidade de iões tiossulfato "disponíveis" varia e, consequentemente, varia a quantidade de precipitado (enxofre) formado passível de dispersar o feixe de luz transmitido através do meio reaccional, variando a intensidade de luz detectada no receptor do sensor de luz.

Atendendo à variação da percentagem de luz transmitida através do meio reaccional ao longo do tempo e à concentração da solução de tiossulfato de sódio adicionada, é possível verificar que quanto maior a concentração da solução de tiossulfato de sódio adicionada, maior é a quantidade de precipitado passível de dispersar o feixe de luz transmitido através do meio reaccional. Logo, maior é a variação da percentagem de luz transmitida através do meio reaccional por unidade de tempo e, consequentemente, maior é a velocidade da reacção.

A repetição desta sequência para soluções de tiossulfato de sódio, ou de ácido clorídrico, com diferente concentração inicial faculta a análise do efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade desta reacção química.

A variação da intensidade do feixe de luz transmitido através da mistura reaccional ao longo do tempo é registada através do recurso a um sensor de *luz*.

A análise da representação gráfica da diminuição da intensidade do feixe de luz transmitido através da mistura reaccional ao longo do tempo, permite determinar o intervalo de tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de precipitado (produto da reacção química). Atendendo a que a velocidade de reacção é inversamente proporcional ao tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de precipitado, a velocidade da reacção química pode ser avaliada com base no intervalo de tempo necessário para que a intensidade do feixe de luz transmitido através da mistura reaccional diminua até um determinado valor.

O intervalo de tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de precipitado pode ser obtido a partir da representação gráfica registada, bastando para tal efectuar a leitura do instante de tempo para o qual o valor da percentagem de luz que atravessa a solução é, por exemplo, igual a 80 %, nos diferentes ensaios, tal como ilustra a Figura 4.12.

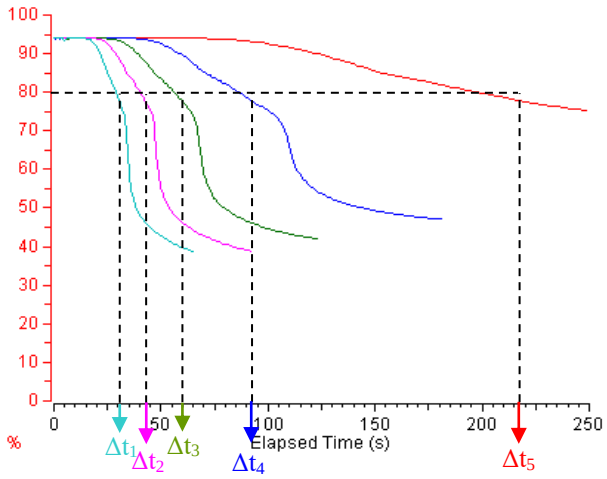


Figura 4.12 – Determinação do intervalo de tempo necessário para que a percentagem de luz que atravessa o meio reaccional diminua até um valor igual a 80 %, na *Actividade experimental 1*.

Objectivo

A *Actividade experimental 1* tinha como objectivo a identificação da concentração como um factor passível de alterar a velocidade de reacção e estudar qual o seu efeito

Reagentes

- Solução aquosa de tiossulfato de sódio ($Na_2S_2O_3$), 0,1000 mol/dm^3 padrão
- Solução aquosa de ácido clorídrico (HCl), 3,17 mol/dm^3
- Água desionizada

A solução aquosa de ácido clorídrico foi preparada a partir da diluição de ácido clorídrico concentrado, e posteriormente titulada, segundo os protocolos experimentais apresentados em anexo (Anexo 2).

Equipamento

- Sensor de luz
- Interface LIVE Griffin (Figura 4.13**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**)



Figura 4.13 – Interface LIVE Griffin

SOFTWARE UTILIZADO PARA AQUISIÇÃO DE DADOS

- LogIt Lab – Autolog

MATERIAL

- Pompete
- Gobelés de 50 mL
- Agitador magnético
- Fita-cola
- Caneta de acetato
- Garras e nozes
- Placa de agitação
- Suportes universais
- Cartolina preta
- Pipetas volumétricas: 1,00; 2,00; 3,00; 4,00; 5,00; 10,00; 15, 00; 20,00 e 25,00 mL
- Lanterna
- Tesoura
- Régua
- Frasco de esguicho

Montagem experimental

A Figura 4.14 apresenta algumas imagens ilustrativas da montagem experimental.

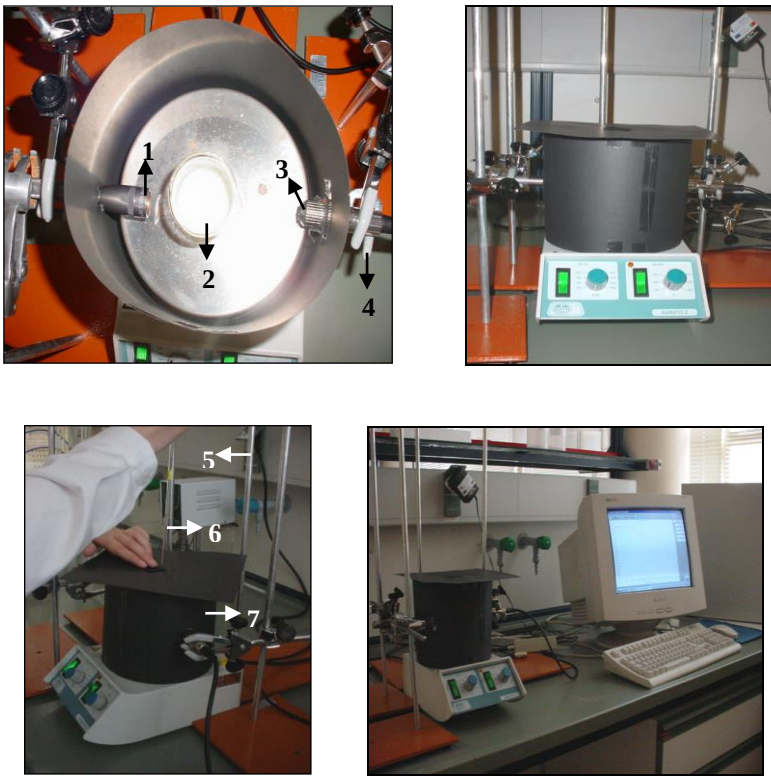


Figura 4.14 – Montagem experimental.

Legenda:

1 – Lanterna[1]
2 – Gobelé
3 – Sensor de luz
4 – Garras
5 – Suporte universal
6 – Pipeta volumétrica
7 – "Câmara escura"[2]

[1] Optou-se pela utilização de uma lanterna com feixe luminoso de intensidade regulável, de modo a evitar o aquecimento da solução.

[2] A "câmara escura" foi construída com cartolina preta, com o intuito de minimizar a influência de fontes de luz exteriores.



PROCEDIMENTO

▪ **Construção da "câmara escura" e ajuste da posição do sensor de luz**

a. Recortou-se um rectângulo de cartolina preta de dimensões 60 x 15 cm.

b. Enrolou-se o mesmo de modo a obter um cilindro de extremidades abertas que encaixasse no disco da placa de agitação.

c. Fizeram-se dois buracos circulares no cilindro de cartolina, em posições diametralmente opostas e com dimensões tais que permitissem encaixar de um lado a lanterna e do outro o sensor de luz.

d. Encaixou-se o cilindro de cartolina na placa de agitação tal como evidencia a Figura 4.14.

e. Recortou-se um quadrado de dimensões 20 x 20 cm que serviu de tampa do cilindro, e fez-se um furo central com um diâmetro de uma pipeta volumétrica.

f. Encaixou-se a lanterna de um dos lados do cilindro, segurando-a bem com o auxílio de nozes e garras.

g. Procedeu-se de modo idêntico para o sensor de luz encaixando-o na posição diametralmente oposta.

h. Acendeu-se a lanterna e ajustou-se o feixe de luz proveniente da mesma de modo a obter um feixe o menos disperso possível.

i. Abriu-se o programa *LogIt Lab – Autolog*.

j. Encheu-se um gobelé com cerca de 30 mL de água desionizada, introduziu-se um agitador magnético no mesmo e colocou-se o mesmo sobre a placa de agitação, numa posição central, e tendo o cuidado para o rótulo e marcas do gobelé não interceptarem o feixe proveniente da lanterna (Figura 4.14).

k. Alinhou-se a lanterna e o sensor de luz de modo à percentagem de luz que atinge o sensor de luz ser a máxima possível, o que foi controlado através do SATD *LogIT Lab*. Ajustou-se também a posição do gobelé.

l. Com uma caneta de acetato marcou-se a posição do gobelé sobre a placa de agitação, de forma a assegurar a reprodutibilidade das condições experimentais para todos os ensaios.

▪ **Estudo do efeito da concentração inicial do tiossulfato de sódio na velocidade da reacção**

a. Com uma pipeta volumétrica, pipetaram-se 25,00 mL de solução aquosa de tiossulfato de sódio, 1,000 mol/dm^3, para um gobelé.

b. Colocou-se o gobelé na posição previamente marcada na placa de agitação.

c. Iniciou-se a agitação introduzindo um agitador magnético na mesma.

d. Pipetaram-se 5,00 mL da solução aquosa de ácido clorídrico, 3,17 mol/dm^3, e adicionaram-se à solução contida no gobelé introduzindo a pipeta, através do furo na tampa do cilindro. No instante em que se iniciou a adição, clicou-se no botão *Start* no programa *LogIt Lab*.

Após a adição, removeu-se a pipeta tendo o cuidado para a tampa continuar a tapar o cilindro (isto permite minimizar interferências da luz exterior), e colocou-se um pequeno quadrado de cartolina, de dimensões 2 x 2 cm, a tapar o furo da tampa.

e. Quando ocorreu uma variação significativa da percentagem de luz no decorrer do tempo, clicou-se em *Stop* (Figura 4.15).

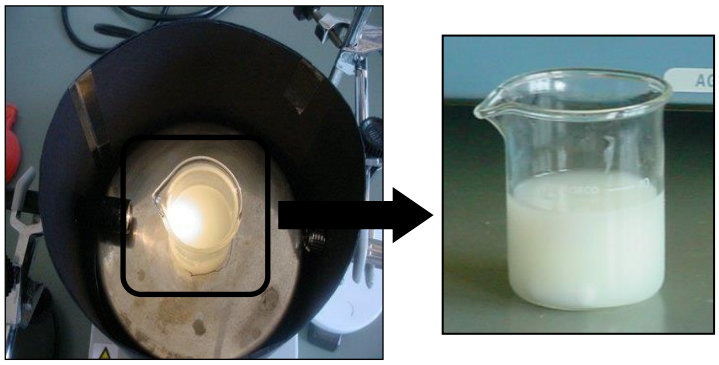


Figura 4.15 – Aspecto final do meio reaccional na *Actividade experimental 1*.

f. Repetiram-se os passos **a** a **e** mas adicionando diferentes volumes de tiossulfato de sódio (Tabela 4.4). Os resultados obtidos foram representados no mesmo gráfico, através da opção *Overlay*[3].

Tabela 4.4 – Condições experimentais utilizadas para a realização dos diferentes ensaios no estudo do efeito da concentração inicial de tiossulfato de sódio na velocidade da reacção em estudo.

Ensaio	V ($Na_2S_2O_3$) / mL	V (H_2O) / mL	V (HCl) / mL
1	25,00	-------	5,00
2	20,00	5,00	
3	15,00	10,00	
4	10,00	15,00	
5	5,00	20,00	

[3] A opção "Overlay" do programa LogIt Lab permitiu registar num só gráfico os resultados obtidos nos vários ensaios realizados e, consequentemente, facilitou a escolha de um valor de percentagem de luz igual para todos os ensaios, de modo a serem obtidos os diferentes intervalos de tempo correspondentes à formação de uma dada quantidade de precipitado.

▪ **Estudo do efeito da concentração inicial do ácido clorídrico na velocidade da reacção**

a. Com uma pipeta volumétrica, pipetaram-se 25,00 mL de solução aquosa de tiossulfato de sódio, 1,000 mol/dm^3, para um gobelé.

b. Colocou-se o gobelé na posição previamente marcada na placa de agitação.

c. Iniciou-se a agitação introduzindo um agitador magnético na mesma.

d. Pipetaram-se 5,00 mL da solução aquosa de ácido clorídrico, 3,17 mol/dm^3, e adicionaram-se à solução contida no gobelé introduzindo a pipeta, através do furo na tampa do cilindro. No instante em que se iniciou a adição, clicou-se no botão *Start* no programa *LogIt Lab*.

Após a adição, removeu-se a pipeta tendo o cuidado para a tampa continuar a tapar o cilindro e colocou-se um pequeno quadrado de cartolina, de dimensões 2 x 2 cm, a tapar o furo da tampa.

e. Quando ocorreu uma variação significativa da percentagem de luz no decorrer do tempo, clicou-se em *Stop*.

f. Repetiram-se os passos **a** a **e** mas adicionando diferentes volumes de ácido clorídrico (Tabela 4.5). Os resultados obtidos foram representados no mesmo gráfico, através da opção *Overlay*.

Tabela 4.5 – Condições experimentais utilizadas para a realização dos diferentes ensaios no estudo do efeito da concentração inicial do ácido clorídrico na velocidade da reacção em estudo.

Ensaio	V ($Na_2S_2O_3$) / mL	V (H_2O) / mL	V (HCl) / mL
1	25,00	-------	5,00
2		1,00	4,00
3		2,00	3,00
4		3,00	2,00
5		4,00	1,00

Teve-se o cuidado para manter as mesmas condições experimentais, em particular teve-se o cuidado de assegurar que a percentagem de luz inicial, que atingia o sensor de luz, ser semelhante para todos os ensaios.

A água desionizada foi adicionada à solução de tiossulfato de sódio contida no gobelé, antes de adicionar o ácido clorídrico.

Resultados e discussão

O Diagrama 4.5 ilustra os gráficos obtidos para os diferentes ensaios. Os gráficos originais encontram-se no Anexo 3.

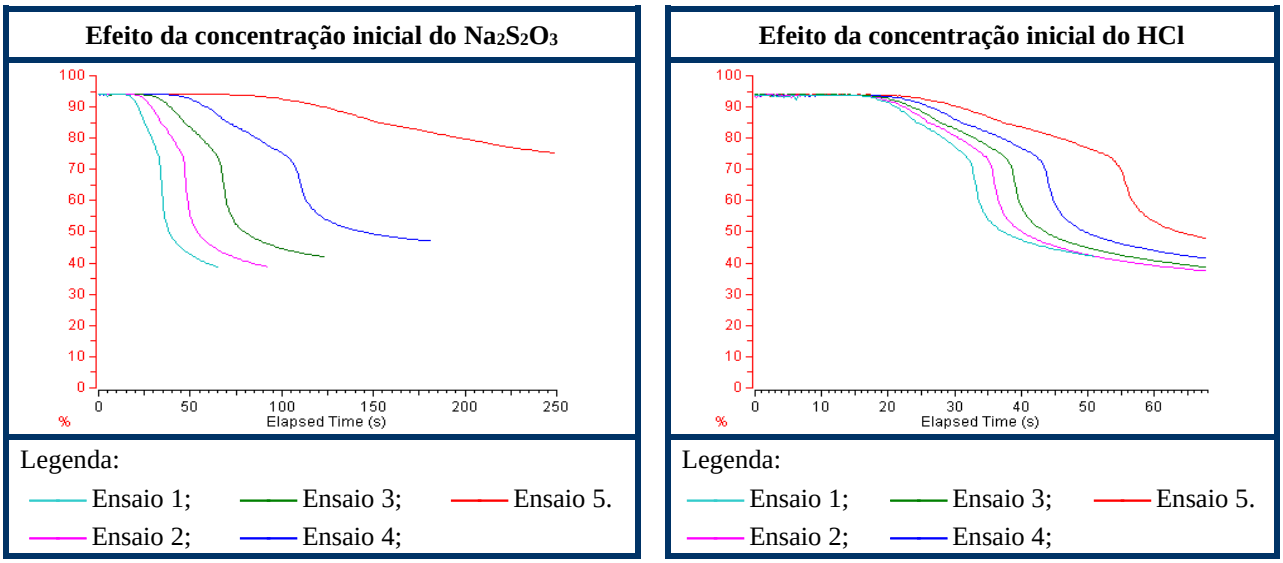


Diagrama 4.5 – Gráficos de *% luz* transmitida em função do tempo.

Analisando cada um dos gráficos obtidos (Diagrama 4.5), verifica-se que em todos eles a percentagem de luz que atravessa o meio reaccional diminui ao longo do tempo. Esta diminuição é inicialmente abrupta, mas vai sendo cada vez menor à medida que o tempo decorre.

Constata-se ainda que o valor inicial da percentagem de luz transmitida através do meio reaccional é semelhante nos vários ensaios. Este facto revela que os ensaios foram realizados em condições experimentais semelhantes e, consequentemente, permite analisar os resultados obtidos, por forma a concluir acerca do efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de uma reacção.

- **Estudo do efeito da concentração inicial do tiossulfato de sódio na velocidade da reacção**

O Diagrama 4.5 apresenta o gráfico referente aos ensaios realizados durante o estudo do efeito da concentração inicial do tiossulfato de sódio na velocidade de reacção.

A partir do gráfico obtido para os diferentes ensaios retiraram-se os tempos de reacção correspondentes à formação da mesma quantidade de precipitado, ou seja, retiraram-se os intervalos de tempo necessários para que a percentagem de luz transmitida através do meio reaccional diminua até um valor igual a 91,8 %.

A Tabela 4.6 apresenta esses tempos de reacção, assim como o valor da concentração inicial de tiossulfato de sódio em cada um dos ensaios. Os valores da concentração inicial de tiossulfato de sódio foram calculados recorrendo à seguinte expressão:

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f \Leftrightarrow C_i = \frac{C_f \times V_f}{V_i}$$

Tabela 4.6 – Tempos de reacção obtidos nos diferentes ensaios utilizando o sensor de luz.

Ensaio	C ($S_2O_3^{2-}$) / mol/dm^3	t_r / s
1	0,0833	20,00
2	0,0667	26,00
3	0,0500	35,00
4	0,0333	52,00
5	0,0167	106,00

Analisando o Diagrama 4.5 e a Tabela 4.6, constata-se que o intervalo de tempo necessário para que a percentagem de luz que atravessa o meio reaccional diminua até um valor igual a 91,8 % varia de ensaio para ensaio, ou seja, este aumenta progressivamente na ordem:

Ensaio 1	<	***Ensaio 2***	<	***Ensaio 3***	<	***Ensaio 4***	<	***Ensaio 5***
(t_r = 20,00 s)		(t_r = 26,00 s)		(t_r = 35,00 s)		(t_r = 52,00 s)		(t_r = 106,00 s)

Atendendo a que a velocidade com que decorre uma reacção química é inversamente proporcional ao tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de precipitado, é possível afirmar que a velocidade com que decorre a reacção química entre tiossulfato de sódio e ácido clorídrico vai sendo cada vez menor, à medida que se passa do ensaio 1 até ao ensaio 5.

Analisando as condições experimentais utilizadas para a execução experimental destes ensaios (Tabela 4.4 e Tabela 4.6) constata-se que o volume de tiossulfato de sódio adicionado difere de ensaio para ensaio, enquanto as restantes condições se mantêm constantes. Deste modo, a diferente velocidade com que decorrem os vários ensaios é uma consequência da variação da concentração inicial do reagente.

Assim, tendo em atenção a equação química que traduz a reacção química em estudo, é possível afirmar que quando se altera o volume de tiossulfato de sódio adicionado, a concentração de iões tiossulfato "disponíveis" varia e, consequentemente, varia a quantidade

de precipitado (enxofre) formado passível de dispersar o feixe de luz transmitido através do meio reaccional, variando a intensidade de luz detectada no receptor do sensor de luz.

Atendendo à variação da percentagem de luz transmitida através do meio reaccional ao longo do tempo e ao volume de tiossulfato de sódio adicionado, verifica-se que quanto maior o volume de tiossulfato de sódio adicionado, maior é a quantidade de precipitado passível de dispersar o feixe de luz transmitido através do meio reaccional. Logo, maior é a variação da percentagem de luz transmitida através do meio reaccional por unidade de tempo e, consequentemente, maior é a velocidade da reacção.

- **Estudo do efeito da concentração inicial do ácido clorídrico na velocidade da reacção**

O Diagrama 4.5 apresenta o gráfico referente aos ensaios realizados durante o estudo do efeito da concentração inicial do tiossulfato de sódio na velocidade da reacção.

A partir do gráfico obtido para os diferentes ensaios retiraram-se os tempos de reacção correspondentes à formação da mesma quantidade de precipitado, ou seja, retiraram-se os intervalos de tempo necessários para que a percentagem de luz transmitida através do meio reaccional diminua até um valor igual a 91,8 %.

A Tabela 4.7 apresenta esses tempos de reacção, assim como o valor da concentração inicial de ácido clorídrico em cada um dos ensaios. Os valores da concentração inicial de ácido clorídrico foram calculados recorrendo à seguinte expressão:

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f \Leftrightarrow C_i = \frac{C_f \times V_f}{V_i}$$

Tabela 4.7 – Tempos de reacção obtidos nos diferentes ensaios utilizando o sensor de luz.

Ensaio	C (H^+) / mol/dm^3	t_r / s
1	0,528	19,00
2	0,423	20,00
3	0,317	21,25
4	0,211	23,50
5	0,106	26,50

Analisando os resultados obtidos (Diagrama 4.5 e Tabela 4.7), constata-se que o intervalo de tempo necessário para que a percentagem de luz que atravessa o meio reaccional diminua até um valor igual a 91,8 % varia de ensaio para ensaio, ou seja, este aumenta progressivamente na ordem:

Ensaio 1	<	***Ensaio 2***	<	***Ensaio 3***	<	***Ensaio 4***	<	***Ensaio 5***
(t_r = 19,00 s)		(t_r = 20,00 s)		(t_r = 21,25 s)		(t_r = 23,50 s)		(t_r = 26,50 s)

Deste modo, a velocidade com que decorre a reacção química entre tiossulfato de sódio e ácido clorídrico vai sendo cada vez menor, à medida que se passa do ensaio 1 até ao ensaio 5.

Analisando as condições experimentais utilizadas para a execução experimental deste segundo conjunto de ensaios (Tabela 4.5 e Tabela 4.7) constata-se que o volume de ácido clorídrico adicionado difere de ensaio para ensaio, enquanto as restantes condições se mantêm constantes. Deste modo, a diferente velocidade com que decorrem os vários ensaios é uma consequência da variação da concentração inicial do reagente.

Assim, tendo em atenção a equação química que traduz a reacção química em estudo, é possível afirmar que quando se altera o volume de ácido clorídrico adicionado, a concentração de iões hidrogénio "disponíveis" varia e, consequentemente, varia a quantidade de precipitado (enxofre) formado passível de dispersar o feixe de luz transmitido através do meio reaccional, variando a intensidade de luz detectada no receptor do sensor de luz.

Deste modo, analisando a variação da percentagem de luz transmitida através do meio reaccional ao longo do tempo e o volume de ácido clorídrico adicionado, é possível afirmar que quanto maior o volume de ácido clorídrico adicionado, maior é a quantidade de precipitado passível de dispersar o feixe de luz transmitido através do meio reaccional. Logo, maior é a variação da percentagem de luz transmitida através do meio reaccional por unidade de tempo e, consequentemente, maior é a velocidade da reacção.

Foi possível concluir que a concentração inicial dos reagentes afecta a velocidade com que decorre uma reacção química. Em concreto, foi possível concluir que quanto maior a concentração inicial dos reagentes, maior a velocidade com que a reacção decorre.

O equipamento utilizado permitiu obter resultados semelhantes aos encontrados na bibliografia (FORMOSINHO (1983)) e mostrou como é possível seguir o decurso de uma reacção química, sem perturbar o decorrer da mesma.

B – FICHA DE TRABALHO

A *Actividade experimental 1* era acompanhada por uma ficha de trabalho (Anexo 4), constituída por diferentes itens (Ex.: *Equação química*, *Acção*, *Vamos usar*, etc).

1 – Equação química

Equação química:

A reacção química entre o tiossulfato de sódio e o ácido clorídrico pode ser traduzida pela seguinte equação química:

$$S_2O_3^{2-}\,(aq) + 2\,H^+\,(aq) \longrightarrow S\,(s) + SO_2\,(g) + H_2O\,(l)$$

Neste item pretendeu-se fornecer aos alunos a equação química que traduz a reacção química em estudo, ou seja, pretendeu-se fornecer informação qualitativa e quantitativa acerca da forma como os reagentes interagem entre si para formar os produtos.

2 – Acção

Acção:

Variar a concentração inicial dos reagentes.

Neste item pretendeu-se fornecer aos alunos informação acerca do factor cujo efeito se pretende estudar. Os alunos deveriam reconhecer que este factor deve variar de ensaio para ensaio, enquanto os restantes permanecem inalterados.

3 – Vamos usar

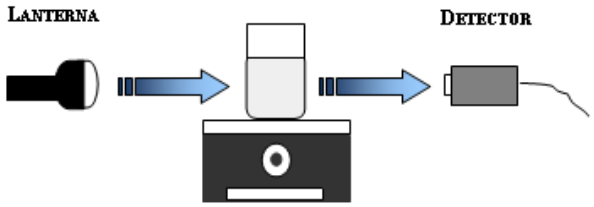
Vamos usar:

- Solução aquosa de $Na_2S_2O_3$ (0,1 mol/dm^3 e 0,05 mol/dm^3)
- Solução aquosa de HCl (3 mol/dm^3)

Neste item pretendeu-se fornecer aos alunos informação acerca dos reagentes necessários para a realização da actividade experimental e das respectivas concentrações.

4 – Montagem experimental

Efectua a montagem apropriada à realização deste estudo, tendo como base a figura em baixo, com a ajuda da monitora.



Pretendeu-se fornecer aos alunos um esquema representativo da montagem experimental necessária para a realização da actividade experimental.

5 – Realiza o estudo e interpreta os resultados

Realiza o estudo, actuando sobre a concentração inicial dos reagentes.

Com a ajuda da monitora vais interpretar os gráficos obtidos.

Apresenta as tuas conclusões! Explica em que te baseaste para concluíres se a rapidez da reacção aumentava ou diminuía.

_____

_____

Neste item pretendeu-se fornecer aos alunos a indicação de que deveriam começar por realizar um conjunto de ensaios, onde a concentração inicial dos reagentes varia de ensaio para ensaio. Com base na análise dos resultados obtidos, os alunos deveriam então concluir acerca do efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade da reacção. Por último, pretendeu-se fornecer aos alunos um espaço onde pudessem expor livremente as conclusões obtidas na realização da *Actividade experimental 1*.

O Quadro 4.1 apresenta as várias fases da experiência, necessárias para a realização do estudo, bem como as evidências experimentais com que os alunos seriam confrontados, o que se pretende dos alunos e os conteúdos envolvidos em cada uma das fases da experiência.

Quadro 4.1 – *Actividade experimental 1*: Reacção química entre tiossulfato de sódio e ácido clorídrico.

FASE DA EXPERIÊNCIA	EVIDÊNCIAS EXPERIMENTAIS	PRETENDE-SE QUE O ALUNO	CONTEÚDOS
1. Interpretação da informação fornecida pela equação química		▪ Preveja a formação de um precipitado	❖ Interpretação de uma equação química
2. Realização da montagem experimental		▪ Realize a montagem experimental adequada à realização da actividade, incluindo o ajuste dos sensores a serem utilizados, com base no esquema fornecido na Ficha de Trabalho	
3. Planeamento		▪ Reconheça que o controlo de variáveis implica manter todas as condições experimentais excepto uma, aquela cujo efeito se pretende avaliar ▪ Reconheça a concentração inicial dos reagentes como a variável cujo efeito se pretende avaliar ▪ Defina que a concentração inicial do tiossulfato de sódio (ou do ácido clorídrico) deve variar de ensaio para ensaio, enquanto a do ácido clorídrico (ou do tiossulfato de sódio) permanece constante ▪ Reconheça que soluções preparadas a partir de diferentes volumes de uma solução de tiossulfato de sódio (ou ácido clorídrico) com uma dada concentração a que foi adicionada água desionizada de modo a que o volume final seja o mesmo para todas as soluções, apresentam diferente concentração desse reagente ▪Identifique a quantidade de precipitado formado como a propriedade física cuja variação permite acompanhar o decurso da reacção ▪Defina os volumes a adicionar de cada um dos reagentes ▪ Defina a ordem de adição dos reagentes e a sequência a seguir para a realização dos ensaios ▪ Distribua tarefas entre os elementos do grupo	❖ Conceito de concentração
4. Realização dos ensaios	▪ Formação de precipitado ▪ Gráfico	▪ Junte todos os reagentes, excepto o tiossulfato de sódio (ou o ácido clorídrico), no meio reaccional ▪ Adicione o tiossulfato de sódio (ou o ácido clorídrico) ao meio reaccional e, em simultâneo, inicie o registo da percentagem de luz que atravessa o meio reaccional ao longo do tempo ▪ Reconheça a ocorrência de uma reacção química de precipitação ▪ Reconheça que a formação do precipitado leva à diminuição da percentagem de luz que atravessa o meio reaccional ao longo do tempo ▪ Utilize adequadamente o SATD ▪ Observe o gráfico em computador	❖ Identificação de evidências experimentais da ocorrência de uma reacção química ❖ Identificação da ocorrência de uma reacção química de precipitação
5. Análise dos resultados obtidos	▪ Valores registados no gráfico	▪ Interprete o gráfico ▪ Reconheça que a percentagem de luz que atravessa o meio reaccional diminui ao longo do tempo ▪Associe um dado valor de percentagem de luz que atravessa o meio reaccional à formação de uma dada quantidade de produto ▪ Determine o intervalo de tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de produto, em cada um dos ensaios ▪ Reconheça que o intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de produto é inversamente proporcional à velocidade da reacção ▪ Conclua que a velocidade da reacção é directamente proporcional à concentração inicial dos reagentes	❖ Conceito de velocidade ❖ Conceito de concentração ❖ Efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de uma reacção química ❖ Reacções químicas diferentes processam-se com velocidade diferente

4.4.2.4 Etapa 3 – Estudo qualitativo do efeito da temperatura na velocidade de uma reacção química (Reacção química entre magnésio metálico e ácido clorídrico)

A Etapa 3 tinha como objectivos:

- A identificação, por parte dos alunos, da temperatura como um dos factores de que depende a velocidade das reacções químicas;
- A compreensão, por parte dos alunos, da relação experimental entre a variação da velocidade e a variação da temperatura, tendo em atenção a variação do ângulo de rotação registado pelo sensor de posição ao longo do tempo, o qual se relaciona com a quantidade de gás formado;
- A conclusão, por parte dos alunos, de que quanto maior a temperatura à qual decorre uma reacção química, maior a velocidade com que esta decorre.

A estratégia delineada para esta etapa é a descrita em § 4.4.2.

A – A ACTIVIDADE EXPERIMENTAL



Introdução

A reacção química entre magnésio metálico e ácido clorídrico pode ser traduzida através da seguinte equação química:

$$Mg\,(s) + 2\,H^{+}\,(aq) \rightarrow Mg^{2+}\,(aq) + H_2\,(g)$$

À medida que estas duas substâncias reagem entre si, observa-se a libertação de hidrogénio gasoso, o qual é recolhido numa seringa para gases, cujo êmbolo se encontra ajustado a um sensor de *posição*. Deste modo, à medida que o gás vai sendo produzido no meio reaccional, o êmbolo da seringa desloca-se fazendo aumentar o ângulo registado pelo sensor de *posição*.

Para que uma reacção química ocorra é necessário, de um modo geral, que as moléculas dos reagentes colidam entre si com energia suficiente, de modo a provocar a quebra das ligações químicas existentes e a possibilitar a formação de novas ligações, ou seja, de modo a se verificar uma reorganização dos átomos que constituem os reagentes. Assim, quando os corpúsculos dos reagentes colidem entre si, as colisões apenas poderão ser consideradas eficazes caso seja superada a "barreira energética" associada à reacção química em causa, isto é, caso os corpúsculos dos reagentes se reorganizem de modo a formar os corpúsculos dos produtos.

Deste modo, quando se altera a temperatura à qual decorre a reacção química, a energia dos corpúsculos varia e, naturalmente, varia a energia com que os corpúsculos colidem entre si. Consequentemente, a quantidade de gás libertado é alterada, bem como o ângulo registado pelo sensor de *posição*.

Atendendo à variação do ângulo registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo e à temperatura à qual decorre a reacção química, constata-se que quanto maior a temperatura à qual decorre a reacção química, maior é a energia dos corpúsculos dos reagentes e maior é a probabilidade dos corpúsculos dos reagentes colidirem de forma eficaz. Logo, maior é a quantidade de gás formado, maior é a variação do ângulo registado pelo sensor de posição por unidade de tempo e, consequentemente, maior é a velocidade da reacção.

A repetição desta sequência para diferentes valores de temperatura, recorrendo a um banho termostatizado, dentro do qual se coloca o tubo de ensaio contendo a mistura reaccional, faculta a análise do efeito da temperatura na velocidade desta reacção química.

A análise da representação gráfica do aumento do ângulo de rotação do sensor de *posição* ao longo do tempo possibilita a medição do volume de gás libertado ao longo do tempo, ou seja, permite determinar o intervalo de tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de gás (produto da reacção química). Atendendo a que a velocidade de reacção é inversamente proporcional ao tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de gás, a velocidade da reacção química pode ser avaliada com base no intervalo de tempo necessário para que o ângulo de rotação do sensor aumente até um determinado valor.

O intervalo de tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de gás pode ser obtido a partir da representação gráfica registada, bastando para tal efectuar a leitura do instante de tempo para o qual o ângulo rotação do sensor de *posição* é, por exemplo, igual a 10º, nos diferentes ensaios, tal como ilustra a Figura 4.16.

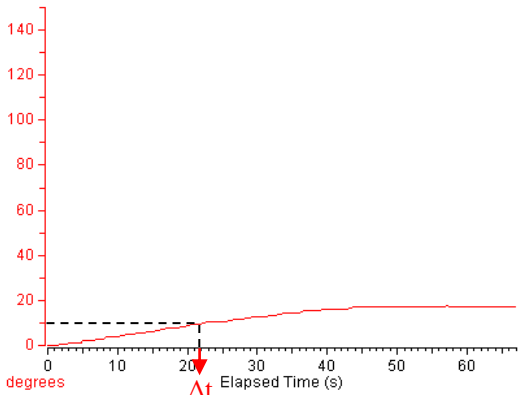


Figura 4.16 – Determinação do intervalo de tempo necessário para que o ângulo de rotação do sensor de *posição* aumente até um valor igual a 10 º, na *Actividade experimental 2*.

Os valores de temperatura da mistura reaccional ao longo do tempo foram registados através do recurso a um segundo sensor, sensor de temperatura.

Objectivos

A *Actividade experimental 2* tinha como objectivo a identificação da temperatura como um factor passível de alterar a velocidade de reacção e estudar qual o seu efeito.

Reagentes

- Solução aquosa de ácido clorídrico (HCl), 0,809 mol/dm^3
- Fita de magnésio (Mg (s)) com 3 mm de largura

A solução aquosa de ácido clorídrico foi preparada a partir da diluição de ácido clorídrico concentrado, e posteriormente titulada. Os protocolos são apresentados em anexo (Anexo 5).

Equipamento

- Sensor de temperatura
- Sensor de posição
- Interface LIVE Griffin

Software utilizado para aquisição de dados

- LogIt Lab – Autolog

Material

- Frasco esguicho
- Régua
- Tubo de ensaio
- Garras e nozes
- Banho termostatizado FALC
- Fio de cobre
- Tesoura
- Lixa
- Suportes universais
- Rolha de borracha com 2 orifícios (1 para o sensor de temperatura e 1 para o tubo de vidro que está ligado à seringa de gases através de um tubo de borracha)
- Proveta de 50 mL
- Seringa para gases de 100 cm^3
- Tubo de borracha
- Alicate

MONTAGEM EXPERIMENTAL

A Figura 4.17 apresenta uma imagem ilustrativa da montagem experimental.

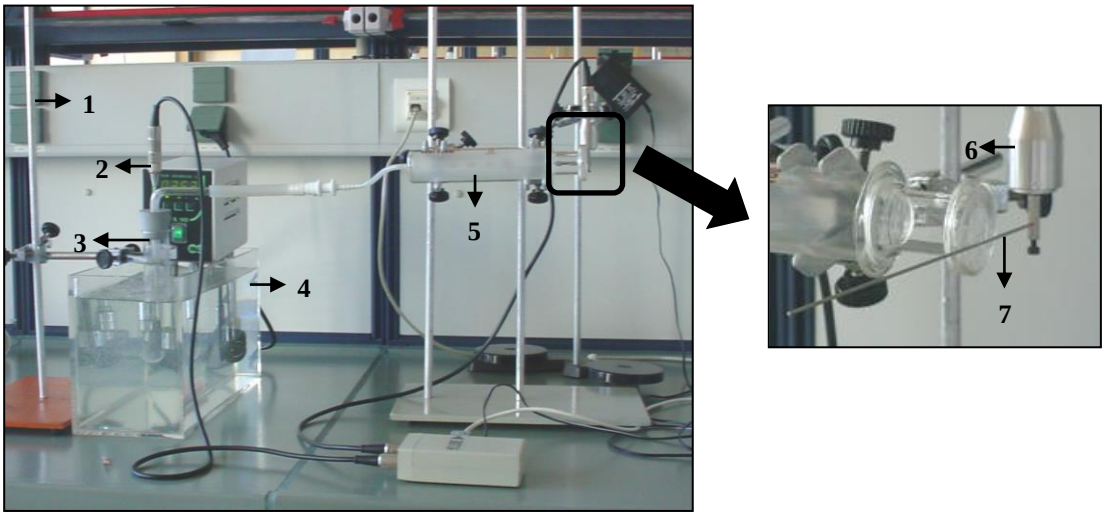


Figura 4.17 – Montagem experimental.

Legenda:

1 – Suporte universal
2 – Sensor de temperatura
3 – Tubo de ensaio
4 – Banho termostatizado[4]
5 – Seringa para gases
6 – Sensor de posição
7 – Vareta de ferro

Procedimento

a. Depois de posicionar correctamente o sensor *de posição* e a seringa de gases na montagem experimental, ajustou-se o corpo do sensor de posição de modo a que um valor de ângulo de rotação igual a 0º correspondesse a um volume de gás libertado de 0 cm^3.

b. Verificou-se se um pequeno deslocamento da vareta produzia sempre variações do ângulo de rotação.

c. Registou-se o valor do ângulo de rotação indicado pelo sensor de posição, quando o volume de gás libertado era igual a 0,0 cm^3 e 20,0 cm^3, numa tabela semelhante à Tabela 4.8.

[4] Optou-se pela utilização de um banho termostatizado, no interior do qual se colocou o tubo de ensaio contendo o meio reaccional, de modo a realizar os diferentes ensaios a diferentes temperaturas.

Tabela 4.8 – Tabela para registo do valor do ângulo registado pelo sensor de posição (θ) para determinado volume de gás libertado ($V_{gás\ libertado}$).

$V_{gás\ libertado}$ / cm^3	θ / º

d. Cortaram-se 12 pedaços de fita de magnésio com cerca de 4 cm de comprimento. Lixaram-se os pedaços de fita de magnésio cortados.

e. Introduziram-se 30 mL de solução aquosa de ácido clorídrico 0,809 mol/dm^3 no tubo de ensaio.

f. "Uniram-se" três pedaços de fita de magnésio com a ajuda de fio de cobre, de modo a que estes ficassem totalmente imersos quando adicionados à solução aquosa de ácido clorídrico 0,809 mol/dm^3.

g. Adicionaram-se 3 pedaços de fita de magnésio juntos e, simultaneamente, iniciou-se a recolha de dados clicando no botão *Start* no programa *LogIt Lab*.

h. Quando ocorreu uma variação significativa do ângulo registado pelo sensor de *posição* no decorrer do tempo, clicou-se em *Stop*.

i. Com o intuito de estudar o efeito da temperatura na velocidade da reacção, repetiram-se os passos **c** a **f** mas alterando a temperatura a que decorre a reacção química (Tabela 4.9).

Tabela 4.9 – Condições experimentais utilizadas para a realização dos diferentes ensaios no estudo do efeito da temperatura na velocidade da reacçao em estudo.

Ensaio	V_{HCl} / mL	Magnésio	T / ºC
1	30	3 fitas juntas	25
2			30
3			35
4			40
5			45



Resultados e discussão

A Tabela 4.10 indica a correspondência verificada entre o volume de gás libertado e o ângulo registado pelo sensor de posição.

O Diagrama 4.6 ilustra os gráficos obtidos para os diferentes ensaios. Os gráficos originais encontram-se no Anexo 6.

Tabela 4.10 – Correspondência verificada entre o volume de gás libertado e o ângulo registado pelo sensor de posição.

$V_{\text{gás libertado}}$ / cm^3	θ / º
0,0	0,0
20,0	4,0

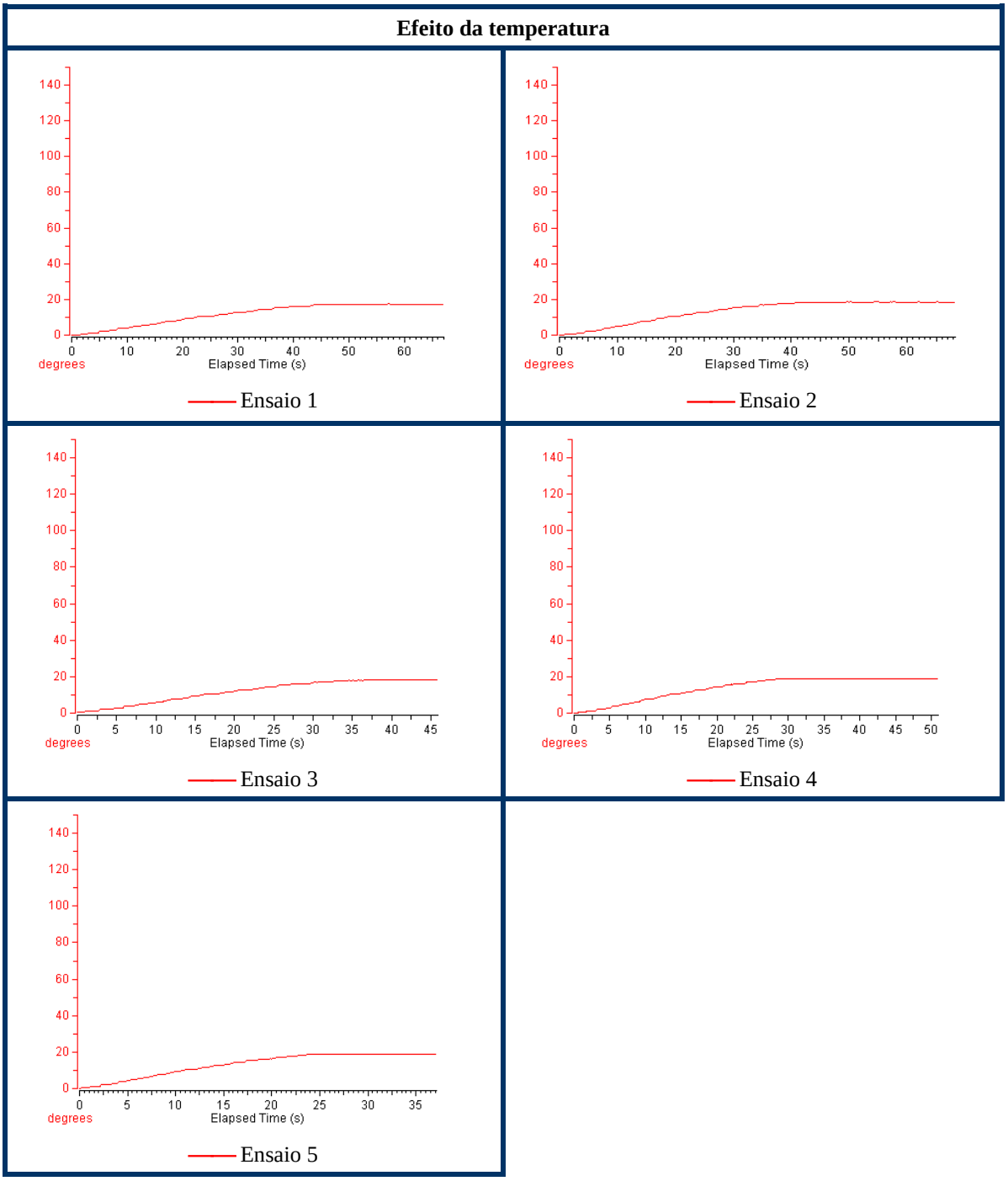


Diagrama 4.6 – Variação do ângulo registado pelo sensor de posição ao longo do tempo.

