PAULA ALEXANDRA ALVES PACHECO

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE RESULTADOS CIENTÍFICOS NO DESEMPENHO DOS ALUNOS



Departamento de Química
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
Julho de 2001

PAULA ALEXANDRA ALVES PACHECO

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE RESULTADOS CIENTÍFICOS NO DESEMPENHO DOS ALUNOS

Tese 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

Julho de 2001

AGRADECIMENTOS

Após a elaboração deste trabalho, quero em primeiro lugar agradecer à Professora Doutora Margarida Bastos e ao Professor Doutor Duarte Costa Pereira pela colaboração e interesse demonstrados e por todas as intervenções que tiveram no sentido de ajudar a concretizar este projecto.

À professora Doutora Gabriela Ribeiro por ter disponibilizado toda a sua bibliografia e dado todo o apoio para a realização do Mestrado em Química Para o Ensino.

À professora Doutora Joan Solomon e ao Professor Doutor Roger Maskill por terem, com as suas opiniões e experiência, enriquecido o estudo e aumentado a minha motivação.

Ao Mestre Adriano Sampaio e Sousa pelo seu contributo para a minha formação profissional inicial e por todo o apoio que tem disponibilizado ao longo dos anos de docência.

Às minhas colegas Arminda Santos e Cristina Medon pela colaboração na realização dos estudos na escola.

À Marta Rilo pela sua amizade, disponibilidade e interesse.

À Rosário Rocha pela amizade e apoio.

A todos os alunos que participaram no estudo pelo apoio e colaboração.

Ao meu marido especialmente pelo incentivo e compreensão e pela sua colaboração durante as "falências" da informática.

A toda a minha família por tudo...

RESUMO

A utilização e compreensão de representações gráficas em Química e em muitas actividades do quotidiano é incontornável, uma vez que estas se encontram numa grande variedade de jornais, revistas e livros. Quando está prestes a chegar uma "Nova Reforma Curricular" é fundamental questionar qual a importância que os novos currículos dão à representação de dados em gráficos e tabelas e como é que se pode fazer o cruzamento de saberes a este nível. Será que no novo currículo se considera que a apresentação de resultados em gráficos não influencia o desempenho dos alunos? Será que se considera que os alunos compreendem as relações expressas nos gráficos?

O presente estudo surgiu da necessidade de se encontrarem explicações para um problema concreto que foi detectado com os alunos durante uma aula. Por isso, projectou-se uma investigação ao nível do Ensino Secundário que envolveu cinco turmas do 10º Ano de uma escola do Concelho de Gondomar, duas professoras e uma investigadora.

Os objectivos principais do trabalho foram:

(1) Investigar se a representação gráfica de resultados tem influência na compreensão do conceito de velocidade de reacção;

(2) Caracterizar o desempenho dos alunos na resolução de problemas em que os dados são fornecidos em gráficos e em tabelas;

(3) Reflectir acerca da adequação entre a forma como se ensina e como se avalia.

O estudo desenvolveu-se em quatro sessões. Na primeira sessão os alunos foram sujeitos a um pré-teste para avaliar os seus conhecimentos. Nas duas sessões seguintes, foram leccionados a velocidade das reacções e os factores que a influenciam tendo sido aplicadas três estratégias distintas para apresentação de dados a partir dos quais os alunos tiveram de calcular a velocidade de reacções. Na última sessão os alunos foram sujeitos a um pós-teste que tinha por objectivo avaliar os conhecimentos adquiridos devido à aplicação das diferentes estratégias.

Verificou-se, a partir do estudo desenvolvido, que os alunos da turma que trabalhou com gráficos e tabelas em simultâneo obtiveram melhores ganhos residuais corrigidos médios no global, havendo diferenças estatisticamente significativas entre os resultados desta e os das restantes turmas (p=0,01).

Uma análise mais detalhada dos resultados revelou que, no desempenho dos alunos, para problemas em que os dados se apresentem em tabelas, é indiferente a utilização de tabelas e gráficos em simultâneo ou só tabelas durante as aulas. Contudo os resultados são inferiores quando apenas se utilizam gráficos.

Em relação aos problemas em que os dados se apresentam em gráficos a turma que menos ganhos obteve foi a que trabalhou só com tabelas durante as aulas, aparecendo em seguida a turma em que apenas foram apresentados gráficos, tendo-se também verificado que a turma que melhores ganhos obteve foi a que se leccionou gráficos e tabelas em simultâneo.

A análise de conteúdo às respostas dadas pelos alunos demonstrou que nenhuma das estratégias surtiu efeitos a nível conceptual, uma vez que o conceito velocidade de reacção não foi compreendido, não tendo a maioria dos alunos dado respostas correctas.

Como implicações para o ensino da Química parece ser legítimo considerar que a utilização de um determinado tipo de representação pode influenciar na resolução de problemas por parte dos alunos havendo por isso necessidade de adequar a avaliação à maneira como se ensina.

Também se considera que há necessidade de encontrar estratégias ou metodologias alternativas para conseguir que os alunos compreendam o conceito de velocidade de reacção e as relações que existem entre os conceitos e as representações gráficas.

ABSTRACT

The utilization and comprehension of graphic representation in Chemistry and in many activities is inevitable, once they can be find in a large variety of newspaper, megazines and books. When it seems is coming approach a "new curriculum reform" it is important to question what importance the new curriculum will give to the knowledge representation in graphics and tables and how can one make the intersection of the knowledge at this level. Will the new curriculum consider the results presentation in graphics as not influencing the students performnce? Will it consider that students can understand the relations express in graphs?

The present study appears by the need to find some explanations for a real problem wich was detected in students during a class. So a investigation at secondary school level was projected involving five classes (10^{th} Grade) in a school at Gondomar, two teachers and one researcher.

The main subject ot the project was:

1) Investigate if graphic representation of results has any influence in the rate of reaction knowledge.
2) Control the students behavior in the problems solution when the data are given in graphs and tables.
3) Reflect about de adjustment between teaching and assessement.

The study was developed in four sessions. In the first session, the students were submited to one pretest to value their knowledge. During the next two sessions, was teached the rate of reaction and the factors that influences it. It was been applied three distinct strategies to present the data through the students could calculate the rate of reaction. In the last session, the students were subject to a posttest wich objective was appraise their adquired knowledge when the different strategies were used.

It was verify across this study, that the students who had simultaneously worked with graphs and tables had better global residual gains, having a significative statistical difference between this class and the others ($p=0,01$).

A more detail analyses of results reveal that is unconcerned in students solving problems performance that they use tables and graphs simultaneously or just tables

during lessons to solve problems in wich data are presented in tables. But the results are lower when only graphs are used.

When data problem are presented in graphs the class that had lower results was the one who only worked with tables. The class where data were presented only in graphs was next in results. Higher results was taken in the class that worked with tables and graphs at same time.

The analyses of the answers given by the students show that none of the strategies have conceptual effects, provided that the concept of rate of reaction was not understood since the majority of students didn' t give right answers.

In the Chemistry teaching implications is reasonable to consider that the utilitzation of a certain kind of representation may influence in the way students solving problems, that' s why we need to adjust the assessement to the way we teach.

It becomes necessary find alternative methodology or strategies to teach rate of reaction and the relations between the concepts and graphic representation, so that students could learn them.

RÉSUMÉ

L' utilisation et la compréhension de représentations graphiques en Chimie et dans beaucoup d' activités quotidiennes sont essentielles puisqu' elles se trouvent dans de nombreux journaux, magazines et livres. Quand une Nouvelle Réforme du Curriculum est en train d' arriver, il est fondamental non seulement de demander l'importance que les nouveaux curricula donnent à la représentation de résultats en graphiques et en tables, mais aussi de voir comment on peut croiser les savoirs à ce niveau. Le nouveau curriculum considère-t-il si la présentation de résultats en graphiques n' influence pas la performance des élèves? Considère-t-il si les élèves comprennent les rapports présents dans les graphiques?

Cette étude est née du besoin de trouver des explications pour un problème concret qui a été découvert au près des élèves pendant un cours. À cause de cela, on a projecté une recherche au niveau de l' Enseignement dans le Lycée qui a compris cinq classes du deuxième Année d' une École de Gondomar, deux enseignantes et une chercheuse.

Les objectifs principaux de ce travail ont été les suivants:

(1) Rechercher si la représentation graphique de résultats influence la compréhension du concept de vitesse de réaction;

(2) Vérifier la performance des élèves dans la résolution de problèmes dont les résultats ont été donnés en graphiques et en tables;

(3) Réfléchir à l'adéquation entre la façon comment on enseigne et comment on évalue.

Cette étude s'est développé en quatre cours. Dans la première classe, les élèves ont été soumis à un pré-test pour évaluer leurs connaissances. Dans les deux classes où l'on a enseigné la vitesse des réactions et les facteurs qui l' influencent ont été appliquées trois stratégies différentes pour la présentation des données à partir desquelles les élèves ont dû calculer la vitesse des réactions. Dans la quatrième classe, les élèves ont réalisé un post-test qui avait comme objectif celui d' évaluer les connaissances acquises à partir de l' application des différentes stratégies.

On a vérifié que, à partir de l' étude développée, les élèves appartenants à la classe qui a travaillé à la fois avec des graphiques et des tables ont eu, en général, de

meilleurs résultats en présentant des différences significatives au niveau statistique entre elle et les autres classes (p=0,01).

Une analyse plus détaillée des résultats a encore mené à la conclusion suivante: pour des problèmes où les résultats sont présentés en tables et des graphiques à la fois ou seulement en tables pendant les cours chez la performance des élèves; cependant les résultats sont inférieurs quand on n' utilise que des graphiques.

En ce qui concerne les problèmes dont les résultats se présentent en graphiques, la classe qui a eu de pires résultats a été celle qui a travaillé seulement avec des tables pendant les cours; celle qui apparaît ensuite c'est celle à laquelle on a présenté des graphiques. On a vérifié que la classe qui a eu de meilleurs résultats a appris à la fois avec des graphiques et des tables.

L' analyse de contenu faite aux réponses données par les élèves a montré qu' aucune des stratégies n' a eu des conséquences au niveau conceptuel, parce que le concept de vitesse de réaction n' a pas été compris, donc la plupart des élèves n 'a pas donné des réponses correctes.

Comme des implications pour l' enseignement de la Chimie, il est important de souligner que l' utilisation d' un certain type de représentations peut influencer la résolution de problèmes faite par les élèves, donc il faut faire une adéquation de l' évaluation à la façon comment on enseigne.

On considère aussi qu' il faut trouver des stratégies ou des méthodologies alternatives pour que les élèves réussissent non seulement à comprendre le concept de vitesse de réaction, mais aussi à comprendre les rapports qu' il y a entre les concepts et les représentations graphiques.