Analisando cada um dos gráficos obtidos (Diagrama 4.6), verifica-se que em todos eles o ângulo registado pelo sensor de posição aumenta ao longo do tempo. Este aumento é inicialmente abrupto, mas vai sendo cada vez menor à medida que o tempo decorre.

Constata-se ainda que o valor inicial do ângulo registado pelo sensor de posição é igual nos vários ensaios. Este facto revela que os ensaios foram realizados em condições experimentais semelhantes e, consequentemente, permite analisar os resultados obtidos, por forma a concluir acerca do efeito da temperatura na velocidade de uma reacção.

A partir dos gráficos obtidos para os diferentes ensaios retiraram-se os tempos de reacção correspondentes à formação da mesma quantidade de gás (20,0 cm^3), ou seja, retiraram-se os intervalos de tempo necessários para que o ângulo registado pelo sensor de posição aumente até um valor igual a 4,0 º. Note-se que os intervalos de tempo considerados se referem ao intervalo de tempo necessário para a formação de 20,0 cm^3 de hidrogénio gasoso.

A Tabela 4.11 apresenta esses tempos de reacção, assim como o valor da temperatura à qual decorreu a reacção química nos diferentes ensaios.

Tabela 4.11 – Tempos de reacção obtidos, utilizando o sensor *de posição*.

Ensaio	T / ºC	T / K	t_r / s
1	27,14	300,29	9,25
2	31,05	304,20	8,00
3	35,76	308,91	6,50
4	40,78	313,93	5,75
5	45,06	318,21	4,38

Analisando os resultados obtidos (Diagrama 4.6 e Tabela 4.11), constata-se que o intervalo de tempo necessário para que o valor do ângulo registado pelo sensor de posição aumente até um valor igual a 4,0º varia de ensaio para ensaio, ou seja, este diminui progressivamente na ordem:

Ensaio 1	**>**	***Ensaio 2***	**>**	***Ensaio 3***	**>**	***Ensaio 4***	**>**	***Ensaio 5***
(t_r = 9,25 s)		(t_r = 8,00 s)		(t_r = 6,50 s)		(t_r = 5,75 s)		(t_r = 4,38 s)

Relembrando que a velocidade com que decorre uma reacção química é inversamente proporcional ao tempo necessário para a libertação de uma dada quantidade de gás, é possível

afirmar que a velocidade com que decorre a reacção química entre magnésio metálico e ácido clorídrico vai sendo cada vez maior, à medida que se passa do ensaio 1 até ao ensaio 5.

Analisando as condições experimentais utilizadas para a execução experimental destes ensaios (Tabela 4.9 e Tabela 4.11) constata-se que a temperatura à qual decorre a reacção química difere de ensaio para ensaio, enquanto as restantes condições experimentais se mantêm constantes. Deste modo, a diferente velocidade com que decorrem os vários ensaios é uma consequência da variação da temperatura à qual decorre a reacção química.

De um modo geral, para que uma reacção química ocorra é necessário que as moléculas dos reagentes colidam entre si com energia suficiente, de modo a provocar a quebra das ligações químicas existentes e a possibilitar a formação de novas ligações, ou seja, de modo a se verificar uma reorganização dos átomos que constituem os reagentes. Assim, quando os corpúsculos dos reagentes colidem entre si, as colisões apenas poderão ser consideradas eficazes caso seja superada a "barreira energética" associada à reacção química em causa, isto é, caso os corpúsculos dos reagentes se reorganizem de modo a formar os corpúsculos dos produtos.

Posto isto, quando se altera a temperatura à qual decorre a reacção química, a energia cinética dos corpúsculos varia e, naturalmente, também varia a energia com que os corpúsculos colidem entre si.

Assim, atendendo à variação do ângulo registado pelo sensor de posição ao longo do tempo e à temperatura à qual decorre a reacção química, constata-se que quanto maior a temperatura à qual decorre a reacção química, maior é a energia cinética dos corpúsculos dos reagentes e maior é a probabilidade dos corpúsculos dos reagentes colidirem de forma eficaz. Logo, maior é a quantidade de gás formado, maior é a variação do ângulo registado pelo sensor de posição por unidade de tempo e, consequentemente, maior é a velocidade da reacção.

Foi possível concluir que a temperatura afecta a velocidade com que decorre uma reacção química. Em concreto, foi possível concluir que quanto maior a temperatura à qual decorre uma reacção química, maior a velocidade com que a reacção decorre.

O equipamento utilizado permitiu obter resultados semelhantes aos encontrados na bibliografia (FORMOSINHO (1983)).

B – FICHA DE TRABALHO

A *Actividade experimental 2* era acompanhada por uma ficha de trabalho (Anexo 7), constituída por diferentes itens (Ex.: *Equação química*, *Acção*, *Vamos usar*, etc).

1 – Equação química

Equação química:

A reacção química entre o magnésio metálico e o ácido clorídrico pode ser traduzida pela seguinte equação química:

$$Mg\,(s) + 2\,H^+\,(aq) \rightarrow Mg^{2+}\,(aq) + H_2\,(g)$$

Neste item pretendeu-se fornecer aos alunos a equação química que traduz a reacção química em estudo, ou seja, pretendeu-se fornecer informação qualitativa e quantitativa acerca da forma como os reagentes interagem entre si para formar os produtos.

2 – Acção

Acção:

Variar a temperatura à qual decorre a reacção química.

Neste item pretendeu-se fornecer aos alunos informação acerca do factor cujo efeito se pretende estudar. Os alunos deveriam reconhecer que este factor deve variar de ensaio para ensaio, enquanto as restantes condições experimentais permanecem inalteradas.

3 – Vamos usar

Vamos usar:

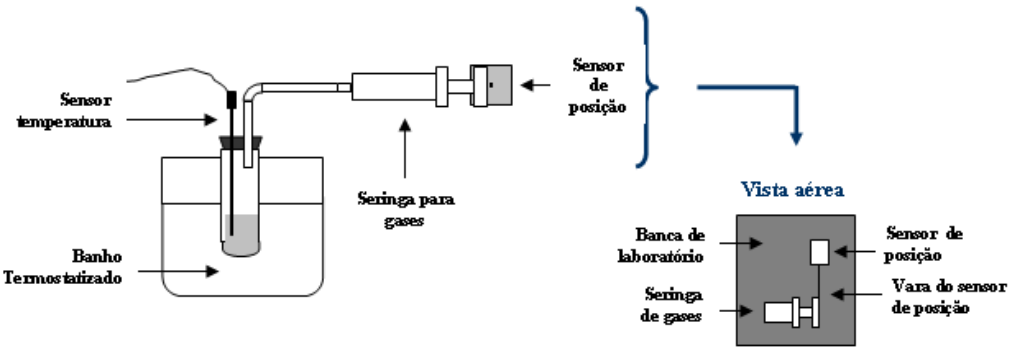
Magnésio metálico

Solução aquosa de HCl (0,8 mol/dm^3)

Neste item pretendeu-se fornecer aos alunos informação acerca dos reagentes necessários para a realização da actividade experimental e das respectivas concentrações.

4 – Montagem experimental

Efectua a montagem apropriada à realização deste estudo, tendo como base a figura em baixo, com a ajuda da monitora.



Pretendeu-se fornecer aos alunos um esquema representativo da montagem experimental necessária para a realização do estudo.

5 – Realiza o estudo e interpreta os resultados

Realiza o estudo, actuando sobre a temperatura à qual decorre a reacção química.

Com a ajuda da monitora vais interpretar os gráficos obtidos.

Apresenta as tuas conclusões! Explica em que te baseaste para concluíres se a rapidez da reacção aumentava ou diminuía.

_____

_____

Neste item pretendeu-se fornecer aos alunos a indicação de que deveriam começar por realizar um conjunto de ensaios, onde a temperatura à qual decorre a reacção química em estudo varia de ensaio para ensaio. Com base na análise dos resultados obtidos, os alunos deveriam então concluir acerca do efeito da temperatura na velocidade da reacção. Por último, pretendeu-se fornecer aos alunos um espaço onde pudessem expor livremente as conclusões obtidas na realização da *Actividade experimental 2*.

O Quadro 4.2 apresenta as várias fases da experiência, necessárias para a realização do estudo, bem como as evidências experimentais com que os alunos seriam confrontados, o que se pretende dos alunos e os conteúdos envolvidos em cada uma das fases da experiência

Quadro 4.2 – *Actividade experimental 2*: Reacção química entre magnésio metálico e ácido clorídrico.

FASE DA EXPERIÊNCIA	EVIDÊNCIAS EXPERIMENTAIS	PRETENDE-SE QUE O ALUNO	CONTEÚDOS
1. Interpretação da informação fornecida pela equação química		▪ Preveja a formação de um gás	❖ Interpretação de uma equação química
2. Realização da montagem experimental		▪ Realize a montagem experimental adequada à realização da actividade, incluindo o ajuste dos sensores a ser utilizados, com base no esquema fornecido na Ficha de Trabalho	
3. Planeamento		▪ Reconheça que o controlo de variáveis implica manter todas as condições experimentais excepto uma, aquela cujo efeito se pretende avaliar ▪ Reconheça a temperatura como a variável cujo efeito se pretende avaliar ▪ Defina que a temperatura à qual decorre a reacção química num dado ensaio deve ser inferior à temperatura à qual decorre a reacção química no ensaio seguinte ▪Reconheça que deve envolver o magnésio metálico em fio de cobre de modo a garantir que este permaneça no seio da solução aquosa de ácido clorídrico ▪Identifique o volume do meio reaccional como a propriedade física cuja variação permite acompanhar o decurso da reacção ▪Reconheça o ângulo de rotação registado pelo sensor de posição como a grandeza a medir ▪Defina as quantidades a adicionar de cada um dos reagentes ▪Defina que o ácido clorídrico deve ser adicionado em primeiro lugar ▪ Defina a sequência a seguir para a realização dos ensaios e distribua tarefas entre os elementos do grupo	
4. Realização dos ensaios	▪ Libertação de um gás ▪ Gráfico	▪ Coloque o ácido clorídrico no meio reaccional ▪ Adicione o magnésio metálico e, em simultâneo, inicie o registo do ângulo de rotação registado pelo sensor de posição ao longo do tempo ▪ Reconheça a ocorrência de uma reacção química de libertação de um gás ▪ Reconheça que a libertação de um gás leva ao aumento do ângulo de rotação registado pelo sensor de posição ao longo do tempo ▪ Utilize adequadamente o programa de aquisição e tratamento de dados ▪ Observe o gráfico em computador	❖ Identificação de evidências experimentais da ocorrência de uma reacção química ❖ Identificação da ocorrência de uma reacção química de libertação de um gás
5. Análise dos resultados obtidos	▪ Valores registados no gráfico	▪ Interprete o gráfico ▪ Reconheça que o ângulo de rotação registado pelo sensor de posição aumenta ao longo do tempo ▪ Reconheça que a variação do ângulo de rotação registado pelo sensor de posição diminui à medida que a reacção decorre ▪ Associe um dado valor de ângulo de rotação registado pelo sensor de posição à formação de uma dada quantidade de produto ▪ Determine o intervalo de tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de produto, em cada um dos ensaios ▪ Reconheça que o intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de produto é inversamente proporcional à velocidade da reacção ▪ Conclua que a velocidade da reacção é directamente proporcional à temperatura à qual decorre a reacção	❖ Conceito de velocidade ❖ Efeito da temperatura na velocidade de uma reacção química ❖ Reacções químicas diferentes processam-se com velocidade diferente

4.4.2.5 Etapa 4 – Estudo qualitativo do efeito da área superficial de contacto entre os reagentes na velocidade de uma reacção química (Reacção química entre *Alka-Seltzer*® e água)

A Etapa 4 tinha como objectivos:

- A identificação, por parte dos alunos, da área superficial de contacto entre os reagentes como um dos factores de que depende a velocidade das reacções químicas;
- A compreensão, por parte dos alunos, da relação experimental entre a variação da velocidade e a variação da área superficial de contacto entre os reagentes , tendo em atenção a variação do ângulo de rotação registado pelo sensor de posição ao longo do tempo, o qual se relaciona com a quantidade de gás formado;
- A conclusão, por parte dos alunos, de que quanto maior a área superficial de contacto entre os reagentes, maior a velocidade com que esta decorre.

A estratégia delineada para esta etapa é a descrita em § 4.4.2.

A – A ACTIVIDADE EXPERIMENTAL



Introdução

As pastilhas de Alka-Seltzer® são constituídas por ácido acetilsalicílico, bicarbonato de sódio e ácido cítrico, no estado sólido. Assim, quando estas são colocadas em água, verifica-se que o ácido cítrico e o bicarbonato de sódio se dissolvem, libertando iões hidrogénio e hidrogenocarbonato, respectivamente. De seguida, estes iões reagem entre si formando dióxido de carbono e água como produtos da reacção, tal como traduzem as seguintes equações químicas:

$$HCO_3^{-}(s) + H^{+}(aq) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g)$$

$$CO_3^{2-}(s) + 2\,H^{+}(aq) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g)$$

Assim, analisando as equações químicas acabadas de referir, verifica-se que à medida que estas duas substancias reagem entre si, observa-se a libertação de dióxido de carbono gasoso, o qual é recolhido numa seringa para gases, cujo êmbolo se encontra ajustado a um sensor de *posição*. Deste modo, à medida que o gás vai sendo produzido no meio reaccional,

o êmbolo da seringa desloca-se fazendo aumentar o ângulo registado pelo sensor de *posição*, tal como na actividade experimental anterior.

Assim, quanto maior o estado de divisão do *Alka-Seltzer®*, maior é a quantidade de constituintes em contacto com a água e, logicamente, maior é a quantidade de iões hidrogénio e hidrogenocarbonato libertada. Logo, maior é a quantidade de dióxido de carbono formado, maior é a variação do ângulo registado pelo sensor de *posição* por unidade de tempo e, consequentemente, maior é a velocidade da reacção.

A realização desta reacção química recorrendo a pastilhas de *Alka-Seltzer®* com diferente área superficial (diferente estado de divisão) permite o estudo do efeito da área superficial dos reagentes sólidos na velocidade desta reacção química.

A análise da representação gráfica da variação do ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo possibilita a medição do volume de gás libertado ao longo do tempo, ou seja, permite determinar o intervalo de tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de gás (produto da reacção química). Atendendo a que a velocidade de reacção é inversamente proporcional ao tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de gás, a velocidade da reacção química pode ser avaliada com base no intervalo de tempo necessário para que o ângulo de rotação do sensor aumente até um determinado valor.

O intervalo de tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de gás pode ser obtido a partir da representação gráfica registada, bastando para tal efectuar a leitura do instante de tempo para o qual o ângulo rotação registado pelo sensor de *posição* é, por exemplo, igual a 10 º, nos diferentes ensaios, tal como ilustra a Figura 4.18.

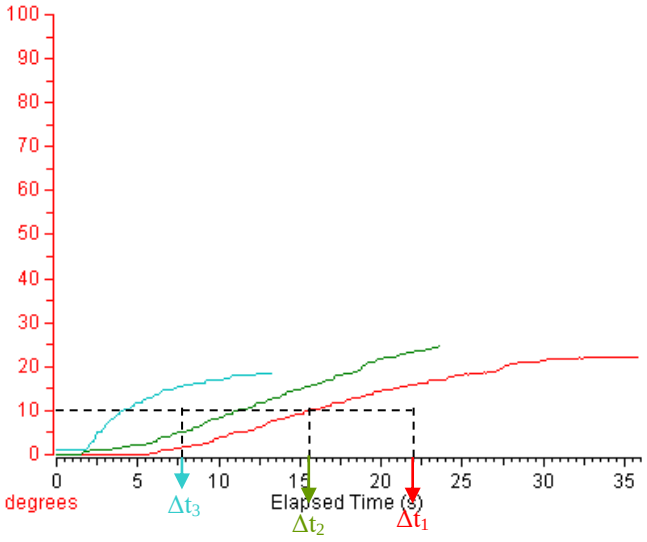


Figura 4.18 – Determinação do intervalo de tempo necessário para que o ângulo de rotação do sensor de *posição* aumente até um valor igual a 10 º, na *Actividade experimental 3*.

Objectivo

A *Actividade experimental 3* tinha como objectivo a identificação da área superficial de contacto entre os reagentes (estado de divisão) como um factor passível de alterar a velocidade de reacção e estudar qual o seu efeito.

Reagentes

- *Alka-Seltzer®*
- Água desionizada

Equipamento

- Sensor de posição
- Sensor de temperatura
- Interface LIVE Griffin

Software utilizado para aquisição de dados

- LogIt Lab – Autolog

Material

- Espátula
- Tubo de ensaio
- Vidro de relógio
- Banho termostatizado FALC
- Garras e nozes
- Provetas de 50 mL
- Frasco de esguicho
- Tubo de borracha
- Seringa para gases de 100 cm^3
- Suportes universais
- Rolha de borracha com 2 orifícios (1 para o sensor de temperatura e 1 para o tubo de vidro que está ligado à seringa de gases através de um tubo de borracha)

Montagem experimental

A montagem experimental utilizada na realização da *Actividade experimental 3* é a mesma utilizada na realização da *Actividade experimental 2* (Figura 4.17).

Procedimento

a. Registou-se o valor do ângulo de rotação indicado pelo sensor de posição, quando o volume de gás libertado era igual a 0,0 cm^3 e 20,0 cm^3, numa tabela semelhante à Tabela 4.12.

Tabela 4.12 – Tabela para registo do valor do ângulo registado pelo sensor de posição (θ) para determinado volume de gás libertado ($V_{gás\ libertado}$).

$V_{gás\ libertado}$ / cm^3	θ / º

b. Partiu-se uma pastilha de *Alka-Seltzer®* a meio.

c. Colocou-se ½ pastilha de *Alka-Seltzer®* no tubo de ensaio.

d. Adicionaram-se 30 mL de água desionizada ao tubo de ensaio e, simultaneamente, iniciou-se a recolha de dados clicando no botão *Start* no programa *LogIt Lab*.

e. Quando ocorreu uma variação significativa do ângulo registado pelo sensor de posição no decorrer do tempo, clicou-se em *Stop*.

f. Com o intuito de estudar o efeito do estado de divisão dos reagentes na velocidade da reacção, repetiram-se os passos **b** a **e** mas alterando o estado de divisão do *Alka-Seltzer®* adicionado (Tabela 4.13). Os dados obtidos foram representados no mesmo gráfico, através da opção *Overlay*.

Tabela 4.13 – Condições experimentais utilizadas para a realização dos diferentes ensaios no estudo do efeito do estado de divisão dos reagentes na velocidade da reacção em estudo.

Ensaio	$V_{água}$ / mL	*Alka-Seltzer®*
1	30	½ pastilha – Inteira
2		½ pastilha – Partida em 3 pedaços
3		½ pastilha – Em pó

Resultados e discussão

A Tabela 4.14 indica a correspondência verificada entre o volume de gás libertado e o ângulo registado pelo sensor de posição.

Tabela 4.14 – Correspondência verificada entre o volume de gás libertado e o ângulo registado pelo sensor de posição.

$V_{\text{gás libertado}}$ / cm^3	θ / º
0,0	0,0
20,0	4,0

O Diagrama 4.7 ilustra o gráfico obtido para os diferentes ensaios. O gráfico original encontra-se no Anexo 8.

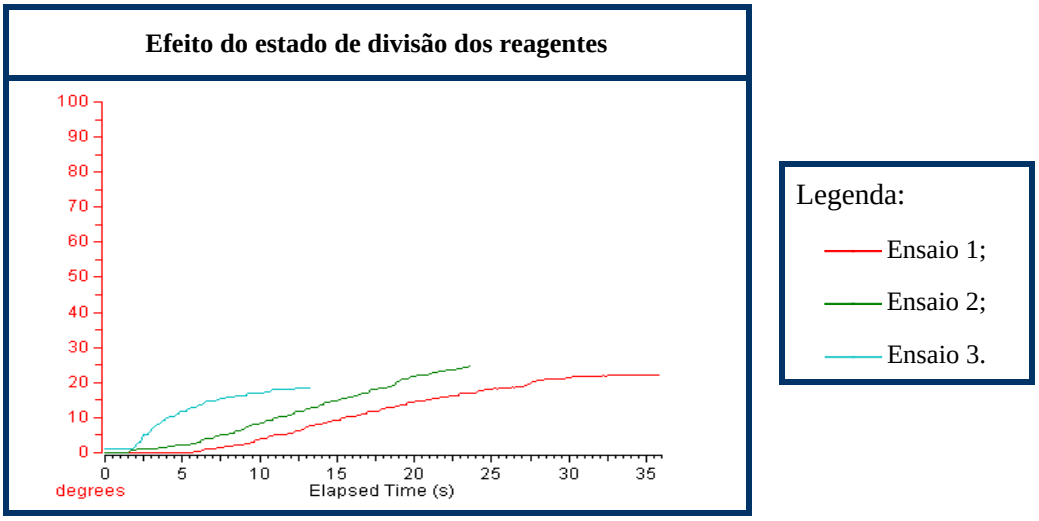


Diagrama 4.7 – Variação do ângulo registado pelo sensor de posição ao longo do tempo.

Analisando o gráfico obtido (Diagrama 4.7), verifica-se que em todas as curvas representadas o ângulo registado pelo sensor de posição aumenta ao longo do tempo. Este aumento é inicialmente abrupto, mas vai sendo cada vez menor à medida que o tempo decorre.

Constata-se ainda que o valor inicial do ângulo registado pelo sensor de posição é igual nos vários ensaios. Este facto revela que os ensaios foram realizados em condições experimentais semelhantes e, consequentemente, permite analisar os resultados obtidos, por forma a concluir acerca do efeito da área superficial de contacto entre os reagentes na velocidade de uma reacção.

A partir do gráfico obtido para os diferentes ensaios (Diagrama 4.7) retiraram-se os tempos de reacção correspondentes à formação da mesma quantidade de gás (20,0 cm^3), ou seja, retiraram-se os intervalos de tempo necessários para que o ângulo registado pelo sensor de posição aumente até um valor igual a 4,0 º. Note-se que os intervalos de tempo considerados referem-se ao intervalo de tempo necessário para a formação de 20,0 cm^3 de dióxido de carbono gasoso. A Tabela 4.15 apresenta esses tempos de reacção.

Tabela 4.15 – Tempos de reacção obtidos nos diferentes ensaios utilizando o sensor *de posição*.

Ensaio	Estado de divisão do Alka-Seltzer®	t_r / s
1	½ pastilha – Inteira	10,13
2	½ pastilha – Partida em 3 pedaços	6,63
3	½ pastilha – Em pó	2,38

Analisando os resultados obtidos (Diagrama 4.7 e Tabela 4.15) constata-se que o intervalo de tempo necessário para que o valor do ângulo registado pelo sensor de posição aumente até um valor igual a 4,0 º varia de ensaio para ensaio, ou seja, este diminui progressivamente na ordem:

Ensaio 1 (t_r = 10,13 s) > ***Ensaio 2*** (t_r = 6,63 s) > ***Ensaio 3*** (t_r = 2,38 s)

Como a velocidade com que decorre uma reacção química é inversamente proporcional ao tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de gás, é possível afirmar que a velocidade com que decorre a reacção química entre *Alka-Seltzer®* e água vai sendo cada vez maior, à medida que se passa do ensaio 1 até ao ensaio 3.

Analisando as condições experimentais utilizadas para a execução experimental destes ensaios (Tabela 4.13) constata-se que o estado de divisão do *Alka-Seltzer®* adicionado difere de ensaio para ensaio, enquanto as restantes condições experimentais permanecem constantes. Deste modo, a diferente velocidade com que decorrem os vários ensaios é uma consequência da variação do estado de divisão do *Alka-Seltzer®*.

Quando se altera o estado de divisão do *Alka-Seltzer®*, a quantidade de constituintes deste em contacto com a água varia e, naturalmente, também varia a velocidade com que estes são dissolvidos. Logo, a velocidade com que são libertados os iões hidrogénio e hidrogenocarbonato é alterada e, consequentemente, é alterada a velocidade com que se forma o dióxido de carbono recolhido na seringa para gases, cuja variação de posição é acompanhada pelo sensor de posição acoplado ao embolo da seringa.

Assim, atendendo à variação do ângulo registado pelo sensor de posição ao longo do tempo e ao estado de divisão do *Alka-Seltzer®*, é possível afirmar que quanto maior o estado de divisão do *Alka-Seltzer®*, maior é a quantidade de constituintes em contacto com a água e, logicamente, maior é a quantidade de dióxido de carbono formado. Logo, maior é a variação do ângulo registado pelo sensor de posição por unidade de tempo e, consequentemente, maior é a velocidade da reacção.

Foi possível concluir que a área superficial de contacto entre os reagentes afecta a velocidade com que decorre uma reacção química. Em concreto, foi possível concluir que quanto maior a área superficial de contacto entre os reagentes, maior a velocidade com que a reacção decorre.

O equipamento utilizado permitiu obter resultados semelhantes aos encontrados na bibliografia (FORMOSINHO (1983)).

B – FICHA DE TRABALHO

A *Actividade experimental 3* era acompanhada por uma ficha de trabalho (Anexo 9), constituída por diferentes itens (Ex.: *Equação química*, *Acção*, *Vamos usar*, etc).

1 – Equação química

Equação química:

As pastilhas de Alka-Seltzer® são constituídas por ácido acetilsalicílico, bicarbonato de sódio e ácido cítrico, no estado sólido. Assim, quando estas são colocadas em água, verifica-se que o ácido cítrico e o bicarbonato de sódio se dissolvem, libertando iões H^+ (aq) e HCO_3^- (aq), respectivamente. De seguida, estes iões reagem entre si formando dióxido de carbono e água como produtos da reacção, tal como traduz a seguinte equação química:

$$HCO_3^-(s) + H^+(aq) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g)$$

Neste item pretendeu-se fornecer aos alunos a equação química que traduz a reacção química em estudo, ou seja, pretendeu-se fornecer informação qualitativa e quantitativa acerca da forma como os reagentes interagem entre si para formar os produtos.

2 – Acção

Acção:

Variar o estado de divisão dos reagentes.

Neste item pretendeu-se fornecer aos alunos informação acerca do factor cujo efeito se pretende estudar. Os alunos deveriam reconhecer que este factor deve variar de ensaio para ensaio, enquanto as restantes condições experimentais permanecem inalteradas.

3 – Vamos usar

Vamos usar:

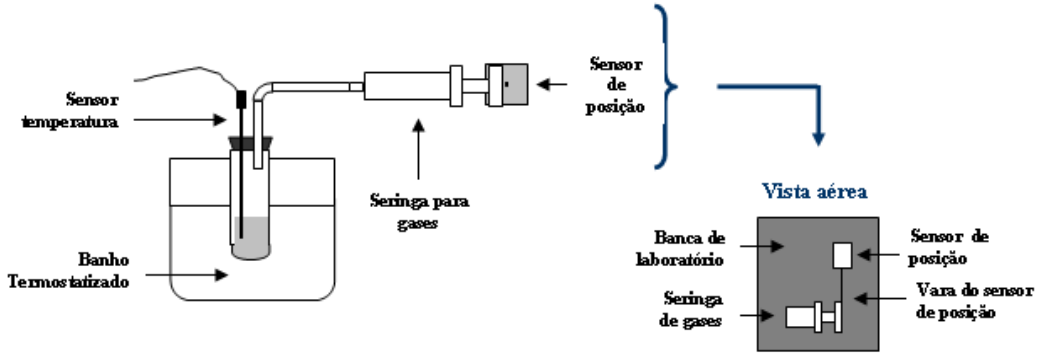
Alka-seltzer®

Água desionizada

Neste item pretendeu-se fornecer aos alunos informação acerca dos reagentes necessários para a realização da actividade experimental.

4 – Montagem experimental

Efectua a montagem apropriada à realização deste estudo, tendo como base a figura em baixo, com a ajuda da monitora.



Pretendeu-se fornecer aos alunos um esquema representativo da montagem experimental necessária para a realização do estudo.

5 – Realiza o estudo e interpreta os resultados

Realiza o estudo, actuando sobre a temperatura à qual decorre a reacção química.

Com a ajuda da monitora vais interpretar os gráficos obtidos.

Apresenta as tuas conclusões! Explica em que te baseaste para concluíres se a rapidez da reacção aumentava ou diminuía.

_____

_____

Neste item pretendeu-se fornecer aos alunos a indicação de que deveriam começar por realizar um conjunto de ensaios, onde o estado de divisão dos reagentes varia de ensaio para ensaio. Com base na análise dos resultados obtidos, os alunos deveriam então concluir acerca do efeito da área superficial de contacto entre os reagentes na velocidade da reacção. Por

último, pretendeu-se fornecer aos alunos um espaço onde pudessem expor livremente as conclusões obtidas na realização da *Actividade experimental 3*.

O Quadro 4.3 apresenta as várias fases da experiência, necessárias para a realização do estudo, bem como as evidências experimentais com que os alunos seriam confrontados, o que se pretende dos alunos e os conteúdos envolvidos em cada uma das fases da experiência.

Quadro 4.3 – *Actividade experimental 3*: Reacção química entre Alka-Seltzer® e água.

FASE DA EXPERIÊNCIA	EVIDÊNCIAS EXPERIMENTAIS	PRETENDE-SE QUE O ALUNO	CONTEÚDOS
1. Interpretação da informação fornecida pela equação química		▪ Preveja a formação de um gás	❖ Interpretação de uma equação química
2. Planeamento		▪ Reconheça que o controlo de variáveis implica manter todas as condições experimentais excepto uma, aquela cujo efeito se pretende avaliar ▪ Reconheça a área superficial de contacto entre os reagentes (estado de divisão) como a variável cujo efeito se pretende avaliar ▪ Reconheça que quanto mais dividido se encontra um reagente sólido maior é o seu estado de divisão ▪ Defina que o estado de divisão do Alka-Seltzer® deve variar de ensaio para ensaio, enquanto as restantes condições permanecem constantes ▪ Identifique o volume do meio reaccional como a propriedade física cuja variação permite acompanhar o decurso da reacção ▪Reconheça o ângulo de rotação registado pelo sensor de posição como a grandeza a medir ▪ Defina as quantidades a adicionar de cada um dos reagentes ▪Defina que o Alka-Seltzer® deve ser adicionado em primeiro lugar ▪ Defina a sequência a seguir para a realização dos ensaios e distribua tarefas entre os elementos do grupo	❖ Conceito de estado de divisão
3. Realização dos ensaios	▪ Libertação de um gás ▪ Gráfico	▪ Coloque o Alka-Seltzer® no meio reaccional ▪ Adicione a água e, em simultâneo, inicie o registo do ângulo de rotação registado pelo sensor de posição ao longo do tempo ▪ Reconheça a ocorrência de uma reacção química de libertação de um gás ▪ Reconheça que a libertação de um gás leva ao aumento do ângulo de rotação registado pelo sensor de posição ao longo do tempo ▪ Utilize adequadamente o programa de aquisição e tratamento de dados ▪ Observe o gráfico em computador	❖ Identificação de evidências experimentais da ocorrência de uma reacção química ❖ Identificação da ocorrência de uma reacção química de libertação de um gás
4. Análise dos resultados obtidos	▪ Valores registados no gráfico	▪ Interprete o gráfico ▪ Reconheça que o ângulo de rotação registado pelo sensor de posição aumenta ao longo do tempo ▪ Reconheça que a variação do ângulo de rotação registado pelo sensor de posição diminui à medida que a reacção decorre ▪ Associe um dado valor de ângulo de rotação registado pelo sensor de posição à formação de uma dada quantidade de produto ▪ Determine o intervalo de tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de produto, em cada um dos ensaios ▪ Reconheça que o intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de produto é inversamente proporcional à velocidade da reacção ▪ Conclua que a velocidade da reacção é directamente proporcional à área superficial de contacto entre os reagentes (estado de divisão)	❖ Conceito de velocidade ❖ Efeito da área superficial de contacto entre os reagentes (estado de divisão) na velocidade de uma reacção química ❖ Reacções químicas diferentes processam-se com velocidade diferente

4.3.3 Fase III – Avaliação final

Após a implementação da estratégia de ensino/aprendizagem efectuou-se uma avaliação final com o intuito de avaliar as aprendizagens dos alunos relativamente aos conteúdos abordados e de conhecer as apreciações dos alunos acerca das actividades propostas.

Esta avaliação, realizada em duas etapas, envolveu o preenchimento de dois questionários, por parte dos alunos (Diagrama 4.8).

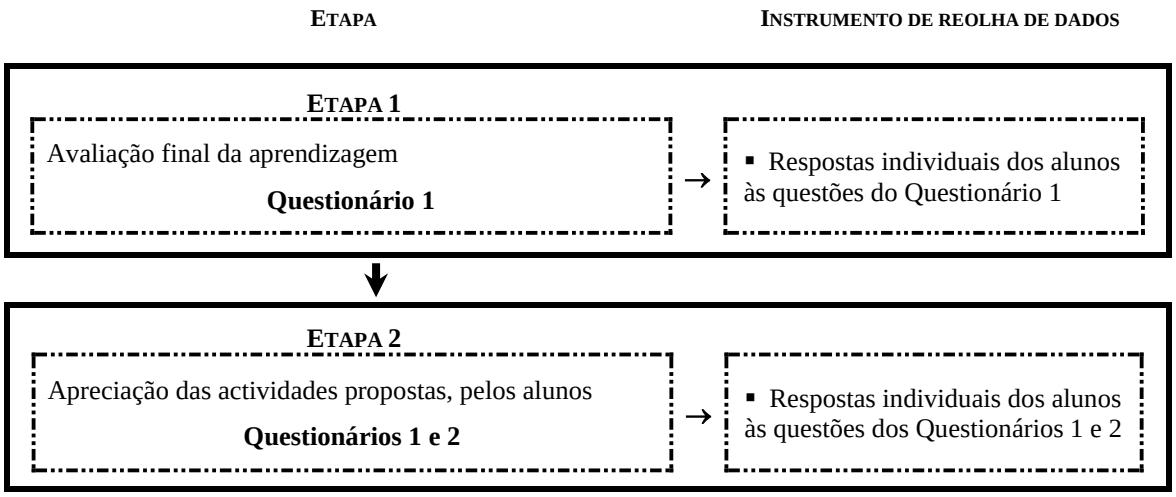


Diagrama 4.8 – Esquematização da Avaliação final.

O preenchimento dos questionários foi feito individualmente.

O Questionário 1 foi elaborado pela autora e o Questionário 2 era o questionário utilizado pela Universidade Júnior para a avaliação do programa "Verão em projecto", no qual se inseria o projecto *"Fórmula 1" das reacções químicas*.

O Questionário 1 era um questionário aberto/fechado, enquanto que o Questionário 2 era um questionário fechado.

4.4.3.1 Etapa 1 – Avaliação final da aprendizagem

Na Etapa 1 da avaliação final pretendeu-se avaliar a aprendizagem dos alunos relativamente aos aspectos de conteúdo abordados na estratégia de ensino/aprendizagem e a capacidade dos alunos para utilizar os conhecimentos adquiridos num contexto diferente daquele em que foi realizada a aprendizagem. A avaliação foi feita com base nas respostas dadas pelos alunos, individualmente, ao Questionário 1 (Anexo 10).

O Questionário 1 era constituído por nove questões, sendo todas elas de resposta aberta. Todavia, nesta etapa do estudo, apenas se considerou quatro das nove questões

(questões 3, 6, 7 e 8), uma vez que as restantes questões são referentes à Etapa 2 da Fase III deste estudo.

QUESTÕES DO QUESTIONÁRIO 1

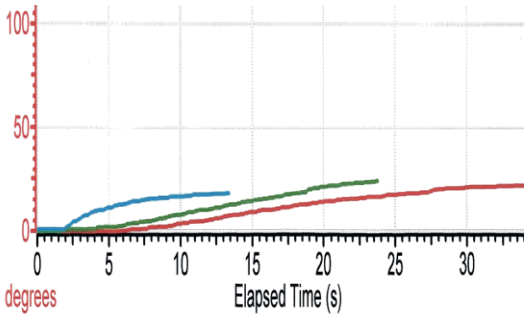
– O que achas que aprendeste?

Pretendia-se com esta questão conhecer o que os alunos consideravam que tinham aprendido ao longo da realização das atividades propostas.

– Como se pode alterar a rapidez de uma reacção química?

Nesta questão pretendia-se que os alunos identifiquem os quatro factores passíveis de alterar a velocidade de uma reacção, nomeadamente a concentração, a temperatura, e a área superficial de contacto entre os reagentes.

– O gráfico em baixo foi obtido no estudo do efeito do estado de divisão dos reagentes na velocidade da reacção química entre o magnésio metálico e o ácido clorídrico.



Em qual da situações é que a reacção química é mais rápida?

Nesta questão pretendia-se que os alunos identificassem a linha azul como a situação onde a reacção química era mais rápida e justificassem a sua opção referindo que era nessa situação que se observava a formação da mesma quantidade de produto num menor intervalo de tempo.

– Para remover uma mancha de um prato de porcelana cobriu-se a mesma com meio copo de água fria e algumas gotas de vinagre. Após deixar repousar de um dia para outro, verificou-se que a mancha tinha ficado um pouco mais clara.
Sugere uma alteração ao método que permita remover a mancha em menor tempo. Justifica.

Nesta questão pretendia-se que os alunos aplicassem os conhecimentos adquiridos a novas situações.

Os alunos poderiam propor diversas situações para remover a mancha, tais como:

- Aumentar a quantidade de vinagre aumentando a sua concentração e, consequentemente, a velocidade da reacção que leva à remoção da mancha;
- Adicionar água quente de forma a aumentar a temperatura à qual decorre a reacção e, consequentemente, aumentando a velocidade da reacção.

4.4.3.2 Etapa 2 – Apreciação das actividades propostas, pelos alunos

Nesta etapa pretendeu-se que os alunos dessem a sua opinião acerca das actividades propostas. Foram utilizados dois questionários o Questionário 1 e o Questionário 2 (Anexo 10 e Anexo 11).

O Questionário 1 era constituído por nove questões, sendo todas elas de resposta aberta. Contudo, nesta etapa, das nove questões apresentadas no questionário apenas foram consideradas quatro (questões 1, 2, 4 e 5) visto serem estas as que se referem a aspectos importantes para a avaliação das actividades propostas.

QUESTÕES DO QUESTIONÁRIO 1

– O que gostaste mais de fazer?

Nesta questão pretendia-se que os alunos referissem, de entre todas as actividades desenvolvidas neste projecto, aquela que gostaram mais de realizar.

– O que gostaste menos de fazer?

Nesta questão pretendia-se que os alunos referissem, de entre todas as actividades desenvolvidas neste projecto, aquela que gostaram menos de realizar.

– Foste tu que escolheste este tema, a "Fórmula 1" das Reacções Químicas? Porquê?

Nesta questão pretendia-se verificar qual o nível de motivação dos alunos para a participação no projecto, considerando que a motivação seria maior se tivessem sido os próprios a seleccionar o projecto.

– Correspondeu às tuas expectativas? Explica.

Pretendia-se com esta questão averiguar se o projecto tinha correspondido às expectativas dos alunos.

O Questionário 2 era composto por catorze questões e foi utilizado pela Universidade Júnior para uma avaliação do programa "Verão em Projecto", no qual se inseria o projecto "Fórmula 1 das Reacções Químicas, usando sensores e computadores". Das catorze questões apresentadas no questionário apenas foram consideradas as questões 9, 10, 11, 12, 13 e 14, uma vez que somente estas se referiam a aspectos importantes para a avaliação das actividades propostas.

QUESTÕES DO QUESTIONÁRIO 2

– Das razões a seguir indicadas assinala aquelas que te levaram a escolher este projecto:

- Interesse do tema □

- Relação com o curso que pretendo tirar □

- Orientação dos pais □

- Orientação do professor □

Nesta questão pretendia-se que os alunos identificassem, de entre as opções fornecidas, a ou as razões que os levaram a escolher este projecto.

– Considerando as tuas expectativas iniciais, indica-nos se este projecto que frequentaste:

- Ficou muito acima do que esperavas □

- Ficou acima do que esperavas □

- Correspondeu ao que esperavas □

- Ficou abaixo do que esperavas □

- Ficou muito abaixo do que esperavas □

Com esta questão pretendia-se conhecer se o projecto tinha correspondido às expectativas iniciais dos alunos.

– Numa escala de 1 a 5 classifica:

– As actividades deste programa quanto ao interesse – de <u>pouco</u> (1) a <u>muito</u> (5):

	1	2	3	4	5
Interesse das actividades:	□	□	□	□	□

– A relação que tiveste com o monitor – de <u>má</u> (1) a <u>muito boa</u> (5):

	1	2	3	4	5
Relação com o monitor:	□	□	□	□	□

– O ambiente geral vivido durante esta semana – de <u>pouco agradável</u> (1) a <u>muito agradável</u> (5):

	1	2	3	4	5
Ambiente geral:	□	□	□	□	□

Nesta questão pretendia-se que os alunos avaliassem, numa escala de 1 (pouco) a 5 (muito), o interesse das actividades desenvolvidas, a relação que tiveram com o monitor e o ambiente geral vivido durante o projecto.

– Numa escala de 1 a 5 classifica a forma como foram apresentadas as actividades deste projecto:

	1	2	3	4	5	
Fácil	□	□	□	□	□	***Difícil***
Estimulante	□	□	□	□	□	***Pouco Estimulante***
Apelando à Autonomia	□	□	□	□	□	***Muito Orientadas***
Criativas	□	□	□	□	□	***Pouco Criativas***
Prática	□	□	□	□	□	***Teórica***

Com esta questão pretendia-se que os alunos avaliassem, numa escala de 1 a 5, a forma como as actividades tinham sido apresentadas no que se refere: à facilidade ou dificuldade das actividades, se as actividades os tinham estimulado na sua realização, se a forma como as actividades tinham sido propostas apelava à autonomia ou se eram muito orientadas, se as consideravam criativas e se eram de índole mais teórica ou prática.