ÍNDICE

Agradecimentos 4
Resumo 5
Abstract 7
Résumé 9
Lista de figuras 15
Lista de tabelas 18

CAPÍTULO I **21**

1.1 Introdução 22
1.2 Contextualização do estudo 22
1.3 Identificação dos problemas de investigação 25
1.4 Objectivos do estudo 26
1.5 Importância do estudo 26
1.6 Limitações do estudo 27
1.7 Organização da dissertação 27

CAPÍTULO II - FUNDAMENTAÇÃO EDUCACIONAL **29**

2.1 Introdução 30
2.2 Organização da revisão dos estudos 30
2.2.1 Estudos com alunos 30
2.2.2 Estudos com professores 51
2.2.3 Representações gráficas em livros de texto e revistas científicas 58

CAPÍTULO III - FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA **61**

3.1 Introdução 62
3.2 Importância do estudo da velocidade das reacções 62
3.3 Velocidade média e velocidade instantânea 63
3.4 Equações cinéticas ou leis experimentais da velocidade 64
3.4.1 Reacções de ordem zero 67
3.4.2 Reacções de 1ª ordem 68

3.4.3 Reacções de 2ª ordem 70
3.4.4 Reacções de equilíbrio 74
3.5 Temperatura e velocidade de reacção 77
3.6 Mecanismos das reacções 81
3.7 Catálise 84
3.7.1 Catálise homogénea 85
3.7.2 Catálise heterogénea 85
3.7.3 Catálise enzimática 87
3.7.4 Inibição da catálise 87

CAPÍTULO IV - METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO **89**

4.1 Introdução 90
4.2 Modelo de Investigação 90
4.3 Amostra 90
4.4 Descrição dos estudos 91
4.4.1 Estudo exploratório 91
4.4.2 Estudo principal 92
4.5 Instrumentos de recolha de dados: elaboração e validação 93
4.5.1 Elaboração dos questionários 93
4.5.2 Elaboração da sequência didáctica 95
4.5.3 Validação dos instrumentos 96
4.6 Procedimentos de recolha e de análise de dados 96

CAPÍTULO V - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS **101**

5.1 Introdução 102
5.2 Desempenho dos alunos no problema I 102
5.3 Desempenho dos alunos no problema II 105
5.4 Desempenho global dos alunos 108
5.5 Análise de conteúdo 111
5.5.1 Questão 1.4 do pós-teste 111
5.5.2 Questão 2.4. do pós-teste 114

5.6 Resultados das conversas informais e do teste sumativo de avaliação 117
5.7 Parte de Matemática do pré-teste 118

CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DA QUÍMICA **119**

6.1 Introdução 120
6.2 Conclusões 120
5.3 Implicações para o ensino da Química 124
5.4 Sugestões para futuras investigações 125

BIBLIOGRAFIA 127

ANEXOS 136
Anexo 1 - Pré-teste do estudo exploratório 137
Anexo 2 - Pós-teste do estudo exploratório 141
Anexo 3 - Plano da sequência didáctica do estudo exploratório 144
Anexo 4 - Pré-teste do estudo principal 150
Anexo 5 - Pós-teste do estudo principal 154
Anexo 6 - Plano da sequência didáctica do estudo principal 157
Anexo 7 - Resultados dos alunos nos pré e pós-testes do estudo principal 172
Anexo 8 - Respostas dos alunos às questões 1.4. e 2.4. do pós-teste 176
Anexo 9 - Tabela de estatística (valores críticos de *t*) 183
Anexo 10 - Teste de avaliação elaborado pela professora das turmas 185
Anexo 11 - Resultados obtidos na parte de Matemática do pré-teste 189

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação gráfica de $|B| = f(t)$ 64

Figura 2 - Representação gráfica de $\log v_0 = f(\log |A|_0)$ 66

Figura 3 - Metabolismo do álcool no organismo humano 67

Figura 4 - Representação gráfica da concentração de álcool em função do tempo..... 68

Figura 5 - Representação gráfica de $\ln |A| = f(t)$ para uma reacção com cinética de 1ª ordem..... 69

Figura 6 - Representação gráfica de $\ln \frac{1}{|A|} = f(t)$ para uma reacção com cinética de 2ª ordem..... 71

Figura 7 - Representação gráfica de $t_{1/2} = f\left(\frac{1}{|A|_0}\right)$ para uma reacção com cinética de 2ª ordem..... 73

Figura 8 - Representação das concentrações de A e de B em função do tempo para uma reacção de equilíbrio..... 75

Figura 9 - Representação gráfica de $\ln k = f\left(\frac{1}{T}\right)$..... 81

Figura 10 - Esquema da síntese da água na presença de platina..... 86

Figura 11 - Resultados obtidos no problema I (dados apresentados numa tabela) 103

Figura 12 - Representação gráfica dos valores obtidos no pós-teste em função dos valores obtidos no pré-teste (problema I)..... 103

Figura 13 - Ganhos residuais corrigidos (problema I)..... 104

Figura 14 - Resultados obtidos no problema II (dados apresentados num gráfico) 106

Figura 15 - Representação gráfica dos valores obtidos no pós-teste em função dos valores obtidos no pré-teste (problema II) 106

Figura 16 - Ganhos residuais corrigidos (problema II) 107

Figura 17 - Resultados obtidos no global (problemas I e II) 109

Figura 18 - Representação gráfica dos valores obtidos no pós-teste em função dos valores obtidos no pré-teste (problemas I e II) 109

Figura 19 - Ganhos residuais corrigidos (problemas I e II) 110

Figura 20 - Distribuição em percentagem pelas categorias das respostas dadas à questão 1.4. do pós-teste (todas as turmas) 113

Figura 21 - Distribuição em percentagem pelas categorias das respostas dadas à questão 2.4. do pós-teste (todas as turmas) 116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Constantes de velocidade e tempos de semi-vida para algumas reacções com cinética de 1ª ordem 70

Tabela 2 - Constantes de velocidade para algumas reacções com cinética de 2ª ordem 72

Tabela 3 - Resumo de algumas equações cinéticas 74

Tabela 4 - Caracterização da amostra 91

Tabela 5 - Ganhos residuais corrigidos médios (problema I) 104

Tabela 6 - Valores de *t* (problema I) 105

Tabela 7 - Ganhos residuais corrigidos médios (problema II) 107

Tabela 8 - Valores de *t* (problema II) 108

Tabela 9 - Ganhos residuais corrigidos médios (problemas I e II) 110

Tabela 10 - Valores de *t* (problemas I e II) 111

Tabela 11 - Distribuição por categorias das respostas à questão 1.4. (turma 1) 112

Tabela 12 - Distribuição por categorias das respostas à questão 1.4. (turma 2) 112

Tabela 13 - Distribuição por categorias das respostas à questão 1.4. (turma 3) 113

Tabela 14 - Distribuição por categorias das respostas à questão 2.4. (turma 1) 115

Tabela 15 - Distribuição por categorias das respostas à questão 2.4. (turma 2) 115

Tabela 16 - Distribuição por categorias das respostas à questão 2.4. (turma 3) 116

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

Neste capítulo apresenta-se a contextualização do estudo e definem-se os problemas de investigação e os seus objectivos. É explicada a importância do estudo e são referidas as suas limitações, descrevendo-se depois a organização geral da tese.

1.2 Contextualização do estudo

Gráfico no Dicionário de Língua Portuguesa da Porto Editora (1998) significa: o traçado de um esquema, especialmente por aparelho registador; representação geométrica da variação interdependente de duas grandezas; aquele que trabalha em artes gráficas ou na indústria gráfica (do grego graphikós, "relativo à escrita"; pelo latim graphicu, "feito a primor".

"A informação processada na nossa sociedade altamente tecnológica está a tornar-se cada vez mais dependente da nossa habilidade de compreender gráficos. Embora uma leitura de dados apresentados sob a forma de gráficos, seja uma componente importante na habilidade de ler gráficos, o potencial máximo de um gráfico é actualizado quando o leitor é capaz de interpretar e generalizar a partir dos dados apresentados" kirk, Eggen, e Ranchak (1980) citado por Curcio (1987).

"... Em ciência, mais do que em qualquer outra área, os alunos devem-se habituar a prever relações entre variáveis e tentar quantificar essas relações... a construção e interpretação de gráficos é muito importante no ensino das ciências porque ela é uma parte integrante da experimentação, o coração da ciência" McKenzie & Padilla (1986) referido por Jakson, Edwards e Berger (1993).

Parece hoje impensável, face à enorme variedade de representações que se utilizam, que nos livros e nas revistas apareçam única e exclusivamente textos. Isso de uma maneira geral, iria tornar esses materiais pouco agradáveis ao olhar e, além disso, contraria o que há muito tempo se afirma: "*Uma imagem vale mais do que mil palavras*".

É pelo facto de considerar que se tem de (re)pensar as "imagens", mais especificamente as representações gráficas e tabelas, uma vez que estas surgem em diferentes contextos do dia a dia e muito concretamente nas aulas de Físico-Química, que surge este trabalho de investigação. Não se deve olhar para um gráfico ou para

uma tabela de valores como se olha para um quadro de pintura abstracta, embora se possa dizer também se é bonito ou feio. É importante saber ler mais profundamente, compreender quais as relações que os gráficos podem traduzir. Solomon (2001) referiu que é preciso saber contar a história de cada gráfico.

O trabalho aqui elaborado parte do pressuposto que muitas vezes durante as aulas de Química, os alunos não compreendem as relações expressas em gráficos e o seu desempenho na resolução de problemas está relacionado com a forma como lhes são apresentados os dados nas aulas. Parte também do pressuposto que o tipo de representações apresentadas aos alunos não interferirá no desenvolvimento conceptual dos tópicos de Química, mais concretamente neste trabalho no conceito de velocidade de reacção.

Vários foram os autores a chamar a atenção para as dificuldades de interpretação dos gráficos por parte dos intervenientes no processo de ensino-aprendizagem. Segundo alguns investigadores (Tierney *et al*, 1992; Goldenberg, 1987,1988; Gomes Ferreira, 1997; Clement, 1985; Preece, 1983 e Monk, 1992) citados por Santos e Ferreira [2001], as dificuldades na interpretação de gráficos são criadas pelo sistema de representação dos mesmos, uma vez que envolvem regras que muitas vezes não são entendidas pelos alunos. Esses educadores matemáticos consideram que o uso da representação cartesiana tem tanto o potencial de facilitar o entendimento e a interpretação de conceitos quanto o de obscurecê-los. Também os trabalhos de Preece (1983), Tierney *et al* (1992) e Gomes Ferreira (1997), referidos por Santos e Ferreira [2001], chamaram a atenção para a relação que existe entre a dificuldade do aluno para lidar com as representações visuais de um conceito matemático e o próprio conceito em questão.

Existem contudo outros investigadores como Carraher *et al* (1995), referido por Santos e Ferreira [2001], que mostraram outra visão de interpretação de gráficos pelos alunos. Em estudos de caso com pessoas de formação escolar limitada às quais foi solicitada a interpretação de gráficos de situações do dia a dia, concluíram que estas usaram conceitos tanto do quotidiano, tais como formas e espaço, como conhecimentos genéricos sobre a situação abordada, para dar sentido à representação gráfica.

Acerca da utilização de gráficos e de tabelas Bastide (1990), citado por Roth e Tobin (1997), afirmou que em publicações científicas os cientistas preferem gráficos porque além de serem mais convincentes economizam tempo e atenção ao leitor. Por

outro lado, as tabelas requerem: comparação de figuras, operações matemáticas como: subtracção, multiplicação ou transformações logarítmicas exigindo um esforço maior para a sua interpretação. As equações embora contenham mais informação e de uma forma mais compacta são mais difíceis de ler.

Apesar de serem conhecidas as vantagens e limitações dos diversos tipos de representações bem como as diferenças existentes, por vezes os professores esquecem-se destes "pormenores" durante as aulas e isso poderá trazer algumas consequências. Nesse sentido, Roth e Tobin (1997) afirmaram que "muitos cientistas por terem sido integrados na comunidade científica já não se apercebem da lacuna ontológica que existe entre diferentes representações do mesmo fenómeno. Apesar das experiências do dia a dia e dos alunos "viverem no mundo" a ciência na escola parece difícil e muitos alunos não percebem como o discurso científico, os modelos e as representações (gráficos, tabelas etc.) se relacionam com o "mundo" em estudo". Muitas vezes os professores não compreendem, e muitos deles até não se apercebem, que os alunos têm dificuldades em relacionar os fenómenos reais com os discursos, modelos e representações científicas usadas na construção mais detalhada da compreensão dos fenómenos.

As dificuldades na compreensão das representações de dados deve ser tida em consideração quer durante as aulas em que se leccionam os conteúdos quer nas situações de avaliação. É fácil constatar que a avaliação dos alunos se centra fundamentalmente na resolução de problemas, bastando para isso verificar o número de testes escritos, de Provas Globais e de Exames Nacionais a que são submetidos. Se a avaliação se baseia na resolução de "problemas" torna-se então importantíssimo saber de que modo as diferentes apresentações de dados vão influenciar o desempenho dos alunos nesta tarefa.

Partindo-se do pressuposto que os alunos poderão não compreender as relações expressas (por exemplo em gráficos) de um fenómeno é então fundamental ter em consideração este aspecto na elaboração dos problemas e encontrar estratégias que desenvolvam as capacidades dos alunos no que concerne à compreensão de representações.

1.3 Identificação dos problemas de investigação

A inspiração para a investigação surgiu no decurso de uma aula de equilíbrio químico (10° Ano) em que os alunos se debateram com grandes dificuldades em resolver e interpretar exercícios de escolha múltipla baseados em gráficos.

Surgiu então a necessidade de perceber a(s) razão(ões) pelas quais os alunos, de um modo geral, não conseguiam relacionar os gráficos com as respectivas situações de equilíbrio químico.