– Numa escala de 1 a 5 como classificas este projecto em termos de:

– Aprendizagens novas, de <u>poucas</u> (1) a <u>muitas</u> (5):

1	2	3	4	5
□	□	□	□	□

– Motivação para aprenderes mais coisas sobre o tema, de <u>pouca</u> (1) a <u>muita</u> (5):

1	2	3	4	5
□	□	□	□	□

Nesta questão pretendia-se que os alunos classificassem, numa escala de 1 a 5, o projecto quanto a novas aprendizagens e se eram actividades que os tinham motivado para aprendizagens futuras sobre o tema.

– Numa escala de 0 a 20, como classificas globalmente este programa:

Algarismo das Dezenas	***0*** □	***1*** □	***2*** □							
Algarismo das Unidades	***0*** □	***1*** □	***2*** □	***3*** □	***4*** □	***5*** □	***6*** □	***7*** □	***8*** □	***9*** □

Nesta questão pretendia-se que os alunos classificassem globalmente o projecto numa escala de 0 a 20.

4.5 Metodologia do estudo – Estudo de caso

Yin (1988) define um estudo de caso como uma abordagem empírica que investiga um fenómeno actual no seu contexto real, quando os limites entre determinados fenómenos e o seu contexto não são claramente evidentes, e no qual são utilizadas muitas fontes de dados.

Neste tipo de estudo, o investigador tem a possibilidade de estudar um único caso ou casos múltiplos, não podendo contudo exercer controlo sobre os acontecimentos.

Yin (1988) identifica cinco características de um bom estudo de caso, nomeadamente ser relevante, completo, considerar perspectivas alternativas de explicação, evidenciar uma recolha de dados adequada e suficiente e ser apresentado de uma forma que motive o leitor.

São ainda de salientar as características do estudo de caso identificadas por Merriam (1988), referindo-se a estudos de caso qualitativos:

- **Particular –** porque se focaliza numa determinada situação, acontecimento, programa ou fenómeno;
- **Descritivo –** porque o produto final é uma descrição "rica" do fenómeno que está a ser estudado;
- **Heurístico –** porque conduz à compreensão do fenómeno que está a ser estudado;
- **Indutivo –** porque a maioria destes estudos tem como base o raciocínio indutivo;
- **Holístico –** porque tem em conta a realidade na sua globalidade. É dada uma maior importância aos processos do que aos produtos, à compreensão e à interpretação.

Tal como se verifica para qualquer outra técnica de investigação em educação, um estudo de caso é constituído por diferentes etapas, tais como a definição da pergunta de partida, a exploração e a observação, as quais devem ser cuidadosamente planificadas.

Note-se que, a natureza dos dados recolhidos, qualitativa e/ou quantitativa, condiciona a planificação das várias etapas que constituem um estudo de caso.

Yin (1988) dá especial relevância à definição das questões da investigação, tais como:

- As proposições que focalizam a atenção do investigador sobre algo que deverá ser observado durante o estudo;
- A(s) unidade(s) de análise que poderão ser um ou mais indivíduos, instituições ou grupos sociais, conforme se trate do estudo de um caso único ou de casos múltiplos;
- A lógica que liga os dados às proposições e
- Os critérios para a interpretação dos resultados.

Yin (1988) salienta ainda que não há uma orientação precisa ou pré-estabelecida para os dois últimos pontos que constituem a fase de análise de dados.

Por outro lado, Merriam (1988), referindo-se em particular aos estudos de caso qualitativos, considera que o investigador deve começar por definir o problema da investigação para em seguida formular as questões de investigação. Estas questões não podem ser muito específicas e devem ir de encontro a processos (porque é que algo acontece e como) e à tentativa de compreensão dos acontecimentos (o que aconteceu, porquê e como). Só depois de concretizar estes pontos é que o investigador deverá proceder à escolha da unidade de análise ou "caso". Merriam (1988) refere ainda que existem varias técnicas para a selecção de "casos", sendo as não probabilísticas as mais apropriadas para estudos de caso qualitativos.

A realização de uma revisão da literatura, de natureza teórica ou investigativa, relativa à área de estudo do estudo de caso, constitui um componente fundamental do processo de investigação pois poderá contribuir para a conceitualização do problema, para a realização do estudo, por exemplo, orientando o investigador na escolha das técnicas de recolha de dados, e para a interpretação dos resultados.

Nos estudos de caso, tal como se verifica para as restantes técnicas de investigação, é usual recorrer a diferentes técnicas de recolha de dados, sendo as mais comuns a observação, a entrevista, a análise documental e o questionário.

A realização de uma análise de dados rigorosa é fundamental em qualquer investigação e, no caso dos estudos de caso, esta deverá ser feita à medida que o investigador procede à recolha dos dados.

Nos estudos de caso, como em quaisquer outros estudos, torna-se necessário assegurar a validade, interna e externa, e a fiabilidade do estudo.

A validade interna de um estudo diz respeito à correspondência entre os resultados e a realidade, ou seja, à necessidade de garantir que estes traduzam a realidade estudada. Esta pode ser assegurada de diferentes maneiras como, por exemplo:

- Por triangulação, isto é, utilizando vários investigadores, várias fontes de dados ou diferentes métodos;
- Verificando se os dados recolhidos estão de acordo com o que os participantes disseram ou fizeram e se a sua interpretação foi bem feita;
- Observando o fenómeno em estudo durante um período de tempo longo ou realizando observações repetidas do mesmo;
- Discutindo os resultados com outros investigadores;
- Envolvendo os participantes em todas as fases da investigação.

Contudo, a validade externa, associada à possibilidade de generalização dos resultados a outras situações, continua a ser debatida.

Por sua vez, a fiabilidade está relacionada com a replicação do estudo, ou seja, com a necessidade de assegurar que os resultados obtidos seriam idênticos aos que se alcançariam caso o estudo fosse repetido.

A fiabilidade pode ser garantida sobretudo através de uma descrição pormenorizada e rigorosa da forma como o estudo foi realizado, o que implica que o investigador deve apresentar, não só uma explicitação dos pressupostos e da teoria subjacentes ao próprio estudo, mas também uma descrição do processo de recolha de dados e da forma como se obtiveram os resultados.

4.6 Metodologia da recolha de dados

Note-se que, tal como se verifica para qualquer outra técnica de investigação em educação, um estudo de caso é constituído por diferentes etapas, tais como a definição da pergunta de partida, a exploração e a observação, as quais devem ser cuidadosamente planificadas.

No caso concreto da etapa de exploração é possível recorrer a diferentes técnicas de recolha de dados. No presente estudo optou-se por recorrer a questionários, à observação e ao diálogo.

4.6.1 Observação

Cohen & Manion (1997) identificam a existências de dois tipos de observação, nomeadamente a observação participante e a observação não participante.

No caso da observação participante verifica-se que os observadores intervêm em todas as actividades que se propõem observar. Por vezes, os investigadores chegam inclusivé a envolverem-se de tal forma que, no que concerne os restantes elementos do grupo, são considerados como apenas outro elemento do grupo.

Por outro lado, na observação não participantes os observadores limitam-se a efectuar as observações pretendidas. O exemplo mais ilustrativo desta técnica de recolha de dados é provavelmente a situação em que o observador se senta no fundo da sala de aula codificando, de três em três segundos, as trocas verbais entre o professor e os alunos através de um conjunto estruturado de categorias observacionais.

É de salientar que, usualmente, o tipo de observação utilizado pelo investigador está directamente relacionado com os moldes em que a investigação é levada a cabo.

Tal como qualquer outra técnica de investigação em educação, a observação participante apresenta algumas vantagens e desvantagens. O Quadro 4.5 resume algumas das vantagens e desvantagens identificadas por alguns autores.

Quadro 4.4 – Principais vantagens e desvantagens da observação participante.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
▪ Estes estudos são superiores aos experimentais e às investigações, quando os dados são recolhidos a partir de comportamentos não verbais; ▪ Os investigadores são capazes de distinguir os comportamentos à medida que estes se verificam e são capazes de tomar notas apropriadas acerca das suas principais características; ▪ Os investigadores podem estabelecer relações mais íntimas e informais com os indivíduos que estão a observar; ▪ As observações são menos reactivas que outros métodos de recolha de dados.	▪ É subjectiva; ▪ Com bias; ▪ Impressionante; ▪ Idiossincrática; ▪ Apresentam falta de medições precisas quantificáveis; ▪ Perigo associado a algumas observações participantes.

4.6.2 Questionário

Os questionários são instrumentos de investigação que visam recolher informações baseando-se, geralmente, na inquisição de um grupo representativo da população em estudo.

Para tal, coloca-se uma serie de questões que abrangem um tema de interesse para os investigadores, não havendo interacção directa entre estes e os inquiridos.

A importância dos questionários passa também pela facilidade com que se interroga um elevado número de pessoas, num espaço de tempo relativamente curto.

Estes podem ser de natureza social, económica, familiar, profissional, relativos às suas opiniões, à atitude em relação a opções ou a questões humanas e sociais, às suas expectativas, ao seu nível de conhecimentos ou de consciência de um acontecimento ou de um problema, etc.

Note-se que é extremamente importante a existência de rigor na selecção do tipo de questionário, sem nunca esquecer o que se quer e como se vai avaliar, de modo a aumentar a credibilidade do mesmo.

Atendendo ao tipo de questões utilizadas é possível distinguir diferentes tipos de questionários, nomeadamente os questionários abertos, os questionários fechados e os questionários aberto/fechado (Ghiglione *et al*. 1997).

Questionário aberto

O questionário do tipo aberto é aquele que utiliza questões de resposta aberta. Este tipo de questionário proporciona respostas de maior profundidade pois dá ao sujeito uma maior liberdade de resposta, podendo esta ser redigida pelo próprio.

Este tipo de questionário tem como vantagem o facto de poderem ser administrados pelos professores nas suas práticas pedagógicas como um exercício de papel e lápis, sem limitação de espaço para os alunos responderem.

Por outro lado, as principais desvantagens deste tipo de questionário são:

- a interpretação das questões, pelos inquiridos, é significativamente influenciada pelo tipo de linguagem usada, possibilitando uma leitura múltipla de uma mesma mensagem;
- a dificuldade na interpretação das descrições feitas pelos inquiridos, pelo facto deles terem dificuldades em expressarem as suas ideias e
- as respostas longas acarretam dificuldades acrescidas no tratamento de dados.

Questionário fechado

Os questionários do tipo fechado são constituídos por questões de resposta fechada, onde os inquiridos não podem apresentar justificações para as suas respostas nem compor as

suas próprias explicações. Assim, os questionários fechados são bastante objectivos e requerem um menor esforço por parte dos sujeitos aos quais é aplicado.

Há várias tipologias para este tipo de questionários, tais como questionários onde os inquiridos devem classificar as afirmações que são apresentadas como verdadeiras ou falsas (questionário tipo verdadeiro/falso), questionários onde os inquiridos devem escolher qual a afirmação que consideram correcta (questionários de escolha múltipla), entre outros (Ghiglione *et al*, 1997).

As principais vantagens dos questionários fechados são a possibilidade de:

- Obter uma grande variedade de comportamentos de um mesmo indivíduo;
- Ser tratado quantitativamente e
- Ser utilizado pelo professor na sala de aula.

A principal desvantagem dos questionários fechados é o facto da interpretação das questões, pelo aluno, ser dependente da linguagem usada e de facilitar a resposta a sujeitos que não saberiam, ou que poderiam ter dificuldade acrescida em responder a uma determinada questão.

Questionário aberto/fechado

Por sua vez, os questionários do tipo aberto/fechado permitem aos alunos dar explicações acerca faz questões colocadas, mas limitados por um espaço reduzido para escreverem as suas respostas.

As vantagens dos questionários abertos/fechados são:

- São fáceis de administrar, podem ser usados pelos professores na sala de aula e não necessitam de métodos complicados de tratamento de dados.

As principais desvantagens dos questionários abertos/fechados são:

- A dependência da interpretação das questões, pelo aluno, da linguagem usada e
- A dificuldade na interpretação das descrições feitas pelos alunos por eles terem dificuldade em exprimirem as suas ideias.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS

Ao longo deste capítulo será efectuada a apresentação e discussão dos resultados obtidos no estudo. Os resultados serão apresentados para a fase de debate acerca de alguns conceitos e pré-requisitos, para cada uma das etapas que constituem a fase de implementação da estratégia de ensino/aprendizagem e para a fase de avaliação final.

5.1 Fase I – Debate acerca de alguns conceitos/pré-requisitos

Nesta primeira fase do estudo pretendeu-se identificar eventuais dificuldades dos alunos relacionadas com os pré-requisitos (§ 4.3.3), as ideias dos alunos acerca da velocidade de reacções químicas e se atribuíam alguma importância à velocidade das reacções químicas no quotidiano.

A análise da gravação áudio do debate inicial permitiu constatar que os alunos revelavam algumas dificuldades na:

- Interpretação das reacções químicas como rearranjos de átomos;
- Identificação da informação, qualitativa e quantitativa, fornecida pelas equações químicas;
- Reconhecimento de que a velocidade de uma reacção química é inversamente proporcional ao tempo necessário para o consumo de uma dada quantidade de reagente ou para a formação de uma dada quantidade de produto;
- Reconhecimento de que reacções químicas diferentes se processam com velocidade diferente;
- Compreensão do efeito dos factores passíveis de alterar a velocidade das reacções químicas e
- Identificação de procedimentos experimentais que permitam avaliar a velocidade das reacções químicas.

Verificou-se ainda que os alunos não atribuíam importância à velocidade das reacções químicas no dia-a-dia.

Atendendo às dificuldades encontradas, a monitora deu algumas explicações aos alunos abordando os seguintes aspectos:

- As moléculas envolvidas numa dada reacção química devem colidir entre si com uma energia tal que permita a quebra de ligações químicas e, consequentemente, a reorganização dos átomos dos reagentes. Assim, a ocorrência de uma reacção química implica a colisão entre corpúsculos, a quebra de ligações químicas e a formação de novas ligações químicas.

- A avaliação da velocidade das reacções químicas pode ser feita com base:
  - ❖No intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de produto,
  - ❖Na quantidade de produto formado num dado intervalo de tempo ou
  - ❖No intervalo de tempo necessário para o consumo de um ou mais reagentes
- Os factores passíveis de alterar a velocidade de reacção são a concentração, a temperatura e a área superficial de contacto entre os reagentes. Recorrendo à análise de alguns exemplos do quotidiano a monitora abordou e realçou o efeito e a importância de cada um destes factores.

O Diagrama 5.1 resume as dificuldades demonstradas pelos alunos, identificadas ao longo do debate realizado na Fase I deste estudo.

CONTEÚDO		DIFICULDADES IDENTIFICADAS
REACÇÕES QUÍMICAS	→	▪ Interpretação das reacções químicas como rearranjos de átomos; ▪ Compreensão de que a ocorrência de uma reacção química implica a colisão entre corpúsculos, a quebra de ligações químicas e a formação de novas ligações químicas;
EQUAÇÕES QUÍMICAS	→	▪ Compreensão da informação, qualitativa e quantitativa, fornecida pelas equações químicas;
VELOCIDADE DAS REACÇÕES QUÍMICAS	→	▪ Compreensão de que a velocidade de uma reacção química é inversamente proporcional ao tempo; ▪ Compreensão de que reacções químicas diferentes se processam com velocidade diferente; ▪ Compreensão do efeito que cada um dos factores tem sobre a velocidade de uma reacção química; ▪ Identificação de procedimentos experimentais que permitam avaliar a velocidade das reacções químicas;

Diagrama 5.1 – Dificuldades demonstradas pelos alunos.

5.2 Fase II – Estratégia de ensino/aprendizagem

A metodologia utilizada na Fase II deste estudo encontra-se descrita em § 4.4.2.

5.2.1 Etapa 1 – Familiarização dos alunos com SATD (sensores e software adequado)

Nesta etapa pretendeu-se familiarizar os alunos com os SATD a ser utilizados, nomeadamente com alguns sensores (sensor de *som*, o sensor de *luz*, o sensor de *pulsação* e o sensor de *temperatura*) e com a respectiva interface e software, e a aquisição das técnicas necessárias ao seu manuseamento, cuidados a ter e como fazer medições durante a sua utilização.

A estratégia delineada consistiu, essencialmente, em conferir aos alunos alguma liberdade na experimentação dos diferentes sensores.

Assim, de uma forma motivadora e divertida, os alunos compararam a intensidade sonora produzida por alguns instrumentos musicais ou pela sua própria voz (sensor de *som*), verificaram qual a efectividade dos óculos de Sol na diminuição da intensidade luminosa que atinge os nossos olhos (sensor de *luz*), registaram o batimento médio do seu coração (sensor de *pulsação*) e a variação da temperatura ao longo da dissolução, em água, de preparado em pó para preparar uma bebida aromatizada, de uma pastilha de antiácido e de desentupidor de canos (sensor de *temperatura*).

Dado que este era o primeiro contacto com sensores deste tipo para os alunos Ana e Pedro, a monitora, iniciou esta etapa do estudo com uma breve explicação acerca do funcionamento, manuseamento e dos cuidados a ter na utilização dos sensores, bem como acerca do funcionamento e das potencialidades dos SATD.

A – REALIZAÇÃO

Os resultados indicam que os alunos se adaptaram com relativa facilidade aos equipamentos e software de uso didáctico, não revelando quaisquer dificuldades na sua utilização.

B – PÁGINA WEB

Os alunos produziram uma página web onde eram referidos os aspectos tratados nesta etapa (http://educa.fc.up.pt/ciencia_viva/index.php?id_escola=103).

Na página web elaborada, os alunos apresentaram imagens de vários sensores, explicaram o que tinham feito e apresentaram os gráficos obtidos com os diferentes sensores.

Os sensores, bem como o software, foram os aspectos mais relevantes para os alunos.

Na Figura 5.1 apresenta-se um excerto da página Web elaborada pelos alunos, acerca dos sensores usados e de uma representação gráfica obtida.

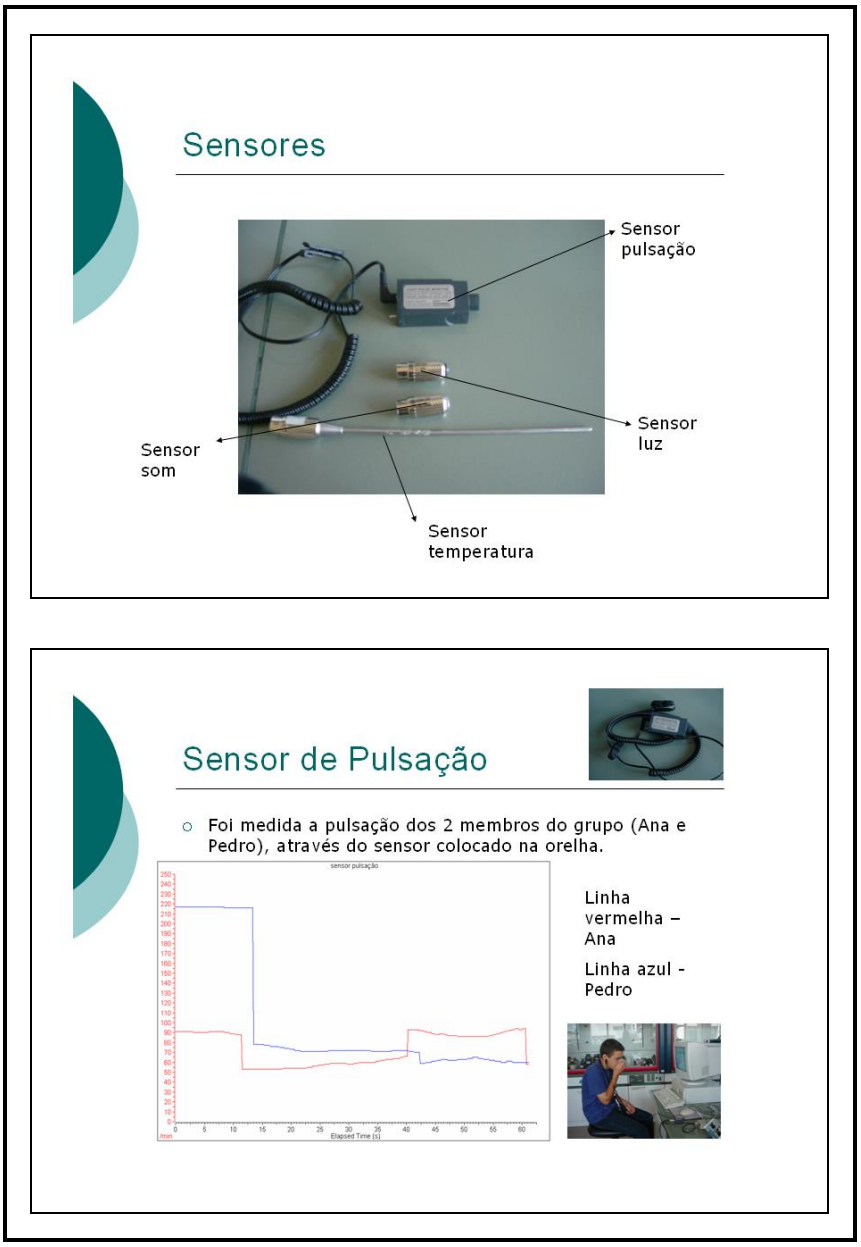


Figura 5.1 – Familiarização com os sensores.

É também de salientar a capacidade de síntese, o sentido estético na apresentação de informação e o nítido à vontade demonstrado pelos alunos na utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC).

A Ana mostrou ser o elemento com mais iniciativa na realização das actividades.

5.2.2 Etapa 2 – Estudo do efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de uma reacção química (Reacção química entre tiossulfato de sódio e ácido clorídrico)

Nesta etapa pretendia-se que os alunos, utilizando SATD:

- Identificassem a concentração como um dos factores de que depende a velocidade das reacções químicas;
- Compreendessem a relação experimental entre a variação da velocidade e a variação da concentração, tendo em atenção a variação da percentagem de luz que atravessa a mistura reaccional ao longo do tempo, a qual se relaciona com a quantidade de precipitado formado;
- Concluíssem que quanto maior a concentração inicial dos reagentes, maior a velocidade com que decorre uma reacção química.

Os resultados vão ser apresentados em dois itens, no que se refere à realização experimental (A) e à apresentação e discussão dos resultados (B).

A – REALIZAÇÃO

A.1 – INTERPRETAÇÃO DA INFORMAÇÃO FORNECIDA PELA EQUAÇÃO QUÍMICA

Atendendo a que os alunos não foram capazes de prever a formação de um precipitado no decurso da reacção química, apesar da equação química ser fornecida, a monitor teve que fornecer essa informação.

A.2 – REALIZAÇÃO DA MONTAGEM EXPERIMENTAL

Os alunos não conseguiram, através da figura fornecida, compreender como deveriam proceder para efectuar a montagem experimental. A monitora teve que os ajudar.

Depois das explicações dadas pela monitora, os alunos tentaram realizar a montagem mas revelaram alguma dificuldade em concentrar o feixe de luz e alinhá-lo com o sensor, tendo sido ajudados pela monitora.

Todavia, os alunos não tiveram dificuldade em compreender a necessidade de algumas exigências da montagem, tais como: o alinhamento da lanterna com o sensor de modo a que o feixe de luz atravessasse a mistura reaccional, a necessidade de agitação e a utilidade da cartolina preta.

Na Figura 5.2 apresenta-se uma fotografia da montagem experimental realizada pelos alunos.

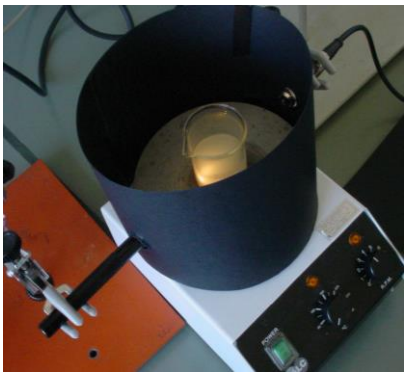


Figura 5.2 – Montagem experimental efectuada pelos alunos.

A.3 – PLANEAMENTO

Depois de a monitora ter verificado a montagem experimental, os alunos deveriam planear as experiências. A monitora teve que os ajudar.

Em seguida apresentam-se os aspectos a considerar ao longo do planeamento.

A.3.1 – DEFINIÇÃO DO CONTROLO DE VARIÁVEIS

Os alunos não foram capazes de definir o controlo de variáveis a efectuar.

A monitora explicou então que, para avaliar o efeito de um dado factor, é necessária a realização de vários ensaios, onde todas as condições experimentais se mantêm constantes excepto uma, aquela cujo efeito se pretende avaliar.

Após esta breve explicação, a Ana não teve dificuldade em definir que deveriam variar a concentração inicial de um dos reagentes envolvidos na reacção química em estudo, de ensaio para ensaio.

Atendendo a que o Pedro não conseguiu acompanhar o raciocínio da Ana, a monitora estabeleceu então uma analogia com o estudo do efeito da utilização de um tipo de adubo. Referiu que para poder avaliar o efeito da utilização do adubo, um agricultor deveria cultivar dois campos exactamente do mesmo modo, sendo a única diferença entre eles um ter adubo e o outro não. Depois de acompanhar, dia-a-dia, o desenvolvimento das culturas, o agricultor teria que observar as diferenças entre os dois campos para poder concluir acerca do efeito do adubo. Este exemplo ajudou o Pedro.

Os alunos acordaram que iriam variar a concentração inicial do ácido clorídrico, enquanto a do tiossulfato de sódio permanecia constante, de ensaio para ensaio.

Note-se que nenhum dos alunos foi capaz de reconhecer que soluções preparadas a partir de diferentes volumes de uma solução de ácido clorídrico com uma dada concentração a que foi adicionada água desionizada de modo a que o volume final fosse o mesmo para todas

as soluções, apresentavam diferente concentração desse reagente. A monitora discutiu com os alunos o conceito de concentração.

A monitora teve que identificar a intensidade de luz que atravessa o meio reaccional como a propriedade física cuja variação permite acompanhar o decurso da reacção, bem como a percentagem de luz que atravessa o meio reaccional como a grandeza a medir.

A.3.2 – DEFINIÇÃO DAS QUANTIDADES A ADICIONAR DE CADA UM DOS REAGENTES

A monitora deu indicações acerca dos volumes a adicionar de cada um dos reagentes.

A.3.3 – PLANEAMENTO DA ORDEM DE ADIÇAO DOS REAGENTES E DA SEQUÊNCIA A SEGUIR NA EXECUÇÃO DOS ENSAIOS

Os alunos, após as explicações anteriores, consideraram estar em condições de realizar a experiência sem apoio da monitora. Contudo, não foram capazes de definir a ordem de adição dos reagentes e a sequência a seguir para a realização dos ensaios, nem de distribuir tarefas entre os elementos do grupo.

A.4 – REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

A Ana que aparentava ter maior peso na tomada de decisões, realizou o primeiro ensaio praticamente sem a ajuda do Pedro, o qual se mostrou mais inseguro. Verificou-se que os alunos apenas iniciaram o registo de dados após a adição total do último reagente. Deste modo, a monitora constatou que os alunos não foram capazes de dividir tarefas e que não tinham a noção de que deveriam iniciar a recolha de dados a partir do momento em que iniciavam a adição do último reagente.

Os resultados obtidos no primeiro ensaio realizado pelos alunos foram rejeitados por não terem sido recolhidos nas condições mais adequadas.

A monitora ajudou o grupo e acompanhou-o ao longo da realização do ensaio seguinte. Na Figura 5.3 apresenta o gráfico obtido pelo grupo.

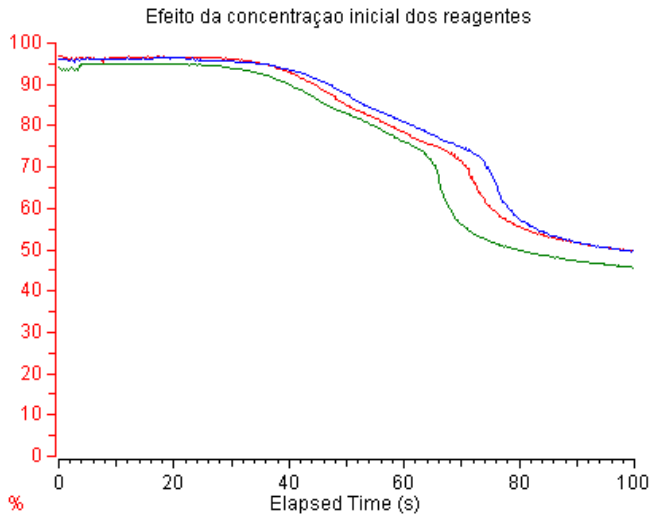


Figura 5.3 – Estudo do efeito da concentração sobre a velocidade da reacção entre tiossulfato de sódio e ácido clorídrico.

Relativamente à realização do trabalho experimental, a Ana mostrou-se bastante segura e à vontade, o que indica o desenvolvimento de competências resultantes da realização de trabalho laboratorial na escola ao longo do 10º e do 11º ano de escolaridade.

O Pedro, contudo, mostrou-se muito inseguro na realização das várias tarefas (não tinha realizado qualquer tipo de trabalho laboratorial antes de vir participar nestas actividades). Não sabia como se utilizava a pompete, nem como efectuar a leitura de um volume numa proveta ou uma pipeta volumétrica. À medida que iam surgindo dúvidas, a monitora ia dando explicações sobre os aspectos apresentados.

Os alunos foram capazes de utilizar adequadamente e sem dificuldade o SATD.

A.5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Relativamente à interpretação do gráfico obtido, os alunos não foram capazes de o interpretar e, consequentemente, de concluir acerca do efeito da concentração sobre a velocidade da reacção. Os alunos apenas foram capazes de reconhecer que a percentagem de luz que atravessava o meio reaccional diminuía ao longo do tempo.

A monitora ajudou os alunos na interpretação do gráfico. Começou por chamar a atenção dos alunos para o facto da reacção química ser uma reacção de precipitação, onde a formação do precipitado leva à diminuição da percentagem de luz que atravessa o meio reaccional ao longo do tempo. A Ana acrescentou então que o precipitado provocava a dispersão da luz transmitida através do meio reaccional. Contudo, o Pedro demonstrou alguma dificuldade em compreender a forma como o precipitado interferia com a luz.

De seguida, a monitora explicou que deveriam começar por determinar o intervalo de tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de produto, em cada um

dos ensaios. Como a percentagem de luz que atravessa o meio reaccional está associada à formação de uma dada quantidade de produto, o intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de produto podia ser determinado com base na determinação do intervalo de tempo necessário para a diminuição da percentagem de luz que atravessa o meio reaccional até um dado valor. Os alunos procederam então a leitura dos intervalos de tempo necessários para que a percentagem de luz que atravessa o meio reaccional diminua até um determinado valor.

Relembrando que o intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de produto é inversamente proporcional à velocidade da reacção, foi possível concluir que a velocidade da reacção é directamente proporcional à concentração inicial dos reagentes.

O Pedro teve bastante dificuldade em compreender a relação existente entre a percentagem de luz que atravessa a solução e a quantidade de precipitado formado. A monitora teve que recorrer novamente a analogias para ajudar o aluno a superar esta dificuldade.

O Quadro 5.1 resume os resultados obtidos, para os alunos, na realização desta actividade.

Quadro 5.1 – Resultados obtidos, para o grupo, na realização da Actividade Experimental 1.

O QUE SE PRETENDIA DOS ALUNOS	
▪ Preveja a formação de um precipitado	✗
▪ Realize a montagem experimental adequada à realização da actividade, incluindo o ajuste dos sensores a ser utilizados, com base no esquema fornecido na Ficha de Trabalho	✗
▪ Reconheça que o controlo de variáveis implica manter todas as condições experimentais excepto uma, aquela cujo efeito se pretende avaliar	✗
▪ Reconheça que a concentração inicial dos reagentes como a variável cujo efeito se pretende avaliar	✗
▪ Defina que a concentração inicial do tiossulfato de sódio (ou do ácido clorídrico) deve variar de ensaio para ensaio, enquanto a do ácido clorídrico (ou do tiossulfato de sódio) permanece constante	✓
▪ Reconheça que soluções preparadas a partir de diferentes volumes de uma solução de tiossulfato de sódio (ou ácido clorídrico) com uma dada concentração a que foi adicionada água desionizada de modo a que o volume final seja o mesmo para todas as soluções, apresentam diferente concentração desse reagente	✗
▪ Defina os volumes a adicionar de cada um dos reagentes	✗
▪ Identifique a quantidade de precipitado formado como a propriedade física cuja variação permite acompanhar o decurso da reacção	✗
▪ Reconheça a percentagem de luz que atravessa o meio reaccional como a grandeza a medir	✗
▪ Defina a ordem de adição dos reagentes e a sequência a seguir para a realização dos ensaios	✗
▪ Distribua tarefas entre os elementos do grupo	✗
▪ Junte todos os reagentes, excepto o tiossulfato de sódio (ou o ácido clorídrico), no meio reaccional	✗
▪ Adicione o tiossulfato de sódio (ou o ácido clorídrico) ao meio reaccional e, em simultâneo, inicie o registo da percentagem de luz que atravessa o meio reaccional ao longo do tempo	✗
▪ Reconheça a ocorrência de uma reacção química de precipitação	✗
▪ Reconheça que a formação do precipitado leva à diminuição da percentagem de luz que atravessa o meio reaccional ao longo do tempo	✗
▪ Utilize adequadamente o SATD	✓
▪ Interprete o gráfico	✗
▪ Reconheça que a percentagem de luz que atravessa o meio reaccional diminui ao longo do tempo	✓
▪ Associe um dado valor de percentagem de luz que atravessa o meio reaccional à formação de uma dada quantidade de produto	✗
▪ Determine o intervalo de tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de produto, em cada um dos ensaios	✗
▪ Reconheça que o intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de produto é inversamente proporcional à velocidade da reacção	✗
▪ Conclua que a velocidade da reacção é directamente proporcional à concentração inicial dos reagentes	✗

Legenda: ✓ – Conseguido sem ajuda ✗ – Conseguido com ajuda

B – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a realização da actividade experimental, os alunos procederam à preparação e apresentação oral, em grupo, de uma página web, bem como à exposição, escrita e individual, das suas conclusões na ficha de trabalho.

B.1 – PÁGINA WEB

Atendendo a que se pretendia que os alunos abordassem um conjunto de itens, os resultados serão apresentados para cada um dos mesmos.

Assim, apresenta-se em seguida alguns extractos da página web construída pelos alunos (http://educa.fc.up.pt/ciencia_viva/index.php?id_escola=103) e a discussão gerada em torno de alguns itens.

B.1.1 – REACÇÃO QUÍMICA

Os alunos apresentaram a equação química que traduz a reacção química em estudo nesta actividade experimental.

Na Figura 5.4 apresenta-se um excerto da página Web, acerca da reacção química estudada.

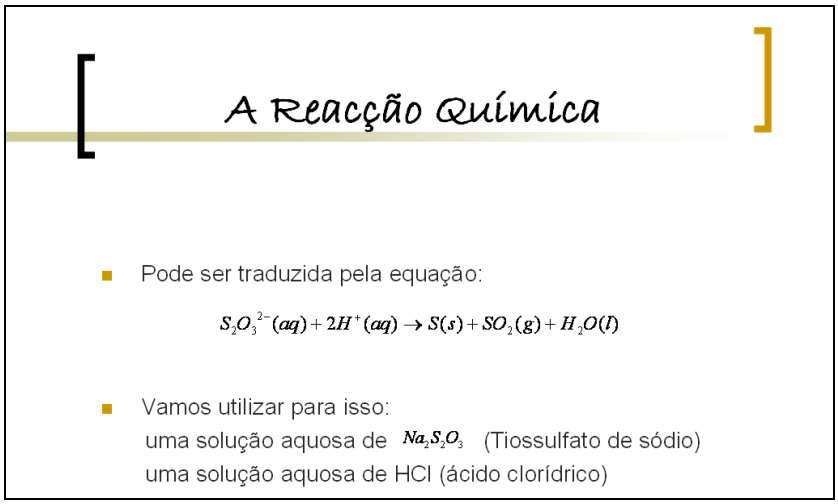


Figura 5.4 – Reacção química.

B.1.2 – OBJECTIVO

Os alunos apresentaram o objectivo da actividade experimental na página web. Contudo, embora tivessem referido que pretendiam estudar o efeito da variação da

concentração inicial dos reagentes, não referiram que o efeito em estudo era o efeito que essa variação tinha sobre a velocidade de reacção.

Na Figura 5.5 apresenta-se um excerto da página Web, acerca do objectivo da actividade experimental.

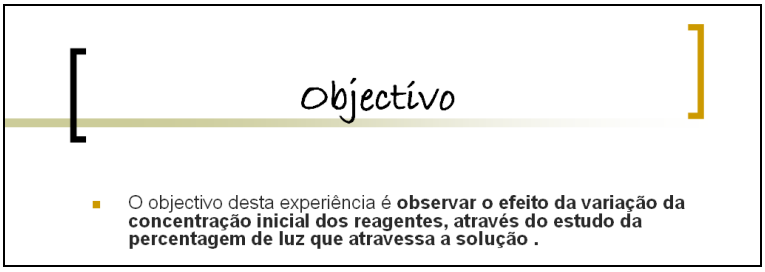


Figura 5.5 – Objectivo.

Perante isto a monitora colocou algumas questões aos alunos para identificar se eles tinham compreendido qual era o objectivo da actividade experimental. Os alunos mostraram que tinham compreendido o objectivo.

Exemplo (extracto da discussão):

> MONITORA – O objectivo desta experiência é observar o efeito da variação da concentração inicial dos reagentes. Sobre alguma coisa?
>
> ANA – Sobre a rapidez da reacção.

B.1.3 – MATERIAL

Os alunos apresentaram uma listagem do material utilizado na actividade experimental. Contudo, os alunos não fizeram referência à pompete e à placa de aquecimento com agitação chamaram agitador magnético.

Na Figura 5.6 apresenta-se um excerto da página web acerca do material utilizado.

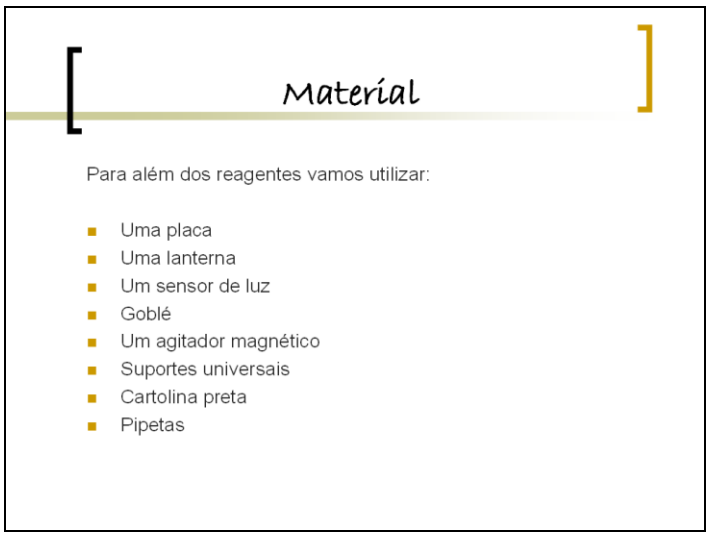
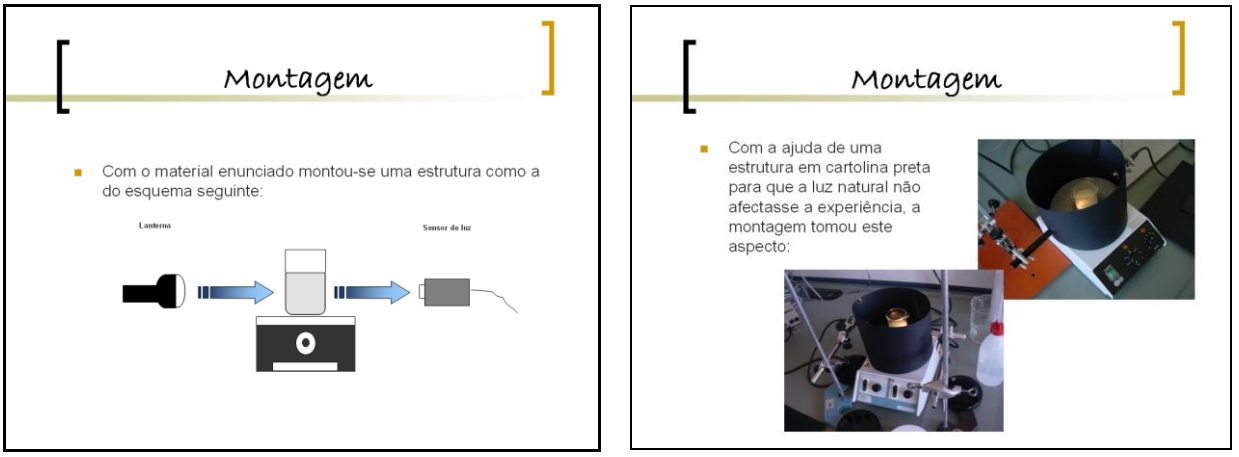


Figura 5.6 – Material.

B.1.4 – MONTAGEM EXPERIMENTAL

Os alunos apresentaram uma fotografia da montagem experimental efectuada.

Na Figura 5.7 apresenta-se um excerto da página web acerca da montagem experimental.



(a) **(b)**

Figura 5.7 – Montagem experimental.

Os alunos apresentaram adequadamente a montagem experimental.

B.1.5 – CONTROLO DE VARIÁVEIS

Os alunos apresentaram informação acerca da quantidade adicionada de cada um dos reagentes nos diferentes ensaios, bem como acerca do controlo de variáveis efectuado.

Na Figura 5.8 apresenta-se um excerto da página web.

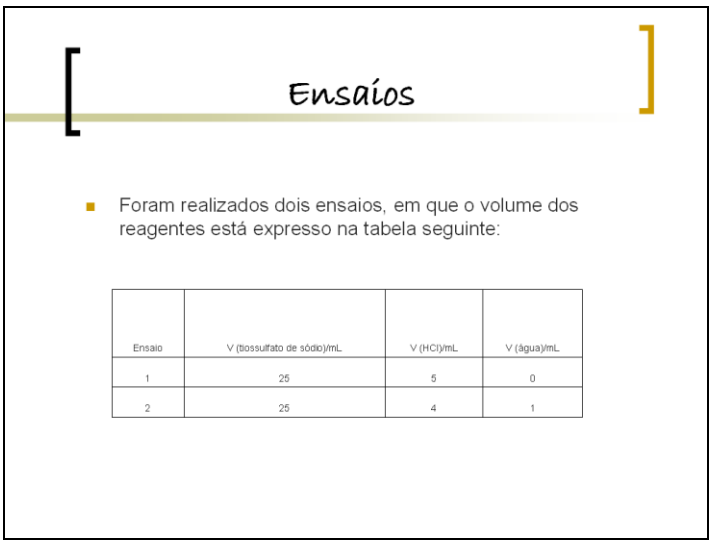


Figura 5.8 – Quantidades adicionadas de cada um dos reagentes.

Os alunos referiram a "percentagem de luz que atravessa a solução" como a propriedade que lhes permitiu acompanhar o decurso da reacção química e que tinham feito

variar a concentração inicial do ácido clorídrico e o controlo de variáveis efectuado. Contudo, esta referência foi efectuada em simultâneo com o objectivo.

Na Figura 5.9 apresenta-se um excerto da página web, onde os alunos fazem referência ao controlo de variáveis efectuado.

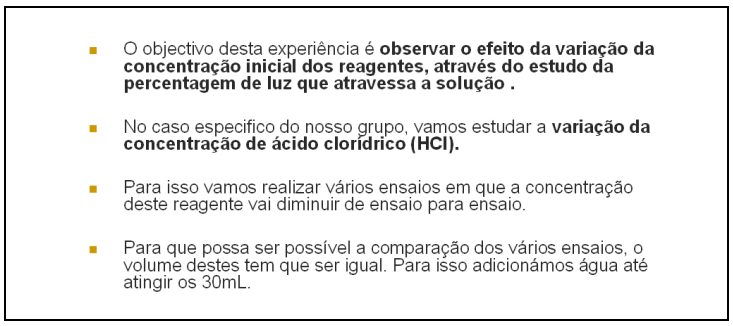


Figura 5.9 – Controlo de variáveis.

Quando questionados sobre o que tinham acompanhado experimentalmente, os alunos referiram que tinham acompanhado a formação do produto, do precipitado, mostrando que compreendiam o que se passava no decorrer da reacção. Os alunos mostraram ainda que compreendiam a relação existente entre a percentagem de luz que atravessava o meio reaccional e a quantidade de precipitado formado.

É de salientar que, ao longo da realização da actividade experimental, o Pedro tinha revelado algumas dificuldades na compreensão do efeito do precipitado sobre a intensidade do feixe de luz. No entanto, o seu diálogo indica que estas dificuldades foram superadas.

Exemplo (extracto da discussão):

MONITORA – Experimentalmente, o que é que vocês acompanharam...

ANA – A formação do produto.

PEDRO – Do precipitado.

MONITORA – Acompanharam a formação do precipitado e viram isso acompanhando a variação da percentagem de luz que atravessava uma dada solução. E o que é que acontecia a essa percentagem de luz, Pedro?

PEDRO – Diminuía conforme a rapidez com que se formava o precipitado. (…)

MONITORA – E o precipitado…

PEDRO – Impedia a passagem da luz.

Relativamente ao controlo de variáveis necessário para avaliar a relação existente entre a velocidade e a concentração, a Ana compreendeu o controlo efectuado mas o Pedro não.

A Ana referiu correctamente que fizeram variar a concentração inicial de um dos reagentes (HCl), de ensaio para ensaio, e explicou ainda que, para tal, diminuíram o volume

inicial de ácido clorídrico e adicionaram água, por forma a garantir que o volume total de solução permanecia constante.

Exemplo (extracto da discussão):

> MONITORA – Quando diminuíram a quantidade ou volume do ácido clorídrico, o que adicionaram?
>
> ANA – Água, até perfazer os 30 mL.
>
> MONITORA – E porque é que adicionaram água e não outra coisa?
>
> ANA – Porque eram soluções aquosas. Os reagentes são soluções aquosas e por isso a água já faz parte da sua constituição. (…) Assim só alteramos uma concentração, a concentração do ácido clorídrico. Tudo o resto está nas mesmas condições.
>
> MONITORA – O que vocês fazem é diminuir o volume de ácido clorídrico. O volume inicial mantém-se constante, logo a concentração do ácido clorídrico é maior ou menor?
>
> ANA – É menor. (…) Porque estamos a diluir, logo a concentração diminui.

O Pedro não percebeu que se tratava de soluções com igual volume e diferente concentração. A monitora explicou o conceito de concentração e o modo como se pode quantificar, dando alguns exemplos.

B.1.6 – GRÁFICO OBTIDO

Os alunos apresentaram a representação gráfica dos resultados obtidos ao longo da realização desta actividade experimental.

Na Figura 5.10 apresenta-se um excerto da página web onde se apresenta o gráfico obtido pelos alunos.

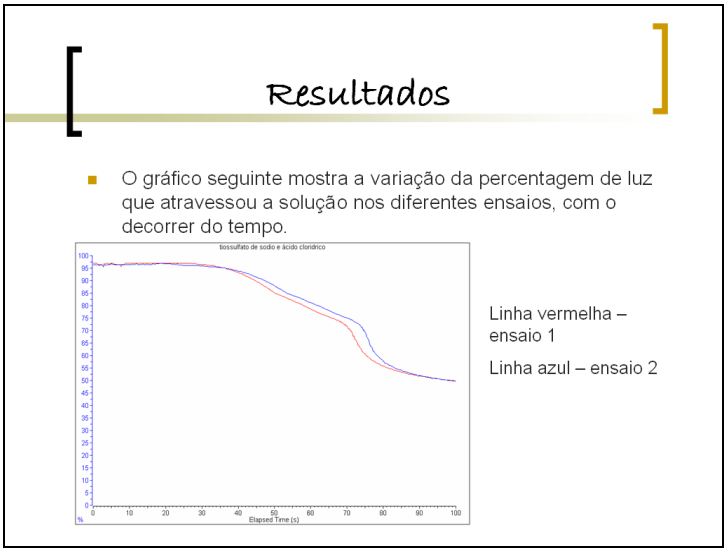


Figura 5.10 – Resultados.

O gráfico obtido era o esperado.

B.1.7 – INTERPRETAÇÃO DO GRÁFICO OBTIDO

Os alunos apresentaram uma interpretação do gráfico obtido.

Assim, os alunos analisaram a variação observada na "percentagem de luz que atravessa a solução" ao longo do tempo. Constataram que uma maior variação da percentagem de luz que atravessa a solução num dado intervalo de tempo corresponde à formação de uma maior quantidade de precipitado nesse dado intervalo de tempo e, consequentemente, a uma reacção química que decorre com maior velocidade.

Na Figura 5.11 apresenta-se um excerto da página web, acerca da interpretação do gráfico obtido.

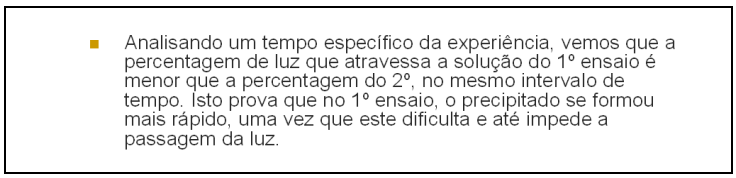


Figura 5.11 – Interpretação do gráfico obtido.

A monitora solicitou ainda ao Pedro que explicasse como é que, a partir do gráfico obtido, tinha concluído sobre o efeito da concentração na velocidade de reacção. O Pedro explicou que o ensaio em que a reacção tinha sido mais rápida correspondia à situação em que se tinha formado uma maior quantidade de precipitado num mesmo intervalo de tempo, pois nesse ensaio a variação da percentagem de luz que atravessava o meio reaccional era maior. Deste modo, o aluno revelou que compreendia a relação existente entre a percentagem de luz e a quantidade de precipitado formado.

Exemplo (extracto da discussão):

MONITORA – Como é que consegues, olhando para estas duas curvas, saber em qual dessas linhas, se é a vermelha ou a azul, que corresponde ao ensaio onde a reacção química foi mais rápida?

PEDRO – Onde há menor passagem da luz.

MONITORA – E em qual é que há menor passagem de luz?

PEDRO – Então em 60 segundos a percentagem de luz no ensaio 1, que é a linha vermelha, é menos do que no ensaio 2. Formou-se maior ou menor quantidade de precipitado nesse intervalo de tempo?

PEDRO – Maior.

MONITORA – Logo, a reacção foi?

PEDRO – Mais rápida.

B.1.8 – CONCLUSÃO ACERCA DO EFEITO DA CONCENTRAÇÃO SOBRE A VELOCIDADE DA REACÇÃO

Os alunos apresentaram as conclusões formuladas acerca do efeito da concentração inicial sobre a velocidade de reacção, após a realização da actividade experimental.

Analisando o texto construído pelos alunos verifica-se que estes focaram correctamente que a diminuição da concentração inicial do ácido clorídrico leva à diminuição da velocidade da reacção em estudo.

Na Figura 5.12 apresenta-se um excerto da página web, acerca das conclusões formuladas.

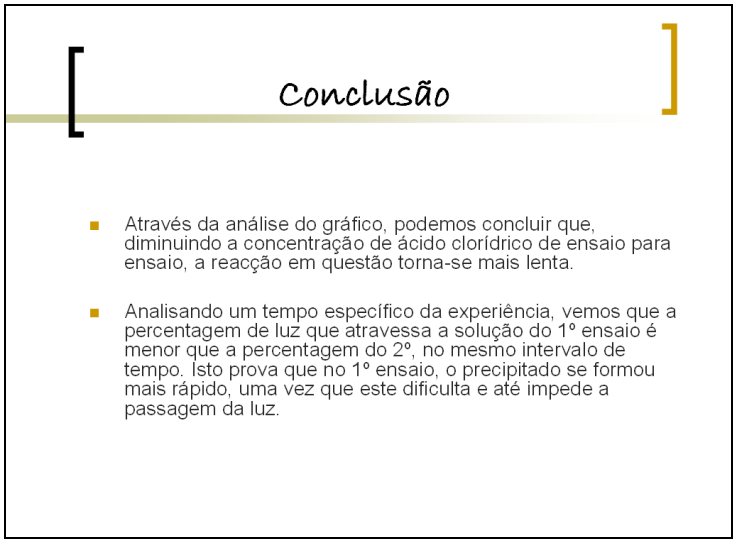


Figura 5.12 – Conclusão.

Quando questionado acerca das conclusões formuladas, o Pedro referiu que, ao diminuir a concentração, a formação de precipitado «*atrasava*».

Exemplo (extracto da discussão):

> MONITORA – Pedro o que é que vocês concluíram com esta actividade? Ou seja, diminuindo a concentração de ácido clorídrico o que é que vocês viram que acontecia?
>
> PEDRO – Atrasava a formação do precipitado.

O Quadro 5.2 resume os itens abordados pelos alunos ao longo da página *web* elaborada pelos mesmos para apresentação de alguns dos aspectos tratados ao longo da actividade experimental.

É ainda de salientar que o texto apresentado na página *web* foi elaborado, principalmente, pela Ana. Este é também o motivo pelo qual a monitora, ao longo da apresentação e discussão dos resultados, colocou algumas questões directamente ao Pedro e não ao grupo em geral.

Os alunos foram capazes de fazer as devidas correcções na página *web*, ao longo da apresentação e discussão dos resultados.

Quadro 5.2 – Itens abordados pelos alunos na página web elaborada para a Actividade Experimental 1.

PÁGINA WEB	ITENS ABORDADOS
▪ Reacção química	✓
▪ Objectivo	✗
▪ Material	✗
▪ Montagem experimental	✓
▪ Controlo de variáveis	✓
▪ Gráfico obtido	✓
▪ Interpretação do gráfico obtido	✓
▪ Conclusão acerca do efeito da concentração inicial dos reagentes sobre a velocidade da reacção	✓

Legenda: ✓ – Apresentado com correcção ✗ – Apresentado com omissões ✗ – Não apresentado

B.2 – FICHA DE TRABALHO

Após a apresentação e discussão dos resultados, os alunos apresentaram, individualmente, as suas conclusões num espaço criado para o efeito na ficha de trabalho, podendo referir todos os aspectos que considerassem relevantes.

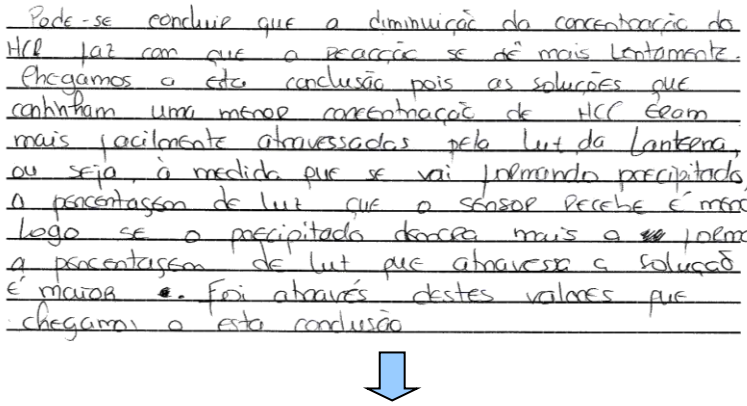
B.2.1 – O CASO DA ANA

A Ana falou concretamente:

- Na diminuição da concentração de ácido clorídrico;
- No efeito da concentração sobre a velocidade da reacção em estudo, referindo que o aumento da concentração de ácido clorídrico leva a que a reacção química seja mais rápida;
- Na relação entre a quantidade de precipitado formado e a percentagem de luz que atravessa a solução, referindo que a quantidade de precipitado formado num dado intervalo de tempo diminui com a diminuição da concentração de ácido clorídrico.

A aluna foi capaz de referir correctamente os três aspectos considerados nos objectivos definidos para esta etapa.

Na Figura 5.13 apresenta-se um excerto da ficha de trabalho da Ana, onde é possível visualizar as conclusões apresentadas pela aluna.



Pode-se concluir que a diminuição da concentração do HCl faz com que a reacção se dê mais lentamente. Chegamos a esta conclusão pois as soluções que continham uma menor concentração de HCl eram mais facilmente atravessadas pela luz da lanterna, ou seja, à medida que se vai formando precipitado, a percentagem de luz que o sensor recebe é menor, logo se o precipitado demora mais a formar, a percentagem de luz que atravessa a solução é maior. Foi através destes valores que chegamos a esta conclusão.

Figura 5.13 – Conclusões apresentadas pela Ana na Ficha de Trabalho 1.

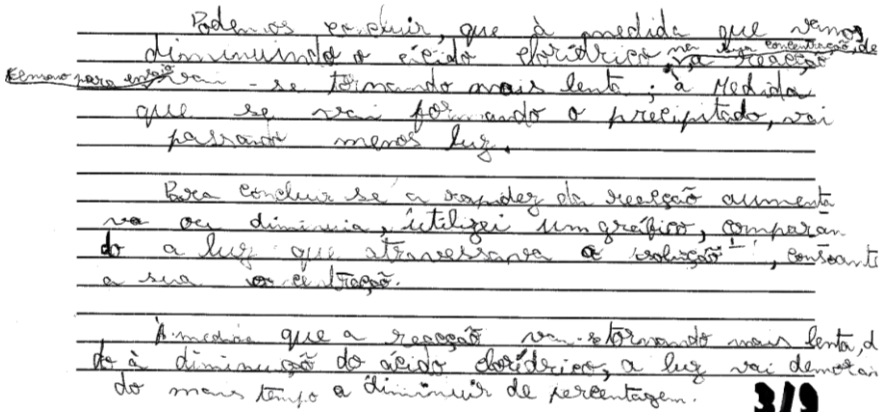
B.2.2 – O CASO DO PEDRO

O Pedro falou concretamente:

- Na diminuição da concentração de ácido clorídrico;
- No efeito da concentração de ácido clorídrico sobre a velocidade da reacção em estudo, referindo que a diminuição da concentração deste reagente leva a que a reacção química seja mais lenta;
- Na relação entre a quantidade de precipitado formado e a percentagem de luz que atravessa a solução, referindo que o intervalo de tempo necessário para que a percentagem de luz atinja um dado valor aumenta com a diminuição da concentração.

O Pedro, tal como a Ana, atingiu os objectivos pretendidos.

Na Figura 5.14 apresenta-se um excerto da ficha de trabalho do Pedro, onde é possível visualizar as conclusões apresentadas pelo aluno.



Podemos concluir que à medida que vamos diminuindo o ácido clorídrico na sua concentração, de ensaio para ensaio, a reacção vai-se tornando mais lenta; à medida que se vai formando precipitado, vai passando menos luz.

Para concluir se a rapidez aumentava ou diminuía, utilizei um gráfico, comparando a luz que atravessava a solução, consoante a sua concentração.

À medida que a reacção vai-se tornando mais lenta, devido à diminuição do ácido clorídrico, a luz vai demorando mais tempo a diminuir de percentagem.

Figura 5.14 – Conclusões apresentadas pelo Pedro na Ficha de Trabalho 1.

O Pedro apresentava alguma dificuldade em se exprimir por escrito. O aluno pediu à monitora que lesse as suas conclusões. Depois de efectuar a sua leitura, a monitora solicitou ao Pedro que clarificasse oralmente alguns dos aspectos focados. A monitora verificou que as "incorrecções" existentes resultavam apenas das dificuldades de expressão escrita do aluno.

5.2.3 Etapa 3 – Estudo do efeito da temperatura na velocidade de uma reacção química (Reacção química entre magnésio metálico e ácido clorídrico)

Nesta etapa pretendia-se que os alunos, utilizando SATD:

- Identificassem a temperatura como um dos factores de que depende a velocidade das reacções químicas;
- Compreendessem a relação experimental entre a variação da velocidade e a variação da temperatura, tendo em atenção a variação do ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo, o qual se relaciona com a quantidade de gás formado;
- Concluíssem que quanto maior a temperatura à qual decorre uma reacção química, maior a velocidade com que esta decorre.

Os resultados vão ser apresentados em dois itens, no que se refere à realização experimental (A) e à apresentação e discussão dos resultados (B).

A – REALIZAÇÃO DA ACTIVIDADE EXPERIMENTAL

A.1 – INTERPRETAÇÃO DA INFORMAÇÃO FORNECIDA PELA EQUAÇÃO QUÍMICA

A partir da análise da equação química fornecida, os alunos foram capazes de prever a formação de um gás no decurso da reacção química.

A.2 – REALIZAÇÃO DA MONTAGEM EXPERIMENTAL

Os alunos não tiveram dificuldade em interpretar a figura fornecida mas revelaram alguma dificuldade na gestão do espaço disponível (a montagem utilizada era bastante volumosa), na orientação espacial (o sensor deve estar ligado ao computador e o comprimento dos fios de ligação era limitado), na fixação do sensor com as garras e no ajuste do "zero" do sensor no software LogIt.

Na Figura 5.15 apresenta-se o aspecto final da montagem experimental realizada pelos alunos.

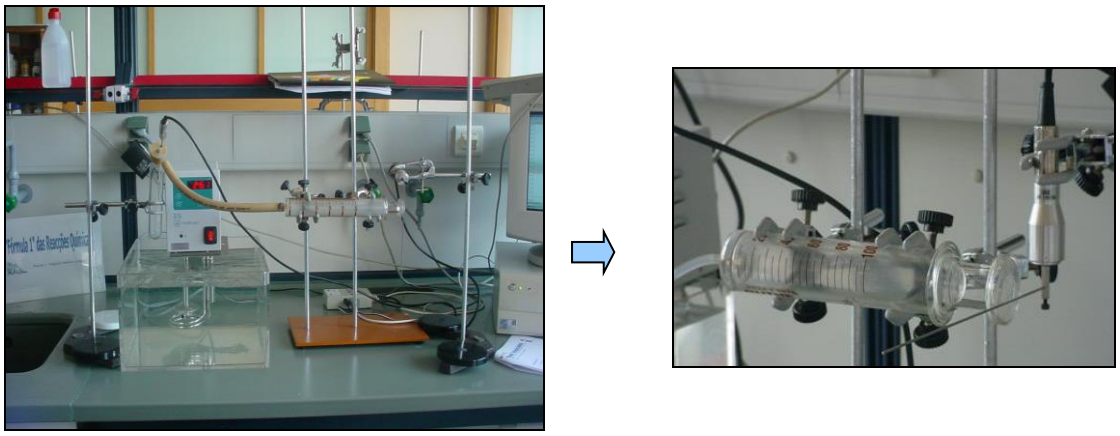


Figura 5.15 – Montagem experimental efectuada pelos alunos.

A.3 – PLANEAMENTO

Depois de a monitora ter verificado a montagem experimental, os alunos deveriam planear as experiências.

Em seguida apresentam-se os aspectos a considerar ao longo do planeamento.

A.3.1 – DEFINIÇÃO DO CONTROLO DE VARIÁVEIS

Os alunos não tiveram dificuldade em reconhecer que deveriam realizar um conjunto de ensaios onde todas as condições experimentais permanecem constantes excepto uma, a temperatura, visto ser este o factor cujo efeito se pretendia avaliar.

A monitora chamou a atenção dos alunos para o facto do banho termostatizado utilizado na montagem experimental ter como função, precisamente, permitir a realização da reacção química a diferentes temperaturas. A monitora referiu ainda que o banho apenas permitiria efectuar o aquecimento da água contida no banho. Atendendo à informação dada pela monitora, os alunos reconheceram quase imediatamente que a temperatura à qual iria decorrer a reacção química num dado ensaio deve ser inferior à temperatura à qual iria decorrer a reacção química no ensaio seguinte.

Os alunos tiveram alguma dificuldade em identificar o volume do meio reaccional como a propriedade física cuja variação permitia acompanhar o decurso da reacção e em reconhecer o ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* como a grandeza a medir.

A monitora deu alguns esclarecimentos nesse sentido, dando especial ênfase a que o gás libertado ao longo da reacção química iria ser recolhido na seringa para gases, cujo êmbolo se encontrava acoplado ao sensor de *posição*. Assim, à medida que o gás iria sendo produzido, o ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo iria variar.

A.3.2 – DEFINIÇÃO DAS QUANTIDADES A ADICIONAR DE CADA UM DOS REAGENTES

A monitora deu indicações aos alunos sobre as quantidades a adicionar de cada um dos reagentes.

A monitora solicitou aos alunos que pegassem numa fita de magnésio e avaliassem a sua massa. Seguidamente, questionou-os sobre o que achavam que iria acontecer quando adicionassem o magnésio à solução de ácido clorídrico, ou seja, perguntou se achavam que o magnésio iria ficar na superfície, no seio ou no fundo da solução de ácido clorídrico. Ambos afirmaram que o magnésio iria ficar na superfície da solução. A monitora perguntou se isso seria bom para a realização do estudo, ao que os alunos responderam que tal não seria bom pois a reacção apenas iria decorrer numa região muito pequena, na região de contacto entre os dois reagentes.

Com o intuito de ajudar os alunos a encontrar uma solução para este "problema", a monitora estabeleceu uma analogia com o que se faz para conseguir afundar um objecto num poço com água. Os alunos compreenderam então a necessidade de enrolar as fitas de magnésio em fio de cobre, de modo a garantir que o magnésio iria para o seio da solução aquosa de ácido clorídrico. A monitora alertou ainda para o facto da escolha do fio de cobre não ter sido arbitrária mas resultar do facto do cobre não interferir na reacção química em estudo.

Foi ainda discutida a necessidade de lixar a fita de magnésio antes de a utilizar como reagente nesta reacção química. A monitora realçou que o magnésio deveria ser lixado por forma a remover o óxido de magnésio que se forma na sua superfície, devido à oxidação do referido metal. Foi ainda estabelecida uma analogia com a oxidação do ferro, bastante perceptível no dia-a-dia.

A.3.3 – PLANEAMENTO DA ORDEM DE ADIÇÃO DOS REAGENTES E DA SEQUÊNCIA A SEGUIR NA EXECUÇÃO DOS ENSAIOS

Depois da experiência da realização da actividade experimental anterior (Etapa 2), os alunos não tiveram quaisquer dificuldades em definir a sequência a seguir para a realização dos ensaios, nem em distribuir tarefas. Os alunos optaram por definir que um dos elementos do grupo deveria adicionar o último reagente necessário para a ocorrência da reacção química em estudo, enquanto o outro ficava no computador para dar início e termo à recolha de dados. Os alunos tentaram ir alternando as tarefas.

Os alunos acordaram que o ácido clorídrico deveria ser adicionado, ao meio reaccional, em primeiro lugar.

A.4 – REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Os alunos foram capazes de, depois de colocar o ácido clorídrico no meio reaccional, adicionar o magnésio metálico e, em simultâneo, iniciar o registo da variação do ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo.

Os alunos identificaram, sem qualquer dificuldade, a ocorrência de uma reacção química de libertação de um gás e compreenderam que a libertação do gás levava ao aumento do ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo.

Os alunos foram capazes de utilizar adequadamente o SATD.

Na Figura 5.16 apresenta-se o gráfico obtido pelos alunos.

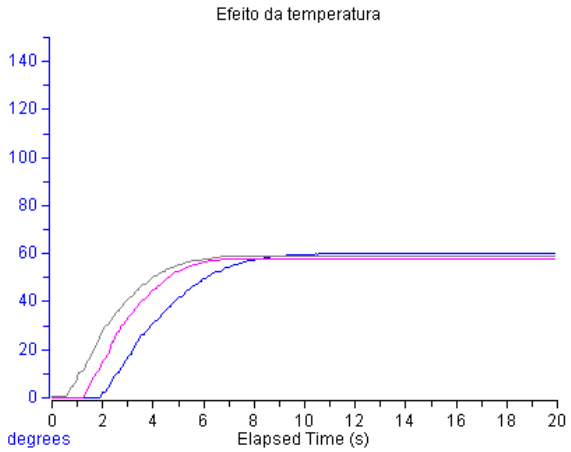


Figura 5.16 – Estudo do efeito da temperatura sobre a velocidade da reacção entre ácido clorídrico e magnésio metálico.

A.5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os alunos foram capazes de concluir correctamente acerca do efeito da temperatura sobre a velocidade da reacção e de reconhecer que o ângulo registado pelo sensor de *posição* aumentava ao longo do tempo, embora apresentassem algumas dificuldades na interpretação do gráfico obtido.

A monitora ajudou os alunos na interpretação do gráfico.

Quando questionados acerca da variação verificada no ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo, os alunos referiram que o ângulo de rotação aumentava e que esse aumento ia sendo cada vez menor à medida que a reacção decorria.

A monitora questionou ainda os alunos acerca do procedimento a seguir para comparar a velocidade da reacção nos diferentes ensaios. A Ana referiu que deveria comparar o tempo necessário para que o ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* atingisse um dado valor.

Após deslocar ligeiramente o êmbolo da seringa para gases, a monitora solicitou aos alunos que observassem o valor registado pelo sensor de *posição* e o volume indicado pelo êmbolo da seringa para gases, de modo a levar os alunos a concluir que um dado valor de ângulo de rotação está associado à formação de uma dada quantidade de gás.

Os alunos conseguiram então determinar o intervalo de tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de produto, em cada um dos ensaios e concluir, correctamente, acerca do efeito da temperatura sobre a velocidade da reacção.

Os resultados indicam ainda que os alunos compreendiam que o intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de produto é inversamente proporcional à velocidade da reacção.

É de salientar que a monitora solicitou aos alunos que fizessem previsões acerca do efeito da temperatura sobre a velocidade de reacção, antes de iniciarem a realização experimental propriamente dita. Atendendo a que os alunos nada afirmaram, a monitora questionou se sabiam a que está associada a temperatura de um dado corpo. O Pedro respondeu que a temperatura está relacionada com a agitação das partículas. A monitora perguntou ao aluno se, tendo em atenção essa informação, era capaz de prever o efeito da temperatura. Este referiu que considerava que à medida que a temperatura aumenta, a agitação dos corpúsculos também aumenta e, consequentemente, aumenta a probabilidade dos corpúsculos colidirem. Logo, quanto maior a temperatura maior a velocidade da reacção.

A Ana concordou com as ideias apresentadas pelo Pedro.

O Quadro 5.3 resume os resultados obtidos, para o grupo, na realização desta actividade experimental.

Quadro 5.3 – Resultados obtidos, para o grupo, na realização da Actividade Experimental 2.

O QUE SE PRETENDIA DO ALUNO	
▪ Preveja a formação de um gás	✓
▪ Realize a montagem experimental adequada à realização da actividade, incluindo o ajuste dos sensores a ser utilizados, com base no esquema fornecido na ficha de trabalho	✓
▪ Reconheça que o controlo de variáveis implica manter todas as condições experimentais excepto uma, aquela cujo efeito se pretende avaliar	✓
▪ Reconheça a temperatura como a variável cujo efeito se pretende avaliar	✓
▪ Defina que a temperatura à qual decorre a reacção química deve variar de ensaio para ensaio, enquanto as restantes condições permanecem constantes	✓
▪ Defina que a temperatura à qual decorre a reacção química num dado ensaio deve ser inferior à temperatura à qual decorre a reacção química no ensaio seguinte	✘
▪ Defina as quantidades a adicionar de cada um dos reagentes	✘
▪ Reconheça que deve envolver o magnésio metálico em fio de cobre de modo a garantir que este permaneça no seio da solução aquosa de ácido clorídrico	✘
▪ Identifique o volume do meio reaccional como a propriedade física cuja variação permite acompanhar o decurso da reacção	✘
▪ Reconheça o ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* como a grandeza a medir	✘
▪ Defina que o ácido clorídrico deve ser adicionado em primeiro lugar	✓
▪ Defina a sequência a seguir para a realização dos ensaios e distribua tarefas entre os elementos do grupo	✓
▪ Coloque o ácido clorídrico no meio reaccional	✓
▪ Adicione o magnésio metálico e, em simultâneo, inicie o registo do ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo	✓
▪ Reconheça a ocorrência de uma reacção química de libertação de um gás	✓
▪ Reconheça que a libertação de um gás leva ao aumento do ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo	✓
▪ Utilize adequadamente o SATD	✓
▪ Interprete o gráfico	✘
▪ Reconheça que o ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* aumenta ao longo do tempo	✓
▪ Reconheça que a variação do ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* diminui à medida que a reacção decorre	✓
▪ Associe um dado valor de ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* à formação de uma dada quantidade de produto	✘
▪ Determine o intervalo de tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de produto, em cada um dos ensaios	✓
▪ Reconheça que o intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de produto é inversamente proporcional à velocidade da reacção	✓
▪ Conclua que a velocidade da reacção é directamente proporcional à temperatura à qual decorre a reacção	✓

Legenda: ✓ – Conseguido sem ajuda ✘ – Conseguido com ajuda

B – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a realização da actividade experimental, os alunos procederam à preparação e apresentação oral, em grupo, de uma página web, bem como à exposição, escrita e individual, das suas conclusões na ficha de trabalho.

B.1 – PÁGINA WEB

Atendendo a que se pretendia que os alunos abordassem um conjunto de itens, os resultados serão apresentados para cada um dos mesmos.

Assim, apresenta-se em seguida alguns extractos da página web construída pelos alunos (http://educa.fc.up.pt/ciencia_viva/index.php?id_escola=103) e a discussão gerada em torno de alguns itens.

B.1.1 – REACÇÃO QUÍMICA

Os alunos apresentaram a equação química que traduz a reacção química em estudo nesta actividade experimental.

Na Figura 5.17 apresenta-se um excerto da página web, acerca da reacção química estudada.

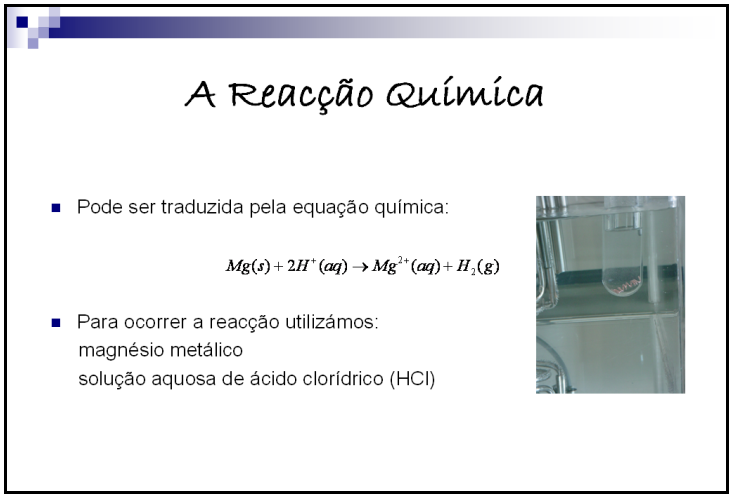


Figura 5.17 – Reacção química.

Quando questionada pela monitora, a Ana referiu que a evidência experimental deste estudo era a formação de um gás, o gás hidrogénio.

Exemplo (extracto da discussão):

MONITORA: Qual vai ser a particularidade desta reacção química que vos vai permitir fazer este estudo?

ANA: É o gás. Do gás hidrogénio.

B.1.2 – OBJECTIVO

Os alunos apresentaram correctamente o objectivo da actividade experimental na página web.

Na Figura 5.18 apresenta-se um excerto da página web, acerca do objectivo da actividade experimental.

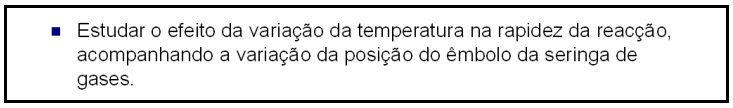


Figura 5.18 – Objectivo.

Quando questionado acerca do objectivo da actividade experimental, o Pedro referiu correctamente que tinha estudado o efeito da temperatura sobre a velocidade da reacção química entre o ácido clorídrico e o magnésio metálico.

Exemplo (extracto da discussão):

MONITORA: Pedro, és capaz de explicar o que pretendiam fazer nesta actividade?

PEDRO: Era fazer com que o magnésio reaja com o ácido clorídrico.

MONITORA: E depois foram ver o que acontecia quando?

PEDRO: Quando alterávamos a temperatura.

MONITORA: E o que é que acontecia?

PEDRO: Que... dava o mesmo produto só que em tempo diferente.

B.1.3 – MATERIAL

Os alunos apresentaram uma listagem do material utilizado na actividade experimental, onde não constava qualquer referência à rolha de borracha utilizada para tapar o tubo de ensaio contendo a mistura reaccional.

Na Figura 5.19 apresenta-se um excerto da página web acerca do material utilizado.

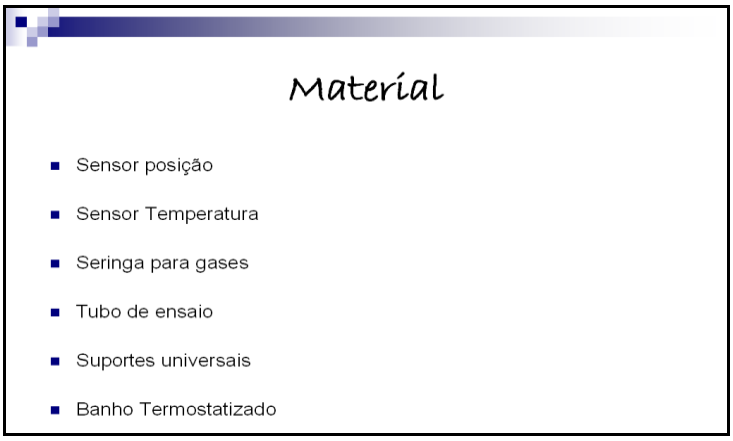
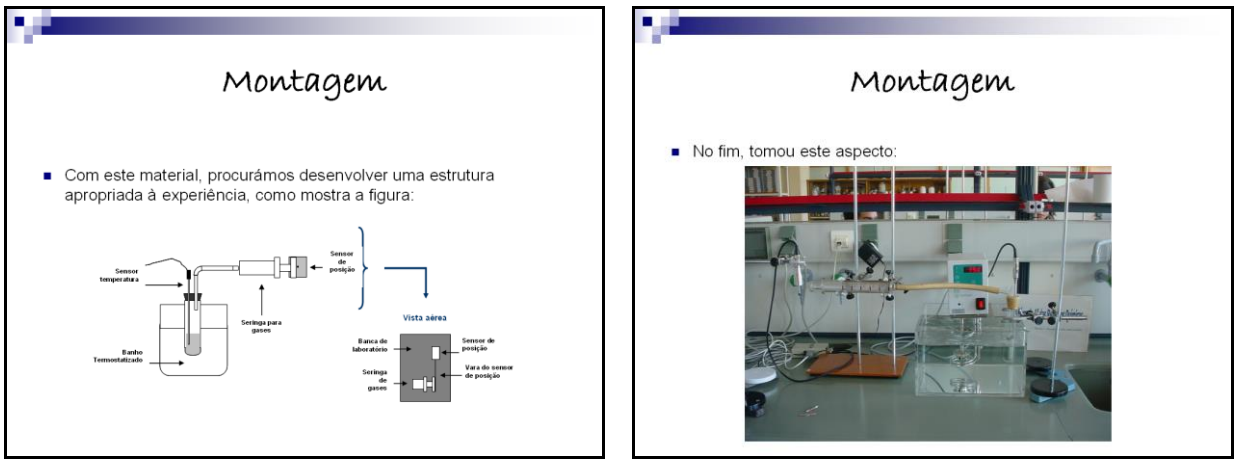


Figura 5.19 – Material.

B.1.4 – MONTAGEM EXPERIMENTAL

Os alunos apresentaram uma fotografia da montagem experimental efectuada.

Na Figura 5.20 apresenta-se um excerto da página web acerca da montagem experimental.



(a) **(b)**

Figura 5.20 – Montagem experimental.

B.1.5 – CONTROLO DE VARIÁVEIS

Os alunos apresentaram informação acerca da quantidade adicionada de cada um dos reagentes nos diferentes ensaios, bem como acerca do controlo de variáveis efectuado.

Na Figura 5.21 apresenta-se um excerto da página web acerca do controlo de variáveis.

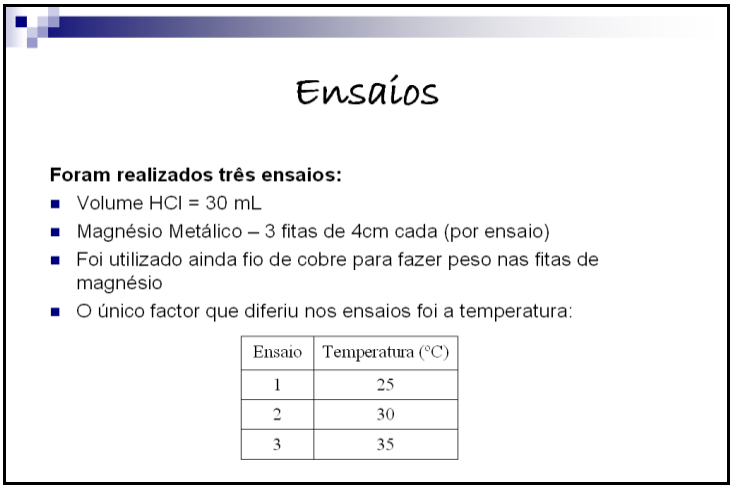


Figura 5.21 – Quantidades adicionadas de cada um dos reagentes.

Note-se que os alunos referiram a temperatura como o factor cujo efeito sobre a velocidade da reacção se pretendia avaliar e explicaram a necessidade de envolver as fitas de magnésio em fio de cobre.

Os alunos identificaram ainda o "volume do meio reaccional" como a propriedade que lhes permitiu acompanhar o decurso da reacção química e o ângulo registado pelo sensor de *posição* como a grandeza medida, embora esta referência tenha sido efectuada em simultâneo com o objectivo.

Na Figura 5.22 apresenta-se um excerto da página web, onde os alunos fazem referência ao controlo de variáveis efectuado.

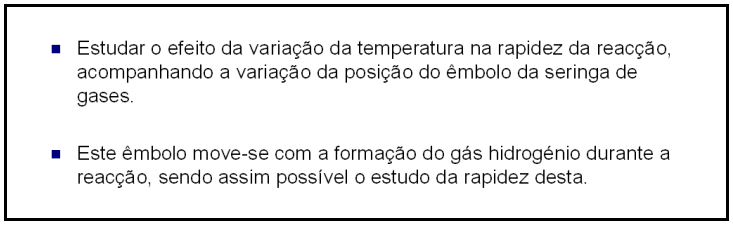


Figura 5.22 – Controlo de variáveis.

A monitora solicitou ao Pedro que referisse o que tinham enrolado em torno das fitas de magnésio ao longo dos vários ensaios e explicasse qual a necessidade desse procedimento. O Pedro referiu que tinham utilizado fio de cobre para enrolar as fitas de magnésio pois pretendiam, desse modo, fazer com que as fitas de magnésio ficassem completamente mergulhadas no seio da solução de ácido clorídrico. O aluno mostrou que tinha compreendido a necessidade de enrolar as fitas de magnésio com fio de cobre.

Exemplo (extracto da discussão):

MONITORA: Vocês enrolaram a fita de magnésio com?

PEDRO: Com fio de cobre.

MONITORA: Para quê?

PEDRO: Para fazer peso porque flutuava, o magnésio sozinho.

MONITORA: Ou seja, vocês queriam que o magnésio, depois de adicionado ao ácido clorídrico…

PEDRO: Fosse ao fundo.

Quando questionado relativamente ao controlo de variáveis efectuado, o Pedro explicou correctamente que tinham mantido constantes todas as condições experimentais de ensaio para ensaio, excepto a temperatura à qual decorria a reacção química. O aluno mostrou que tinha compreendido o controlo de variáveis efectuado.

Exemplo (extracto da discussão):

MONITORA: Portanto, essas são as quantidades que vocês utilizaram sempre. E a ordem de adição foi sempre a mesma?

PEDRO: Foi. Só variou a temperatura.

B.1.6 – GRÁFICO OBTIDO

Os alunos apresentaram a representação gráfica dos resultados obtidos ao longo da realização desta actividade experimental.

Na Figura 5.23 apresenta-se um excerto da página web onde se apresenta o gráfico obtido.



Figura 5.23 – Resultados.

O gráfico obtido era o esperado.

B.1.7 – INTERPRETAÇÃO DO GRÁFICO OBTIDO

Os alunos apresentaram a interpretação do gráfico obtido.

Os alunos analisaram o intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de produto, tendo em atenção que este intervalo de tempo é inversamente proporcional à velocidade da reacção. Os alunos demonstraram também que compreendiam que os valores do ângulo de rotação registados pelo sensor de *posição* estão directamente relacionados com a formação de uma determinada quantidade de produto num dado intervalo de tempo.

Os alunos explicaram ainda que a formação de iguais quantidades de produto nos dois ensaios resultava da adição de iguais quantidades de reagentes nesses ensaios.

Na Figura 5.24 apresentam-se dois excertos da página web, acerca da interpretação do gráfico obtido.

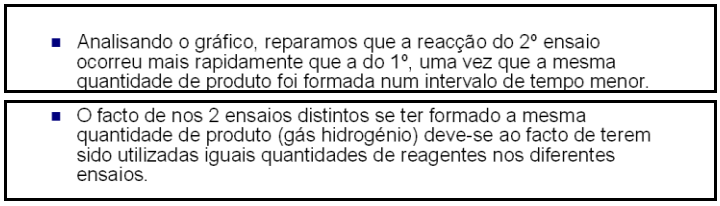


Figura 5.24 – Interpretação do gráfico obtido.

A monitora gerou ainda alguma discussão em torno de qual seria a região do gráfico mais indicada para ter em atenção, na formulação de conclusões.

Os alunos consideravam que deveriam analisar a parte inicial e final do gráfico obtido, ou seja, que deveriam comparar o intervalo de tempo necessário para a formação de todo o produto. A monitora referiu que essa não seria a melhor opção.

Exemplo (extracto da discussão):

MONITORA: Como é que identificaram que a reacção do 2º ensaio ocorreu mais rapidamente que a do 1º? Comparando o intervalo de tempo necessário para a formação de todo o produto?
PEDRO: Sim.
MONITORA: Será que isso é correcto, Ana?
ANA: Acho que devíamos analisar esta parte. O cinzento, atinge o nível aos 4, o outro já mais aos 5 e o outro aos 6 ou 7.
MONITORA: O que é que vocês estão a comparar agora?
ANA: A comparar o tempo.
MONITORA: O intervalo de tempo necessário para formar…
ANA: O mesmo produto.
MONITORA: E quanto produto é?
ANA: Quanto!? Uma boa pergunta!
PEDRO: É o mesmo que os reagentes.

Com base na análise de uma só curva, relativa à variação do ângulo registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo, a monitora tentou levar os alunos a compreender que apenas deveriam considerar a parte inicial do gráfico na formulação das conclusões.