Mais tarde, uma revisão dos estudos publicados, capítulo II, veio a demonstrar que algumas das dúvidas que apareceram já tinham sido objecto de estudo de vários investigadores e que os problemas se situam ao nível do conhecimento e da compreensão das relações expressas em gráficos por parte dos alunos, embora em alguns casos o não entendimento possa estar relacionado também com o desempenho do professor (Gerber e Boulton-Lewis, 1998; Roth *et al*, 1997) e com as dificuldades que se colocam quando se pretende traduzir num gráfico um fenómeno observado que para os alunos não tem relação com a representação Solomon *et al* (1991) e Roth, Tobin e Skaw (1997).

Perante as considerações anteriores, os problemas a investigar são:

- *Poderá a apresentação de dados de diferentes formas ter influência no desenvolvimento conceptual dos alunos ?*

- *Como é que a apresentação de resultados em tabelas e gráficos em simultâneo, só em tabelas ou só em gráficos vai influenciar o desempenho dos alunos na resolução de problemas acerca da velocidade de reacções ?*

1.4 Objectivos do estudo

O estudo presente tem como objectivo geral comparar o desempenho dos alunos em relação à resolução de problemas acerca da velocidade de reacções quando os dados lhes são apresentados durante as aulas:

1) em tabelas e gráficos em simultâneo;

2) só em tabelas;

3) só em gráficos.

Essa comparação teria como objectivo essencial averiguar se o conhecimento do tópico é influenciado pela forma como se apresentam os dados e, para além desse, prosseguem-se os seguintes objectivos:

- diagnosticar os conhecimentos matemáticos acerca da representação gráfica e das relações entre as variáveis que os alunos aprenderam;
- reflectir acerca da utilização de representações no ensino da Química;
- definir as possíveis implicações educacionais decorrentes das conclusões do estudo.

1.5 Importância do estudo

A principal importância do estudo assenta no facto dos problemas de investigação terem sido identificados numa aula e se tratar de um estudo realizado na escola em que se procuraram conhecer as dificuldades com que se deparam os alunos perante uma situação concreta.

Apesar de existir uma vasta literatura sobre a utilização educativa de gráficos, os trabalhos não têm sido desenvolvidos na área da Química onde se detectaram as dificuldades por isso, torna-se indispensável saber como é que o uso de representações gráficas pode influenciar o ensino-aprendizagem da Química.

A (provável) inexistência em Portugal de trabalhos desenvolvidos na escola, com objectivos semelhantes, sobre este tópico (velocidade da reacção) confere a este trabalho a importância de constituir uma mais valia para o ensino-aprendizagem da Química.

A abrangência do trabalho poderá transcender a área da Química, uma vez que se utilizam representações em todas as áreas de ensino e que a reforma curricular em discussão aponta para o desenvolvimento da interdisciplinaridade, particularmente com a criação da "Área de Projecto" em que a relevância da linguagem gráfica é incontornável.

1.6 Limitações do estudo

Em relação ao estudo exploratório realizado no ano lectivo anterior ao do estudo principal, o facto de ter coincidido com o final do ano lectivo e os alunos já terem realizado a prova global fez com que estes demonstrassem um grande desinteresse e muitos deles não quisessem responder aos questionários.

A extensão do programa de 10º Ano de Ciências Físico-Químicas veio trazer dificuldades acrescidas em relação à leccionação dos tópicos de Química que poderão ter limitado o desempenho dos alunos.

A restrição do estudo a apenas um tópico de um nível de ensino não permite a generalização dos resultados a outros temas nem a outros níveis de ensino.

O facto da selecção da amostra não ter sido aleatória faz com que os resultados não possam ser generalizados, embora dificilmente se possa trabalhar noutro contexto, dado que a situação em se que trabalhou pressupõe o ensino convencional das turmas.

1.7 Organização da dissertação

O estudo efectuado está estruturado em seis capítulos.

No Capítulo I, procedeu-se à contextualização do estudo e à sua apresentação tendo sido referidas as limitações do mesmo.

O capítulo II, fundamentação educacional, inclui uma síntese dos trabalhos que se consideram mais importantes para a definição do quadro teórico subjacente à investigação a desenvolver.

No capítulo III encontra-se a fundamentação científica do estudo em virtude de se tratar de um Mestrado em Química Para o Ensino e ter a participação de dois orientadores sendo um deles da área da Química Física.

A metodologia utilizada para desenvolver o estudo está descrita no capítulo IV.

No capítulo V faz-se a apresentação, o tratamento e a discussão dos resultados encontrados.

No capítulo VI estão incluídas as conclusões e implicações do estudo para o ensino da Química bem como algumas sugestões para futuras investigações.

Na bibliografia existem umas referências em que o ano aparece dentro de parênteses curvos que são as que foram retiradas de livros ou revistas e outras que aparecem entre parênteses rectos que foram encontradas na Internet sendo a data referente ao dia da recolha de informação.

CAPÍTULO II - FUNDAMENTAÇÃO EDUCACIONAL

"Os cientistas experientes podem ler rapidamente a informação mais importante a partir de um gráfico interpretam curvas com um olhar e revelam as relações instantaneamente".

Wittgenstein (1975) e Raput (1987) citados por Roth e Tobin (1997)

MAS, para alguns professores e alunos...

2.1 Introdução

Neste capítulo encontra-se uma revisão de alguns trabalhos de investigação desenvolvidos acerca do uso da representação gráfica em ambientes educacionais.

2.2 Organização da revisão dos estudos

A representação de resultados sob a forma de gráficos e o conhecimento de como estas representações são entendidas por alunos e professores para "comunicar" os resultados das suas experiências têm sido alvo de várias pesquisas efectuadas em diferentes contextos.

Muitas investigações sobre o uso de representações no ensino das ciências foram já realizadas em diversos países, existindo também vários estudos publicados. Dada a elevada importância que se tem atribuído ao uso de representações no ensino e no dia a dia, os estudos efectuados envolveram alunos desde o 4º Ano de escolaridade, passando por todos os níveis de ensino e professores que leccionavam diferentes níveis de ensino e áreas distintas.

Alguns dos estudos publicados de investigações realizadas nesta área serão aqui organizados de acordo com os intervenientes no estudo (professores e/ou alunos). Por último são descritos trabalhos de investigação que referem a importância das representação e como são apresentados os gráficos em livros e revistas científicas.

2.2.1 Estudos com alunos

Curcio (1987) realizou um estudo com o objectivo de alargar a perspectiva da compreensão do discurso em geral para a compreensão de gráficos, em que examinou as capacidades de alunos em compreender relações matemáticas expressas em gráficos. Tendo em consideração que a realização de leituras e a concretização matemática são geralmente previsores de sucesso nas tarefas escolares, estes também foram examinados para determinar se o conhecimento prévio contribui significativamente para a capacidade de compreender gráficos ou se são mais importantes a leitura e os conhecimentos matemáticos.

As questões a investigar foram:

1 – Estarão o conhecimento prévio de tópicos, conteúdos matemáticos e formas gráficas relacionados com a compreensão das relações matemáticas expressas em gráficos?

2 - Será que os conhecimentos de leitura e matemática não influenciam a compreensão de relações matemáticas expressas em gráficos?

2 – Qual a combinação linear óptima entre sexo, conhecimentos de leitura e matemática, conhecimento prévio do tópico de matemática e da forma gráfica na compreensão das relações matemáticas expressas em gráficos ?

4 – Estará o sexo relacionado com a compreensão das relações matemáticas expressas em gráficos ?

O estudo envolveu 204 alunos do 4° Ano (101 rapazes e 103 raparigas) e 185 alunos do 7°Ano (102 rapazes e 83 raparigas) de quatro escolas primárias, EB2,3, e uma secundária localizadas numa comunidade de classe média estável em Nova Iorque. Foram escolhidos alunos que falassem inglês para que o factor linguagem não afectasse o estudo.

A compreensão de gráficos foi medida por um teste pesquisador-planificador " Graph Test" composto por 12 gráficos: 3 de barras, 3 de linhas, 3 de círculos e 3 pictogramas.

O conhecimento prévio foi medido por um "Prior Knowdlege Inventory" pesquisador-planificador e que consistia em 3 sub-testes (tópicos, conteúdos matemáticos e formas gráficas). O registo foi planificado de modo a condizer com o tópico, conteúdo matemático e forma gráfica de cada um dos doze gráficos.

A realização de matemática e leitura foi medida pelos níveis D e F (alunos do 4° e 7° Anos respectivamente) a partir dos testes "Reading and Mathematics da SRA Achievment Series" (Naslund, Thorpe, & Lefeve, 1978).

A influência do sexo foi medida por uma variável dicotómica (0 para os rapazes; 1 para as raparigas).

Os resultados obtidos mostraram que:

- os alunos do 7° Ano, por serem mais velhos e por, em geral, terem mais experiência a construir e a expandir o seu conhecimento de base, foram melhores que os alunos do 4°Ano nos testes de pesquisa e planeamento.

- para os alunos do 4° Ano a relação entre o conhecimento prévio e a compreensão de gráficos foi significativa;
- em relação aos alunos do 7 ° Ano as correlações foram significativas para tópicos e conteúdos mas não para a forma;
- para os dois níveis a realização de leitura e matemática foi responsável pela maior variação na compreensão de gráficos;
- para os alunos do 4° Ano, as relações entre o sexo e as outras variáveis foram baixas e não significativas. Para os alunos do 7° Ano as relações entre sexo e as variáveis de realização e compreensão apesar de terem significado, foram muito baixas.

O estudo revelou a importância do conhecimento prévio no que respeita à compreensão de gráficos que pareceu ser afectada pelo nível e pela idade dos alunos. Segundo os investigadores os alunos do 7° Ano têm, aparentemente, maior conhecimento prévio de tópicos sobre gráficos e das formas de gráficos do que os alunos do 4° Ano. É também possível pensar que as crianças mais novas têm uma maior necessidade de conhecer o "concreto", visível e os aspectos explícitos de um gráfico, os quais estavam presentes nos tópicos e forma. As crianças da escola primária deveriam ser envolvidas activamente na recolha de dados do "mundo real" para construir os seus próprios gráficos e ser encorajadas a verbalizar as relações e modelos observados (por exemplo: maior que, duas vezes maior que, aumentar continuamente). Deste modo, as aplicações da matemática ao mundo real poderiam realçar o desenvolvimento conceptual dos alunos na construção de esquemas matemáticos relevantes, que eles necessitam para compreender as relações matemáticas expressas em gráficos.

Num estudo realizado por Lenton, Stevens e Illes (2000) foram dadas uma grande variedade de tarefas a alunos de 10 anos para investigar a sua capacidade no tratamento e interpretação de dados apresentados em gráficos. Os resultados foram avaliados por questionários e mostraram que a construção de gráficos foi globalmente bem feita por este grupo etário, mas a sua interpretação foi frequentemente menos bem feita.

Berg e Phillips (1994) elaboraram um estudo com o objectivo de investigar a relação entre estruturas de pensamento lógico e a capacidade de construir e interpretar gráficos de linhas. A 72 alunos do 7° , 9° e 11° Anos foram dadas tarefas piagetianas individuais, para verificar a existência de cinco esquemas específicos:

(a) colocar e retirar objectos mantendo estruturas de referência horizontais e verticais

b) multiplicação um-um de relações de colocar e retirar (sistemas de coordenadas)

c) medições multiplicativas

d) seriação multiplicativa

e) razão proporcional

As capacidades gráficas foram detectadas pondo os alunos a desenhar um grande número de gráficos com vários conteúdos e de diferente grau de dificuldade. Para minimizar as hipóteses dos investigadores sobre a interpretação de cada questão, as respostas e razões de cada sujeito foram exploradas durante uma entrevista clínica. A localização de pontos no gráfico sem marcações esteve relacionada com a estrutura vertical/horizontal de referência no gráfico.

Os resultados indicaram a existência de relações significativas entre o pensamento lógico e a capacidade de interpretar e de construir gráficos. Os esquemas de seriação multiplicativa e de medições multiplicativas influenciaram positivamente as capacidades com gráficos. Os alunos que mostraram raciocínio proporcional foram significativamente melhores em muitas situações com gráficos incluindo na escolha da parte do gráfico com a maior variação de velocidade.

Os autores consideraram que os alunos que não se encontram no estádio formal de desenvolvimento estão mais sujeitos a ser influenciados por interpretações perceptuais e mostram ter mais dificuldade em construir e interpretar gráficos correctamente.

Roth e Bowsen (1994) observaram as representações feitas por alunos durante as suas próprias investigações e da forma como as comunicam aos seus pares. O estudo decorreu durante 10 semanas e envolveu três turmas do 8° Ano de ciências gerais. Os alunos foram submetidos a inquéritos abertos acerca das correlações entre variáveis

biológicas e físicas no ambiente. O objectivo de cada inquérito foi que os alunos apresentassem convincentemente os resultados do seu campo de estudo, utilizando representações apropriadas.

Foi usada uma perspectiva construtivista para delinear o estudo e reunir as fontes de recolha de dados. Estas fontes incluíram vídeos de alunos a trabalhar, cassetes gravadas com as interacções professor-aluno, entrevistas a professores, apontamentos de campo dos alunos, livros de notas, relatórios de campo com problemas, observações gerais dos professores e análises diárias. Usaram um ciclo hermenêutico com fases repetidas de interpretação, crítica e reanálise até que aparecessem as construções conjuntas, estando este projecto situado no campo da investigação-acção. O trabalho do professor (pesquisador) consistiu em compreender o trabalho dos alunos e em apoiar os seus esforços.

Os autores pretendiam com este estudo responder às questões:

1. Como é que os alunos constróem em colaboração (em grupo) conhecimentos de representações ?
2. Como fazem os alunos representações convencionais ?
3. Que representações preferem os alunos ?

Os resultados do estudo mostraram que:

- Quando as relações não eram perfeitas, isto é, se os pontos do gráfico não estavam perfeitamente sobre a curva, os alunos começavam à procura de variáveis adicionais que pudessem explicar esta variação ou rejeitavam a existência de uma covariação.
- Os alunos preferiam referir-se a opiniões do que a narrar apropriadamente e a fazer análises qualitativas dos fenómenos naturais.
- Era mais fácil para os alunos desenvolverem uma aproximação científica começando com experiências quantificáveis (medições).

Muitas questões, segundo os investigadores, ficaram ainda por responder, entre as quais encontram-se:

1. " Como é que a compreensão de representações por parte dos alunos muda com o tempo ?"
2. " Como é que a compreensão de representações por parte dos alunos muda à medida que estes interactuam com o professor ?"

3. "Quais as condições de cultura de uma turma que permitem a construção de novas representações ?"

Mokros e Tinker (1987) consideraram que os gráficos representam a chave de um sistema simbólico na comunicação científica e que os alunos mais novos têm uma baixa capacidade para compreender gráficos. Para ajudar os alunos a aprender e a comunicar com gráficos num contexto de investigações com aquisição e tratamento de dados em computador "microcomputer-based laboratory" (MBL) os investigadores elaboraram um estudo longitudinal.

Foi também realizado um estudo preliminar que teve por objectivo localizar os conceitos errados relacionados com gráficos. Embora se tivessem identificado erros em gráficos e confusões entre declive e altura, as facilidades do MBL removem estes problemas, conduzem a questões de apropriação e de denominação de conceitos errados. Durante os três meses do estudo longitudinal com o MBL, os alunos demonstraram uma evolução significativa em gráficos, embora os objectivos da aprendizagem fossem os conceitos científicos e não capacidades em gráficos.

Quatro características do MBL pareceram contribuir para este sucesso, facilitando a comunicação gráfica:

- Usar múltiplas modalidades;
- Comparar, em tempo real, os acontecimentos com a sua representação gráfica;
- Oferecer experiências científicas genuínas;
- Eliminar o excesso de trabalho na construção do gráfico.

Brasell (1987) desenvolveu um estudo com 93 alunos de Física, pertencentes a turmas de sete escolas, com uma média de 17,7 anos. Todos tinham frequentado aulas de cinemática e estavam familiarizados com os conceitos incluídos nas actividades do estudo. A investigação decorreu durante três dias: um para testes prévios; um para orientação e tratamento de dados e o último para testes finais e debate.

Os objectivos do estudo foram:

a) Observar o efeito da utilização do MBL, em relação a uma unidade de cinemática, na capacidade de traduzir a relação entre um acontecimento físico e a sua representação gráfica.
b) Estudar o efeito da representação de gráficos em tempo real em oposição aos gráficos mais morosos feitos a partir de tabelas.

Os alunos foram submetidos a dois programas de computadores diferentes, no entanto ambos utilizavam gráficos para o estudo da cinemática designados por "Delayed MBL" e "Real Time-MBL" ou "Standard-MBL".

No recolha de dados foram utilizados dois testes (pré-teste – pós-teste), constituídos por questões de escolha múltipla que obrigavam os alunos a traduzir a descrição verbal do fenómeno físico para a sua representação gráfica. Isto requeria tanto a compreensão do conteúdo como a capacidade de interpretar gráficos como um sistema de representações simbólicas. Foi considerado que os erros cometidos pelos alunos poderiam ser de dois tipos:

Erros gráficos que ocorriam quando os alunos não compreendiam completamente como se representa a direcção do movimento e seleccionavam a resposta alternativa de um acontecimento com velocidade positiva em vez de negativa ou vice-versa.

Erros conceptuais que ocorriam quando os alunos confundiam gráficos de distância com gráficos de velocidade e seleccionavam tanto um gráfico de distância horizontal ou um gráfico de velocidade com declive para um caso de velocidade constante.

Os resultados obtidos mostraram que:

- a maior parte dos melhoramentos obtidos pelos alunos no "Standard-MBL" traduziu-se na redução de erros gráficos.
- a proporção de erros gráficos em gráficos de distância foi significativamente mais baixa para os alunos submetidos ao "Standard-MBL" do que para os alunos submetidos ao outro tipo de programa.

- nos gráficos de velocidade, o melhoramento foi menos acentuado, tendo-se verificado que com "Standard-MBL" os alunos tiveram menos erros que os alunos dos dois grupos de controlo.
- a principal fonte de dificuldades verificou-se com o conceito de velocidade, e não se verificou um melhoramento neste conceito qualquer que fosse o tratamento usado. Os alunos persistiram em seleccionar o gráfico de velocidade com declive em vez dum gráfico horizontal para representar um movimento com velocidade constante.
- a construção de gráficos em tempo real com o MBL foi determinante no melhoramento da construção dos gráficos.
- os erros que envolviam convenções gráficas e medidas foram reduzidos pela utilização do tratamento "Standard-MBL."
- a oportunidade para praticar permitida pelo tratamento "Standard-MBL", melhorou a compreensão dos alunos acerca das convenções da representação gráfica e verificou-se que um pequeno atraso (20 a 30 s) na construção do gráfico no tratamento "Delayed-MBL" anulava o efeito.

Na opinião do autor a maior proporção de erros conceptuais com gráficos de velocidade, do que com os gráficos de distância indica que a velocidade é conceptualmente mais difícil do que a distância por ser mais abstracta e por derivar da razão da distância com o tempo.

Também foi colocada a questão "Porque será que um atraso de 20 a 30 segundos foi tão preponderante no impedimento do melhoramento das qualidades gráficas demonstradas pelos alunos que usaram o "Delayed-MBL ?"

O investigador considerou que o atraso não era suficientemente longo para causar uma diferença importante entre os tratamentos nas oportunidades para praticar, repetir ou interpretar, mas foi suficientemente longo para colocar uma exigência adicional aos alunos. Estes tinham que se lembrar o que acontecia durante a experiência e ligá-la com o atraso na representação gráfica. Foram encontradas três justificações possíveis que o autor não considerou distintas nem incompatíveis:

1. A tarefa excedia as capacidades de memorização dos alunos.
2. A tarefa requeria mais esforço do que os alunos estavam preparados para oferecer (motivação).

3. Os alunos não sabiam como conservar a informação sobre o acontecimento até o gráfico começar a aparecer.

Verificou-se que os alunos no tratamento "Delayed-MBL"não se esforçaram por lembrar o que tinham feito e consideraram o atraso como um tempo para não fazer nada a não ser esperar. De uma forma geral, parece faltar aos alunos técnicas apropriadas para se referirem a acontecimentos ou experiências prévias, falhando mesmo na concretização de ligações entre acontecimentos físicos e os dados obtidos. Quando ocupados a fazer previsões ou a reproduzir actividades, os alunos do "Standard-MBL" foram, do mesmo modo, incapazes de se referir ou de usar como padrão os gráficos que utilizaram durante as actividades. Isto, segundo o autor, pode indicar uma grande fraqueza nas suas capacidades básicas de estudo.

Os alunos pareciam estar menos motivados, menos comprometidos, com menos vontade de experimentar e mais preocupados com questões processuais do que com questões conceptuais. Pareceram sentir-se menos independentes e com menos controlo das actividades que o grupo que trabalhou no "Real Time-MBL". Gráficos em tempo real faz com que os estes pareçam mais compreensíveis, mais manipuláveis e mais concretos.

O autor afirma que esta pesquisa indica que as actividades com MBL são pedagogicamente promissoras na aprendizagem de conceitos científicos e interpretação gráfica. Num pequeno período de tempo verificaram-se ganhos significativos na capacidade de explicar os movimentos e de os relacionar com os gráficos devido aos progressos na compreensão de gráficos. Um maior período de tempo seria necessário para eliminar confusões relacionadas com o conceito de velocidade. Gráficos em tempo real parecem ser a chave importante tanto para dificuldades de cognição como de motivação. Permite aos alunos processarem informação sobre um fenómeno físico e obter simultaneamente o seu gráfico em vez de o obterem posteriormente.

Solomon *et al* (1991) também recorrendo ao uso do computador realizaram um estudo, utilizando um sensor de movimento (interface interactiva) para mostrar como os alunos poderiam aprender à custa da observação do movimento do seu próprio corpo.

A pesquisa foi efectuada com alunos de idades compreendidas entre os 11 e os 12 anos, os 13 e os 14 e dos 16 para cima.

Duas aplicações do uso de sensores foram mencionadas que são: em primeiro lugar o facto de se poder seleccionar uma série de gráficos que já estão definidos e colocá-los no ecrã; depois os alunos podem fazer o seu movimento de modo a "encaixar no gráfico seleccionado" e ainda no final do movimento o software desenha o gráfico velocidade em função do tempo.

Estes dois tipos de tarefas foram efectuadas na primeira aula e o desafio de conseguir um gráfico correspondente (através dos seus movimentos) deu origem a uma grande alegria por parte dos alunos. Os autores estão menos certos deste contentamento em relação ao gráfico velocidade-tempo. Também verificaram que nos gráficos velocidade-tempo em que apareciam "picos" traziam aos alunos uma dificuldade adicional de reconhecimento relativamente aos gráficos posição-tempo.

Solomon *et al* referem que Polanyi (1958) escreveu um livro sobre o "conhecimento implícito" que deriva do uso de ferramentas familiares (do dia a dia) que se aplica em alguns aspectos à aprendizagem com o sensor de movimento. Polanyi caracterizou três tipos de aprendizagem que são:

a) Onde o conhecimento permanece implícito.
b) Onde o conhecimento implícito coexiste com o conhecimento articulado e a ponte que é necessário construir para ligar os dois.
c) Onde o conhecimento articulado e implícito se reforçam mutuamente.

O problema consiste em saber de que maneira as aulas com o mundo no ecrã podem ser transferidas para os fenómenos reais. Nos testes elaborados no estudo, as questões foram o mais diferente possível do micromundo do computador. Em nenhuma das questões o sensor de movimento foi mencionado e os resultados mostraram que não houve um aumento mais convincente na aprendizagem do que se se tivessem usado apenas fichas de trabalho. Parece não ter sido constituído um mecanismo entre os dois mundos (entre o do computador e o real).

A Física desenhada em computador era aprendida pelos alunos sem muito significado e o conhecimento mais profundo só era conseguido à custa de analogias feitas com o mundo real. Solomon (1984) referiu que a melhor maneira ou caminho de encorajar os alunos na sua formação era dar exercícios que obrigassem os alunos a estabelecer a ligação entre os domínios; abstracto e da vida real.