É de salientar que, ao longo da análise, a Ana referiu que, a partir do momento em que a reacção se inicia, passam a existir em solução corpúsculos dos produtos, pelo que os corpúsculos dos reagentes não vão colidir apenas entre si mas também com os corpúsculos dos produtos. Logo, a probabilidade de colisão entre os corpúsculos dos reagentes diminui e a reacção torna-se cada vez mais lenta. A Ana demonstrou assim que compreendia o que ocorre a nível microscópico ao longo de uma reacção química.

Exemplo (extracto da discussão):

MONITORA: Olhando só, por exemplo, para a curva a azul o que é que observamos Pedro?
PEDRO: A formação de produto.
MONITORA: E o que é que acontece ao ângulo do sensor de *posição*, ao longo do tempo?... Ele aumenta à medida que o tempo decorre. Por que é que será que isto acontece?
ANA: Começa-se a formar o produto e, não é só os reagentes que estão lá agora, também estão lá moléculas do produto. Por isso os corpúsculos dos reagentes não vão só chocar entre si.
MONITORA: E a probabilidade de colisão entre as moléculas de reagentes vai...

ANA: Diminuir.

MONITORA: Portanto a reacção vai-se tornando cada vez mais...

ANA: Mais lenta.

MONITORA: Será que é na parte inicial ou na parte final da representação gráfica que se vai notar o efeito da temperatura?

ANA: Na parte inicial.

PEDRO: Na parte inicial.

MONITORA: Porquê?

ANA: Porque a variação é mais brusca.

B.1.8 – CONCLUSÃO ACERCA DO EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE A VELOCIDADE DA REACÇÃO

Os alunos apresentaram as conclusões formuladas após a realização da actividade experimental.

Os alunos concluíram que o aumento da temperatura leva ao aumento da velocidade da reacção. Os alunos explicaram ainda que à medida que a temperatura aumenta, a energia cinética dos corpúsculos também aumenta e, consequentemente, aumenta a probabilidade de colisão entre os corpúsculos, aumentando a velocidade da reacção.

Na Figura 5.25 apresenta-se um excerto da página web acerca das conclusões formuladas pelos alunos.

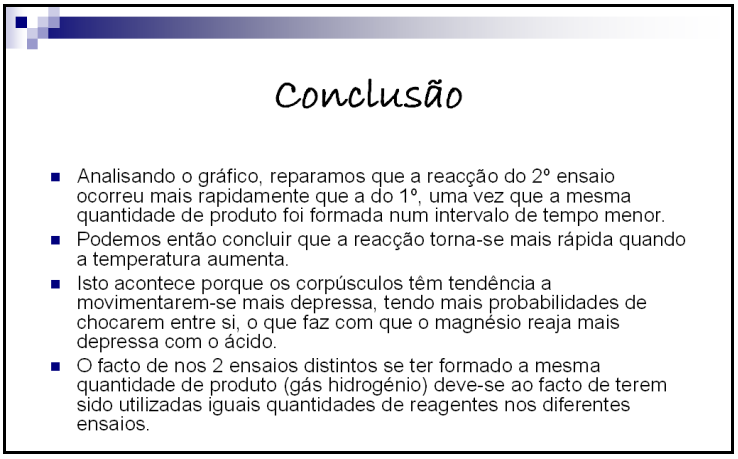


Figura 5.25 – Conclusão.

Quando questionada acerca do efeito da temperatura sobre a velocidade da reacção em estudo, a Ana referiu que à medida que a temperatura aumentava, a velocidade da reacção também aumentava, visto que, para um dado intervalo de tempo, a variação do ângulo registado pelo sensor de *posição* era cada vez maior. A Ana foi ainda capaz de reconhecer que a quantidade de produto formado nos diferentes ensaios era igual pois o valor do ângulo

registado pelo sensor de *posição* no final de cada ensaio era igual para os três ensaios realizados. A aluna mostrou pois compreender a relação entre o valor do ângulo registado pelo sensor de *posição* e a quantidade de produto formado.

Exemplo (extracto da discussão):

MONITORA: Olhando para este gráfico o que é que podemos concluir Ana?

ANA: À medida que aumenta a temperatura, aumenta a rapidez da reacção mas a quantidade de produto formado é sempre a mesma.

MONITORA: Em que te baseias para concluir isso?

ANA: Aqui eles estão mais ou menos no mesmo nível.

MONITORA: Ou seja, ao fim de um determinado intervalo de tempo o ângulo registado pelo sensor de *posição* estabiliza mais ou menos no mesmo valor. E relativamente à velocidade, como é que tu podes concluir que esta aumenta com o aumento da temperatura?

ANA: A variação do ângulo neste é muito superior a este. No mesmo intervalo de tempo a variação da *posição* deste, do cinzento, é muito maior que o azul.

Quando questionada, a Ana referiu que considerava que o resultado obtido era previsível, uma vez que a temperatura está relacionada com a agitação dos corpúsculos e que, portanto, ao aumentar a temperatura, aumenta a agitação dos corpúsculos e, consequentemente, a probabilidade de colisão. Logo, a probabilidade de ocorrência da reacção química aumenta, assim como a velocidade da reacção. O Pedro também mostrou compreender o efeito da temperatura sobre a velocidade.

Exemplo (extracto da discussão):

MONITORA: O que é que vocês concluíram? Que quando aumentamos a temperatura a rapidez da reacção...

ANA: Aumenta também.

MONITORA: E será que isso era previsível?

ANA: Era.

MONITORA: Porquê?

ANA: Porque os corpúsculos têm tendência a movimentar-se mais com o aumento da temperatura. Eles têm mais probabilidade em chocar uns com os outros e de dar-se a reacção.

MONITORA: Portanto, a reacção, a formação do produto vai se dar mais?

PEDRO: Rápido.

O Quadro 5.4 resume os itens abordados pelos alunos ao longo da página web elaborada pelos mesmos para apresentação de alguns dos aspectos tratados ao longo da actividade experimental.

Quadro 5.4 – Itens abordados pelos alunos na página web elaborada para a Actividade Experimental 2.

PÁGINA WEB	ITENS ABORDADOS
▪ Reacção química	✓
▪ Objectivo	✓
▪ Material	✘
▪ Montagem experimental	✓
▪ Controlo de variáveis	✓
▪ Gráfico obtido	✓
▪ Interpretação do gráfico obtido	✓
▪ Conclusão acerca do efeito da temperatura sobre a velocidade da reacção	✓

Legenda: ✓ – Apresentado com correcção ✘ – Apresentado com omissões ✘ – Não apresentado

Tal como se tinha verificado na actividade experimental anterior, a Ana apresenta uma contribuição mais significativa na elaboração da página web. Assim, a monitora voltou a colocar algumas questões directamente ao Pedro e não ao grupo em geral.

Os alunos foram capazes de fazer as devidas correcções na página web, ao longo da apresentação e discussão dos resultados.

B.2 – FICHA DE TRABALHO

Após a apresentação e discussão dos resultados, os alunos apresentaram, individualmente, as suas conclusões na Ficha de Trabalho, podendo referir todos os aspectos que considerassem relevantes.

B.2.1 – O CASO DA ANA

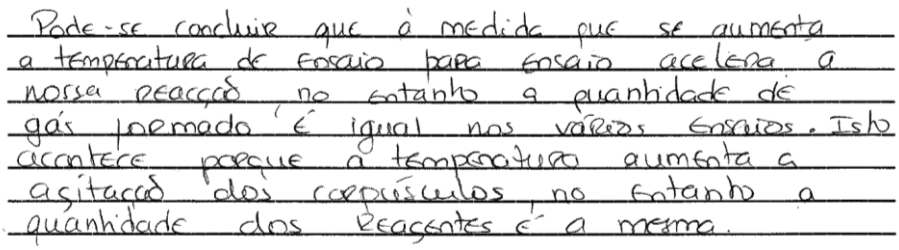
A Ana falou concretamente:

- No aumento da temperatura à qual decorre a reacção química;
- No efeito da temperatura sobre a velocidade da reacção em estudo, referindo que o aumento da temperatura leva ao aumento da velocidade de reacção;
- Na relação entre a temperatura e a agitação dos corpúsculos, referindo que o aumento da temperatura leva ao aumento da agitação dos corpúsculos.

A Ana não fez qualquer referência à relação entre o ângulo registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo e a quantidade de gás formado.

A Ana foi capaz de referir correctamente apenas dois dos três aspectos considerados nos objectivos definidos para esta etapa.

Na Figura 5.26 apresenta-se um excerto da ficha de trabalho da Ana, onde é possível visualizar as conclusões apresentadas pela aluna.



Pode-se concluir que à medida que se aumenta a temperatura de ensaio para ensaio acelera a nossa reacção, no entanto a quantidade de gás formado é igual nos vários ensaios. Isto acontece porque a temperatura aumenta a agitação dos corpúsculos, no entanto a quantidade dos reagentes é a mesma.

Figura 5.26 – Conclusões apresentadas pela Ana na Ficha de Trabalho, na Etapa 3 deste estudo.

B.2.2 – O CASO DO PEDRO

O Pedro falou concretamente:

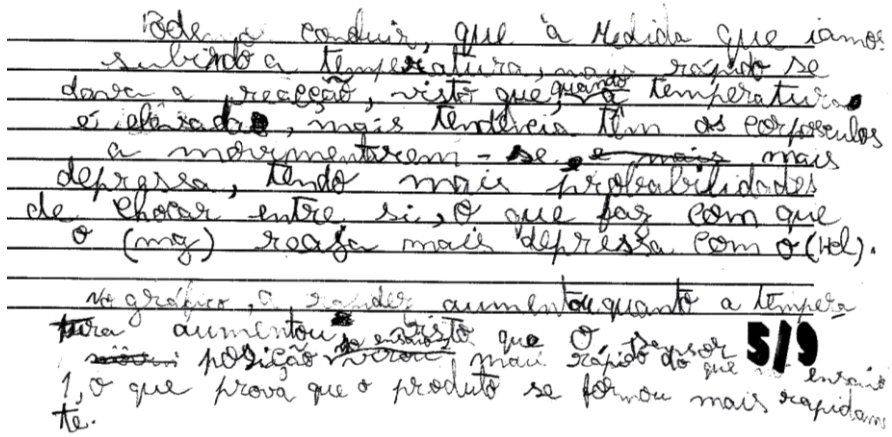
- No aumento da temperatura à qual decorre a reacção química;
- No efeito da temperatura sobre a velocidade da reacção em estudo, referindo que o aumento da temperatura leva ao aumento da velocidade de reacção:
- Na relação entre o ângulo registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo e a quantidade de gás formado.

O Pedro atingiu os objectivos pretendidos para esta etapa.

Note-se que o Pedro fez ainda uma breve referência à relação existente entre a temperatura, a agitação dos corpúsculos e a probabilidade de colisão entre os mesmos.

Nesta etapa, a monitora apenas solicitou ao Pedro que fizesse também referência à interpretação gráfica nas suas conclusões.

Na Figura 5.27 apresenta-se um excerto da ficha de trabalho do Pedro, onde é possível visualizar as conclusões apresentadas pelo aluno.



Podemos concluir que à medida que íamos subindo a temperatura, mais rápido se dava a reacção, visto que quando a temperatura é elevada, mais tendência têm os corpúsculos a movimentarem-se mais depressa, tendo mais probabilidades de chocar entre si, o que faz com que o (mg) reaja mais depressa com o (HCl).

No gráfico, a rapidez aumentou quando a temperatura aumentou visto que o sensor de posição no ensaio 2 virou mais rápido do que no ensaio 1, o que prova que o produto se formou mais rapidamente.

Figura 5.27 – Conclusões apresentadas pelo Pedro na Ficha de Trabalho, na Etapa 3 deste estudo.

5.2.4 Etapa 4 – Estudo do efeito da área superficial de contacto entre os reagentes (estado de divisão) na velocidade de uma reacção química (Reacção química entre *Alka-Seltzer*® e água)

Nesta etapa pretendia-se que os alunos, utilizando SATD:

- Identificassem a área superficial de contacto entre os reagentes como um dos factores de que depende a velocidade das reacções químicas;
- Compreendessem a relação experimental entre a variação da velocidade e a variação da área superficial de contacto entre os reagentes, tendo em atenção a variação do ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo, o qual se relaciona com a quantidade de gás formado;
- Concluíssem que quanto maior a área superficial de contacto entre os reagentes, maior a velocidade com que decorre uma reacção química.

Os resultados vão ser apresentados em dois itens, no que se refere à realização experimental (A) e à apresentação e discussão dos resultados (B).

A – REALIZAÇÃO DA ACTIVIDADE EXPERIMENTAL

A.1 – INTERPRETAÇÃO DA INFORMAÇÃO FORNECIDA PELA EQUAÇÃO QUÍMICA

Os alunos foram capazes de prever a formação de um gás no decurso da reacção química, através da equação química fornecida.

Os alunos solicitaram à monitora que explicasse o significado do termo *estado de divisão*. A monitora explicou brevemente que ao aumentar o estado de divisão dos reagentes verifica-se que a mesma quantidade de reagentes passa a estar mais dividida e, consequentemente, a área superficial exterior dos mesmos aumenta. Para evidenciar este facto a monitora desenhou o esquema ilustrado na Figura 5.28.

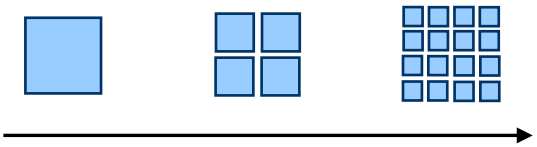


Figura 5.28 – Esquema utilizado pela monitora para clarificar o conceito de estado de divisão.

Após esta breve explicação a monitora perguntou aos alunos se conseguiam prever o efeito da área superficial de contacto entre os reagentes sobre a velocidade. Os alunos conseguiram prever que a velocidade deveria aumentar com o aumento da área superficial de

contacto entre os reagentes. É de salientar que o Pedro foi também capaz de associar o maior estado de divisão à maior área de contacto, sem qualquer tipo de indicação da monitora.

A monitora relembrou ainda que a ocorrência de uma reacção química implica que as moléculas interajam entre si, colidindo. No caso de reagentes sólidos verifica-se que as primeiras moléculas a reagir são aquelas que se encontram na sua superfície exterior. Deste modo, quanto maior for a superfície exterior dos reagentes, maior será a probabilidade de colisão entre as moléculas dos reagentes e maior será também a probabilidade de ocorrer a reacção química. Consequentemente, quanto maior for o estado de divisão dos reagentes, maior será a velocidade da reacção.

A.2 – REALIZAÇÃO DA MONTAGEM EXPERIMENTAL

Na realização deste estudo os alunos não realizaram uma montagem experimental, uma vez que utilizaram a montagem experimental elaborada na etapa anterior.

A.3 – PLANEAMENTO

De seguida, apresentam-se os aspectos a considerar ao longo do planeamento.

A.3.1 – DEFINIÇÃO DO CONTROLO DE VARIÁVEIS

Os alunos foram capazes de definir o controlo de variáveis a efectuar.

Atendendo ao reduzido nível de perigosidade e ao baixo custo dos reagentes a utilizar nesta etapa, a monitora conferiu total autonomia aos alunos em todo o processo de definição do controlo de variáveis, de planificação e de realização dos vários ensaios, ao contrário do sucedido nas etapas anteriores.

Os alunos não tiveram dificuldade em reconhecer que deveriam realizar um conjunto de ensaios onde todas as condições experimentais permanecem constantes excepto uma, a área superficial de contacto entre os reagentes, visto ser este o factor cujo efeito se pretendia avaliar.

Os alunos definiram ainda que deveriam realizar um ensaio onde adicionavam uma pastilha de Alka-Seltzer® inteira e outro ensaio onde adicionavam uma pastilha de Alka-Seltzer® em pó, o que comprova que reconheceram que quanto mais dividido se encontra um dado reagente sólido maior é o seu estado de divisão.

Os alunos foram capazes de identificar o volume do meio reaccional como a propriedade física cuja variação permite acompanhar o decurso da reacção e de reconhecer o ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* como a grandeza a medir.

A.3.2 – DEFINIÇÃO DAS QUANTIDADES A ADICIONAR DE CADA UM DOS REAGENTES

A monitora não deu quaisquer indicações relativamente às quantidades a utilizar de cada um dos reagentes.

Os alunos perguntaram à monitora se adicionar 25 mL de água e 1 pastilha de Alka-Seltzer® seria uma boa opção. A monitora respondeu que a melhor maneira de averiguarem se era ou não uma boa opção era experimentarem realizar a reacção química utilizando essas quantidades de reagentes.

Depois de experimentarem, os alunos concluíram que a reacção era demasiado rápida, pelo que deveriam redefinir as quantidades a utilizar de cada um dos reagentes. Os alunos tiveram bastante dificuldade em decidir o que deveriam fazer. A monitora relembrou que deveriam alterar as quantidades a utilizar de forma a que fosse possível acompanhar o decurso da reacção. Assim, neste caso, deveriam tentar que a reacção fosse mais lenta do que no primeiro ensaio realizado. Os alunos sugeriram então aumentar a quantidade de Alka-Seltzer® e manter a quantidade de água pois consideravam que, deste modo, a reacção iria ser mais lenta. A monitora questionou os alunos sobre o que estariam a alterar com essas modificações nas quantidades dos reagentes. Os alunos reflectiram e compreenderam que assim estariam a aumentar a concentração dos reagentes e que, consequentemente, a reacção iria tornar-se mais rápida e não mais lenta, como pretendiam.

Com as ideias mais claras, a Ana sugeriu que deveriam diminuir a quantidade de Alka-Seltzer® ou aumentar o volume de água. A monitora concordou. Os alunos decidiram então que as quantidades a utilizar deveriam ser: ½ pastilha de Alka-Seltzer® e 30 mL de água.

A.3.3 – PLANEAMENTO DA ORDEM DE ADIÇÃO DOS REAGENTES E DA SEQUÊNCIA A SEGUIR NA EXECUÇÃO DOS ENSAIOS

Os alunos foram capazes de definir a sequência a seguir para a realização dos ensaios e de distribuir tarefas.

Tal como se verificou na etapa anterior, os alunos optaram por definir que um dos elementos do grupo deveria adicionar o último reagente necessário para a ocorrência da reacção química em estudo, enquanto o outro ficava no computador para dar início e termo à recolha de dados. Os alunos tentaram ir alternando as tarefas.

Os alunos acordaram que o Alka-Seltzer® deveria ser adicionado, ao meio reaccional, em primeiro lugar.

A.4 – REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Os alunos não tiveram quaisquer dificuldades em, depois de colocar o Alka-Seltzer® no meio reaccional, adicionar a água e, simultaneamente, iniciar o registo da variação do ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo.

Os alunos foram também capazes de reconhecer a ocorrência de uma reacção química de libertação de um gás, de reconhecer que o gás libertado levava ao aumento do ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo e de utilizar adequadamente o SATD.

É de salientar que a Ana se mostrou muito à vontade na realização do trabalho laboratorial, realizando as várias tarefas sem hesitações. O Pedro evoluiu notoriamente na realização do trabalho laboratorial, embora se mostrasse ainda um pouco inseguro.

Na Figura 5.29 apresenta-se o gráfico obtido pelo grupo.

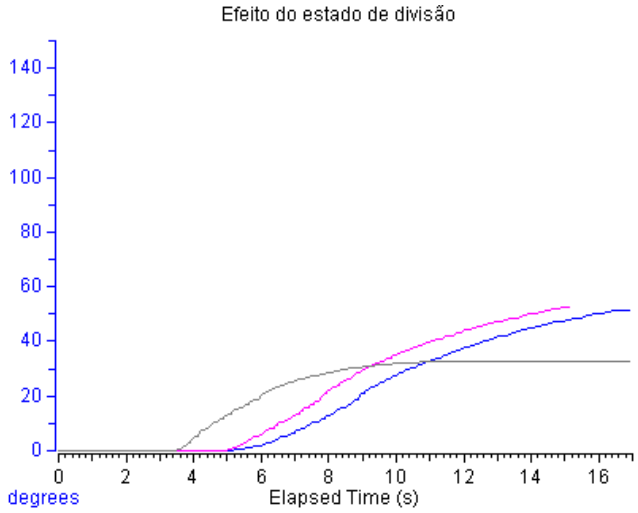


Figura 5.29 – Estudo do efeito do estado de divisão dos reagentes sobre a velocidade da reacção entre Alka-Seltzer® e água.

A.5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os alunos foram capazes de interpretar o gráfico obtido, bem como de reconhecer que o ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* aumenta ao longo do tempo, de reconhecer que a variação do ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* diminui à medida que a reacção decorre, de associar um dado valor de ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* à formação de uma dada quantidade de produto, de determinar o intervalo de tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de produto nos diferentes ensaios, de reconhecer que o intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de produto é inversamente proporcional à velocidade da reacção e de

concluir que a velocidade da reacção é directamente proporcional à área superficial de contacto entre os reagentes (estado de divisão).

Os alunos apenas tiveram dificuldade em interpretar a diferença verificada no valor final do ângulo registado pelo sensor de *posição* entre o ensaio relativo à curva a cinzento e os restantes ensaios.

O Quadro 5.5 resume os resultados obtidos, para o grupo, na realização desta actividade experimental.

Quadro 5.5 – Resultados obtidos, para o grupo, na realização da Actividade Experimental 3.

O QUE SE PRETENDIA DO ALUNO	
▪ Identifique a formação de um gás como a evidência experimental	✓
▪ Reconheça que o controlo de variáveis implica manter todas as condições experimentais excepto uma, aquela cujo efeito se pretende avaliar	✓
▪ Reconheça a área superficial de contacto entre os reagentes (estado de divisão) como a variável cujo efeito se pretende avaliar	✓
▪ Reconheça que quanto mais dividido se encontra um reagente sólido maior é o seu estado de divisão	✓
▪ Defina que o estado de divisão do Alka-Seltzer® deve variar de ensaio para ensaio, enquanto as restantes condições permanecem constantes	✓
▪ Defina as quantidades a adicionar de cada um dos reagentes	✓
▪ Identifique o volume do meio reaccional como a propriedade física cuja variação permite acompanhar o decurso da reacção	✓
▪ Reconheça o ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* como a grandeza a medir	✓
▪ Defina que o Alka-Seltzer® deve ser adicionado em primeiro lugar	✓
▪ Defina a sequência a seguir para a realização dos ensaios e distribua tarefas entre os elementos do grupo	✓
▪ Coloque o Alka-Seltzer® no meio reaccional	✓
▪ Adicione a água e, em simultâneo, inicie o registo do ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo	✓
▪ Reconheça a ocorrência de uma reacção química de libertação de um gás	✓
▪ Reconheça que a libertação de um gás leva ao aumento do ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo	✓
▪ Utilize adequadamente o SATD	✓
▪ Interprete o gráfico	✓
▪ Reconheça que o ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* aumenta ao longo do tempo	✓
▪ Reconheça que a variação do ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* diminui à medida que a reacção decorre	✓
▪ Associe um dado valor de ângulo de rotação registado pelo sensor de *posição* à formação de uma dada quantidade de produto	✓
▪ Determine o intervalo de tempo necessário para a formação de uma determinada quantidade de produto, em cada um dos ensaios	✓
▪ Reconheça que o intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de produto é inversamente proporcional à velocidade da reacção	✓
▪ Conclua que a velocidade da reacção é directamente proporcional à área superficial de contacto entre os reagentes (estado de divisão)	✓

Legenda: ✓ – Conseguido sem ajuda ✘ – Conseguido com ajuda

B – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a realização da actividade experimental, os alunos procederam à preparação e apresentação de uma página web, bem como à exposição, escrita e individual, das suas conclusões na ficha de trabalho.

B.1 – PÁGINA WEB

Atendendo a que se pretendia que os alunos abordassem um conjunto de itens, os resultados serão apresentados para cada um dos mesmos.

Assim, apresenta-se em seguida alguns extractos da página web construída pelos alunos (http://educa.fc.up.pt/ciencia_viva/index.php?id_escola=103) e a discussão gerada em torno de alguns itens.

B.1.1 – REACÇÃO QUÍMICA

Os alunos apresentaram a equação química que traduz a reacção química em estudo nesta actividade experimental.

Na Figura 5.30 apresenta-se um excerto da página web, acerca da reacção química estudada.

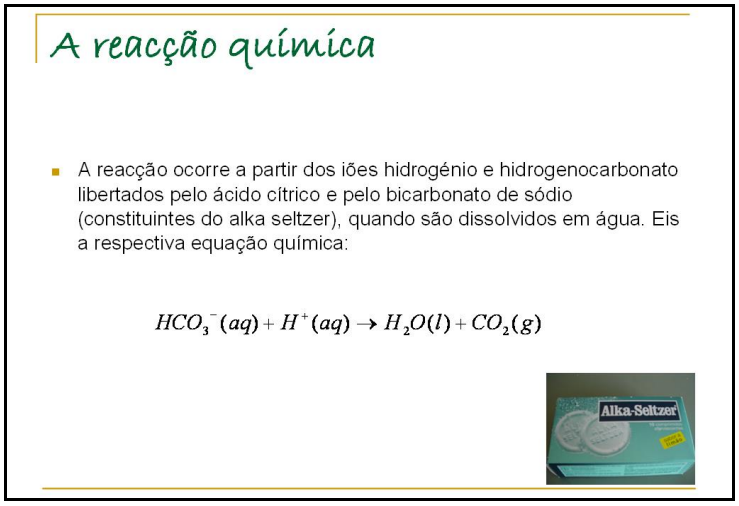


Figura 5.30 – Reacção química.

Quando solicitado para explicar a actividade experimental realizada, o Pedro começou por referir que a reacção química em estudo era a reacção química entre Alka-Seltzer® e água desionizada. Por sua vez, a Ana acrescentou que os reagentes envolvidos na reacção química em estudo eram iões libertados a partir da dissolução de Alka-Seltzer® em água e que o objectivo da actividade realizada consistira em estudar o efeito do estado de divisão dos reagentes sobre a velocidade da reacção. A monitora solicitou ainda ao Pedro que explicasse o

procedimento seguido na realização da actividade experimental. O Pedro explicou que o Alka-Seltzer® tinha sido adicionado, de ensaio para ensaio, partido em bocados cada vez mais pequenos.

Exemplo (extracto da discussão):

MONITORA: O que é que vocês pretendiam estudar nesta actividade?

PEDRO: Queríamos estudar a reacção entre Alka-Seltzer® e água desionizada.

MONITORA: Queriam estudar a reacção química entre esse dois reagentes?

PEDRO: Sim.

ANA: Não. Eram iões que eram libertados a partir do Alka-Seltzer® diluído em água.

MONITORA: E o que é que vocês quiseram estudar nesta reacção química?

ANA: O efeito da variação do estado de divisão do reagente.

MONITORA: E como é que fizeram isso, Pedro?

PEDRO: Íamos partindo a pastilha em bocados mais pequenos.

B.1.2 – OBJECTIVO

Os alunos apresentaram correctamente o objectivo da actividade experimental realizada.

Na Figura 5.31 apresenta-se um excerto da página web, acerca do objectivo da actividade experimental.

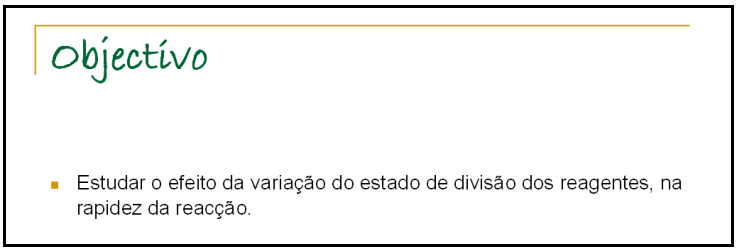


Figura 5.31 – Objectivo.

B.1.3 – MATERIAL

Os alunos apresentaram uma listagem do material utilizado na actividade experimental mas voltaram a não fazer qualquer referência à rolha de borracha utilizada para tapar o tubo de ensaio contendo a mistura reaccional.

Na Figura 5.32 apresenta-se um excerto da página web, acerca do material utilizado.

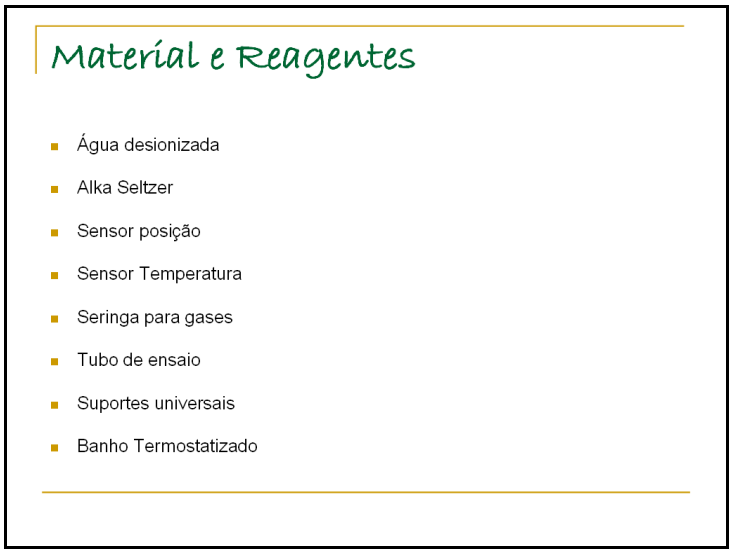
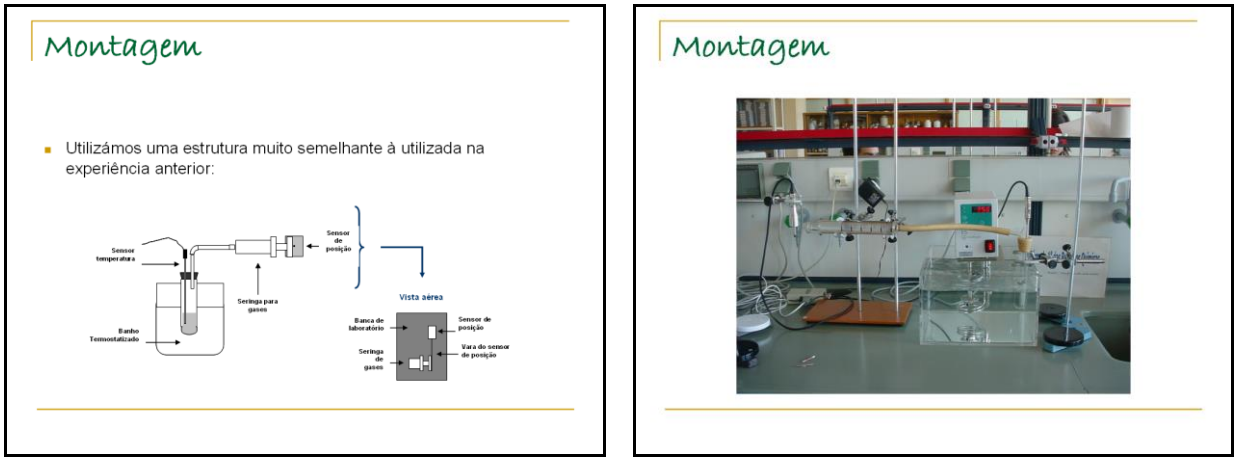


Figura 5.32 – Material.

B.1.4 – MONTAGEM EXPERIMENTAL

Os alunos apresentaram uma fotografia da montagem experimental utilizada.

Na Figura 5.33 apresenta-se um excerto da página web, acerca da montagem experimental.



(a) **(b)**

Figura 5.33 – Montagem experimental.

B.1.5 – CONTROLO DE VARIÁVEIS

Os alunos apresentaram informação acerca da quantidade adicionada de cada um dos reagentes nos diferentes ensaios, bem como acerca do controlo de variáveis efectuado.

Na Figura 5.34 apresenta-se um excerto da página web, relativo ao controlo de variáveis efectuado.

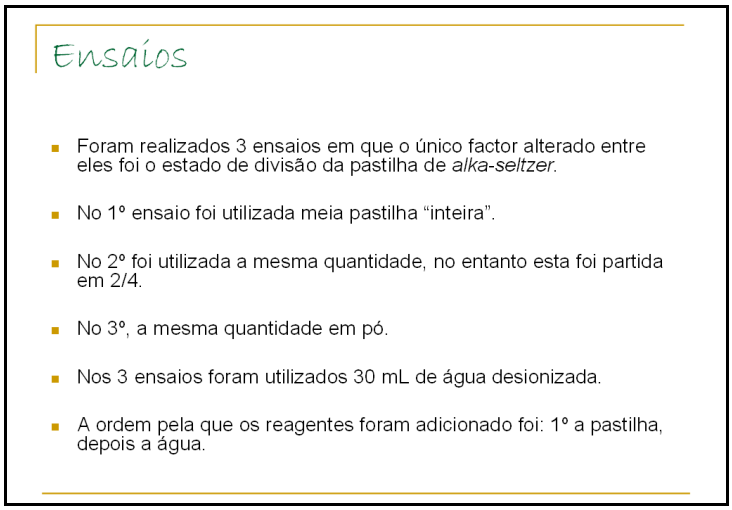


Figura 5.34 – Quantidades adicionadas de cada um dos reagentes.

Os alunos identificaram o estado de divisão dos reagentes como o factor cujo efeito, sobre a velocidade da reacção, se pretendia avaliar e explicaram brevemente como procederam para definir as quantidades a utilizar de cada um dos reagentes, embora esta referência tenha sido efectuada em simultâneo com o objectivo.

Na Figura 5.35 apresenta-se um excerto da página web, onde os alunos fazem referência ao controlo de variáveis efectuado.

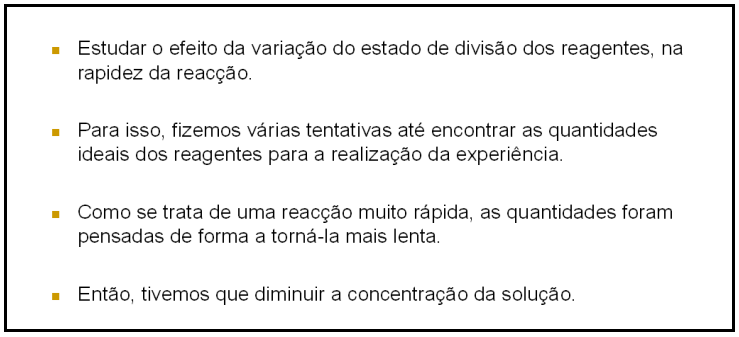


Figura 5.35 – Controlo de variáveis.

Todavia, os alunos não fizeram qualquer referência à propriedade física que lhes permitiu acompanhar o decurso da reacção química, nem à grandeza registada. Este facto poderá dever-se a que a montagem experimental utilizada nesta actividade era a montagem experimental utilizada na etapa anterior.

B.1.6 – GRÁFICO OBTIDO

Os alunos apresentaram a representação gráfica dos resultados obtidos ao longo da realização desta actividade experimental.

Na Figura 5.36 apresenta-se um excerto da página web, onde se apresenta o gráfico obtido.

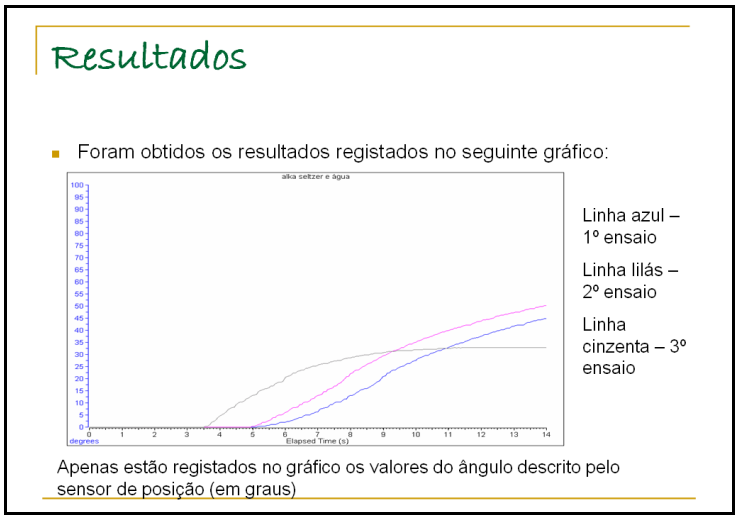


Figura 5.36 – Gráfico obtido.

O gráfico obtido era o esperado.

B.1.7 – INTERPRETAÇÃO DO GRÁFICO OBTIDO

Os alunos apresentaram a interpretação do gráfico obtido.

Os alunos analisaram o intervalo de tempo necessário para que o ângulo registado pelo sensor de *posição* atingisse um dado valor, tendo em consideração que este intervalo de tempo é inversamente proporcional à velocidade da reacção.

Os alunos propuseram ainda uma explicação para a diferença registada nos valores finais do ângulo registado pelo sensor de *posição*. De acordo com os alunos, tal diferença poderá resultar do facto da reacção química ser inicialmente uma reacção química muito rápida.

Na Figura 5.24 apresentam-se dois excertos da página web, acerca da interpretação do gráfico obtido.

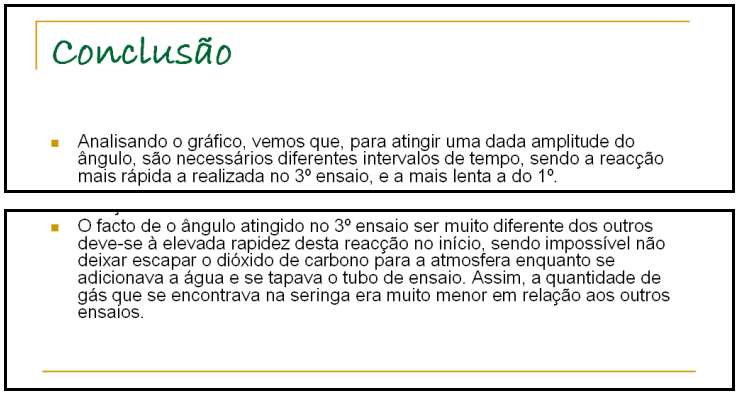


Figura 5.37 – Interpretação do gráfico obtido.

Quando questionado acerca das grandezas representadas no gráfico obtido, o Pedro referiu que estas eram o valor do ângulo registado pelo sensor de *posição* e o tempo.

Após reforçar que o gráfico obtido representava a variação do valor do ângulo registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo, a monitora solicitou aos alunos que analisassem a variação registada numa das curvas representadas no gráfico. A Ana referiu que o valor do ângulo registado pelo sensor de *posição* aumentava ao longo do tempo e que tal variação se devia a que, à medida que se ia formando, o gás ia sendo recolhido na seringa para gases. Deste modo, o sensor de *posição*, acoplado ao êmbolo da seringa para gases, deslocava-se rodando. A aluna mostrou pois que compreendia a relação existente entre a quantidade de produto formado e o valor do ângulo registado pelo sensor de *posição*.

Exemplo (extracto da discussão):

MONITORA: O que é que está representado no gráfico?

PEDRO: Sensor de *posição*.

MONITORA: O valor do ângulo registado pelo sensor de *posição*. E no outro eixo?

PEDRO: O tempo.

MONITORA: O que é que acontece ao ângulo registado pelo sensor de *posição*, ao longo do tempo?

ANA: Aumenta sempre. Aumenta.

MONITORA: E porque é que este aumenta?

ANA: Porque há formação do gás, do dióxido de carbono, para dentro da seringa e vai mexer o êmbolo e o sensor de *posição*.

Ao tentar interpretar o gráfico obtido, o Pedro foi capaz de identificar em qual das curvas representadas foi mais rápida a formação do produto, mas mostrou ter alguma dificuldade em expressar o seu raciocínio. O Pedro foi também capaz de reconhecer que quanto maior o intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de produto, menor a velocidade da reacção, embora inicialmente se tenha precipitado fazendo uma associação errada.

Após conseguir interpretar o gráfico obtido, o Pedro foi capaz de concluir correctamente acerca do efeito do estado de divisão sobre a velocidade da reacção em estudo.

Exemplo (extracto da discussão):

MONITORA: Comparando, por exemplo, a linha a azul e a linha a lilás, o que é podem concluir?

PEDRO: Que, da linha a lilás, o produto formou-se mais rápido do que na linha azul.

MONITORA: E como é que podes concluir isso, Pedro?

PEDRO: O tempo, em segundos, que começou a formar o produto.

MONITORA: Tu disseste que comparavas o tempo necessário para a formação de uma quantidade de produto. Como é que consegues visualizar isso? Vamos aqui ao gráfico e vemos que uma dada quantidade de produto corresponde a um dado valor do ângulo registado pelo

sensor de *posição*. E depois traçamos uma linha e vimos aqui ver. Por exemplo, aqui no lilás corresponde a um dado valor. Essa mesma quantidade de produto forma-se, no caso da linha a azul, após um intervalo de tempo maior, logo a reacção é mais rápida ou mais lenta?

PEDRO: Mais rápida.

MONITORA: Quanto mais tempo demora a formar-se a mesma quantidade de produto, a reacção é mais rápida ou é mais lenta, Pedro?

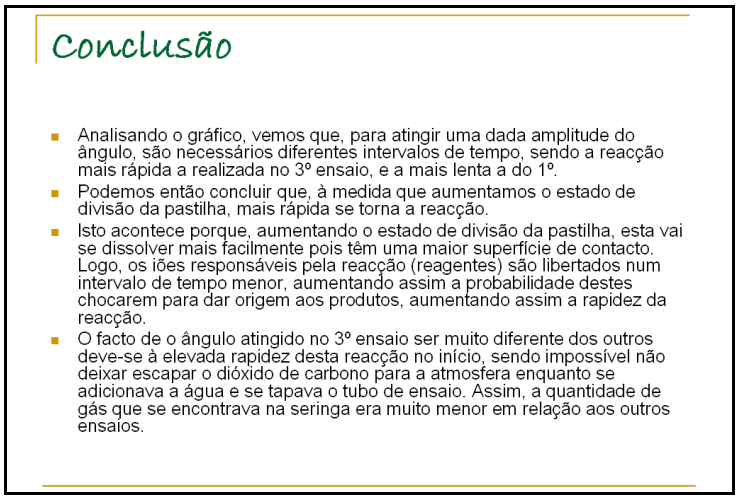
PEDRO: Mais lenta.

B.1.8 – CONCLUSÃO ACERCA DO EFEITO DA ÁREA SUPERFICIAL DE CONTACTO ENTRE OS REAGENTES SOBRE A VELOCIDADE DA REACÇÃO

Os alunos apresentaram as conclusões formuladas após a realização da actividade experimental.

Assim, os alunos analisaram o intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de produto por forma a concluir que o aumento do estado de divisão leva ao aumento da velocidade da reacção. Os alunos explicaram ainda que à medida que o estado de divisão aumenta, o Alka-Seltzer® dissolve-se mais facilmente e, consequentemente, aumenta a probabilidade de colisão entre os corpúsculos, aumentando a velocidade da reacção.

Na Figura 5.37 apresenta-se um excerto da página web acerca das conclusões formuladas pelos alunos.


Conclusão

- Analisando o gráfico, vemos que, para atingir uma dada amplitude do ângulo, são necessários diferentes intervalos de tempo, sendo a reacção mais rápida a realizada no 3º ensaio, e a mais lenta a do 1º.
- Podemos então concluir que, à medida que aumentamos o estado de divisão da pastilha, mais rápida se torna a reacção.
- Isto acontece porque, aumentando o estado de divisão da pastilha, esta vai se dissolver mais facilmente pois têm uma maior superfície de contacto. Logo, os iões responsáveis pela reacção (reagentes) são libertados num intervalo de tempo menor, aumentando assim a probabilidade destes chocarem para dar origem aos produtos, aumentando assim a rapidez da reacção.
- O facto de o ângulo atingido no 3º ensaio ser muito diferente dos outros deve-se à elevada rapidez desta reacção no início, sendo impossível não deixar escapar o dióxido de carbono para a atmosfera enquanto se adicionava a água e se tapava o tubo de ensaio. Assim, a quantidade de gás que se encontrava na seringa era muito menor em relação aos outros ensaios.