Tanto a noção de Polanyi do uso da articulação do conhecimento para comentar o que é implícito, e a ideia da analogia por ponte entre o micromundo e o real sugere que alguns exercícios educacionais são necessários para ajudar as crianças relativamente à aprendizagem do conhecimento com o computador e articular os seus conhecimentos acerca do mundo exterior. É por isso que os professores de Física têm um papel essencial no desenvolvimento da aprendizagem e têm que arranjar um sistema que abranja fenómenos naturais para além do pequeno ecrã.

Os sensores servem para ajudar os alunos a aprender cinemática e, segundo os autores, o seu principal valor assenta na oportunidade que dá aos professores para utilizar métodos de aprendizagem que encorajam o desempenho dos alunos. A simplicidade deste método está no facto dos alunos conseguirem em tempo real observar a sua mudança de posição com o tempo.

Féteira e Teodoro [2000] realizaram um estudo denominado "ratos em movimento" que utilizava um programa de apresentação e aquisição de dados em tempo real, desenvolvido para apoiar o estudo de conceitos relacionados com movimentos. Segundo os autores, este programa permite ao aluno desempenhar um papel activo na sua aprendizagem, encorajando-o a movimentar o rato e a analisar o gráfico de grandezas físicas em função do tempo ou a traçar gráficos e a relacioná-los com as grandezas características do movimento (posição, velocidade e aceleração). O computador tem um elevado grau de potencialidades no traçado de gráficos e possibilita a observação em simultâneo e não sequencialmente do movimento do rato e do traçado de gráficos das grandezas cinemáticas referidas em função do tempo. O número de experiências que é possível realizar e o número de arranjos de informação que é possível visualizar ao mesmo tempo no ecrã, revela as possibilidades do programa para resolver dificuldades conceptuais básicas dos alunos nesta área do conhecimento e em promover objectivos de desenvolvimento global.

A utilização do programa "ratos em movimento" pode integrar-se nas finalidades e objectivos gerais indicados para a disciplina de Ciências Físico-Químicas, tanto do 3° ciclo do ensino básico como no ensino secundário.

A escolha do tema recaiu sobre a área de representação visual no sentido de representação gráfica, associada à cinemática, ao nível do 10° Ano de escolaridade. O

estudo decorreu, durante um ano lectivo, com particular incidência no período em que foi leccionada a unidade didáctica de cinemática a uma turma do 1º Ano do Curso Complementar Nocturno. No estudo participaram 11 alunos que frequentavam pela segunda vez a disciplina sendo a média das idades igual a 20,7 anos.

Na planificação da unidade procuraram-se conjugar aulas teóricas e de resolução de exercícios, com aulas de trabalho em grupo com o computador. Os grupos não foram constituídos à priori apenas foi informado o nº de alunos que poderiam trabalhar em cada computador (2 a 3).

Para a recolha de dados, além da observação directa, utilizaram-se dois instrumentos:

1. *Teste sobre movimentos*, T.M., do tipo escolha múltipla com o objectivo de determinar a performance do aluno e as deficiências específicas naquele domínio. O T.M. foi aplicado em três momentos distintos: antes da leccionação da unidade didáctica, imediatamente após e seis meses depois.
2. *Questionário de opinião*, com o objectivo de tratar com os alunos certos temas relevantes para a problemática em estudo.

Com este estudo os autores verificaram uma evolução positiva que se processou de um modo geral, na compreensão dos conceitos e na interpretação de gráficos que ao longo da leccionação da cinemática foi particularmente significativa, embora fosse observada mais em alguns alunos do que noutros. Foi considerada a hipótese dos alunos necessitarem de mais oportunidades para exprimirem ideias e obterem "feedback" por parte dos colegas e de mais tempo para reflectirem sobre o "feedback" que receberam, se reajustaram e tentaram novamente.

Se se tiver em consideração o elevado nível de abstracção de muitos conceitos utilizados (velocidade e aceleração) é legítimo pensar-se que a que a utilização do programa "ratos em movimento" tenha tido um papel decisivo no aumento de conhecimentos. Os autores referem que as convicções originais dos alunos, algumas correctas outras não e as observações "inexplicáveis" obrigaram-nos a reflectir, a discutir com os colegas e com o próprio professor colocando os conceitos em causa a um nível mais concreto. No fundo, a reflexão realizada individualmente e em conjunto acerca dos movimentos dos corpos estimulada pela utilização do programa permitiu que os alunos expressassem e verificassem as suas convicções, criando assim as condições favoráveis ao conflito cognitivo e à reestruturação que deve acompanhar

qualquer mudança conceptual. A compreensão dos conceitos físicos e não a sua aprendizagem mecânica passou a ser entendida como um dos direitos dos alunos, mesmo daqueles com menor sucesso na disciplina.

Jakson, Edwards e Berger (1993) realizaram um estudo com o objectivo de ensinar a desenhar e a interpretar gráficos com a ajuda do computador. Este estudo fez parte da demonstração de um projecto de desenvolvimento curricular realizado em conjunto por investigadores da Universidade de Michigan e professores de escolas públicas de Detroit. A investigação foi repetida seis vezes, utilizando a mesma unidade de gráficos, tendo a mais recente intervenção envolvido 14 professores e mais de 700 alunos de seis Escolas Secundárias. A turma piloto pertencia a uma escola de admissão seleccionada, enquanto que as outras (de onde foram reunidos os dados analisados no estudo) formavam uma amostra representativa da zona urbana. A maior parte dos alunos que participaram no estudo frequentavam o 9º ou 10º Anos e pouco mais de 15% afirmaram ter tido disciplinas de Álgebra ou Ciências Laboratoriais no passado ou presentemente. De acordo com o relatório dos professores, as turmas participantes incluíam uma grande proporção de alunos identificados como incapacitados de aprender e/ou emocionalmente instáveis.

As primeiras três sessões tiveram por objectivo familiarizar os alunos com a leitura e o uso de gráficos e com as capacidades do software. Os alunos fizeram exercícios do uso dos comandos do computador e de interpretação dos seus resultados.

Os três encontros seguintes foram dedicados à prática em análise de dados em gráficos no contexto de resolução de problemas. Para cada programa, foi dado aos alunos um conjunto de dados (na forma de ficheiro em folha de papel) e uma "pergunta de pesquisa" que poderia ser respondida criando ou modificando um gráfico apropriado no computador. O software de gráficos tinha a vantagem de gravar automaticamente e exaustivamente as acções dos alunos a "construir" os dados durante as sessões de resoluções de problemas.

Em cada sala de aula estavam disponíveis dois adultos (o professor e o investigador da universidade) para responder às questões e proporcionar uma orientação aos alunos (normalmente 20 a 25 alunos que usavam 12 a 15 computadores). O facto de existirem dois alunos por computador tornou-se uma

vantagem metodológica, visto que questões e comentários pertinentes foram frequentemente feitas entre colegas à medida que o projecto ia decorrendo. Deste modo, foi possível reunir uma quantidade limitada de dados enquanto havia uma atmosfera mais natural na sala de aula.

As observações do trabalho realizado pelos alunos incluíram entrevistas espontâneas e estruturadas que levaram a compreender as razões e motivações dos alunos que pediam ajuda ou que partilhavam as suas opiniões com colegas. Compilaram-se pequenas notas, durante os intervalos, e reflexões gravadas mais extensas no fim de cada dia na escola.

Como exemplo do trabalho desenvolvido pelos alunos os autores referiram que um dos primeiros problemas do conjunto de questões feitas sobre casos individuais baseados em variáveis contínuas foi: "Qual é o quarto maior planeta?" A resposta mais rápida, escolhida pela maioria dos estudantes (46% das respostas encaixavam-se neste modelo), foi o de criar um gráfico de barras desenhadas de acordo com o volume dos planetas, com muito pouca ou nenhuma modificação. Dos alunos que estavam "no caminho certo" 29% fizeram umas pequenas modificações e 17% fizeram modificações consideráveis, quando a questão colocada poderia ter sido respondida a partir de um gráfico existente.

Problemas centrados na correlação, regressão e interpolação provaram ser mais frutíferos de dois modos: primeiro, muitas das concepções alternativas e estratégias dos alunos foram identificadas; segundo, muitos revelaram a sua persistência em manipular algumas, pouco ideais, representações gráficas para chegar a conclusões bastante razoáveis.

Uma das capacidades cruciais para analisar dados científicos é fazer previsões sobre uma variável baseado na informação sobre a outra. Um problema deste tipo envolveu a previsão do tempo: "Quando a pressão atmosférica é alta, a quantidade de precipitação é maior ou menor? Que quantidade de precipitação poderemos esperar, quando a pressão atmosférica é 30?" A maior parte dos estudantes (82%) reconheceu que questões deste tipo com duas variáveis numéricas necessitavam de um gráfico de linhas, em vez de um com a forma em que eles se sentiam muito mais seguros, os gráficos de colunas.

Os resultados da experiência mostraram que:

- os alunos responderam ao desafio das sessões de problemas com uma grande variedade de aproximações e graus de sucesso.
- os alunos revelaram alto grau de motivação, persistência e invenção que demonstraram quando estavam perante este tipo de tarefa académica, suplantando em muito as expectativas dos professores em relação às suas capacidades de pensar criativamente, criticamente e independentemente.
- mesmo o mais simples dos problemas, conduzia a experiências produtivas, e mais do que um caminho podia ser bem sucedido no objectivo limitado de responder a uma ou várias questões colocadas.
- para a maior parte dos problemas um gráfico ideal pode ser razoavelmente específico, e um caminho particular para uma solução pode ser claramente mais eficiente do que outros.
- comentários de professores e alunos levaram a pensar que algumas soluções pouco eficientes que resultaram em gráficos menos elegantes poderiam ter proporcionado uma experiência de aprendizagem mais útil a longo prazo.

Santos e Ferreira [2001] investigaram as estratégias usadas por alunos, da 6ª série do ensino Brasileiro, para interpretar gráficos e diagramas ao explorar uma base de dados em computador.

O estudo envolveu 16 alunos (que trabalharam aos pares) e realizou-se numa escola pública em três fases: pré-teste, 4 encontros de exploração de gráficos em computador e pós-teste. Na intervenção os alunos construíram as bases de dados exploradas a partir de um questionário e trabalharam na construção e interpretação de gráficos.

Os resultados foram analisados de acordo com o tipo de questões, tipo de gráficos e variáveis utilizadas. Verificou-se que os alunos usaram a sua vivência (experiência pessoal) para interpretar o máximo do gráfico. As interacções provocaram uma mudança nas interpretações de variação, a questão relacionada com a maior variação foi a que se mostrou mais difícil para os alunos, tendo-se constatado que apenas um aluno respondeu correctamente a esta questão.

Adams e Shrum (1990) desenvolveram um estudo com o objectivo de investigar a capacidade de construção e interpretação de gráficos em duas situações pedagógicas diferentes: numa aula experimental que designaram por convencional e numa aula experimental com aquisição e tratamento de dados em computador designado por MBL. Nesta última o computador recolheu, guardou e apresentou os dados que foram, posteriormente, impressos sob a forma de gráficos. Na aula convencional os alunos utilizaram equipamento tradicional para fazer o mesmo que o computador.

No que respeita à construção e interpretação de gráficos os autores chegaram às seguintes conclusões:

a) O trabalho de laboratório permitiu que os alunos praticassem a construção de gráficos, dando-lhes assim mais destreza nessa actividade em comparação com os alunos que trabalharam com o computador.
b) O trabalho com o computador que recolheu e apresentou os dados experimentais em tempo real, resultou numa maior capacidade de interpretação de gráficos, por parte dos alunos que trabalharam nessas condições.
c) As capacidades de construção e interpretação de gráficos são influenciadas pelo nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Perante tais conclusões, os autores aconselham os professores que se queiram iniciar na utilização de sistemas de aquisição e de tratamento de dados a, numa primeira fase não permitirem que o computador construa os gráficos, obrigando os alunos a fazerem-no individualmente; só num segundo momento e tendo garantido que os alunos já adquiriram essa destreza, o professor deverá permitir que o aluno prossiga com os gráficos em computador.

A segunda conclusão acima citada vem apoiar uma das grandes vantagens atribuídas, geralmente, aos sistemas de aquisição e tratamento de dados que é o facto dos alunos guardarem em memória visual o traçado do gráfico, à medida que a experiência decorre, sabendo exactamente o que provocou a alteração no gráfico, uma vez que foram eles que introduziram na experiência as condições para que tal acontecesse. Deste modo, é lógico que estes alunos fiquem mais aptos a interpretar gráficos do que outros que os constróem à posteriori.

Nakhleh e Krajcik (1993) estudaram a compreensão inicial e final dos alunos em conceitos de ácido-base, mais especificamente durante o processo de realização de uma titulação de ácido-base.

Foram apresentados diferentes níveis de informação a partir de três tecnologias: indicadores químicos, medidores de pH e por computadores de laboratório. A experiência partiu do pressuposto que o nível de informação influencia as atitudes dos alunos durante os processos e o seu modo de expressar verbalmente os conhecimentos. Recolheram-se dados de 14 alunos de Química do ensino secundário, tendo cada aluno utilizado uma das tecnologias para a titulação, de uma base forte usando um ácido forte, um ácido fraco e um ácido poliprótico. Os alunos foram verbalizando os seus conhecimentos enquanto trabalhavam e depois construíram um gráfico de pH em função do volume de base adicionado e discutiram a titulação com o investigador.

Os comentários verbais foram codificados e posteriormente analisados relativamente aos modelos utilizados e à frequência de categorias de declarações. Os desenhos dos gráficos foram analisados em relação à forma, escala e direcção As discussões foram analisadas em relação à compreensão das reacções de neutralização.

Chegaram à conclusão que:

- o nível da tecnologia de informação influenciou o centro de interesse das observações dos estudantes;
- o grupo que estava com o computador dedicou mais atenção aos gráficos tendo os outros grupos mostrado múltiplos pontos de interesse;
- as funções que aparecem no ecrã do computador funcionaram como um auxiliar de memória para os alunos.

BouJaoude (1993) elaborou um estudo que incluiu 189 alunos, com uma média de 19,6 anos do 1° Ano do Curso de Química para cientistas e engenheiros.

Os objectivos do estudo foram:

1) Identificar os erros químicos conceptuais dos alunos e os erros matemáticos sistemáticos na resolução de problemas de equilíbrio químico.
2) Investigar a relação entre a habilidade de pensamento lógico dos alunos e a seu desempenho na resolução de problemas de cinética e de equilíbrio químico.

Na recolha de informações foram utilizados dois instrumentos :

a) *Questionário demográfico* - para saber informações acerca de sexo, idade, raça, habilitações, etc.

b) *Teste de raciocínio lógico* ("Test of Logical Thinking - TOLT") - para medir vários componentes do pensamento formal e o controlo de variáveis.

c) *Respostas individuais dadas pelos alunos* num problema de cinética química e a três problemas de equilíbrio químico.

O problema de cinética foi integrado na análise porque o equilíbrio químico foi explicado em termos cinéticos. As respostas individuais foram importantes como fontes de dados porque foi solicitado aos alunos que escrevessem os passos e o raciocínio matemático que usaram na resolução de problemas.

As respostas foram analisadas para identificar os tipos de erros conceptuais e computacionais cometidos pelos alunos.

No problema era apresentada uma equação química com a forma:

$$2\,A + 2\,B \rightarrow P$$

e foram fornecidos os valores das concentrações dos reagentes e da velocidade da reacção para 3 ensaios. Relativamente aos dados foi pedido aos alunos que respondessem a duas questões:

a) Qual a lei de velocidade para a reacção?

b) *Qual o valor da constante de velocidade*?

Os resultados mostraram que em relação à questão *a)*:

- os alunos não atenderam ao controlo de variáveis quando usaram os resultados experimentais
- 60% dos alunos usaram os coeficientes estequiométricos da equação para chegar à lei de velocidade : $v = k\,|A|^2\,|B|^2$
- 17% dos alunos tentaram usar, sem sucesso, os dados da experiência para chegar à lei de velocidade
- 6% dos alunos considerou 2A como sendo a concentração de A na lei de velocidade.

Nas respostas à questão *b)*:

- 30% dos alunos foram penalizados por falta de unidades
- 12% não elevaram as unidades ao quadrado
- ≅ 3% determinaram a constante de velocidade (k) para cada experiência e calcularam a média de resultados para obter o valor de k.

Concluiu-se que os alunos não entenderam a relação entre os resultados experimentais e a velocidade da reacção. Enquanto muitos alunos foram incapazes de controlar variáveis outros acharam que os dados experimentais fornecidos eram irrelevantes e usaram os coeficientes estequiométricos na escrita da lei da velocidade.

Existiu uma ênfase exagerada no uso de algoritmos já aprendidos (equações e outras técnicas memorizadas) para resolver os problemas muitas vezes sem entender os conceitos químicos envolvidos. Apesar de serem alunos de "Ciências Físicas" cometeram erros computacionais e matemáticos que deveriam ter sido ultrapassados a um nível muito inferior (no 3° ciclo ou no ensino secundário).

Os alunos pareciam não estar a usar as capacidades de pensamento formal para resolver os problemas e consequentemente nenhuma relação pode ser encontrada entre os resultados do TOLT e os resultados na resolução dos problemas. Contudo, obtiveram-se diferenças estatisticamente significativas entre os alunos que cometeram erros envolvendo o controlo de variáveis e os que responderam à questão correctamente, tendo os alunos que cometeram erros no controlo de variáveis obtido resultados inferiores.

Kozma e Russell (1997) realizaram um estudo para examinar semelhanças e diferenças entre químicos profissionais e estudantes de Química em duas tarefas cognitivas de multimédia.

O objectivo deste programa de pesquisa foi descrever o papel que várias representações têm no trabalho e no pensamento dos químicos e o de mostrar as suas implicações na educação em Química. Mais especificamente, estavam interessados em saber como os ambientes (situações) que empregam representações múltiplas interligadas podem ser melhor usados para apoiar e assessorar a aprendizagem em

ciência de um aluno (Kozma, Russell, Jones, Marx & Davis, 1996 ; Russell & Kozma, 1994).

O estudo incluiu duas experiências. Na primeira foram seleccionados conteúdos com alguma variedade de representações e pediu-se aos intervenientes no estudo para que os agrupassem de modo a que fizesse sentido para eles. Como resultado verificou-se que tanto os peritos como os aprendizes criaram grupos com significado químico. No entanto, os aprendizes formaram grupos mais pequenos e muitas vezes usaram representações idênticas. Os peritos usaram representações múltiplas para formar grupos maiores. As razões que os peritos deram para constituir grupos maiores foram consideradas de natureza conceptual, enquanto que as dos aprendizes julgaram-se baseadas em aspectos superficiais.

Na segunda experiência, foi pedido aos participantes para transformarem uma variedade de representações em representações alternativas específicas (por exemplo, dar uma equação e pedir para desenhar um gráfico). Como resultado verificou-se que os peritos foram melhores que os aprendizes, em conseguir representações equivalentes, em particular descrições verbais para qualquer representação dada.

Bowen, Roth e McGinn (1999) realizaram um estudo com o objectivo de investigar o desenvolvimento do uso de gráficos desde a escola primária até às actividades científicas profissionais. O estudo foi concebido para investigar diferenças e semelhanças em interpretações relacionadas com gráficos entre cientistas e estudantes universitários, tendo envolvido 4 cientistas e 45 alunos do segundo ano da disciplina de Ecologia. No que respeita à utilização e compreensão de gráficos as actividades dos cientistas foram caracterizadas por um grande número de experiências, fontes de interpretação específica e prática.

Muitos estudantes aprenderam a encontrar respostas correctas para questões específicas com gráficos mas não conseguiram fazer distinções linguísticas e não aumentaram os seus conhecimentos sobre populações específicas (conceito científico envolvido).

Tendo como única preocupação fazer as cadeiras do curso, os estudantes não parecem desenvolver qualquer tipo de capacidade para interpretar gráficos, aprendendo sim a aplicar a interpretação do professor. Segundo os autores, isto é problemático

porque, há bastantes interpretações diferentes de um gráfico. Também os alunos precisariam de mais tempo para desenvolver as suas próprias interpretações num espaço de aprendizagem social que permitisse interpretações de múltiplas representações. Estas composições deveriam levar os alunos a construir os seus próprios argumentos retóricos a partir de dados em bruto de preferência recolhidos por eles próprios e que as interacções com seus pares e os seus professores forneçam um "feedback" para sustentar as conclusões a que chegam.

Esta perspectiva de aprendizagem através da utilização de gráficos reflecte que o seu uso generalizado em ciência vai habituar os estudantes a usar os gráficos tal como são usados na prática e não como entidades matemáticas completamente separadas das populações e fenómenos reais. Este estudo respondeu a um número de questões relativas à interpretação de gráficos que envolvia cientistas e estudantes universitários e os resultados do estudo sugerem que:

- é necessário desenhar ambientes de aprendizagem explícitos para uma participação autêntica na prática ou no uso de gráficos;
- é necessário prestar uma atenção particular para habituar os alunos a moverem-se à vontade neste domínio.

Algumas das questões que precisarão de ser respondidas num tal ambiente de aprendizagem são:

- Quais os mecanismos através dos quais as competências se desenvolvem?
- Como é que a inculturação influencia o desenvolvimento de competências relativamente a gráficos?
- Como é que o aumento da familiarização com as novas tecnologias facilitam o aumento desta competência?

2.2.2 Estudos com professores

O objectivo de um estudo efectuado por Roth, Tobin e Shaw (1997) foi fazer um esboço do esquema (framework) teórico baseado nas noções de inscrições[1] (inscriptions), cascata de inscrições[2] (cascades of inscriptions) e traduções[3] (translations). Segundo os autores, este esquema teórico permite-lhes compreender algumas das dificuldades das aulas de Física que se tornaram notórias durante um estudo aprofundado de uma iniciativa de mudança sistemática (Barrow,1993 ; Brush 1993 ; Roth and Tobin 1996 ; Tobin and Roth 1995 ; Tobin *et al.* 1995).

Os conceitos deste estudo, assentam numa área que é difícil compreender: a relação entre um fenómeno observado e a estrutura matemática que o descreve.

Por exemplo, uma bola a rolar pode ser "capturada" gravando a sua posição em determinados instantes. Estes valores podem depois ser traduzidos em grandezas físicas como "velocidade" e "aceleração", como equações, gráficos e tabelas de valores. O ponto importante aqui é que não existe necessariamente relação entre a bola que rola e a sua representação como dados numa tabela de duas entradas ou como um ponto num gráfico de coordenadas cartesianas.

Pela observação de vídeos de aulas de Física, os autores conjecturaram que a dificuldade dos alunos na compreensão dessas aulas advém do facto deles experimentarem essas descontinuidades que não eram notadas na prática pelo professor-cientista. Isto é, enquanto um professor usa diferentes representações de um fenómeno indiscriminadamente, os seus alunos têm dificuldades consideráveis em ver como, por exemplo, um gráfico é relativo à bola a rolar que eles tinham observado ou a qualquer outra representação que o professor use nas suas aulas. Por outro lado, as dificuldades dos alunos podem surgir quando existem lacunas entre o que observam na aula e a sua experiência pessoal.

---

[1] **Inscrições** (inscriptions) - os autores definem o conceito como sendo diferentes apresentações de dados: números, tabelas, diagramas e gráficos que podem ser feitas (inscritas) em papel ou em meios electrónicos.

[2] **Cascatas de Inscrições** (cascades of inscriptions) - na comunicação científica, concretamente nas aulas de Física, muitas vezes produzem-se tipos de representações diferentes (cascatas de inscrições) que tornam essas comunicações difíceis de compreender por quem não esteja habituado.

[3] **Traduções** (translations) - nas aulas também existem diferentes traduções dos mesmos fenómenos ao optar por inscrições diversas (ontologicamente distintas).

Neste estudo, investigadores observaram uma aula de Física, sobre cinemática, em que o professor começou por colocar uma bola a descer um plano inclinado, e mediu as posições e os tempos correspondentes ao longo do movimento. Os valores das medições foram depois transpostos para tabelas e gráficos (x,t), (v,t) e (a,t). O professor fez ainda uma analogia entre os resultados físicos obtidos e o salário à hora, quantidade de dinheiro ganho e aumento de salário para os alunos que "não gostavam de cálculos".