Figura 5.38 – Conclusão.

Os alunos foram pois capazes de interpretar o gráfico obtido e de retirar as conclusões correctas acerca do efeito do estado de divisão dos reagentes sobre a velocidade da reacção em estudo.

Quando questionado acerca do motivo pelo qual considerava que o aumento da área superficial de contacto entre os reagentes levava ao aumento da velocidade da reacção, o

Pedro explicou que ao aumentar a área superficial de contacto, aumenta a zona de contacto entre os reagentes e a probabilidade de colisão entre os corpúsculos dos reagentes. A Ana concordou com a explicação dada pelo colega.

Exemplo (extracto da discussão):

> MONITORA: Vamos ver então... Isto acontece porque aumenta a superfície de contacto, aumentando a probabilidade de os corpúsculos reagentes chocarem, aumentando a rapidez... Acrescentariam mais alguma coisa? Porque é que aumentando a superfície de contacto, ou o estado de divisão, a reacção se torna mais rápida? Quanto mais partida estiver a pastilha, o que é que acontece?
>
> PEDRO: Mais zona de contacto.
>
> MONITORA: E?
>
> PEDRO: E os reagentes têm mais probabilidade de chocarem entre si.
>
> MONITORA: Concordas, Ana?
>
> ANA: Sim.

O Quadro 5.6 resume os itens abordados pelos alunos ao longo da página web elaborada pelos mesmos para apresentação de alguns dos aspectos tratados ao longo da actividade experimental.

Quadro 5.6 – Itens abordados pelos alunos na página web elaborada para a Actividade Experimental 3.

PÁGINA WEB	ITENS ABORDADOS
▪ Reacção química	✓
▪ Objectivo	✓
▪ Material	✓
▪ Montagem experimental	✓
▪ Controlo de variáveis	✓
▪ Gráfico obtido	✓
▪ Interpretação do gráfico obtido	✓
▪ Conclusão acerca do efeito da área superficial de contacto entre os reagentes sobre a velocidade da reacção	✓

Legenda: ✓ – Apresentado com correcção ✘ – Apresentado com omissões ✘ – Não apresentado

A página web foi elaborada pelos dois alunos, embora a contribuição da Ana seja mais significativa. Deste modo, a monitora voltou a colocar algumas questões directamente ao Pedro e não ao grupo em geral.

Verificou-se ainda que ao longo da apresentação e discussão dos resultados os alunos foram capazes de fazer as devidas correcções na página web.

B.2 – FICHA DE TRABALHO

Após a apresentação e discussão dos resultados, os alunos apresentaram, individualmente, as suas conclusões num espaço criado para o efeito na ficha de trabalho, podendo referir todos os aspectos que considerassem relevantes.

B.2.1 – O CASO DA ANA

A Ana falou concretamente:

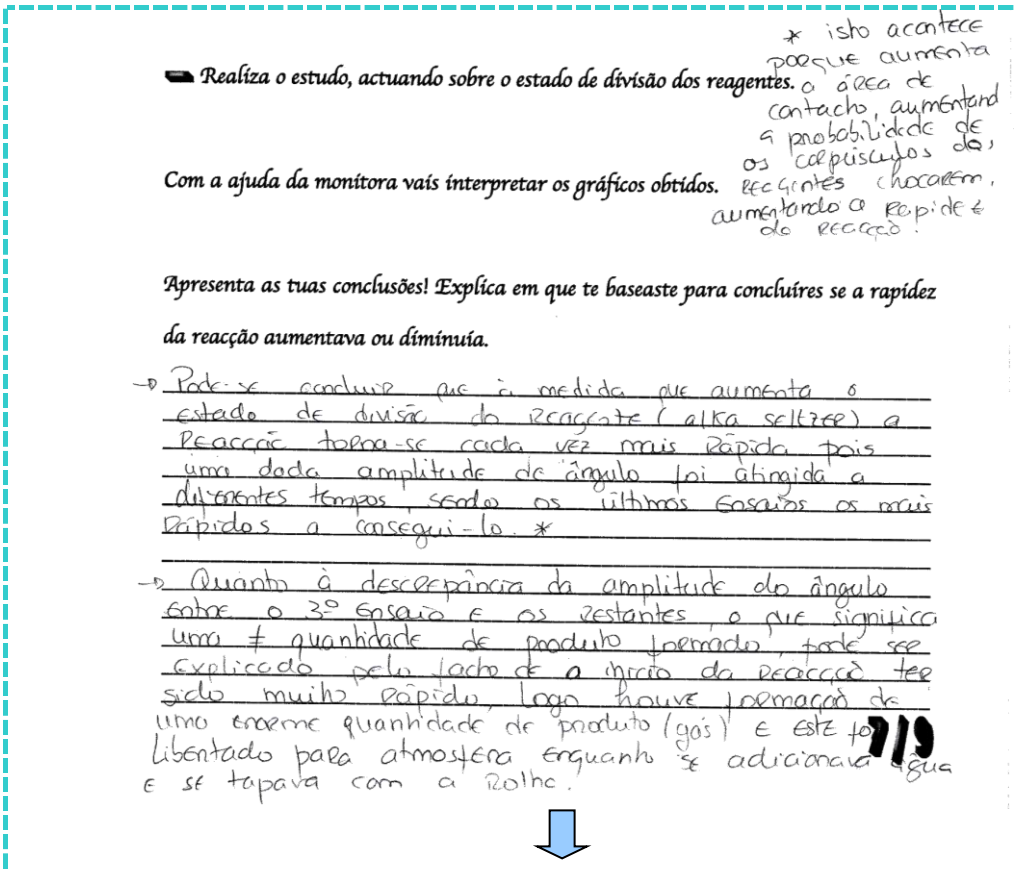
- No aumento do estado de divisão do Alka-Seltzer®;
- No efeito do estado de divisão do Alka-Seltzer® sobre a velocidade da reacção em estudo, referindo que o aumento do estado de divisão leva ao aumento da velocidade da reacção química;
- Na relação entre a quantidade de gás formado e o ângulo registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo, referindo que o intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de gás diminui com o aumento do estado de divisão do Alka-Seltzer®.

A aluna foi capaz de referir correctamente os três aspectos considerados nos objectivos definidos para esta etapa.

Note-se que a Ana fez ainda referência à relação existente entre o estado de divisão, a área superficial de contacto entre os reagentes e a probabilidade de colisão entre os corpúsculos e apresentou uma possível justificação para a diferença observada no valor final do ângulo registado pelo sensor de *posição* entre os diferentes ensaios.

A informação acrescentada pela aluna, no final, surge devido a um pedido feito pela monitora no sentido de ser feita uma breve referência ao que se passa a nível corpuscular.

Na Figura 5.39 apresenta-se um excerto da ficha de trabalho da Ana, onde é possível visualizar as conclusões apresentadas pela aluna.



Realiza o estudo, actuando sobre o estado de divisão dos reagentes.

Com a ajuda da monitora vais interpretar os gráficos obtidos.

* isto acontece porque aumenta a área de contacto, aumentando a probabilidade de os corpúsculos dos reagentes chocarem, aumentando a rapidez da reacção.

Apresenta as tuas conclusões! Explica em que te baseaste para concluíres se a rapidez da reacção aumentava ou diminuía.

→ Pode-se concluir que à medida que aumenta o estado de divisão do reagente (alka seltzer) a Reacção torna-se cada vez mais rápida pois uma dada amplitude de ângulo foi atingida a diferentes tempos, sendo os últimos ensaios os mais rápidos a consegui-lo. *

→ Quanto à descrepância da amplitude do ângulo entre o 3º ensaio e os restantes, o que significa uma ≠ quantidade de produto formado, pode ser explicado pelo facto de o início da reacção ter sido muito rápido, logo houve formação de uma enorme quantidade de produto (gás) e este foi libertado para atmosfera enquanto se adicionava água e se tapava com a rolha.

→ *Pode-se concluir que à medida que aumenta o estado de divisão do reagente (Alka-Seltzer) a reacção torna-se cada vez mais rápida pois uma dada amplitude do ângulo foi atingida a diferentes tempos, sendo os últimos ensaios os mais rápidos a consegui-lo. Isto acontece porque aumenta a área de contacto, aumentando a probabilidade de os corpúsculos dos reagentes chocarem, aumentando a rapidez da reacção.*

→ *Quanto à discrepância da amplitude do ângulo entre o 3º ensaio e os restantes, o que significa uma ≠ quantidade de produto formado, pode ser explicado pelo facto de o início da reacção ter sido muito rápido. Logo houve formação de uma enorme quantidade de produto (gás) e este foi libertado para a atmosfera enquanto se adicionava água e se tapava com a rolha.*

Figura 5.39 – Conclusões apresentadas pela Ana na Ficha de Trabalho, na Etapa 4 deste estudo.

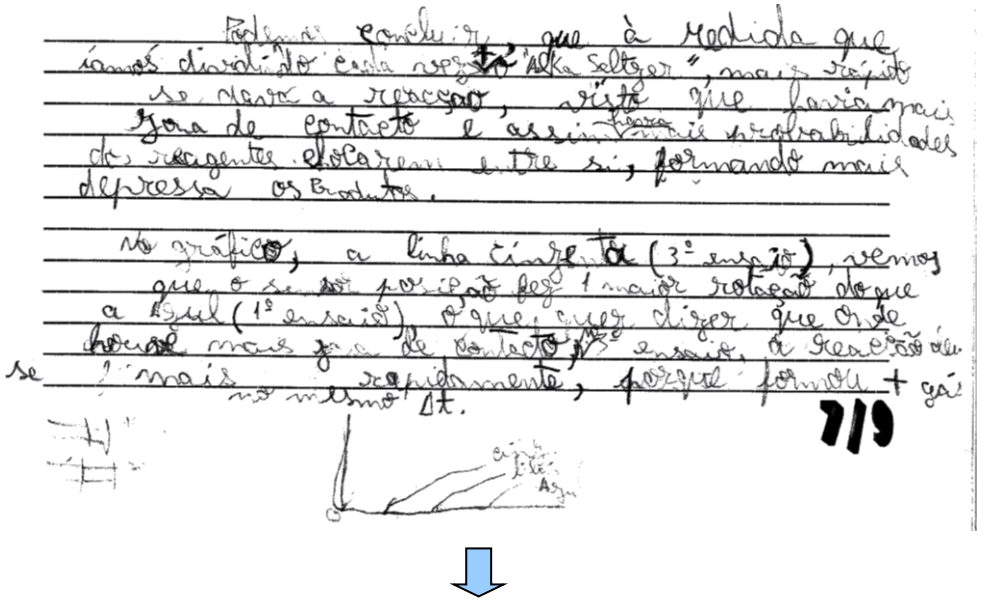
B.2.2 – O CASO DO PEDRO

O Pedro falou concretamente:

- No aumento do estado de divisão do Alka-Seltzer®;
- No efeito do estado de divisão do Alka-Seltzer® sobre a velocidade da reacção em estudo, referindo que o aumento do estado de divisão leva ao aumento da velocidade da reacção química;

- Na relação entre a quantidade de gás formado e o ângulo registado pelo sensor de *posição* ao longo do tempo, referindo que a quantidade de gás formado num dado intervalo de tempo aumenta com o aumento do estado de divisão do Alka-Seltzer®.

Na Figura 5.40 apresenta-se um excerto da ficha de trabalho do Pedro, onde é possível visualizar as conclusões apresentadas pelo aluno.



Podemos concluir que à medida que íamos dividindo cada vez + o "Alka-Seltzer", mais rápido se dava a reacção, visto que havia mais zona de contacto e assim havia mais probabilidades dos reagentes chocarem entre si, formando mais depressa os produtos.

No gráfico, a linha cinzenta (3º ensaio), vemos que o sensor posição fez 1 maior rotação do que a azul (1º ensaio), o que quer dizer que onde houve mais zona de contacto, 3º ensaio, a reacção deu-se mais rapidamente, porque formou + gás no mesmo Δt.

Figura 5.40 – Conclusões apresentadas pelo Pedro na Ficha de Trabalho, na Etapa 4 deste estudo.

É de salientar que o Pedro também fez uma breve referência à relação existente entre o estado de divisão, a área superficial de contacto entre os reagentes e a probabilidade de colisão entre os corpúsculos.

A velocidade de reacção é avaliada de modo diferente pelos dois alunos.

O Pedro foi capaz de referir correctamente os três aspectos considerados nos objectivos definidos para esta etapa.

5.3 Fase III – Avaliação final

Após a implementação da estratégia de ensino/aprendizagem efectuou-se uma avaliação final com o intuito de avaliar a aprendizagem dos alunos e de tecer uma apreciação global acerca das actividades propostas.

Esta avaliação, realizada em duas etapas, envolveu o preenchimento de dois questionários, por parte dos alunos. O preenchimento dos questionários foi feito individualmente.

O Questionário 1 foi elaborado pela autora e o Questionário 2 foi o questionário utilizado pela Universidade Júnior para a avaliação do programa "Verão em projecto", no qual se inseria o projecto *"Fórmula 1" das reacções químicas*.

5.3.1 Etapa 1 – Avaliação final da aprendizagem

Na Etapa 1 da avaliação final pretendeu avaliar-se a aprendizagem dos alunos relativamente aos aspectos de conteúdo abordados na estratégia de ensino/aprendizagem e a capacidade dos alunos para utilizar os conhecimentos adquiridos num contexto diferente daquele em que foi realizada a aprendizagem. A avaliação foi feita com base nas respostas dadas pelos alunos, individualmente, ao Questionário 1.

O Questionário 1 era constituído por nove questões, sendo todas elas de resposta aberta. Todavia, nesta etapa do estudo, apenas se considerou quatro das nove questões (questões 3, 6, 7 e 8), uma vez que as restantes questões são referentes à Etapa 2 da Fase III deste estudo.

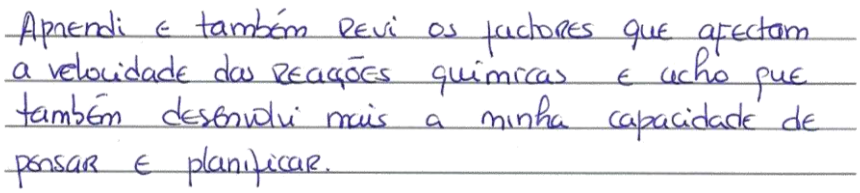
Os resultados vão ser apresentados para cada uma das questões.

QUESTIONÁRIO 1

– O que achas que aprendeste?

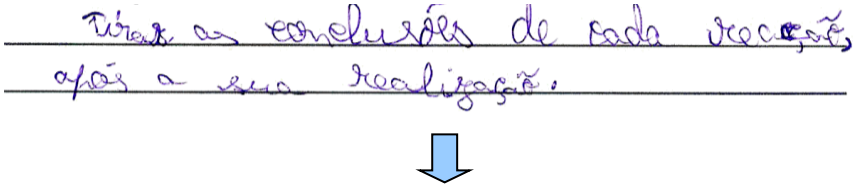
A Ana referiu que aprendeu mais sobre os factores que afectam a velocidade das reacções químicas e que desenvolveu a sua capacidade de pensar e planificar. O Pedro referiu que aprendeu a formular conclusões.

Exemplo de resposta (Ana):



Aprendi e também revi os factores que afectam a velocidade das reacções químicas e acho que também desenvolvi mais a minha capacidade de pensar e planificar.

Exemplo de resposta (Pedro):



Tirar as conclusões de cada reacção após a sua realização.

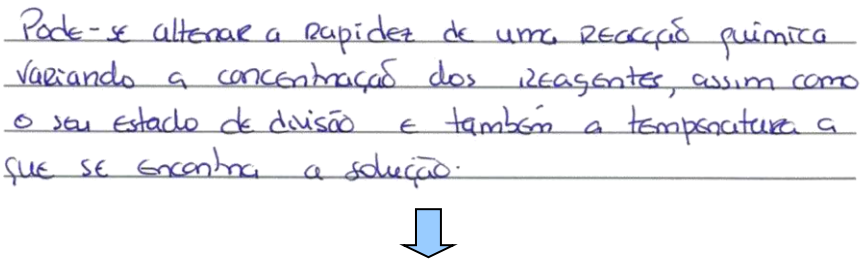
A Ana reconheceu que tinha desenvolvido o seu conhecimento no que se refere ao conteúdo de aprendizagem que era o objectivo deste estudo. O Pedro não fez qualquer referência aos conteúdos de aprendizagem.

A Ana e o Pedro referiram o desenvolvimento de competências específicas para a Literacia Científica, nomeadamente planear, retirar conclusões e raciocínio.

– Como se pode alterar a rapidez de uma reacção química?

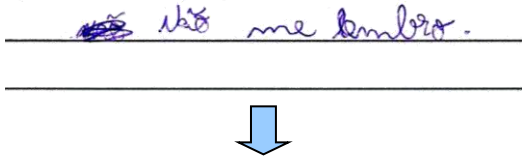
A Ana identificou a concentração inicial dos reagentes, o estado de divisão e a temperatura como factores passíveis de alterar a velocidade das reacções químicas, enquanto que o Pedro não conseguiu recordar nenhum.

Exemplo de resposta (Ana):



Pode-se alterar a rapidez de uma reacção química variando a concentração dos reagentes, assim como o seu estado de divisão e também a temperatura a que se encontra a solução.

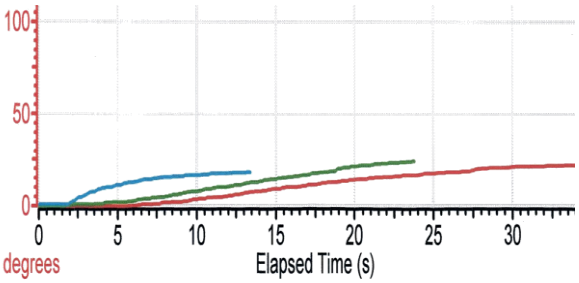
Exemplo de resposta (Pedro):



Não me lembro.

A Ana referiu todos os factores estudados excepto a presença de um catalisador. O Pedro não referiu nenhum.

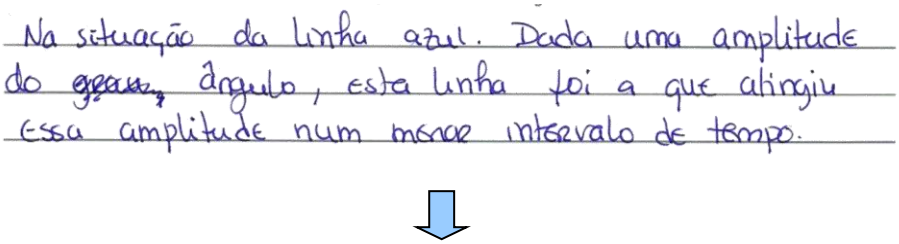
– O gráfico em baixo foi obtido no estudo do efeito do estado de divisão dos reagentes na velocidade da reacção química entre o magnésio metálico e o ácido clorídrico.



Em qual da situações é que a reacção química é mais rápida?

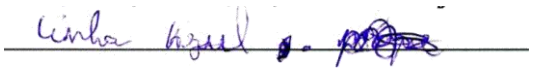
Ambos os alunos identificaram correctamente a linha a azul como sendo aquela a que corresponde a situação onde a reacção química é mais rápida. A Ana explicou ainda que, para responder, analisou o intervalo de tempo necessário para a formação da mesma quantidade de produto nos diferentes ensaios.

Exemplo de resposta (Ana):



Na situação da linha azul. Dada uma amplitude do ângulo, esta linha foi a que atingiu essa amplitude num menor intervalo de tempo.

Exemplo de resposta (Pedro):



Linha azul.

Os alunos mostraram ser capazes de interpretar gráficos obtidos com os SATD utilizados. A Ana explicou o seu raciocínio.

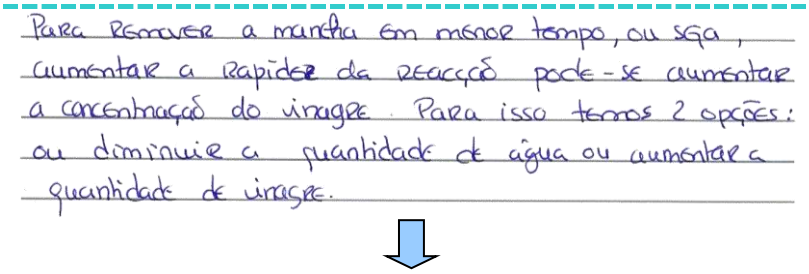
– Para remover uma mancha de um prato de porcelana cobriu-se a mesma com meio copo de água fria e algumas gotas de vinagre. Após deixar repousar de um dia para outro, verificou-se que a mancha tinha ficado um pouco mais clara.

Sugere uma alteração ao método que permita remover a mancha em menor tempo. Justifica.

A Ana referiu que se deveria aumentar a velocidade da reacção aumentando a concentração do vinagre. A aluna referiu ainda que para aumentar a concentração de vinagre se poderia diminuir a quantidade de água ou aumentar a quantidade de vinagre.

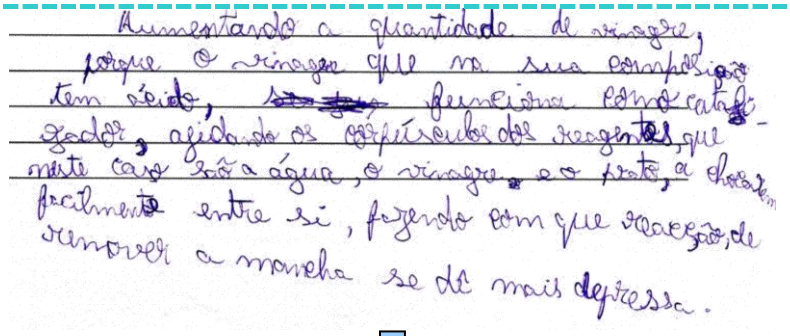
Contudo, o Pedro sugeriu que se deveria aumentar a quantidade de vinagre pois considerava que este, sendo um ácido, se iria comportar como um catalisador.

Exemplo de resposta (Ana):


Para Remover a mancha em menor tempo, ou seja, aumentar a Rapidez da Reacção pode-se aumentar a concentração do vinagre. Para isso temos 2 opções: ou diminuir a quantidade de água ou aumentar a quantidade de vinagre.

Para remover a mancha em menor tempo, ou seja, aumentar a rapidez da reacção pode-se aumentar a concentração do vinagre. Para isso temos 2 opções: ou diminuir a quantidade de água ou aumentar a quantidade de vinagre.

Exemplo de resposta (Pedro):


Aumentando a quantidade de vinagre, porque o vinagre que na sua composição tem ácido, funciona como catalizador, ajudando os corpúsculos dos reagentes, que neste caso são a água, o vinagre e o prato, a chocarem facilmente entre si, fazendo com que reacção de remover a mancha se dê mais depressa.

Aumentando a quantidade de vinagre, porque o vinagre que na sua composição tem ácido, funciona como catalizador, ajudando os corpúsculos dos reagentes que neste caso são a água, o vinagre e o prato, a chocarem facilmente entre si, fazendo com que reacção de remover a mancha se dê mais depressa.

Ambos os alunos utilizaram a aprendizagem sobre os factores que influenciam a velocidade das reacções para apresentar as suas sugestões.

A Ana apresentou uma proposta que permitiria resolver o problema. A sugestão apresentada pelo Pedro não permitiria resolver o problema. Este facto pode estar associado a uma má interpretação, por parte do aluno, da questão colocada ou ao facto de a questão colocada não ser muito explícita.

Ambos os alunos foram capazes de interpretar e retirar conclusões a partir de gráficos que apresentavam os resultados obtidos em experiências realizadas, utilizando SATD, para estudar o efeito de vários factores na velocidade de reacção. Quando confrontados com dados de "investigações" os alunos também foram capazes de retirar e avaliar conclusões. Esta

competência é uma das competências consideradas no programa PISA (Programa para avaliação internacional dos alunos).

5.3.2 Etapa 2 – Apreciação, pelos alunos, das actividades propostas

Nesta etapa pretendeu-se que os alunos dessem a sua opinião acerca das actividades propostas. Foram utilizados dois questionários, o Questionário 1 e o Questionário 2.

O Questionário 1, preenchido pelos alunos na Etapa 1 da Avaliação Final deste estudo, era constituído por nove questões, sendo todas elas de resposta aberta. Contudo, nesta etapa, das nove questões apresentadas no questionário apenas foram consideradas quatro (questões 1, 2, 4 e 5) visto serem estas as que se referem a aspectos importantes para a avaliação das actividades propostas.

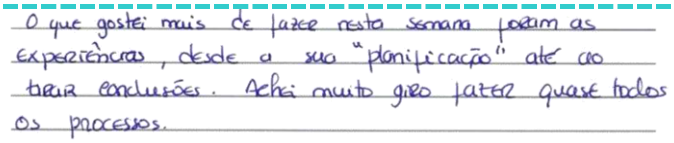
Os resultados vão ser apresentados para cada uma das questões.

QUESTIONÁRIO 1

– O que gostaste mais de fazer?

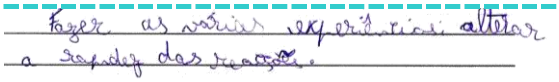
Ambos os alunos referiram a realização das actividades experimentais como aquilo que mais gostaram de fazer.

Exemplo de resposta (Ana):



O que gostei mais de fazer nesta semana foram as experiências, desde a sua "planificação" até ao tirar conclusões. Achei muito giro fazer quase todos os processos.

Exemplo de resposta (Pedro):



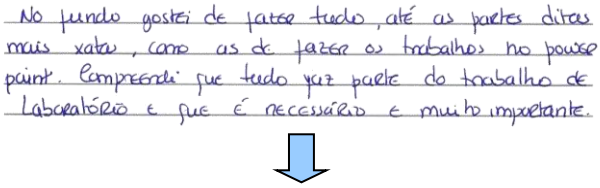
Fazer as várias experiências, alterar a rapidez das reacções.

– O que gostaste menos de fazer?

A Ana referiu a realização de trabalhos para comunicação dos resultados como aquilo que gostou menos de fazer. A aluna referiu ainda que, de um modo geral, gostou de fazer tudo e que compreendeu que o trabalho laboratorial inclui diferentes etapas.

O Pedro identificou a formulação de conclusões como aquilo que menos gostou de fazer.

Exemplo de resposta (Ana):



No fundo gostei de fazer tudo, até as partes ditas mais xatas, como as de fazer os trabalhos no power point. Compreendi que tudo faz parte do trabalho de laboratório e que é necessário e muito importante.

Exemplo de resposta (Pedro):



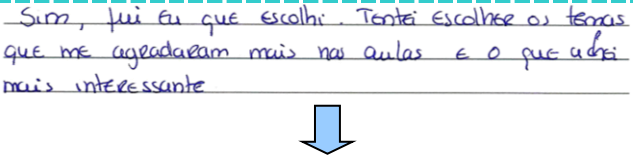
Tirar as conclusões dos gráficos.

– Foste tu que escolheste este tema, a "Fórmula 1" das Reacções Químicas? Porquê?

A Ana explicou que foi ela própria que escolheu frequentar o projecto *"Fórmula 1" das Reacções Químicas* e que a sua escolha se baseou naquilo que considerou ser mais interessante.

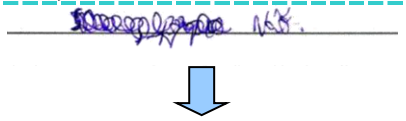
O Pedro limitou-se a referir que não foi ele quem escolheu o projecto *"Fórmula 1" das Reacções Químicas*.

Exemplo de resposta (Ana):



Sim, fui eu que escolhi. Tentei escolher temas que me agradaram mais nas aulas e o que achei mais interessante.

Exemplo de resposta (Pedro):



Não.

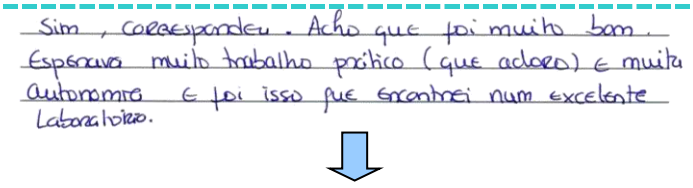
As respostas dos alunos ajudam a compreender a motivação dos alunos ao longo do projecto. Com efeito, a Ana mostrou-se sempre muito motivada, enquanto o Pedro se mostrou inicialmente desmotivado. À medida que o trabalho progredia, o aluno mostrou-se cada vez mais interessado, chegando inclusive a ficar até mais tarde para terminar a apresentação das suas conclusões na respectiva ficha de trabalho.

– Correspondeu às tuas expectativas? Explica.

A Ana referiu que o projecto correspondeu às suas expectativas, dado que durante o mesmo teve oportunidade de realizar trabalho prático de uma forma mais autónoma, num laboratório muito bem equipado.

O Pedro não respondeu à questão colocada, talvez porque não tivesse expectativas à partida, já que não foi ele quem escolheu frequentar este projecto.

Exemplo de resposta (Ana):



Sim, correspondeu. Acho que foi muito bom. Esperava muito trabalho prático (que adoro) e muita autonomia e foi isso que encontrei num excelente laboratório.

QUESTIONÁRIO 2

– Das razões a seguir indicadas assinala aquelas que te levaram a escolher este projecto:

- Interesse do tema □

- Relação com o curso que pretendo tirar □

- Orientação dos pais □

- Orientação do professor □

A Ana referiu que as razões que a levaram a escolher o projecto foram o interesse do tema e a sua relação com o curso que pretende tirar.

O Pedro referiu que a escolha do projecto resultou da orientação dada pelos pais.

– Considerando as tuas expectativas iniciais, indica-nos se este projecto que frequentaste:

- Ficou muito acima do que esperavas □

- Ficou acima do que esperavas □

- Correspondeu ao que esperavas □

- Ficou abaixo do que esperavas □

- Ficou muito abaixo do que esperavas □

Tanto a Ana como o Pedro referiram que o projecto ficou acima do que esperavam.

– Numa escala de 1 a 5 classifica:

– As actividades deste programa quanto ao interesse – de <u>pouco</u> (1) a <u>muito</u> (5):

	1	*2*	*3*	*4*	*5*
Interesse das actividades:	□	□	□	□	□

– A relação que tiveste com o monitor – de <u>má</u> (1) a <u>muito boa</u> (5):

	1	*2*	*3*	*4*	*5*
Relação com o monitor:	□	□	□	□	□

– O ambiente geral vivido durante esta semana – de <u>pouco agradável</u> (1) a <u>muito agradável</u> (5):

	1	*2*	*3*	*4*	*5*
Ambiente geral:	□	□	□	□	□

Quanto ao interesse, a Ana e o Pedro classificaram as actividades do programa como muito interessantes (nível 5 no caso da Ana e nível 4 no caso do Pedro).

Relativamente à relação com a monitora, os alunos classificaram-na como muito boa (nível 5 no caso da Ana e nível 4 no caso do Pedro).

Em ralação ao ambiente vivido, os alunos consideraram-no como muito agradável (nível 5 no caso da Ana e nível 4 no caso do Pedro).

– Numa escala de 1 a 5 classifica a forma como foram apresentadas as actividades deste projecto:

	1	*2*	*3*	*4*	*5*	
Fácil	□	□	□	□	□	***Difícil***
Estimulante	□	□	□	□	□	***Pouco Estimulante***
Apelando à Autonomia	□	□	□	□	□	***Muito Orientadas***
Criativas	□	□	□	□	□	***Pouco Criativas***
Prática	□	□	□	□	□	***Teórica***

A Ana classificou as actividades como fáceis (nível 2), estimulantes (nível 1), apelando à autonomia (nível 2), criativas (nível 2) e práticas (nível 2).

Por sua vez, o Pedro classificou as actividades como muito fáceis (nível 2), relativamente estimulantes (nível 3), relativamente orientadas (nível 3), muito criativas (nível 2) e muito práticas (nível 1).

– Numa escala de 1 a 5 como classificas este projecto em termos de:

– Aprendizagens novas, de <u>poucas</u> (1) a <u>muitas</u> (5):

1	***2***	***3***	***4***	***5***
□	□	□	□	□

– Motivação para aprenderes mais coisas sobre o tema, de <u>pouca</u> (1) a <u>muita</u> (5):

1	***2***	***3***	***4***	***5***
□	□	□	□	□

A Ana considera que o projecto lhe proporcionou muitas aprendizagens novas (nível 5) e que a motivou muito para a aprendizagem de mais coisas sobre o tema (nível 5).

O Pedro considera que o projecto lhe proporcionou bastantes aprendizagens novas (nível 4) e que o motivou muito para a aprendizagem de mais coisas sobre o tema (nível 5).

– Numa escala de 0 a 20, como classificas globalmente este programa:

Algarismo das Dezenas	***0*** □	***1*** □	***2*** □							
Algarismo das Unidades	***0*** □	***1*** □	***2*** □	***3*** □	***4*** □	***5*** □	***6*** □	***7*** □	***8*** □	***9*** □

A Ana classificou o projecto em 19 valores, enquanto o Pedro o classificou em 18 valores.

Os resultados indicam que os alunos consideraram o projecto acima das suas expectativas. Para os alunos as actividades realizadas foram muito interessantes, muito estimulantes, fáceis, muito práticas, criativas e apelando muito à autonomia. Estas decorreram num ambiente muito agradável, onde a relação com a monitora era muito boa. Os alunos referiram ainda que realizaram muitas aprendizagens novas e que ficaram muito motivados para aprender mais sobre o tema.

A Ana e o Pedro classificaram o projecto com 19 e 18 valores, respectivamente, numa escala de 0 a 20.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS

Com a realização do estudo pretendeu-se investigar o impacto da implementação de uma estratégia baseada na realização de trabalho experimental, de carácter investigativo, no desenvolvimento conceptual dos alunos. O tema abordado foi a Velocidade das Reacções Químicas.

Na estratégia delineada, os alunos, trabalhando em grupo, tiveram que planificar e executar um conjunto de actividades experimentais, complementadas por situações de reflexão acerca das evidências experimentais e da sua relação com os conceitos e teorias que as explicam. A estratégia foi implementada, no âmbito das actividades da Universidade Júnior da Universidade do Porto durante o mês de Julho de 2005, a alunos do Ensino Secundário com idades compreendidas entre os 15 e 17 anos.

Neste estudo também se pretendeu avaliar o conjunto de actividades experimentais propostas, bem como promover o desenvolvimento de competências para a Literacia Científica ao nível do conhecimento processual, do raciocínio, da comunicação e das atitudes.

Os resultados deste estudo permitem formular algumas conclusões, bem como as suas implicações educacionais.

As principais conclusões são relativas, essencialmente, a quatro aspectos:

- Desenvolvimento de competências dos alunos acerca do tema.
- Desenvolvimento de competências dos alunos para a Literacia Científica.
- Apreciação, pelos alunos, das actividades propostas.
- Implicações educacionais.

6.1 Desenvolvimento de competências dos alunos acerca do tema

Os alunos desenvolveram competências acerca dos diversos conteúdos tratados. Este desenvolvimento de competências foi avaliado com base nas intervenções dos alunos ao longo dos debates realizados, nas observações registadas pela monitora ao longo da realização das várias actividades propostas, nas conclusões apresentadas pelos alunos nas fichas de trabalho que acompanhavam cada actividade experimental e nas apresentações dos trabalhos elaborados pelos alunos.

O desenvolvimento de competências pode ser apreciado através do desenvolvimento conceptual dos alunos para cada um dos conteúdos focados neste estudo.

6.1.1 Conceito de velocidade

Os alunos mostraram, após a realização das actividades propostas que eram capazes de avaliar a velocidade de reacção com base em procedimentos diferentes bem como explicar a variação da velocidade de reacção em termos corpusculares. A avaliação individual, através de questionário, mostrou que os alunos através da interpretação de gráficos obtidos com os SATD utilizados, em diferentes ensaios e contextos, tiraram conclusões sobre a velocidade de reacção. Embora a ideia de que a velocidade de reacção varia não fosse estranha para os alunos, antes da realização das actividades, eles não eram capazes de explicar como se reconhece que essa velocidade varia, nem de interpretar a variação dessa velocidade em termos corpusculares.

O desenvolvimento conceptual dos alunos acerca do conceito de velocidade apresenta-se no Quadro 6.1 e Quadro 6.2.

Quadro 6.1 – Desenvolvimento conceptual da Ana acerca do conceito de velocidade.

COMPETÊNCIAS	ANTES * (GRUPO)	ACTIVIDADE EXPERIMENTAL 1	2	3	INQUÉRITO (INDIVIDUAL)
▪ Reconhecer que a velocidade das reacções químicas pode variar	✘ →	✘ →	✓ →	✓ →	✓
▪ Como reconhecer que a velocidade de reacção varia	✘ →	✘ →	✓ →	✓ →	✓
▪ Interpretar a variação da velocidade de uma reacção em termos corpusculares	**NA** →	✘ →	✓ →	✓ →	✓

* – Antes da realização da actividade experimental

Legenda: ✓ – Atingido sem ajuda ✘ – Atingido com ajuda **NA** – Não avaliado / Não aplicável

Quadro 6.2 – Desenvolvimento conceptual do Pedro acerca do conceito de velocidade.

COMPETÊNCIAS	ANTES * (GRUPO)	ACTIVIDADE EXPERIMENTAL 1	2	3	INQUÉRITO (INDIVIDUAL)
▪ Reconhecer que a velocidade das reacções químicas pode variar	✓ →	✓ →	✓ →	✓ →	✓
▪ Como reconhecer que a velocidade de reacção varia	✘ →	✘ →	✓ →	✓ →	✓
▪ Interpretar a variação da velocidade de uma reacção em termos corpusculares	**NA** →	✘ →	✓ →	✓ →	✓

* – Antes da realização da actividade experimental

Legenda: ✓ – Atingido sem ajuda ✘ – Atingido com ajuda **NA** – Não avaliado / Não aplicável

6.1.2 Efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de uma reacção química

6.1.2.1 Identificação de soluções com diferente concentração

O trabalho desenvolvido permitiu aos alunos ultrapassar as dificuldades que apresentavam inicialmente acerca da concentração de soluções já que consideravam que se o volume total de uma solução permanecia constante em diferentes soluções, a concentração de soluto nas várias soluções era também constante.

6.1.2.2 Efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de reacção

Os alunos, após a realização das actividades propostas, foram capazes de explicar o efeito da concentração inicial dos reagentes sobre a velocidade de reacção. Antes, os alunos só eram capazes de indicar que a concentração inicial afectava a velocidade da reacção, não sabendo como. Os alunos mostraram também ser capazes de interpretar o efeito da concentração inicial dos reagentes sobre a velocidade de reacção, com base na análise de uma representação gráfica, relacionando a velocidade de reacção com o tempo para a formação de uma dada quantidade de produto.

O desenvolvimento conceptual da Ana e do Pedro acerca do efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de uma reacção química apresenta-se no Quadro 6.3 e Quadro 6.4, respectivamente.

Quadro 6.3 – Desenvolvimento conceptual da Ana acerca do efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de uma reacção química.

COMPETÊNCIAS	ANTES * (GRUPO)		Durante** (GRUPO)		DISCUSSÃO RESULTADOS (GRUPO)		FICHA DE TRABALHO (INDIVIDUAL)		INQUÉRITO (INDIVIDUAL)
▪ Reconhecer a concentração inicial dos reagentes como um dos factores passíveis de alterar a velocidade das reacções químicas	✓	→	✓	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Identificar qual o efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de reacção	✗	→	✗	→	✓	→	✓	→	**NA**
▪ Reconhecer que a velocidade de uma reacção química é inversamente proporcional ao tempo para a formação de uma dada quantidade de produto	**NA**	→	✗	→	✓	→	✓	→	**NA**
▪ Retirar as conclusões através da interpretação dos dados experimentais	**NA**	→	✗	→	✓	→	✓	→	✓

* – Antes da realização da actividade experimental ** – Durante a realização da actividade experimental

Legenda: ✓ – Atingido sem ajuda ✗ – Atingido com ajuda **NA** – Não avaliado / Não aplicável

Quadro 6.4 – Desenvolvimento conceptual do Pedro acerca do efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de uma reacção química.

COMPETÊNCIAS	ANTES * (GRUPO)		Durante** (GRUPO)		DISCUSSÃO RESULTADOS (GRUPO)		FICHA DE TRABALHO (INDIVIDUAL)		INQUÉRITO (INDIVIDUAL)
▪ Reconhecer a concentração inicial dos reagentes como um dos factores passíveis de alterar a velocidade das reacções químicas	✓	→	✓	→	✓	→	✓	→	✗
▪ Identificar qual o efeito da concentração inicial dos reagentes na velocidade de reacção	✗	→	✗	→	✓	→	✓	→	**NA**
▪ Reconhecer que a velocidade de uma reacção química é inversamente proporcional ao tempo para a formação de uma dada quantidade de produto	**NA**	→	✗	→	✓	→	✓	→	**NA**
▪ Retirar as conclusões através da interpretação dos dados experimentais	**NA**	→	✗	→	✓	→	✓	→	✓

* – Antes da realização da actividade experimental ** – Durante a realização da actividade experimental

Legenda: ✓ – Atingido sem ajuda ✗ – Atingido com ajuda **NA** – Não avaliado / Não aplicável

6.1.3 Efeito da temperatura na velocidade de uma reacção química

6.1.3.1 Conceito de temperatura

Os alunos consideravam desde início que a temperatura está associada à agitação dos corpúsculos e que, portanto, à medida que a temperatura aumenta, a agitação dos corpúsculos também aumenta.

6.1.3.2 Efeito da temperatura na velocidade de reacção

Antes da realização das actividades experimentais os alunos eram capazes de indicar que a temperatura afectava a velocidade de reacção e de explicar o efeito da temperatura sobre a velocidade de reacção, em termos corpusculares. Após a realização das actividades propostas, mostraram também ser capazes de interpretar o efeito da temperatura sobre a velocidade de reacção relacionando a velocidade de reacção com o tempo para a formação de uma dada quantidade de produto e de retirar conclusões sobre a velocidade de uma reacção química através da interpretação de um gráfico obtido com SATD.

O desenvolvimento conceptual dos alunos acerca do efeito da temperatura na velocidade de uma reacção química apresenta-se no Quadro 6.5 e Quadro 6.6.

Quadro 6.5 – Desenvolvimento conceptual da Ana acerca do efeito da temperatura na velocidade de uma reacção química.

COMPETÊNCIAS	ANTES * (GRUPO)		Durante** (Grupo)		DISCUSSÃO RESULTADOS (GRUPO)		FICHA DE TRABALHO (INDIVIDUAL)		INQUÉRITO (INDIVIDUAL)
▪ Reconhecer a temperatura como um dos factores de que depende a velocidade das reacções químicas	✓	→	✓	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Identificar qual o efeito da temperatura na velocidade de reacção	✓	→	✓	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Reconhecer que a velocidade de uma reacção química é inversamente proporcional ao tempo para a formação de uma dada quantidade de produto	**NA**	→	✓	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Retirar as conclusões através da interpretação dos dados experimentais	**NA**	→	✘	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Interpretar o efeito em termos corpusculares	✓	→	✓	→	✓	→	**NA**	→	**NA**

* – Antes da realização da actividade experimental ** – Durante a realização da actividade experimental

Legenda: ✓ – Atingido sem ajuda ✘ – Atingido com ajuda **NA** – Não avaliado / Não aplicável

Quadro 6.6 – Desenvolvimento conceptual do Pedro acerca do efeito da temperatura na velocidade de uma reacção química.