Os observadores afirmaram que a eficácia das tabelas e gráficos deriva da habilidade de explorar simultaneamente as duas dimensões de um quadro. A tabela está mais próxima das medições originais, por ser discreta, representa literalmente os valores medidos, nela ordenados devido a um ou mais factores. O passo seguinte dado pelo professor consistiu em representar simultaneamente duas medições num ponto. Uma sequência de pares de valores foi depois reduzida a uma "tendência" traduzida por uma curva. De certo modo, esta expansão para a continuidade está de acordo com a experiência de observação de fenómenos do dia a dia (a nossa experiência de um mundo contínuo é tão universal que cientistas do séc. XIX encontraram imensa dificuldade em pensar na energia e na luz como fenómenos discretos).

Houve traduções dentro da mesma categoria de inscrições. Por exemplo: as tabelas de velocidade e aceleração foram construídas a partir de tabelas de posição e tempo. Mais tarde, na aula, traduções inversas conduziram a gráficos velocidade–tempo e posição-tempo a partir do gráfico aceleração-tempo ($a= 0$) indicado por uma linha horizontal apropriada.

A equivalência entre tabelas e gráficos era para ser construída de um modo idêntico. O exercício gráfico foi estruturado no início e no fim, realçando que não foi adicionada nenhuma informação, somente se mostrou a mesma informação de um modo diferente. Durante a apresentação o professor andou para a frente e para trás apontando para as peças correspondentes de informação. Os gestos e movimentos do professor foram extremamente importantes na sua apresentação da aula porque constituíram a ponte capaz de apaziguar a lacuna ontológica entre o que os alunos observaram e as múltiplas representações efectuadas bem como entre as diversas inscrições.

Segundo os autores a equivalência de duas inscrições tal como uma tabela de dados e o gráfico correspondente tem a sua origem na prática social de os tratar de um

modo equivalente. Há lacunas ontológicas que são ligadas por práticas partilhadas pela comunidade científica. A equivalência entre uma série de dados velocidade–tempo e um ponto num gráfico é uma questão de negociação, de identidade e de verdade. Tais equivalências entre inscrições informativamente equivalentes permanecem implícitas nestas aulas e não foram imediatamente reconhecidas: elas emergiram como os resultados tangíveis de intenso trabalho analítico.

A aula foi dada de modo a que os alunos descobrissem as relações entre tempo, posição, velocidade e aceleração tendo-se centrado em traduções entre diferentes inscrições e apresentações verbais de estrutura matemática. Contudo, nenhuma informação nova foi adicionada acerca das relações entre o fenómeno observado e as diferentes inscrições.

O trabalho da recolha de dados que estrutura o problema do movimento como um todo, em que a posição da bola tem de ser medida em intervalos de tempo iguais foi equivalente à tradução de um mundo empírico para um traço num papel muitas vezes conseguido com instrumentos científicos. É aqui, segundo os autores, que se pode encontrar a misteriosa ligação que estabelece o isomorfismo entre os mundos empírico e matemático.

Surgiram inconsistências consideráveis quando o professor tentou traduzir a forma matemática do movimento com a analogia do dinheiro. Na linguagem matemática dos físicos, uma maneira de fazer a apresentação começa como um conjunto de equações nas quais aparece a descrição de "velocidade e aceleração como as primeiras e as segundas derivadas da função posição-tempo". Na tradução espontânea do discurso matemático para o idioma diário, na analogia do dinheiro, surgiram problemas quando:

1) O que era para ser uma variação (ou derivada) se tornou uma subtracção;

2) O que era para ser uma derivada de uma derivada transformou-se numa simples derivada;

3) O que era para ser o total lucrado tornou-se numa derivada.

O aspecto problemático da aula assenta no facto de que as relações entre posição, velocidade e aceleração não são contempladas na analogia do dinheiro onde as distinções entre salário à hora, quantidade de dinheiro ganho e aumento de salário não foram claramente distinguidas.

Da análise desta aula os autores do estudo sugeriram que:

- mesmo físicos experientes podem cometer tais erros quando falam acerca destes assuntos espontaneamente e em tempo real e quando não têm hipótese de reflectir sobre as suas acções.
- o dilema fundamental do professor colocou-se quando ele sentiu necessidade de traduzir um tópico matemático da Física (cinemática) de uma maneira em que só podia usar conceitos básicos de aritmética.
- em geral, a aula tornou-se um exercício de aritmética e traçado de gráficos em que as relações entre e dentro dos diversos tipos de inscrições foram traduzidas incorrectamente

Concluíram que:

1. Para os físicos estudar o movimento de uma bola num plano inclinado com gráficos parabólicos posição-tempo, velocidade-tempo lineares e aceleração-tempo horizontais é evidente. É também evidente que a partir do momento que têm um destes gráficos, os outros não trazem informação nova.
2. Professores de Física experientes sabem que os estudantes têm dificuldades em compreender o isomorfismo pressuposto entre o fenómeno natural como o movimento da bola e as inscrições usadas para o representar.
3. As dificuldades que os alunos têm em compreender tais aulas são devidas às múltiplas traduções por causa de lacunas ontológicas, sendo estas deficiências nas traduções devidas mais à prática da comunidade científica do que a factos evidentes.
4. Mesmo um professor experiente e bem intencionado faz traduções impróprias do domínio da matemática para a analogia espontânea.

Os autores afirmaram que este tipo de análise já foi aplicado com sucesso num grande número de estudos sobre o uso de representação na ciência escolar particularmente descobrindo as dificuldades experimentadas pelos estudantes durante a apropriação do discurso científico e outras práticas de representação (Roth, 1996 ; Roth *et al.* 1997). Julgam ainda que o mesmo instrumento conceptual pode providenciar novos horizontes para a compreensão de outros fenómenos incluindo a dificuldade de aprendizagem dos alunos em analogias baseadas em imagens, interpretação de gráficos e representação de investigações laboratoriais.

Um estudo realizado por Gerber e Boulton-Lewis (1998) centrou-se na variação da compreensão dos professores do Ensino Secundário acerca de representações gráficas. O estudo foi efectuado com 26 professores australianos que trabalhavam em escolas localizadas em ambientes urbanos e leccionavam em diferentes áreas. É de salientar que todos os professores que participaram no estudo tinham mais de cinco anos de experiência e recorriam ao uso de gráficos nas suas aulas. Os resultados das experiências dos professores com gráficos foram obtidos através de entrevistas fenomenológicas[4] usando os princípios expressos por Kvale (1983). As entrevistas foram conduzidas em situação escolar por um investigador experiente em juntar resultados fenomenográficos[5]. Cada entrevista procurou obter a totalidade das experiências dos professores com uma série de sete gráficos que representavam uma região imaginária.

Os resultados deste estudo foram agrupados em sete categorias que representaram as concepções dos professores acerca das representações gráficas. Estas categorias descrevem a experiência dos professores para interpretar representações gráficas.

As primeiras três categorias incluíram as respostas dos professores que não estavam seguros das suas representações gráficas e que se sentiam mais confortáveis a apresentar ou transmitir informação verbalmente. Eles experimentaram a sua própria dificuldade na interpretação de gráficos específicos e por isso, é muito provável que venham a usar gráficos moderadamente nas suas aulas.

Os professores que deram respostas incluídas entre a quarta e a sétima categorias demonstraram a sua compreensão de modos variados e detalhados na maneira como se interrogavam sobre representações gráficas. Por se terem sentido à vontade com os gráficos é possível que se venham a aventurar a usar gráficos nas suas aulas.

Os professores pertencentes a categorias superiores à segunda serão capazes de apoiar os alunos na exploração de diferentes caminhos de compreensão acerca de gráficos.

À medida que se sobe na hierarquia para as categorias 5, 6 e 7 é possível que os professores se concentrem mais na razão complexa que está associada com os

---

[4] **Fenomenologia**: é o ramo da Filosofia que estuda os fenómenos, destinado a determinar as suas estruturas a sua génese e a sua essência.

[5] **Fenomenografia**: é ramo do conhecimento que estuda a representação gráfica dos fenómenos.

problemas mais profundos de compreensão. Os que ficaram nestas categorias (5, 6 e 7) reflectem o ponto de vista que o desenvolvimento da especialização como objectivo de ensino pode ser o objectivo máximo da aprendizagem que só é conseguido por uma minoria. Se os professores não estiverem todos nestas categorias mais elevadas é provável que os seus alunos não sejam encorajados a ultrapassar a compreensão dos professores acerca de gráficos.

Um estudo realizado por Santos e Magina [2000] teve por objectivos principais:

- investigar o desempenho das professoras das séries iniciais do ensino fundamental no Brasil, ao interpretar gráficos a partir de um diagrama de dispersão
- validar uma sequência de ensino visando a manipulação e interpretação de dados.

O artigo refere-se à análise do desempenho de 28 professoras (que trabalharam aos pares) ao interpretar um gráfico durante um curso realizado em 5 sessões com a duração de três horas cada.

Na primeira sessão as professoras foram submetidas a um pré-teste para obter informações sobre os conhecimentos acerca de algumas representações gráficas e para analisar se respondiam às questões propostas a partir de informações contidas nas representações, isto é, se dariam respostas baseadas na análise de gráficos, e ainda se a interpretação era a correcta.

Depois do pré-teste foi proposta uma actividade fora do computador para facilitar a discussão do que é uma base de dados, a sua utilização e também o tipo de estudo que se pode efectuar a partir dela e um debate para saber quais as expectativas das professoras em relação ao curso. Os dois encontros seguintes foram dedicados ao trabalho de familiarização com o software e análise dos dados a partir de gráficos de frequência, de colunas ou histogramas. No quarto encontro foram analisados os diagramas de Venn e no último foi aplicado o teste final matematicamente equivalente ao inicial. Os dois testes envolveram quatro tipos de representações gráficas, a saber: colunas, linhas, diagramas de dispersão e diagramas de Venn. As respostas obtidas nos testes foram agrupadas em categorias tendo sido, em primeiro lugar, efectuado um

levantamento de todos os tipos de respostas que foram depois agrupadas e classificadas.

Como conclusões os autores referiram que:

- as professoras evoluíram nas estratégias adoptadas passando a observar o gráfico como um todo e não como pontos isolados;
- se verificou um aumento do nº de professoras deixou mais explícito o processo de interpretação, facilitando a identificação das estratégias adoptadas para interpretar o gráfico.
- a sequência didáctica utilizando uma base de dados em computador contribuiu para a mudança das estratégias usadas pelas professoras no sentido de uma análise matemática mais rigorosa dos dados.
- trabalhar com gráficos contendo dados familiares ao sujeito implica *três tipos de comportamentos*, que são decorrentes da falta de conhecimentos matemáticos/estatísticos suficientes para justificar tais interpretações:

  1º) corresponde a uma interpretação pessoal, por parte do sujeito sobre o tema abordado no gráfico de modo a que essa interpretação possa coincidir com a interpretação real do gráfico em questão.

  2º) corresponde ao facto do conhecimento dos dados auxiliar na interpretação dos mesmos, uma vez que se conhecem os dados que estão a ser trabalhados.

  3º) a familiaridade com os dados (conhecimento da situação em estudo) pode levar o sujeito a ignorar os dados apresentados justificando apenas do seu ponto de vista, com respeito às suas experiências.

2.2.3 Representações gráficas em livros de texto e em revistas científicas

Roth, Bowen e McGinn (1999) planearam um estudo de modo a dar respostas a questões sobre:

- os pré-requisitos necessários para ler gráficos em livros de texto do ensino secundário e em jornais científicos.
- o papel dos livros de texto no ensino secundário como iniciação a práticas relativas à interpretação de gráficos.

Para análise, os autores, seleccionaram cinco dos jornais mais importantes acerca de ecologia e seis livros de texto de Biologia do ensino secundário. Embora não existissem diferenças no número total de inscrições[6] usadas nos jornais e nos livros de texto, havia diferenças significativas na frequência com que os gráficos cartesianos eram usados. Para permitir uma análise mais detalhada foi feita uma compilação de gráficos. A análise pormenorizada que foi baseada nesta compilação mostrou diferenças qualitativas entre o uso de gráficos, os títulos associados e os textos principais tal como eles apareciam em ambos os lados. Verificou-se que os jornais científicos forneciam mais recursos para facilitar a leitura dos gráficos, tinham descrições mais elaboradas e melhores interpretações de gráficos que os livros de texto.