COMPETÊNCIAS	ANTES * (GRUPO)		Durante** (Grupo)		DISCUSSÃO RESULTADOS (GRUPO)		FICHA DE TRABALHO (INDIVIDUAL)		INQUÉRITO (INDIVIDUAL)
▪ Reconhecer a temperatura como um dos factores de que depende a velocidade das reacções químicas	✓	→	✓	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Identificar qual o efeito da temperatura na velocidade de reacção	✓	→	✓	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Reconhecer que a velocidade de uma reacção química é inversamente proporcional ao tempo para a formação de uma dada quantidade de produto	**NA**	→	✓	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Retirar as conclusões através da interpretação dos dados experimentais	**NA**	→	✘	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Interpretar o efeito em termos corpusculares	✓	→	✓	→	✓	→	✓	→	**NA**

* – Antes da realização da actividade experimental ** – Durante a realização da actividade experimental

Legenda: ✓ – Atingido sem ajuda ✘ – Atingido com ajuda **NA** – Não avaliado / Não aplicável

6.1.4 Efeito da área superficial de contacto entre os reagentes (estado de divisão) na velocidade de uma reacção química

6.1.4.1 Conceito de estado de divisão

Antes da realização das actividades, nenhum dos alunos compreendia o conceito de estado de divisão. Os alunos ultrapassaram esta dificuldade após uma breve explicação da monitora e da consulta de alguns links previamente seleccionados. É de salientar que o Pedro foi capaz de associar o maior estado de divisão à maior área de superfície de contacto entre os reagentes, sem qualquer tipo de indicação da monitora.

6.1.4.2 Efeito da área superficial de contacto entre os reagentes na velocidade de reacção

Antes da realização das actividades, os alunos já eram capazes de indicar que a área superficial de contacto entre os reagentes afectava a velocidade de reacção e de explicar o efeito da área superficial de contacto entre os reagentes sobre a velocidade de reacção, em termos corpusculares. Após a realização das actividades propostas, os alunos mostraram ainda ser capazes de explicar o efeito da área superficial de contacto entre os reagentes sobre a velocidade de reacção com base na análise de uma representação gráfica, relacionando a velocidade de reacção com o intervalo de tempo necessário para a formação de uma dada quantidade de produto.

O desenvolvimento conceptual da Ana e do Pedro acerca do efeito da área superficial de contacto entre os reagentes na velocidade de uma reacção química apresenta-se no Quadro 6.7 e Quadro 6.8, respectivamente.

Quadro 6.7 – Desenvolvimento conceptual da Ana acerca do efeito da área superficial de contacto entre os reagentes (estado de divisão) na velocidade de uma reacção química.

COMPETÊNCIAS	ANTES * (GRUPO)		Durante** (Grupo)		DISCUSSÃO RESULTADOS (GRUPO)		FICHA DE TRABALHO (INDIVIDUAL)		INQUÉRITO (INDIVIDUAL)
▪ Reconhecer a área superficial de contacto entre os reagentes como um dos factores de que depende a velocidade das reacções químicas	✓	→	✓	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Identificar qual o efeito da área superficial de contacto entre os reagentes na velocidade de reacção	✓	→	✓	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Reconhecer que a velocidade de uma reacção química é inversamente proporcional ao tempo para a formação de uma dada quantidade de produto	**NA**	→	✓	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Retirar as conclusões através da interpretação dos dados experimentais	**NA**	→	✓	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Interpretar o efeito em termos corpusculares	✓	→	✓	→	✓	→	✓	→	**NA**

* – Antes da realização da actividade experimental ** – Durante a realização da actividade experimental

Legenda: ✓ – Atingido sem ajuda ✘ – Atingido com ajuda **NA** – Não avaliado / Não aplicável

Quadro 6.8 – Desenvolvimento conceptual do Pedro acerca do efeito da área superficial de contacto entre os reagentes (estado de divisão) na velocidade de uma reacção química.

COMPETÊNCIAS	ANTES * (GRUPO)		Durante** (Grupo)		DISCUSSÃO RESULTADOS (GRUPO)		FICHA DE TRABALHO (INDIVIDUAL)		INQUÉRITO (INDIVIDUAL)
▪ Reconhecer a área superficial de contacto entre os reagentes como um dos factores de que depende a velocidade das reacções químicas	✓	→	✓	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Identificar qual o efeito da área superficial de contacto entre os reagentes na velocidade de reacção	✓	→	✓	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Reconhecer que a velocidade de uma reacção química é inversamente proporcional ao tempo para a formação de uma dada quantidade de produto	**NA**	→	✓	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Retirar as conclusões através da interpretação dos dados experimentais	**NA**	→	✓	→	✓	→	✓	→	✓
▪ Interpretar o efeito em termos corpusculares	✓	→	✓	→	✓	→	✓	→	**NA**

* – Antes da realização da actividade experimental ** – Durante a realização da actividade experimental

Legenda: ✓ – Atingido sem ajuda ✘ – Atingido com ajuda **NA** – Não avaliado / Não aplicável

6.2 Desenvolvimento de competências para a Literacia Científica nos alunos

O desenvolvimento de competências para a Literacia Científica foi avaliado com base nas intervenções dos alunos ao longo dos debates realizados, nas observações registadas pela monitora ao longo da realização das várias actividades propostas e nas conclusões apresentadas pelos alunos nas fichas de trabalho que acompanhavam cada actividade experimental.

De seguida, apresenta-se a evolução observada nas competências dos alunos, definidas nas Orientações Curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico.

6.2.1 Conhecimento, raciocínio e atitudes

Os resultados do estudo indicam que os alunos desenvolveram competências específicas para a Literacia Científica, nos domínios do conhecimento, do raciocínio e das atitudes, aquando da resolução de diversas situações problemáticas com que se foram deparando ao longo das actividades propostas.

Ao longo das várias actividades propostas, de carácter investigativo, os alunos tiveram que:

- Interpretar informação fornecida;
- Realizar montagens experimentais adequadas às actividades propostas, com base na interpretação de um esquema fornecido;
- Planear experiências:
  - Definir o controlo de variáveis a efectuar;
  - Identificar a propriedade física cuja variação permite acompanhar o decurso da reacção;
  - Identificar a grandeza a medir;
  - Definir a ordem de adição dos reagentes e a sequência a seguir na realização dos ensaios;
  - Distribuir tarefas entre os elementos do grupo;
- Realizar experiências, efectuando um conjunto de ensaios de modo a recolher os dados necessários ao estudo
- Analisar e discutir evidências
- Observar
- Analisar e interpretar os resultados obtidos
- Tirar conclusões

- Desenvolver a sua curiosidade e perseverança e uma atitude de seriedade no trabalho realizado.

Inicialmente, os alunos não tinham competências deste tipo o que indica que não estavam familiarizados com a realização de actividades deste género. Aliás os alunos referiram que na escola, quando realizavam experiências, e eram poucas, seguiam protocolos tipo receita. À medida que as actividades decorriam os alunos foram adquirindo estas competências.

No fim das actividades os alunos referiram que o trabalho desenvolvido tinha apelado muito à autonomia e que tinham feito muitas aprendizagens novas, incluindo a capacidade de planear e retirar conclusões (competência considerada no programa PISA - Programa para avaliação internacional dos alunos). Os alunos foram capazes de interpretar e retirar conclusões a partir de gráficos que apresentavam os resultados obtidos em experiências realizadas

No Quadro 6.9 apresenta-se uma visão global das fases da experiência conseguidas pelos alunos, ao longo das várias actividades propostas.

Quadro 6.9 – Visão global das fases da experiência conseguidas ou não pelos alunos, ao longo das várias actividades experimentais propostas.

FASE DA EXPERIÊNCIA		ACTIVIDADE EXPERIMENTAL		
		1	2	3
▪ Interpretação da informação fornecida pela equação química		✗	✓	✓
▪ Realização da montagem experimental		✗	✓	✗
▪ Planeamento	▪ Definição do controlo de variáveis	✗	✓	✓
	▪ Definição das quantidades a adicionar de cada um dos reagentes	✗	✗	✓
	▪ Planeamento da ordem de adição dos reagentes e da sequência a seguir na execução dos ensaios	✗	✓	✓
▪ Realização dos ensaios		✗	✓	✓
▪ Análise dos resultados obtidos		✗	✗	✓

Legenda: ✓ – Conseguido sem ajuda ✗ – Conseguido com ajuda ✗ – Não aplicável

6.2.2 Comunicação

Os resultados do estudo indicam que os alunos desenvolveram competências específicas para a Literacia Científica, no domínio da comunicação, aquando da apresentação e comunicação dos resultados obtidos em cada uma das actividades propostas.

Após a realização de cada uma das actividades propostas os alunos tiveram que proceder à elaboração, em grupo e sem qualquer indicação por parte da monitora, de uma página web cuja finalidade era a de comunicar os resultados obtidos. Nesta página os alunos deveriam incluir informação acerca dos seguintes itens:

- Reacção química;
- Objectivo;
- Material;
- Montagem experimental;
- Controlo de variáveis;
- Gráfico obtido;
- Interpretação do gráfico obtido e
- Conclusão acerca do efeito do factor em estudo sobre a velocidade da reacção.

A página web elaborada era posteriormente apresentada à monitora que, em conjunto com os alunos, discutia a informação apresentada.

O Quadro 6.10 ilustra os itens abordados pelos alunos nas páginas web elaboradas para comunicação dos resultados obtidos nas várias actividades propostas.

No final de cada actividade proposta, os alunos tinham ainda que apresentar, individualmente e sem qualquer indicação da monitora, as suas conclusões na respectiva Ficha de Trabalho.

Relativamente ao domínio da comunicação, os resultados indicam que os alunos desenvolveram as seguintes competências:

- Uso de linguagem científica, utilização de modos diferentes de representar informação;
- Poder de análise e de síntese;
- Produção de textos escritos e/ou orais onde se evidencie a estrutura lógica do texto em função da abordagem do assunto;
- Cooperação na partilha de informação e
- Apresentação dos resultados utilizando meios diversos, incluindo as novas tecnologias de informação e comunicação.

Quadro 6.10 – Itens abordados, pelos alunos, nas páginas web elaboradas para comunicação dos resultados.

ITENS QUE OS ALUNOS DEVERIAM ABORDAR	ACTIVIDADE EXPERIMENTAL		
	1	2	3
▪ Reacção química	✓	✓	✓
▪ Objectivo	✘	✓	✓
▪ Material	✘	✘	✓
▪ Montagem experimental	✓	✓	✓
▪ Controlo de variáveis	✓	✓	✓
▪ Gráfico obtido	✓	✓	✓
▪ Interpretação do gráfico obtido	✓	✓	✓
▪ Conclusão acerca do efeito do factor em estudo sobre a velocidade da reacção	✓	✓	✓

Legenda: ✓ – Apresentado com correcção ✘ – Apresentado com omissões ✘ – Não apresentado

6.3 Apreciação, pelos alunos, das actividades propostas

Na apreciação, pelos alunos, das actividades propostas foram tidas em consideração as suas respostas a dois questionários finais, bem como as observações registadas pela monitora ao longo da realização das várias actividades propostas.

Os resultados indicam que os alunos referiram a realização das actividades experimentais como aquilo que mais gostaram de fazer e a comunicação dos resultados como aquilo que gostaram menos de fazer, embora compreendessem que o trabalho laboratorial inclui varias etapas, todas elas de extrema importância.

Os alunos, embora tivessem escolhido o projecto por motivos diferentes, avaliaram positivamente a sua participação nas actividades propostas e consideraram que esta ficou acima das suas expectativas.

Os resultados indicam ainda que os alunos consideraram as actividades realizadas foram muito interessantes, muito estimulantes, fáceis, muito práticas, criativas e apelando muito à autonomia, que tinham decorrido num ambiente muito agradável, caracterizado por uma relação muito boa com a monitora e onde o equipamento disponível era excelente. Os alunos referiram ainda que realizaram muitas aprendizagens novas e que ficaram muito motivados para aprender mais sobre o tema.

A Ana e o Pedro classificaram o projecto com 19 e 18 valores, respectivamente, numa escala de 0 a 20.

O Quadro 6.11 resume os aspectos positivos e negativos das actividades propostas, identificados pelos alunos.

Quadro 6.11 – Aspectos focados pelos alunos na apreciação das actividades propostas.

ASPECTOS POSITIVOS DAS ACTIVIDADES PROPOSTAS	ASPECTOS NEGATIVOS DAS ACTIVIDADES PROPOSTAS
✓ Realização de trabalho experimental ✓ Autonomia na realização das actividades ✓ Equipamento disponível para a realização das actividades ✓ As actividades propostas eram: ▪ Interessantes ▪ Fáceis ▪ Estimulantes ▪ Criativas ▪ Práticas ✓ Relação estabelecida com a monitora ✓ O ambiente vivido, muito agradável ✓ Realização de aprendizagens novas ✓ Motivação para um aprofundamento do tema	✘ Elaboração de documentos para apresentação dos resultados obtidos ✘ Formulação de conclusões

6.4 Implicações educacionais

O presente estudo sugere que a realização de trabalho experimental, de carácter investigativo, proporciona aos alunos a vivência de situações problemáticas, acerca do estudo, reconhecimento e interpretação de determinados fenómenos. Para além de promover o desenvolvimento conceptual nos alunos, este tipo de trabalho promove o desenvolvimento de competências para a Literacia Científica em diferentes domínios (conhecimento, raciocínio, comunicação e atitudes), essenciais para o exercício pleno da cidadania.

Os resultados do estudo põem em evidência o papel determinante da reflexão, por parte dos alunos, antes, durante e depois da realização de trabalho experimental, para uma aprendizagem efectiva.

O presente estudo põe ainda em evidência a importância, para o professor, do conhecimento das ideias dos alunos acerca dos conteúdos a leccionar para a implementação de estratégias de ensino/aprendizagem que levem a uma aprendizagem efectiva dos conteúdos. Caso o professor não conheça as ideias dos alunos, a reflexão acerca do trabalho experimental permite a identificação das dificuldades dos alunos.

O desenvolvimento de trabalho experimental envolvendo uma abordagem investigativa aproxima a forma como os alunos aprendem da forma como se faz ciência, o que pode ajudar os alunos a desenvolver atitudes positivas em relação à ciência.

ANEXOS



ANEXO 1 – SENSORES UTILIZADOS

▪ SENSOR DE TEMPERATURA

Modelo

- ProTemp temperature sensor – Microsense® ID 25 – LogIt

Especificações

O sensor de temperatura (Figura 1) permite medir a temperatura do ar e de líquidos na gama de -30 ºC até +130 ºC. A sua exactidão é superior a 1 ºC e a sua resolução é tal que permite ao software de recolha de dados mostrar e registar variações de temperatura inferiores a 0,1 ºC.

O sensor de temperatura é feito em aço inoxidável e é à prova de água mas é necessário ter cuidado para que o nível de líquido ou vapor não fique acima do topo da sonda.

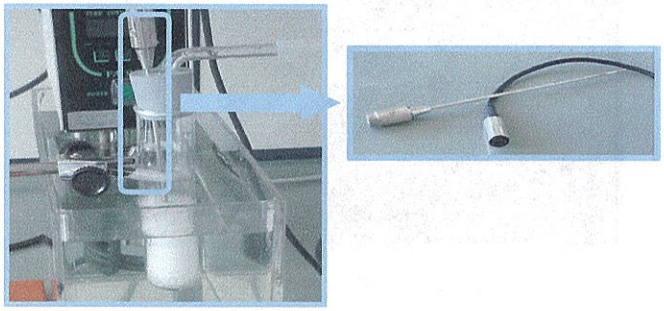


Figura 1 – Sensor de temperatura.

Cuidados a ter

- Não imergir completamente o sensor num líquido ou vapor.
- Não utilizar o sensor, durante períodos de tempo longos, para a medição da temperatura de substâncias muito frias ou muito quentes.
- Limpar sempre o sensor após a sua utilização. Se tiverem sido utilizadas substâncias tóxicas, lave vigorosamente a sonda antes de a limpar. Se tiverem sido utilizadas substâncias que possam danificar o aço inoxidável (ácidos, etc.) utilize uma protecção.
- Não desmontar o sensor.

▪ SENSOR DE PULSAÇÃO

Modelo

- Pulse Monitor – LogIt

Especificações

O sensor de pulsação (Figura 2) deve ser ligado na orelha ou no dedo da pessoa cujo pulso se pretende registar.

Alternando entre três posições diferentes, este sensor permite registar a variação do pulso em tempo real, sob a forma de uma curva, ou a velocidade do pulso em batimentos por minuto.

A principal vantagem deste sensor é o facto de não ser necessário ligar nenhum equipamento na área do peito da pessoa, o que resulta ser difícil e pouco prático.

Contudo, este sensor não é apto para medições durante a realização de exercício físico intenso, nem para efectuar registos durante um período de tempo longo.

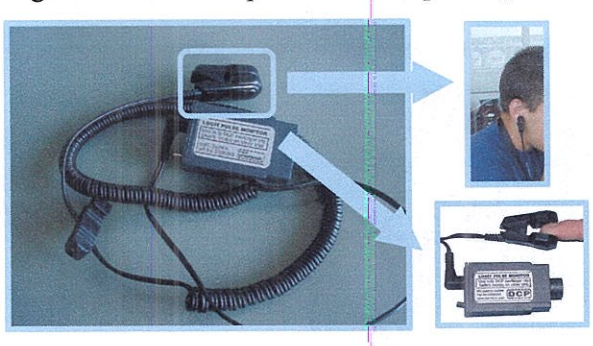


Figura 2 – Sensor de pulsação.

Como é que o sensor funciona?

O sensor faz passar uma pequena quantidade de luz infra-vermelha (IV) através do dedo ou da orelha e mede a variação verificada, a cada minuto, na sua intensidade. Esta variação, que corresponde a variações no fluxo sanguíneo, é amplificada e transformada na curva do pulso. Um microprocessador, construído no interior do monitor, processa esta curva, de forma a calcular e derivar a respectiva informação acerca da velocidade do pulso.

Cuidados a ter

- Quando se liga o sensor ao dedo ou à orelha de uma pessoa, este não deve estar muito apertado pois poderá magoar a pessoa se, por algum motivo, o cabo for puxado.
- O sensor e o respectivo monitor devem ser utilizados conjuntamente e nunca com outros produtos.

▪ SENSOR DE SOM

Modelo

- Sound sensor – LogIt

Especificações

O sensor de som (Figura 3) incorpora um microfone e um amplificador no interior da protecção metálica. Este sensor permite medir níveis sonoros, gerais ou comparativos, na gama de 50 dB até 100 dB. Assim, este sensor pode ser utilizado para regista, por exemplo, níveis sonoros de absorção através de diferentes materiais, som reflectido, poluição sonora e amplitude do som com a distância.

Este sensor tem uma resposta semelhante à do ouvido humano (400Hz até 4 kHz).

A exactidão do sensor de som é aproximadamente igual a 5 dB.



Figura 3 – Sensor de som.

Cuidados a ter

- Não danificar a secção do microfone localizada na extremidade do sensor.

▪ SENSOR DE LUZ

Modelo

- LUX sensor – Microsense® ID 40 – LogIt

Especificações

O sensor de luz (Figura 4) permite detectar e medir variações rápidas da intensidade luminosa. Apresenta um tempo de resposta muito curto.

Consiste num fotodíodo com um filtro correspondente à gama espectral do olho humano.

Quando associado a um sistema de aquisição de dados, o sensor de luz permite obter directamente a variação da intensidade de luz (expressa em percentagem) ao longo do tempo, provocada pela formação do precipitado, facto este que permite acompanhar a evolução da reacção.

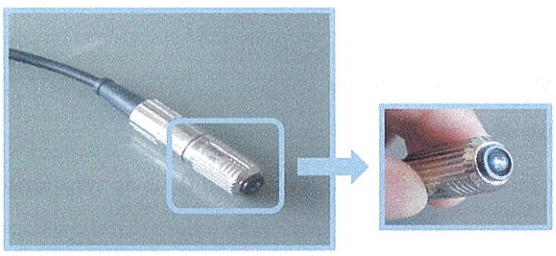


Figura 4 – Sensor de luz.

Cuidados a ter

- Não apontar o sensor directamente para a luz solar.
- Ter cuidado para não riscar ou partir a janela óptica do sensor de luz.
- Manter o sensor ao abrigo da humidade e de temperaturas extremas.
- Não desmontar o sensor.

▪ SENSOR DE POSIÇÃO

Modelo

- Movement & Position sensor – Microsense® ID 20 – LogIt

Especificações

O sensor de posição (Figura 5) apresenta um potenciómetro com um torque baixo, podendo ser utilizado para medir posições angulares na gama de 0 ° até 340 °, apesar do mesmo poder rodar continuamente até aos 360 °.

O sensor de posição apresenta um casquilho hexagonal, fixo no fuso, atravessado por um pequeno orifício e com um parafuso na extremidade para fechar o mesmo.

Uma informação muito útil para um melhor e mais fácil posicionamento do sensor é o facto de o alinhamento do corpo do sensor e do casquilho hexagonal se verificar quando o sensor se encontra a cerca de 180 ° do seu arco de rotação.

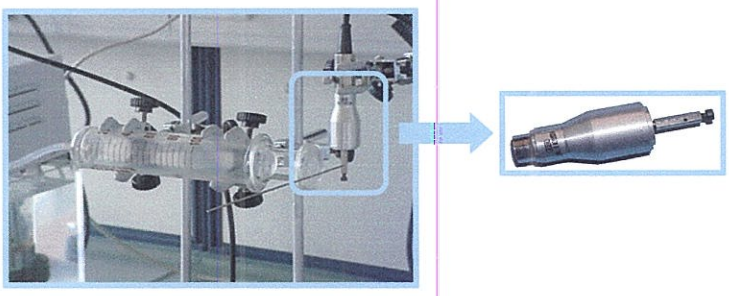


Figura 5 – Sensor de posição.

Cuidados a ter

- O sensor é um dispositivo de precisão que requer cuidado tanto no seu manuseamento como na sua utilização;
- Não é aconselhável a existência de cargas de massa superiores a 50 mg na sonda ou nos restantes componentes do sensor;
- O sensor deve ser mantido ao abrigo da humidade e de temperaturas extremas.



ANEXO 2 – ACTIVIDADE ESPERIMENTAL 1: PREPARAÇÃO DE SOLUÇÕES

▪ Preparação da solução aquosa de ácido clorídrico (HCl), 3 mol/dm^3

REAGENTES

- Ácido clorídrico concentrado (37%)

MATERIAL

- Proveta de 500 mL
- Vareta de vidro
- Frasco de 1 L para armazenamento de líquidos
- Gobelé de 1 L
- Frasco de esguicho

PROCEDIMENTO

1. Num gobelé bem lavado e passado duas vezes por água desionizada, adicionaram-se cerca de 500 mL de água desionizada.
2. Na hotte, mediram-se cerca de 260 mL de ácido clorídrico concentrado (HCl a 37%, densidade 1,19 kg.L^{-1}) com uma proveta.
3. De seguida adicionou-se o ácido ao gobelé com água desionizada e agitou-se com uma vareta de vidro. Completou-se o volume de 1 L com água desionizada.
4. Transferiu-se a solução preparada para um frasco de armazenamento de líquidos, tapou-se com a respectiva rolha e agitou-se até a solução ficar homogénea. Rotulou-se o frasco (o rótulo deve incluir o nome e/ou fórmula química, a composição da solução e a data da sua preparação).

A Tabela 1 sintetiza os dados relativos à preparação da solução aquosa de ácido clorídrico 3 mol/dm^3.

C_i (*HCl*) / mol/dm^3	V_i (*HCl*) / mL	*V*(solução) / mL
12	270	1 000

Tabela 1 – Preparação da solução aquosa de ácido clorídrico 3 mol/dm^3.

CONSIDERAÇÕES

Pretende-se preparar 1 L de uma solução aquosa de *HCl*, 3 mol/dm^3. A sua preparação faz-se, em geral, a partir de "ácido clorídrico concentrado", que tem uma densidade igual a 1,19 kg.L^{-1} e cerca de 37 % em massa de *HCl*.

Começa-se então por determinar qual é a molaridade da solução de "ácido clorídrico concentrado".

Como a massa é igual ao produto do volume pela densidade:

$$m = V \times \rho$$

onde m representa a massa, V representa o volume e ρ representa a densidade.

Como a densidade é igual a 1190 $g.L^{-1}$, então, 1 L de "ácido clorídrico concentrado" terá uma massa igual a 1190 g.

Por outro lado, como a massa de *HCl* corresponde a 37% da massa total da solução

$$m\,(HCl) = 0{,}37 \times 1190 \text{ g}$$

e a massa molar (M) de *HCl* é igual a

$$M\,(HCl) = 1{,}0079 + 35{,}453 = 36{,}461 \text{ g/mol}$$

Logo, a quantidade de substância de *HCl* existente na solução é igual a:

$$n(HCl) = \frac{m}{M} = \frac{0{,}37 \times 1190}{36{,}461} \text{ mol}$$

A molaridade da solução de "ácido clorídrico concentrado" é então dada por:

$$C(HCl) = \frac{n}{V} = \frac{\dfrac{0{,}37 \times 1190}{36{,}461}}{1} = 12 \text{ mol/dm}^3$$

Assim, o "ácido clorídrico concentrado" é uma solução aproximadamente 12 mol/dm^3 em *HCl*.

O volume de solução de *HCl* 12 mol/dm^3 necessário para preparar 1 L de solução aquosa de *HCl* 3 mol/dm^3 é facilmente calculado recorrendo à seguinte expressão

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f$$

$$V_i = \frac{C_f \times V_f}{C_i} = \frac{3{,}0 \times 1{,}0}{12} = 0{,}25 \text{ L} = 250 \text{ mL}$$

Teoricamente são necessários 250 mL de "ácido clorídrico concentrado" para preparar 1 L de solução aquosa de *HCl*, 3 mol/dm^3. Na prática utiliza-se um volume ligeiramente superior devido ao facto de haver emissão de vapores de cloreto de hidrogénio do "ácido clorídrico concentrado", fenómeno detectável quando se abre um frasco do mesmo, e que leva à diminuição da sua concentração.

▪ Titulação da solução aquosa de ácido clorídrico (HCl), 3 mol/dm^3

REAGENTES

- Solução aquosa de ácido clorídrico (*HCl*), 3 mol/dm^3
- Bórax ($Na_2B_4O_7.10H_2O$)

INDICADORES

- Vermelho de metilo
- Azul de metileno

MATERIAL

- Caixas de Petri
- Espátula
- Balança analítica
- Vareta de vidro
- Matrazes de 250 mL
- Esguicho
- Gobelé de 250 mL
- Funil de vidro
- Proveta de 100 mL
- Placa de aquecimento
- Bureta de 25,00 mL
- Suporte universal
- Garras e nozes

PROCEDIMENTO

1. Efectuou-se a montagem indicada na Figura 6.

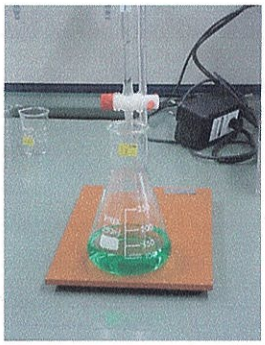


Figura 6 – Imagem ilustrativa da montagem experimental utilizada na titulação da solução aquosa de HCl, 3 mol/dm^3.

2. Pesaram-se 4 amostras com cerca de 5 g de bórax (em caixas de Petri), numa balança analítica (precisão: 0,0001 g).
3. Transferiu-se cada amostra para um matraz de 250 mL de boca larga, previamente lavado e passado por água desionizada. Numeraram-se os matrazes de modo a identificar as amostras de bórax.

4. Adicionaram-se, a cada matraz, cerca de 100 mL de água desionizada, medidos com uma proveta.
5. Numa placa de aquecimento, com agitação, aqueceu-se a solução de bórax até total dissolução da mesma.

   Uma vez que a temperatura afecta quer o ponto de viragem do indicador quer a constante de autoprotólise da água, deixaram-se arrefecer as soluções de bórax à temperatura ambiente.
6. Encheu-se uma bureta de 25,00 mL com solução aquosa de *HCl*, 3 mol/dm^3.
7. Adicionaram-se 4 gotas do indicador vermelho de metilo e 1 gota do indicador azul de metileno a uma solução de bórax.
8. Procedeu-se à titulação, recorrendo ao método visual (Figura 7).



Figura 7 – Imagem ilustrativa da cor da solução de padrão primário de bórax antes do ponto de viragem e depois do ponto de viragem da titulação.

9. Repetiram-se os passos anteriores para os restantes ensaios.

CONSIDERAÇÕES

Escolha do padrão para a titulação

Como padrão primário pode-se utilizar o bórax (tetraborato de sódio) com dez moléculas de água de cristalização – $Na_2B_4O_7.10H_2O$ –, embora tenha uma solubilidade pequena em água.

O bórax dissolve-se em água originando o anião tetridroxoborato, $[B(OH)_4]^-$, e o ácido ortobórico, H_3BO_3, tal como ilustra a seguinte equação química:

$$Na_2B_4O_7.10H_2O \longrightarrow 2H_3BO_3 + 2[B(OH)_4]^- + 2Na^+ + 3H_2O$$

O tetridroxoborato é a base conjugada do ácido ortobórico, H_3BO_3:

$$H_3BO_3 + 2H_2O \rightleftarrows [B(OH)_4]^- + H_3O^+ \qquad \text{pKa } (H_3BO_3) = 9{,}24$$

O anião tetridroxoborato é pois uma base de força intermédia. Será esta a base que irá reagir com o ácido.

Das equações químicas anteriores conclui-se que:

$$1 \text{ mol } Na_2B_4O_7.10H_2O <> 2 \text{ mol } [B(OH)_4]^- <> 2 \text{ mol } H_3O^+$$

ou, dito de outro modo, é necessária 1 mol de bórax para titular cada 2 moles de *HCl*.

O bórax é utilizado como titulado pois é um padrão primário sólido, sendo pesado rigorosamente. A solução aquosa de *HCl* 3 mol/dm^3 é o titulante.

Determinação da massa de bórax a ser utilizada em cada titulação

Como ponto de partida admite-se que será necessário um volume de cerca de 10 mL de solução de *HCl*, 3 mol/dm^3, para realizar a titulação.

A este volume corresponde uma quantidade de substância igual a

$$C(HCl) = \frac{n(HCl)}{V(HCl)}$$

$$n(HCl) = 30\times10^{-3} \text{ mol}$$

O *HCl* é um ácido forte, logo, quando em solução, dissocia-se completamente de acordo com a seguinte equação química

$$HCl(aq) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

Tendo em conta a estequiometria entre o H_3O^+ e o bórax, é possível afirmar que a quantidade de substância máxima necessária de bórax é

$$n(Na_2B_4O_7.10H_2O) = \frac{n(H_3O^+)}{2} = 15\times10^{-3} \text{ mol}$$

A esta quantidade de substância corresponde uma massa de

$$M(Na_2B_4O_7.10H_2O) = \frac{m(Na_2B_4O_7.10H_2O)}{n(Na_2B_4O_7.10H_2O)}$$

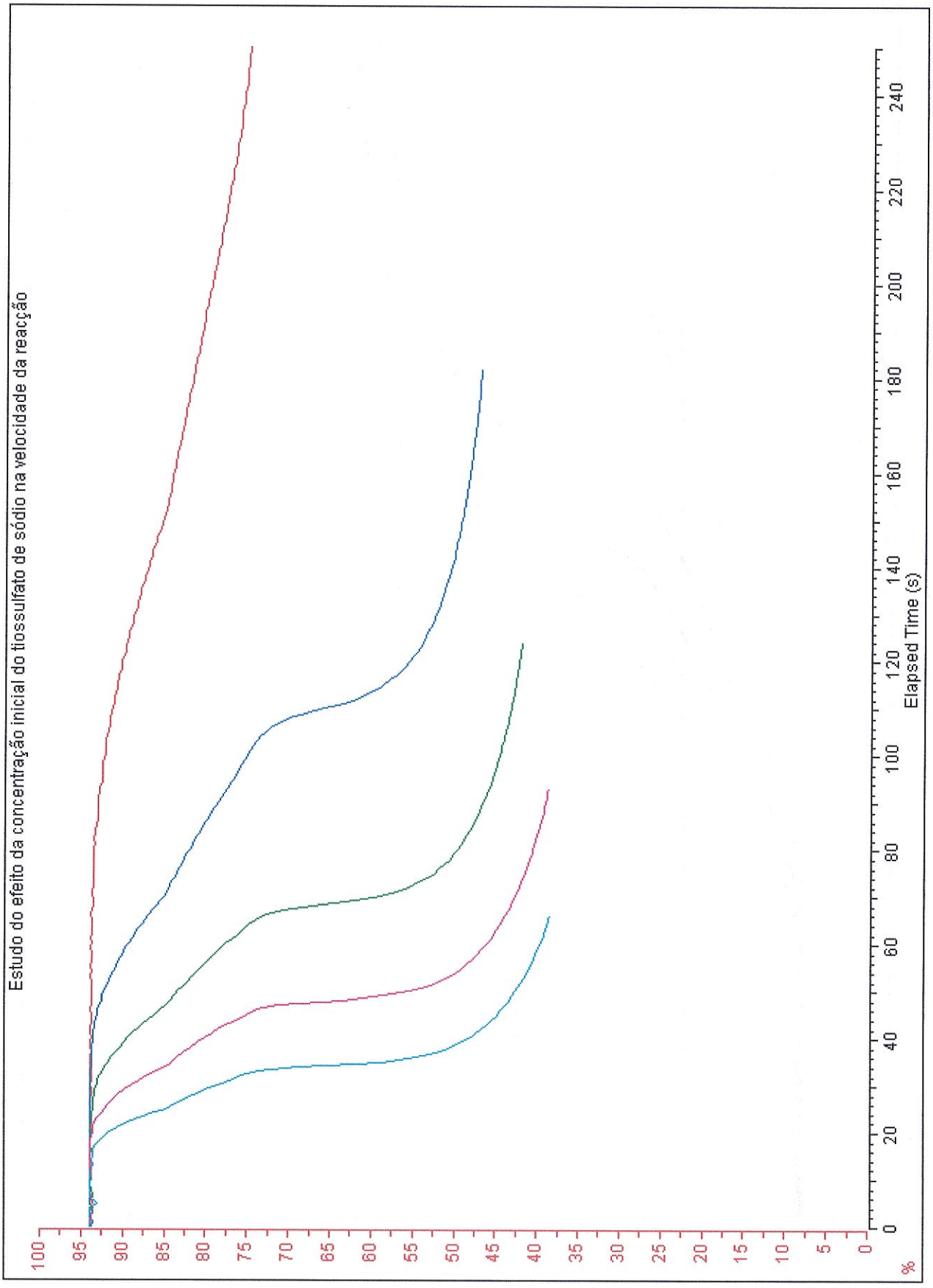
$$m(Na_2B_4O_7.10H_2O) = M(Na_2B_4O_7.10H_2O)\times n(Na_2B_4O_7.10H_2O)$$

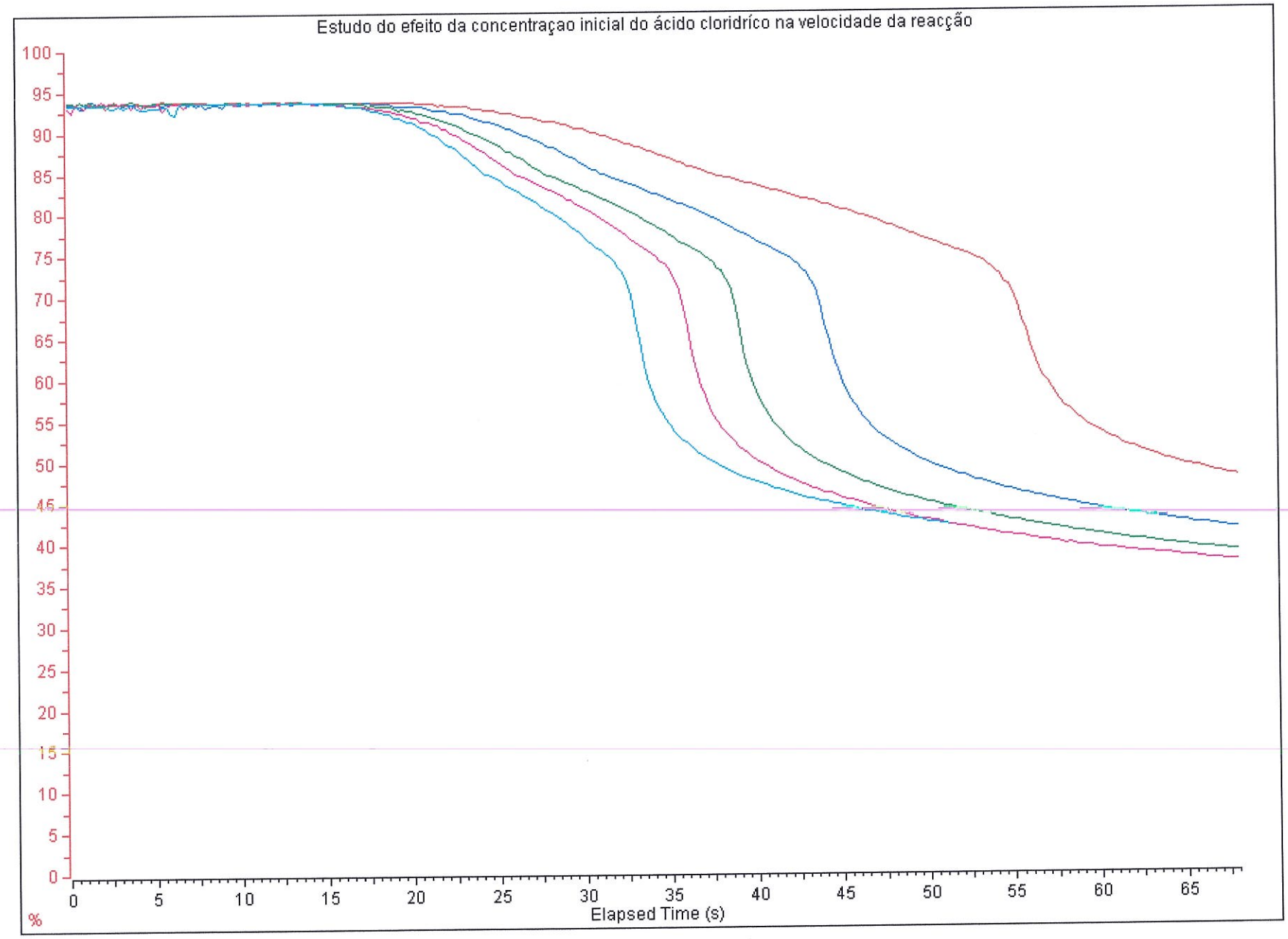
$$m(Na_2B_4O_7.10H_2O) = 15\times10^{-3} \times 381{,}3721 = 5{,}7206 \text{ g}$$

Esta massa corresponde ao valor máximo da massa de bórax que podemos utilizar na preparação da solução titulada. Devemos portanto usar uma massa inferior a este valor, como por exemplo cerca de 5 g.



ANEXO 3 – ACTIVIDADE EXPERIMENTAL 1: RESULTADOS

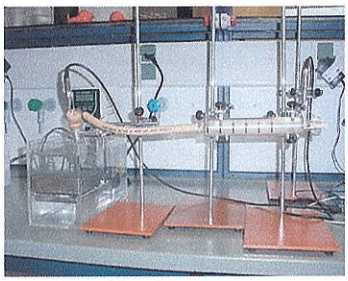

Estudo do efeito da concentração inicial do tiossulfato de sódio na velocidade da reacção
Elapsed Time (s)
%
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90
95
100


Estudo do efeito da concentraçao inicial do ácido cloridríco na velocidade da reacção
100
95
90
85
80
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
%
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
Elapsed Time (s)

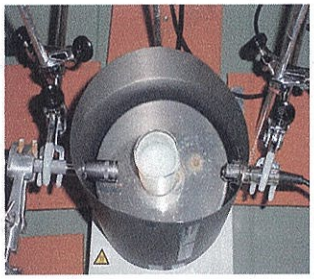


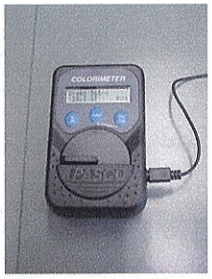
ANEXO 4 – ACTIVIDADE ESPERIMENTAL 1: FICHA DE TRABALHO

"Fórmula 1" das Reacções Químicas









"Fórmula 1" das Reacções Químicas



Reacção 1 – Tiossulfato de sódio e ácido clorídrico

- Equação química:

A reacção química entre o tiossulfato de sódio e o ácido clorídrico pode ser traduzida pela seguinte equação química:

$$S_2O_3^{2-}\ (aq) + 2\ H^+\ (aq) \rightarrow S\ (s) + SO_2\ (g) + H_2O\ (l)$$

- Acção:

Variar a concentração inicial dos reagentes.

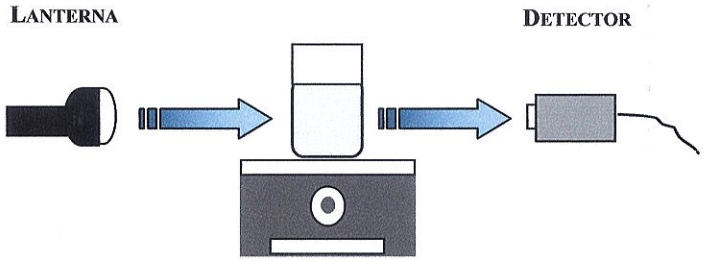
- Vamos usar:

Solução aquosa de $Na_2S_2O_3$ (0,1 mol/dm^3 e 0,05 mol/dm^3)

Solução aquosa de HCl (3 mol/dm^3)

1/2

- Efectua a montagem apropriada à realização deste estudo, tendo como base a figura em baixo, com a ajuda da monitora.



- Realiza o estudo, actuando sobre a concentração inicial dos reagentes.

Com a ajuda da monitora vais interpretar os gráficos obtidos.

Apresenta as tuas conclusões! Explica em que te baseaste para concluíres se a rapidez da reacção aumentava ou diminuía.

2/2

▪ Preparação da solução aquosa de ácido clorídrico (HCl), 0,75 mol/dm3

REAGENTES

- Ácido clorídrico concentrado (37%)

MATERIAL

- Proveta de 50 mL
- Vareta de vidro
- Frasco de 1 L para armazenamento de líquidos
- Gobelé de 500 L
- Frasco de esguicho

PROCEDIMENTO

5. Num gobelé bem lavado e passado duas vezes por água desionizada, adicionaram-se cerca de 300 mL de água desionizada.
6. Na hotte, mediram-se cerca de 70 mL de ácido clorídrico concentrado (*HCl* a 37%, densidade 1,19 $kg.L^{-1}$) com uma proveta.
7. De seguida adicionou-se o ácido ao gobelé com água desionizada e agitou-se com uma vareta de vidro. Completou-se o volume de 1 L com a adição de mais água desionizada.
8. Transferiu-se a solução preparada para um frasco de armazenamento de líquidos, tapou-se com a respectiva rolha e agitou-se até a solução ficar homogénea. Rotulou-se o frasco (o rótulo incluiu o nome e/ou fórmula química, a composição da solução e a data da sua preparação).

A Tabela 2 sintetiza os dados relativos à preparação da solução aquosa de *HCl* 0,75 mol/dm^3.

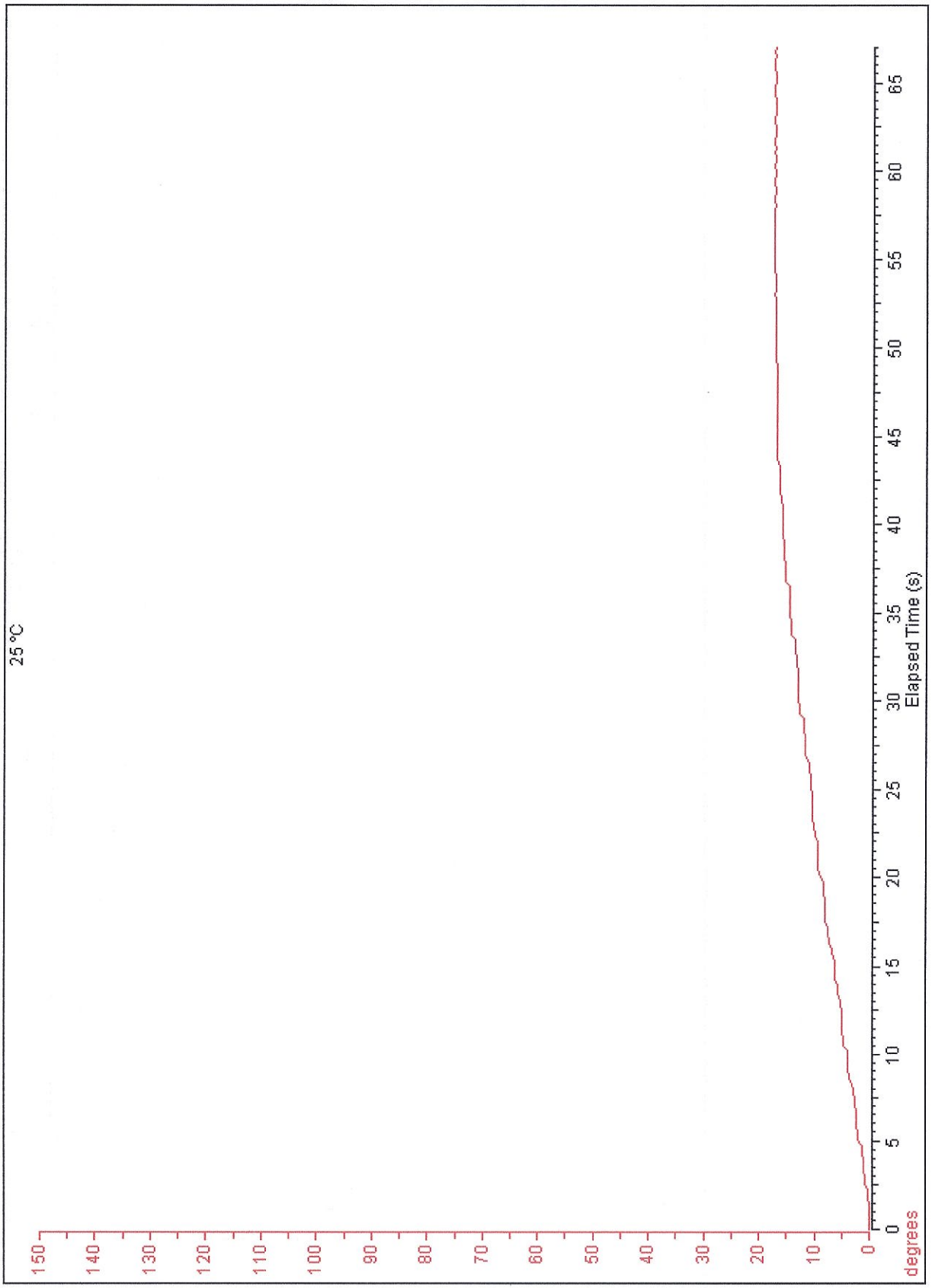
C_i (*HCl*) / mol/dm^3	V_i (*HCl*) / mL	V (solução) / mL
12	70	1000

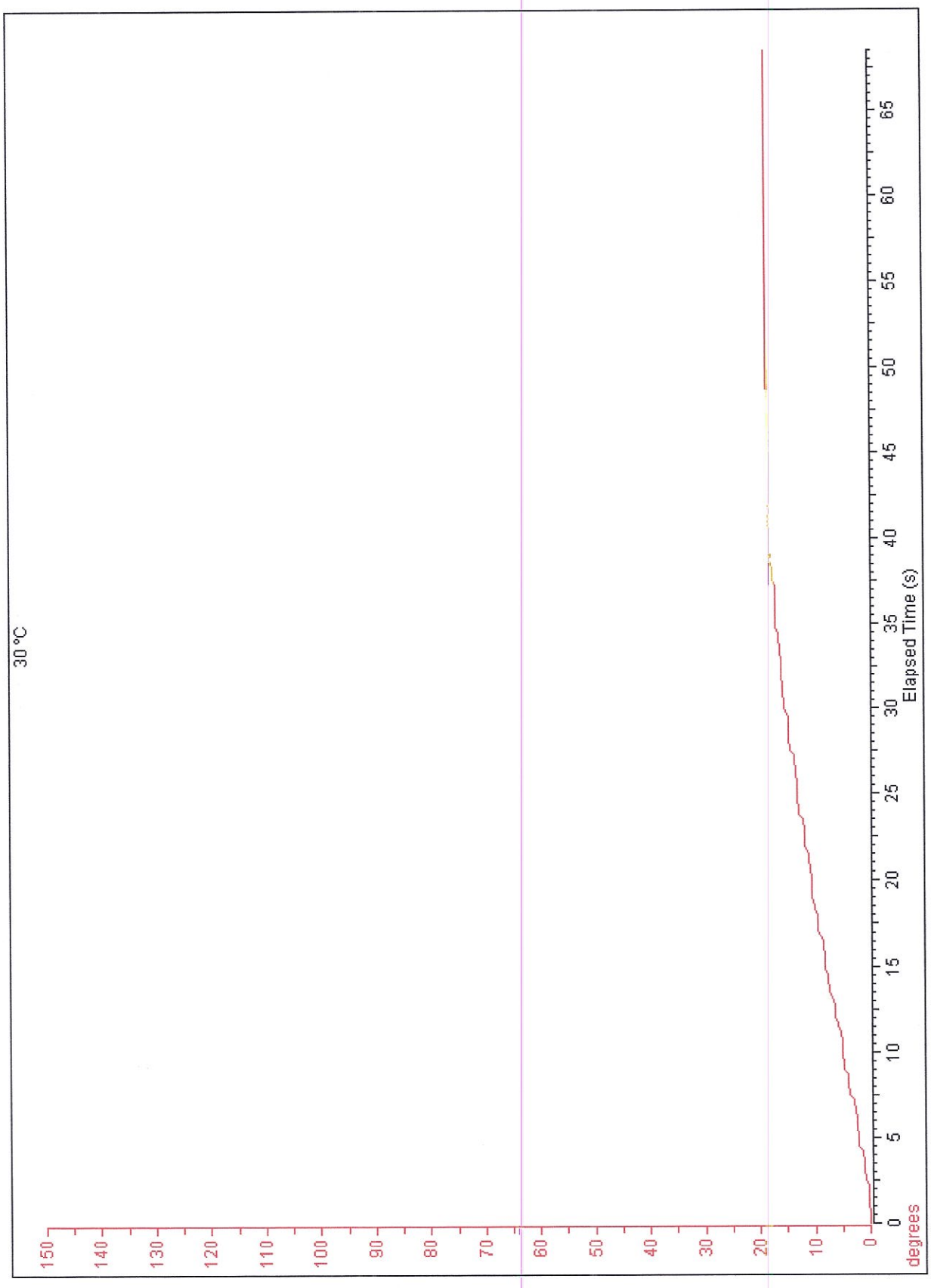
Tabela 2 – Preparação da solução aquosa de ácido clorídrico 0,75 mol/dm^3.

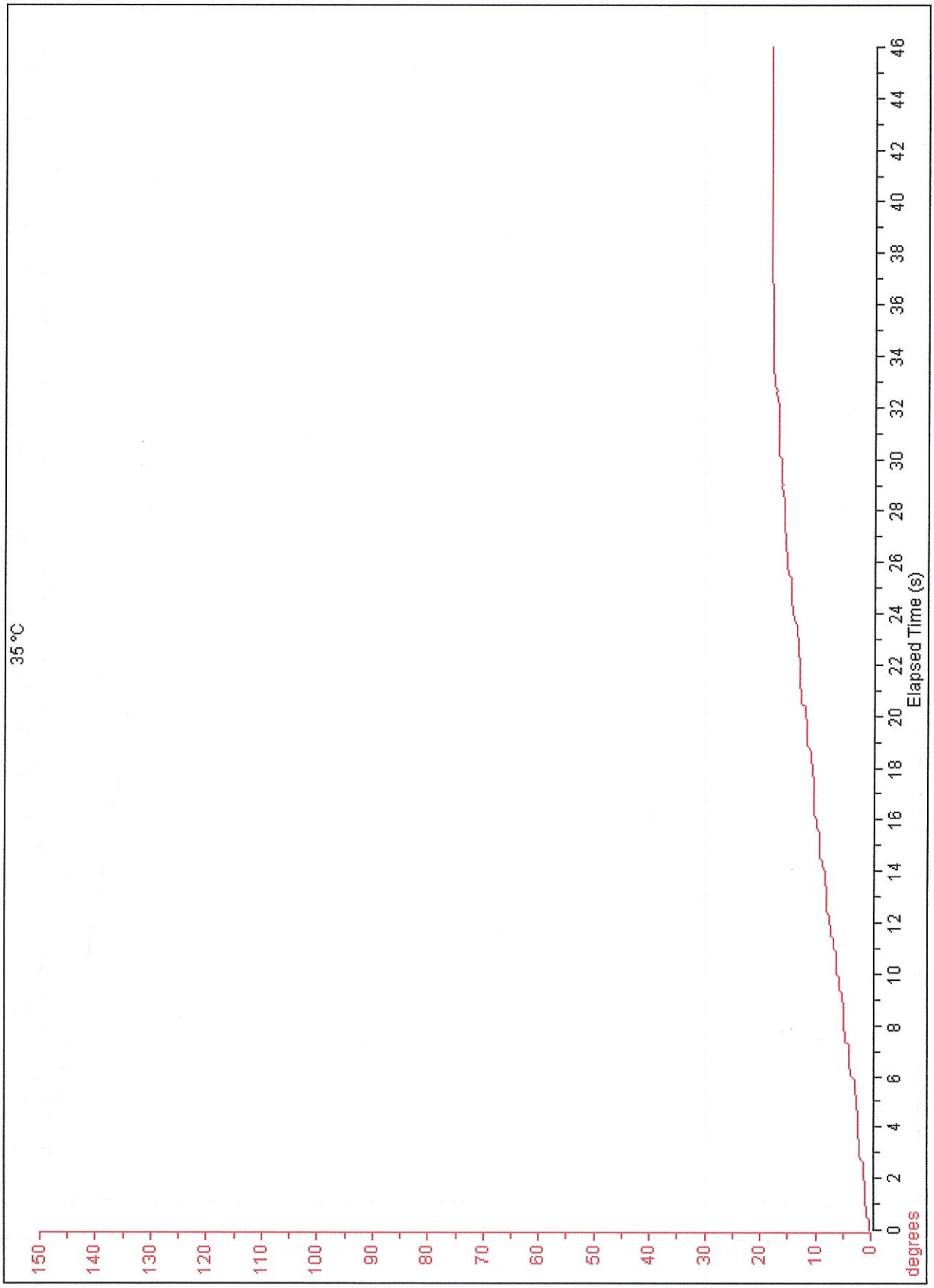
CONSIDERAÇÕES

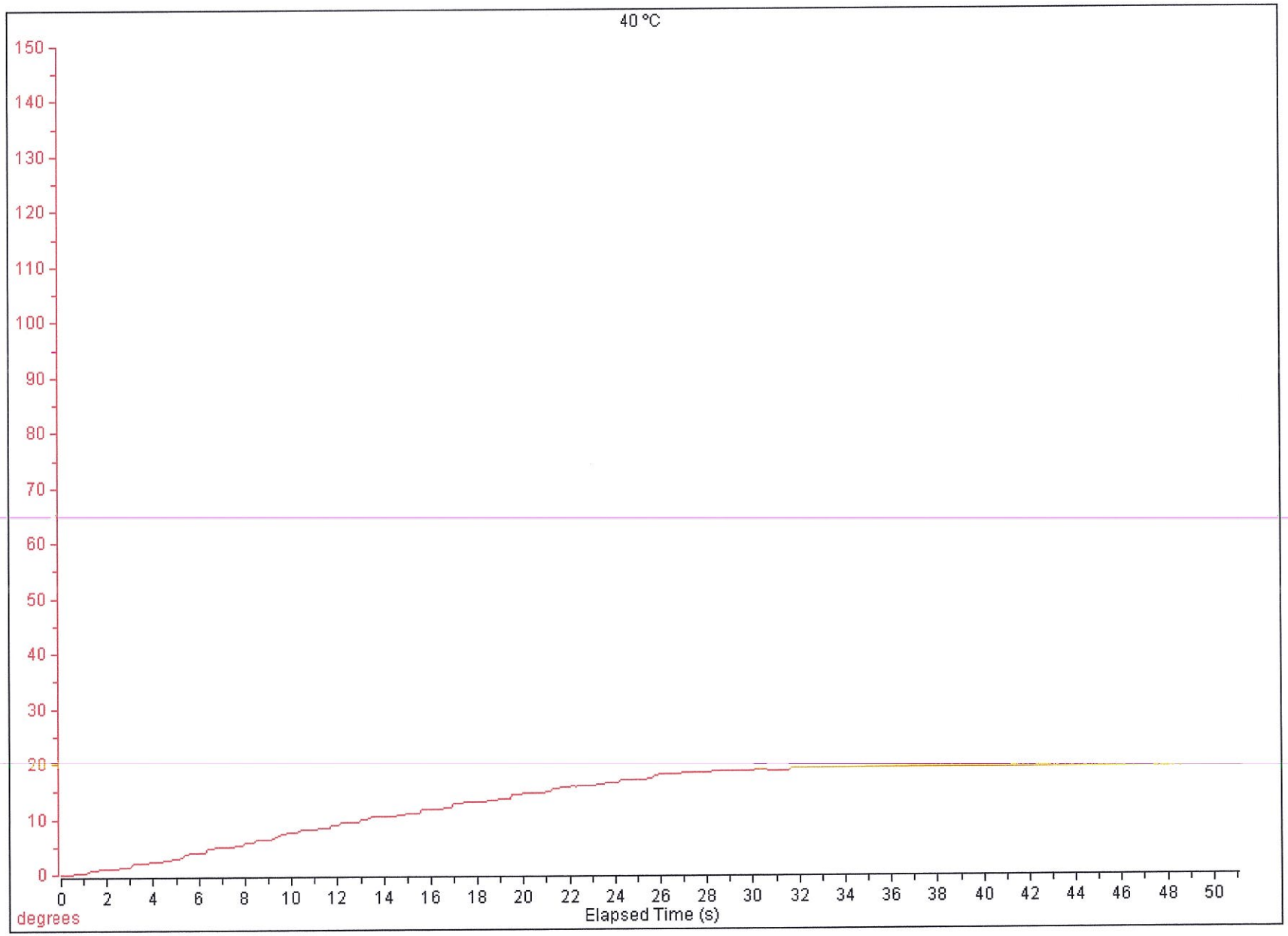
O volume de solução de ácido clorídrico 12 mol/dm^3 necessário para preparar 1 L de solução aquosa de ácido clorídrico 0,75 mol/dm^3 é facilmente calculado recorrendo à seguinte expressão

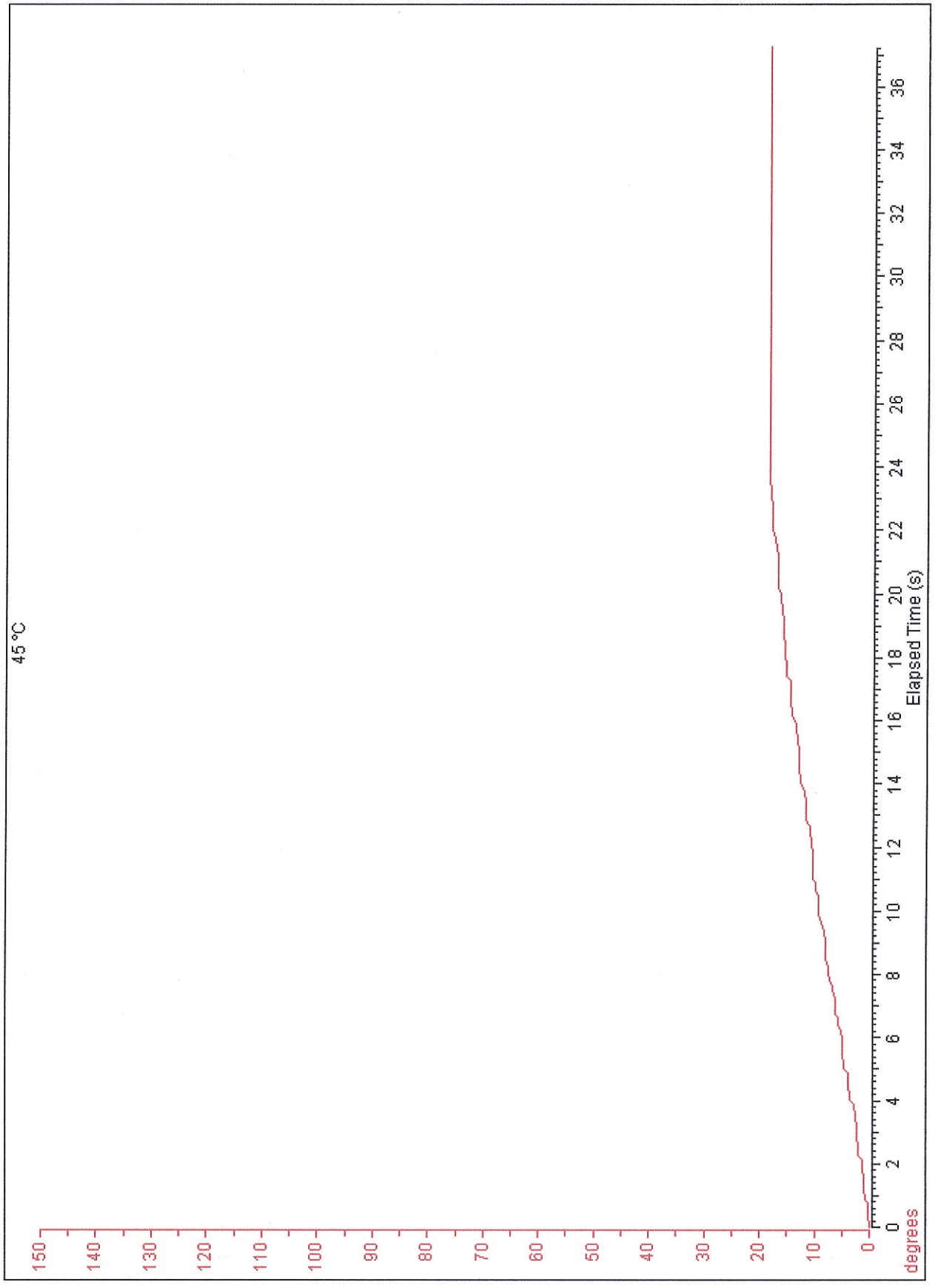
$$C_i \times V_i = C_f \times V_f$$


25 °C
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
degrees
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
Elapsed Time (s)


30 °C
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
degrees
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
Elapsed Time (s)


35 °C
degrees
Elapsed Time (s)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
34
36
38
40
42
44
46

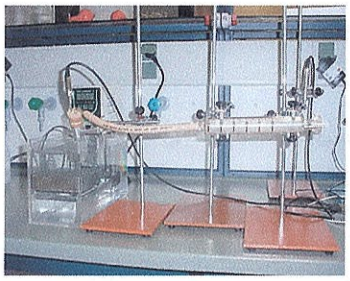

40 °C
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
degrees
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50
Elapsed Time (s)


45 °C
degrees
Elapsed Time (s)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
34
36

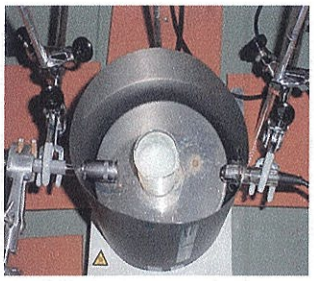


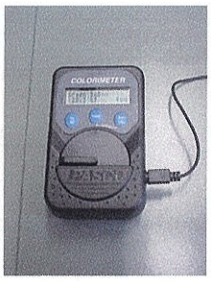
ANEXO 7 – ACTIVIDADE ESPERIMENTAL 2: FICHA DE TRABALHO

"Fórmula 1" das Reacções Químicas









"Fórmula 1" das Reacções Químicas



Reacção 2 – Magnésio metálico e ácido clorídrico

Equação química:

A reacção química entre o magnésio metálico e o ácido clorídrico pode ser traduzida pela seguinte equação química:

$$Mg\ (s) + 2\ H^{+}\ (aq) \rightarrow Mg^{2+}\ (aq) + H_2\ (g)$$

Acção:

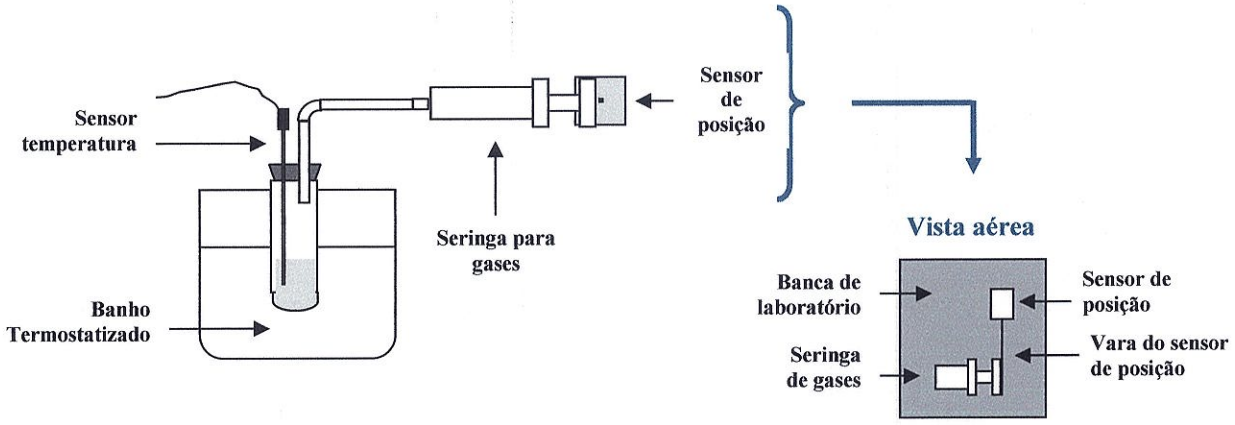
Variar a temperatura à qual decorre a reacção química.

Vamos usar:

- Magnésio metálico
- Solução aquosa de HCl (0,8 mol/dm^3)

1/2

Efectua a montagem apropriada à realização deste estudo, tendo como base a figura em baixo, com a ajuda da monitora.



Realiza o estudo, actuando sobre a temperatura à qual decorre a reacção química.

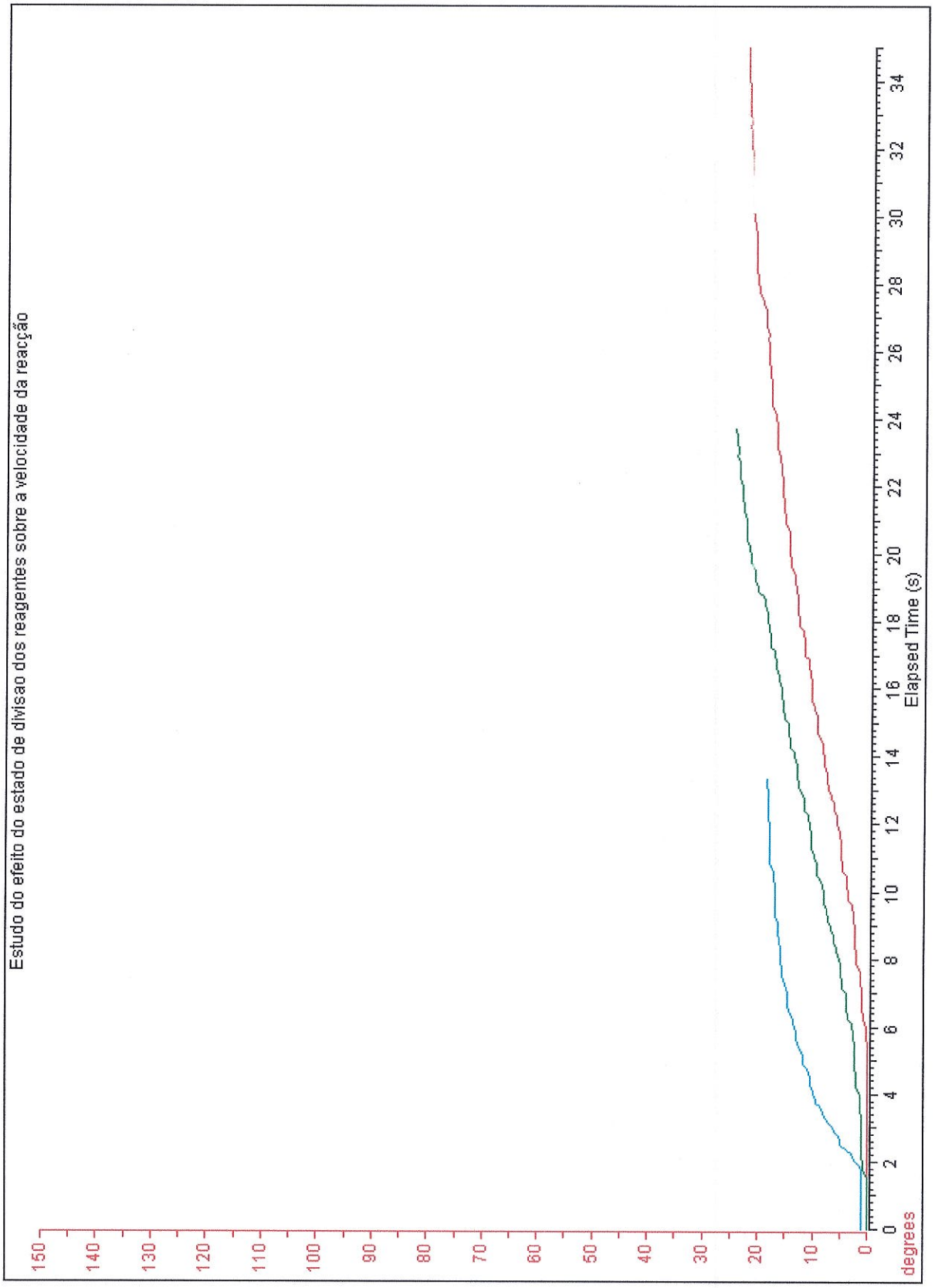
Com a ajuda da monitora vais interpretar os gráficos obtidos.

Apresenta as tuas conclusões! Explica em que te baseaste para concluíres se a rapidez da reacção aumentava ou diminuía.

2/2



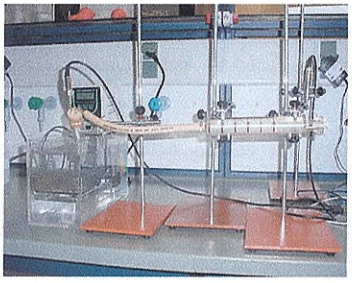
ANEXO 8 – ACTIVIDADE ESPERIMENTAL 3: RESULTADOS


Estudo do efeito do estado de divisao dos reagentes sobre a velocidade da reacção
degrees
Elapsed Time (s)
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
34

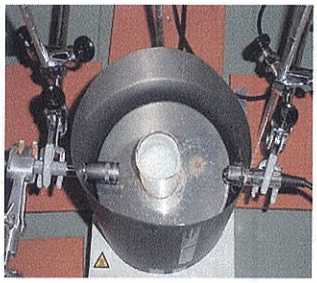


ANEXO 9 – ACTIVIDADE ESPERIMENTAL 3: FICHA DE TRABALHO

"Fórmula 1" das Reacções Químicas









"Fórmula 1" das Reacções Químicas



Reacção 3 – Alka-Seltzer® e água

- Equação química:

As pastilhas de Alka-Seltzer® são constituídas por ácido acetilsalicílico, bicarbonato de sódio e ácido cítrico, no estado sólido. Assim, quando estas são colocadas em água, verifica-se que o ácido cítrico e o bicarbonato de sódio se dissolvem, libertando iões H^+ (aq) e HCO_3^- (aq), respectivamente. De seguida, estes iões reagem entre si formando dióxido de carbono e água como produtos da reacção, tal como traduz a seguinte equação química:

$$HCO_3^-(aq) + H^+(aq) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g)$$

- Acção:

Variar o estado de divisão dos reagentes.

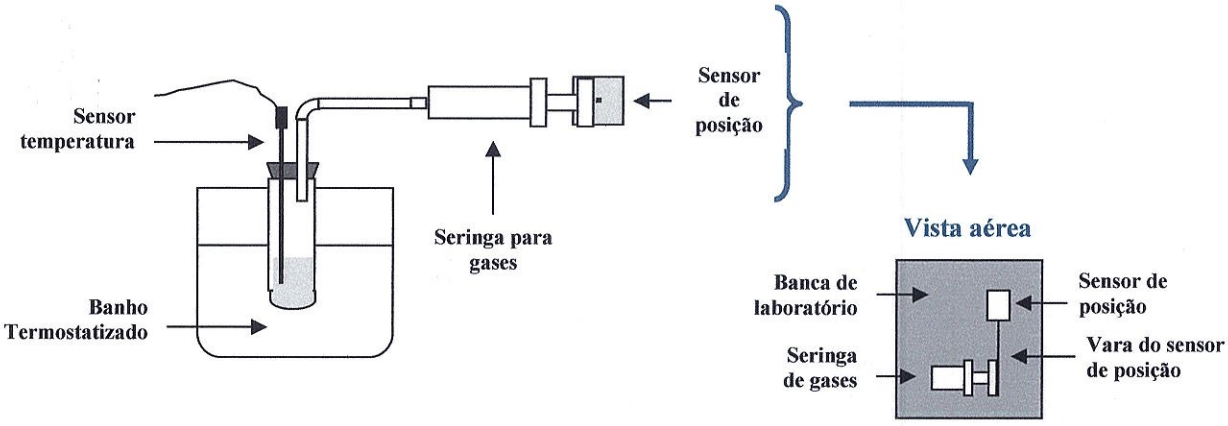
- Vamos usar:

 Alka-seltzer®

 Água desionizada

1/2

Efectua a montagem apropriada à realização deste estudo, tendo como base a figura em baixo, com a ajuda da monitora.



Realiza o estudo, actuando sobre o estado de divisão dos reagentes.

Com a ajuda da monitora vais interpretar os gráficos obtidos.

Apresenta as tuas conclusões! Explica em que te baseaste para concluíres se a rapidez da reacção aumentava ou diminuía.

2/2



ANEXO 10 – QUESTIONÁRIO 1

"Fórmula 1" das Reacções Químicas



Questionário

Idade: _____

Ano lectivo que frequentaste:

☐ 9º ano ☐ 10º ano ☐ 11º ano

1 – O que é que gostaste mais de fazer?

2 – O que é que gostaste menos de fazer?

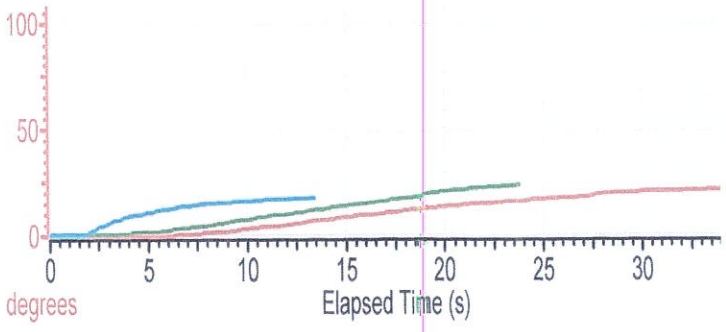
3 – O que achas que aprendeste?

4 – Foste tu que escolheste este tema o "Fórmula 1" das reacções químicas? Porquê?

5 – Correspondeu às tuas expectativas? Explica.

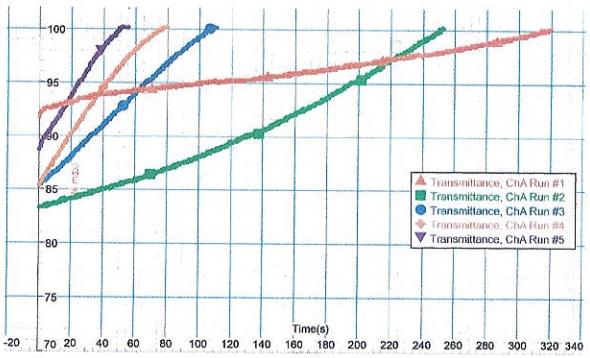
6 – Como se pode alterar a rapidez de uma reacção química?

7 – O gráfico em baixo foi obtido no estudo do efeito do estado de divisão dos reagentes na velocidade da reacção química entre o magnésio metálico e o ácido clorídrico.



Em qual da situações é que a reacção química é mais rápida?

8 – O gráfico em baixo foi obtido no estudo do efeito da presença de catalisadores na velocidade da reacção química entre o permanganato de potássio e o ácido oxálico.



Em qual da situações é que a reacção química é mais rápida?

9 – Para remover uma mancha de um prato de porcelana cobriu-se a mesma com meio copo de água fria e algumas gotas de vinagre. Após deixar repousar de um dia para outro, verificou-se que a mancha tinha ficado um pouco mais clara.
Sugere uma alteração ao método que permita remover a mancha em menor tempo. Justifica.



ANEXO 11 – QUESTIONÁRIO 2

U.PORTO
UNIVERSIDADE JÚNIOR

Observatório
P1

Inquérito de Avaliação

Com o objectivo de sabermos a tua opinião sobre a Universidade Júnior, pedimos-te que respondas a todas as questões que a seguir te colocamos. Este inquérito é anónimo.

Reservado ao Monitor

Nº do Projecto 1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐ 6☐ 7☐ 8☐ 9☐
0☐ 1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐

Data (semana): 1ª☐ 2ª☐ 3ª☐ 4ª☐

Distrito de Residência do Aluno: Porto☐ Aveiro☐ Braga☐ Outro Distrito:☐☐☐☐

INSTRUÇÕES DE PREENCHIMENTO

* Utiliza apenas esferográfica azul ou preta e escreve de forma legível. * Preenche os☐ desta forma☒

1. Idade (anos): <14☐ 14 - 15☐ 16 - 17☐ >17☐

2. Sexo: Masculino☐ Feminino☐

3. Nível de escolaridade dos pais:
Mãe: Primário☐ Básico☐ Secundário☐ Universitário☐
Pai: Primário☐ Básico☐ Secundário☐ Universitário☐

4. Ano lectivo que frequentaste: ☐ 9º ano ☐ 10º ano ☐ 11º ano

5. Área de estudo em que estás inscrito/vais inscrever-te:
* Ciência e Tecnologia☐ * Línguas e Literaturas☐
* Ciências Socio-Económicas☐ * Artes Visuais☐
* Ciências Sociais e Humanas☐ * Cursos Tecnológicos☐

6. Tu tiveste conhecimento da Universidade Júnior através:
Internet☐ Rádio☐ Jornal☐ Escola☐ Pais☐ Colegas☐ Televisão☐ Cartaz☐ Folheto☐

7. Gostarias de tirar o curso na Universidade do Porto?
Sim☐ Não☐

8. A frequência na Universidade Júnior:
* Motivou-te a frequentar a Universidade do Porto☐
* Desmotivou-te de frequentar a Universidade do Porto☐

9. Das razões a seguir indicadas assinala aquelas que te levaram a escolher este projecto:
- Interesse do tema☐
- Relação com o curso que pretendo tirar☐
- Orientação dos pais☐
- Orientação do professor☐

10. Considerando as tuas expectativas iniciais, indica-nos se este projecto que frequentaste:
* Ficou muito acima do que esperavas☐
* Ficou acima do que esperavas☐
* Correspondeu ao que esperavas☐
* Ficou abaixo do que esperavas☐
* Ficou muito abaixo do que esperavas☐

11312

pág.1/2

U.PORTO UNIVERSIDADE DO PORTO

Observatório

P2

11. Numa escala de 1 a 5 classifica:

11.1. As actividades deste programa quanto ao interesse - de pouco (1) a muito (5):

Interesse das actividades:	1	2	3	4	5
	☐	☐	☐	☐	☐

11.2. A relação que tiveste com o monitor - de má (1) a muito boa (5):

Relação com o monitor:	1	2	3	4	5
	☐	☐	☐	☐	☐

11.3. O ambiente geral vivido durante esta semana - de pouco agradável (1) a muito agradável (5):

Ambiente geral:	1	2	3	4	5
	☐	☐	☐	☐	☐

12. Numa escala de 1 a 5 classifica a forma como foram apresentadas as actividades deste projecto:

	1	2	3	4	5	
Fácil	☐	☐	☐	☐	☐	Difícil
Estimulante	☐	☐	☐	☐	☐	Pouco Estimulante
Apelando à Autonomia	☐	☐	☐	☐	☐	Muito Orientadas
Criativas	☐	☐	☐	☐	☐	Pouco Criativas
Prática	☐	☐	☐	☐	☐	Teórica

13. Numa escala de 1 a 5 como classificas este projecto em termos de:

13.1. Aprendizagens novas, de poucas (1) a muitas (5):

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

13.2. Motivação para aprenderes mais coisas sobre o tema, de pouca (1) a muita (5):

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

14. Numa escala de 0 a 20, como classificas globalmente este programa:

Algarismo das Dezenas	0 ☐	1 ☐	2 ☐							
Algarismo das Unidades	0 ☐	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐	6 ☐	7 ☐	8 ☐	9 ☐

Agradecemos a Tua Colaboração!

11312

pág. 2/2

L.B

BIBLIOGRAFIA

- Ball, S. (2003). *ICT that works*. Primary Science Review, 76 (Jan/Feb), 11-13.

- Barton, R. (1997). *How do computers affect graphical interpretation?* School Science Review, 79 (287), 55-62.

- Carmo, H et al (1998) – *Metodologia da investigação. Guia para auto-aprendizagem.* Universidade Aberta. 1998.

- Cavaleiro et al (2003) – Cavaleiro, M. & Beleza, M. *FQ – Sustentabilidade na Terra*, Ciências Físico-Químicas 3º Ciclo do Ensino Básico. Asa Editores. 2003.

- Cohen & Manion (1997) – *Research methods in education.* 4th Edition. London and New York. 1997

- Esteves et al (2005) – F. Esteves; C. Pereira; A. Costa & G. Ribeiro. *Cinética de reacções químicas nos Ensinos Básico e Secundário – Utilização de Sistemas de aquisição e Tratamentos de dados*. 4º Encontro Nacional de Ensino e Divulgação da Química. Lisboa. 2005.

- Formosinho (1983) – Formosinho, Sebastião J. *Fundamentos de Cinética Química*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Setembro de 1983.

- Frost & Pearson (1961) – Frost, Arthur A., Pearson, Ralph G. *Kinetics and Mechanism – A Study of Homogeneous Chemical Reactions,* 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., USA, 1961.

- Galvão et al (2000) – Galvão, C. (Coord.); Freire, A.; Neves, I. & Pereira, M. *Competências Essenciais em Ciências para o Ensino Básico.* http://www.min-edu.pt/NewForum/ciencias.pdf

- Galvão et al (2001) – Galvão, C. (Coord.); Neves, A.; Freire, A.; Lopes, A.; Santos, M.; Vilela, M.; Oliveira, M. & Pereira, M. *Orientações Curriculares – Ciências Físicas e Naturais – 3º Ciclo.*

- Green, S. (2001). *Using evidence in practical science: children's thinking*. Primary Science Review, 59 (Sep/Oct), 23-27.

- Hart, G. (2003). *Quality ICT resources to enhance science teaching*. Primary Science Review, 76 (Jan/Feb), 6-8.

- Higginbotham, B. (2003). *Getting to grips with data-logging*. Primary Science Review, 76 (Jan/Feb), 9-10.

- Maciel et al (2003) – Maciel, N. & Miranda, A. *Eu e o Planeta Azul – Sustentabilidade na Terra,* Ciências Físico-Químicas 3º Ciclo do Ensino Básico. Porto Editora. 2003.

- Mackay, D. (2003). *The use of ICT in science*. Primary Science Review, 76 (Jan/Feb), 4-5.

- Mercer, N. (1994). *The quality of talk in children's joint activity at the computer*. Journal of Computer Assisted Learning, 10 (1), 24-32.

- Nakhleh, M. (1994). *A review of microcomputer-based labs: how have they affected science learning?* Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 13 (4), 368-381.

- Newton, L. (1998). *Discerning data-logging*. Education in Science, Jun , 20-21.

- Newton, L. (2000). *Data-logging in practical science: research and reality*. International Journal of Science Education, 22 (12), 1247-1259.

- Pilling & Seakins (1995) – Pilling, Michael & Seakins, Paul. *Reaction kinetics*. Oxford University Press. 2nd Edition. 1995.

- Powers, M. & Salamon, S. (1998). *Project interface: for teachers and students*. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 8 (1), 90-93.

- Quivy, R et al (1995) – *Manual de investigação em ciências sociais*. Paris. 1995.

- Reger & Outros (1997) – Reger, D.; Goode, S. & Mercer, E. *Química: Princípios e Aplicações*. Fundação Calouste Gulbenkian. 1ª Edição. Lisboa. 1997.

- Rodrigues et al (2003) – Rodrigues, M. & Dias, F. *Ciências na Nossa Vida – Sustentabilidade na Terra,* Ciências Físico-Químicas 3º Ciclo do Ensino Básico. Porto Editora. 2003.

- Rogers, L. & Wild, P. (1994). *The use of IT in practical science – a practical study in three schools*. School Science Review, 75 (273), 21-28.

- Rogers, L. (1997). *New data-logging tools – new investigations*. School Science Review, 79 (287), 61-68.

- SIMÕES et al (2004) – Simões, T., Queirós, M. & Simões, M. *Química em contexto – Física e Química A 11º ano*. Porto Editora. 2004.

- Testa, I. *et al.* (2002). *Students` reading images in kinematics: the case of real-time graphs*. International Journal of Science Education, 24 (3), 235-256.

- Tinker, R. & Mokros, J. (1987). *The impact of microcomputer-based labs on children's ability to interpret graphs*. Journal of Research in Science Teaching, 24 (4), 369-383.

- Wellington, J. (1999). *Integrating multimedia into science teaching: barriers and benefits*. School Science Review, 81 (295), 49-54.

- Willis, J. (1998). *Data-logging isn't that difficult – and it can be fun!* Primary Science Review, 51 (Jan/Feb), 10-12.

- Zumdahl (2002) – Zumdahl, S. *Chemical Principles*. 4th Edition. Houghten Miffin Company. New York (USA). 2002.