Reynold e Baker (1987) realizaram um estudo acerca da utilidade de representações gráficas em textos. Segundo o autor, a importância de um gráfico como contribuição para a compreensão de um texto é limitada. Vernom (1946, 1950, 1951) referiu que os gráficos pouco ajudavam na compreensão de material escrito e podiam mesmo reduzir a sua compreensão. Também sugeriu que a tentativa de integrar material gráfico em textos interferia na capacidade de compreender ou lembrar esse texto. Em presença destes resultados pesquisas mais recentes deixaram de investigar gráficos virando-se mais para as representações seguintes: "picture-word", "block-word" e "flow-diagram".

Descobriu-se que diagramas de "picture -word" e de "block-word", são mais eficazes que apenas textos na compreensão de conceitos de Bilogia (Winn, 1980). Os

[6] **Inscrições** - Vide nota nº1 da página 51

diagramas de "picture-word" são mais eficazes que os "block-word" no aumento das capacidades de compreensão de conceitos científicos para estudantes com baixas capacidades, mas ambos são igualmente eficazes para alunos com alto nível de compreensão verbal (Holliday, Brunner e Donais, 1977).

De uma forma geral verificou-se que, representações com figuras em oposição a representações gráficas ou diagramas, permitem vários tipos de aprendizagem da ciência (Arnold & Dwer, 1975; Holiday, 1975; Rigney & Lutz, 1976: Weisberg, 1980). Holliday (1976) mostrou que os" flow-diagrams" produziam uma melhor aprendizagem dos conceitos de Biologia que os textos sozinhos e que os textos mais o esquema "flow-diagram". Contudo, de uma maneira geral os gráficos e os vários tipos de figuras ou diagramas quando usados em conjunto com textos, como é normalmente o caso, não têm efeitos positivos consistentes na aprendizagem na sua globalidade.

Em jeito de conclusão...

Dada a grande importância da representação na comunicação entre cientistas, professores e alunos, denota-se em todos os trabalhos analisados uma preocupação em perceber quais as "interferências" que perturbam essa comunicação, sobretudo quando ela se efectua através de gráficos.

Há uma grande vontade em conhecer quais as noções que professores e alunos têm acerca de gráficos, e da forma como ambos utilizam estes conhecimentos na sala de aula.

Relativamente ao uso de sistemas de aquisição e tratamento de dados em computador (MBL) a generalidade dos estudos desenvolvidos revelou que estes tratamentos proporcionam um aumento na compreensão de gráficos por parte dos alunos e nalguns casos, verifica-se também um acréscimo de motivação. No que respeita ao programa "Delayed MBL" verificou-se que um atraso de 20 a 30 segundos no aparecimento do gráfico foi suficiente para anular as melhorias verificadas no tratamento com gráficos em tempo real, Brasell (1987). É importante referir que o uso

de computadores não elimina as dificuldades dos alunos a nível conceptual e que muitas vezes os alunos não conseguem fazer a ponte entre o micromundo do computador (ecrã) e os fenómenos reais. Neste contexto os professores terão um trabalho adicional e se possível utilizar as estratégias sugeridas por alguns investigadores. Solomon *et al.* (1991) sugeriu que os professores deveriam elaborar problemas o mais possível parecidos com o "mundo" dos alunos para fazer a ponte entre os fenómenos e as suas representações. Numa situação real de ensino-aprendizagem, também se revelou importante, um estudo efectuado por Roth, Tobin e Shaw (1997) que ao observar uma aula de Física sobre cinemática conseguiram compreender as dificuldades experimentadas pelos alunos quando são sujeitos a múltiplas representações que lhes são fornecidas como sendo idênticas mas que na realidade estão cheias "armadilhas" difíceis de entender.

CAPÍTULO III - FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICA

3.1 Introdução

Neste capítulo encontram-se descritos os conceitos científicos relacionados com o tema de Química considerado nesta investigação - a velocidade das reacções e os factores que as influenciam. Optou-se por não se colocarem quaisquer referências bibliográficas ao longo do mesmo, no entanto, alguns dos livros (e autores) utilizados são : *Physical Chemistry* (Atkins, P.W.) ; *Química* (Chang, R.) ; *Fundamentos de Cinética Química* (Formosinho, S.) e *Química : Princípios e Aplicações* (Reger, D., Goode, S., e Mercer, E.).

O tópico de Química "velocidade das reacções" foi seleccionado para este estudo realizado no âmbito da Química Educacional porque se coaduna bem com os objectivos da investigação, especialmente devido ao seu possível tratamento gráfico e ser um tema leccionado aos alunos do 10° Ano na disciplina de Ciências Físico-Químicas.

3.2 Importância do estudo da velocidade das reacções

Em termos gerais a velocidade das reacções químicas e todos os factores que a influenciam são o objecto de estudo da Cinética Química.

As velocidades das reacções e os factores que as influenciam são componentes fundamentais para o conhecimento das reacções químicas.

O estudo das velocidades das reacções é de grande interesse no campo da tecnologia química, especialmente na síntese de produtos químicos, e fornece perspectivas fundamentais sobre a reactividade em processos biológicos e geológicos.

Nos processos industriais, por vezes, é desejável que as reacções químicas se processem rapidamente, noutras situações convém que se processem lentamente. Na generalidade da indústria química de síntese é necessário que as reacções ocorram o mais rapidamente possível para se minimizarem os custos de produção. Na indústria alimentar, pelo contrário, convém que por exemplo, as reacções de degradação dos alimentos sejam o mais retardadas possível.

3.3 Velocidade média e velocidade instantânea

À medida que uma reacção ocorre as substâncias iniciais (reagentes) vão-se transformando noutras substâncias (produtos de reacção). Para reacções de estequiometria simples do tipo **A** → **B**, pode-se escrever a expressão da velocidade média da reacção, como a variação da concentração do reagente num determinado intervalo de tempo:

$$\text{Velocidade} = -\frac{\Delta|A|}{\Delta t} \qquad (3.1.)$$

Em que:

$\Delta|A|$ é a variação da concentração do reagente A

$\Delta t \rightarrow$ intervalo de tempo considerado.

Uma vez que o reagente se transforma em produto também se pode escrever a velocidade em função da concentração do produto de reacção formado. Assim:

$$\text{velocidade} = \frac{\Delta|B|}{\Delta t} \qquad (3.2.)$$

Para uma reacção genérica:

$$a\,\mathbf{A} + b\,\mathbf{B} \rightarrow c\,\mathbf{C} + d\,\mathbf{D},$$

a velocidade média da reacção em relação a cada um dos componentes do sistema reaccional é dada por:

$$v_m = -\frac{1}{a}\left(\frac{\Delta|A|}{\Delta t}\right) = -\frac{1}{b}\left(\frac{\Delta|B|}{\Delta t}\right) = \frac{1}{c}\left(\frac{\Delta|C|}{\Delta t}\right) = \frac{1}{d}\left(\frac{\Delta|D|}{\Delta t}\right) \qquad (3.3.)$$

em que *a, b, c* e *d* são os coeficientes estequiométricos dos reagentes e dos produtos de reacção.

Como no decorrer das reacções a concentração de reagentes diminui e a dos produtos de reacção aumenta, a variação da concentração de reagentes é negativa e a variação da concentração de produtos de reacção é positiva.

Como na maior parte dos casos a velocidade dos sistemas reaccionais varia com o tempo, surge a necessidade de conhecer a velocidade da reacção num dado instante que se designa por *velocidade instantânea.*

Uma forma de determinar a velocidade instantânea é a partir de um gráfico de concentração em função do tempo.

Considere-se a reacção **A** → **B** e a representação gráfica seguinte:

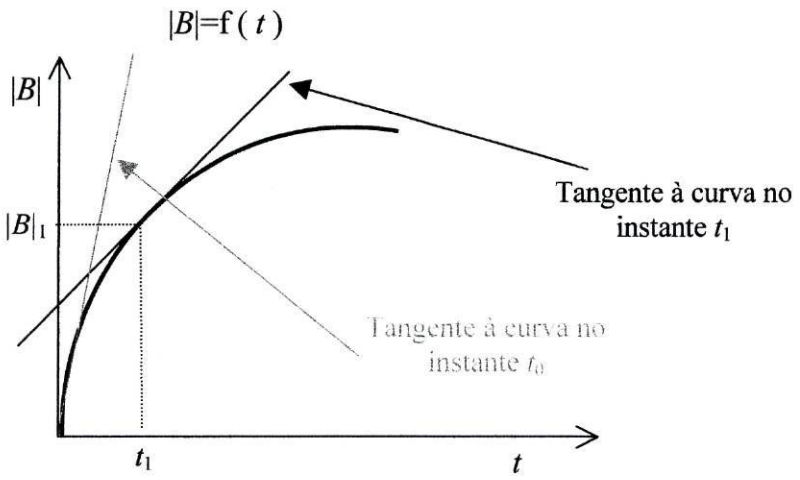


Figura 1 - Representação gráfica de $|B| = f(t)$

A velocidade instantânea da reacção no instante de t_1 relativamente ao constituinte B é dada pelo declive da recta tangente à curva da concentração em função do tempo no ponto de abcissa t_1.

De modo semelhante, pode-se calcular a *velocidade inicial* (representada por v_0) de uma reacção química que é a velocidade no instante imediatamente após a junção dos reagentes. Pode ser obtida pelo declive da tangente á curva no ponto de abcissa zero (t_0), como se encontra representado na figura 1.

3.4 Equações cinéticas ou leis experimentais da velocidade

Pode-se estudar a influência da concentração de um reagente na velocidade da reacção determinando o modo como a velocidade inicial depende das concentrações iniciais dos reagentes.

A equação cinética (lei experimental de velocidade) relaciona a velocidade da reacção com a constante de velocidade (k) e com as concentrações dos reagentes. Esta relação é determinada experimentalmente, dependendo o método usado para determinar as concentrações das espécies envolvidas da rapidez com que elas variam e da possibilidade de seguir experimentalmente essa variação.

Considere-se a equação:

A + B → Produtos

A equação cinética neste caso assume a forma:

$$v = k|A|^x |B|^y, \qquad (3.4.)$$

em que x e y são chamados ordem de reacção relativamente ao reagente A e ordem de reacção em relação ao reagente B.

A reacção possui uma ordem global igual ao valor de $x + y$ que é normalmente um número inteiro e pequeno podendo, por vezes, ser zero, negativo ou fraccionário.

Quando se conhecem os valores de k, x e y pode-se utilizar a equação cinética para calcular a velocidade da reacção para as concentrações de A e de B.

A primeira etapa na determinação experimental da equação cinética de uma reacção é a medição da velocidade em relação a cada um dos reagentes presentes. Para reacções em solução pode, às vezes, determinar-se a variação temporal da concentração de uma espécie química através de medições espectrofotométricas

Quando na reacção estiverem presentes iões podem fazer-se medidas de condutividade eléctrica da solução para detectar mudanças de concentração.

O modo mais conveniente para seguir a evolução de reacções que envolvam gases é fazer medidas de pressão do sistema reaccional.

Se a reacção envolver apenas um reagente, a equação cinética pode ser determinada através das medições da velocidade inicial da reacção em função da concentração do reagente. No caso da reacção envolver mais do que um reagente, a determinação da equação cinética é feita através do cálculo da dependência da velocidade de reacção relativamente à concentração de cada um dos reagentes. Para isso, podem manter-se constantes as concentrações de todos os reagentes à excepção de um e mede-se a velocidade da reacção em função da concentração desse reagente. A este processo de determinar a equação cinética chama-se *método do isolamento*

No *método das velocidades iniciais*, que é muito usado em conjugação com o método do isolamento, a velocidade é medida no início da reacção para uma série de concentrações iniciais de reagentes.

Supondo que a lei de velocidades com A isolado é:

$$v = k\,|A|^a \qquad (3.5.)$$

Em seguida a velocidade inicial v_0 é dada pelos valores iniciais da concentração de A

$$v_0 = k\,|A|_0^{a} \qquad (3.6.)$$

Aplicando logaritmos

$$\log v_0 = \log k + a \log |A|_0 \qquad (3.7.)$$

Da representação gráfica dos logaritmos das velocidades iniciais em função dos logaritmos das concentrações iniciais de A, obter-se-á uma linha recta com declive igual a a (ordem da reacção em reacção ao reagente A).

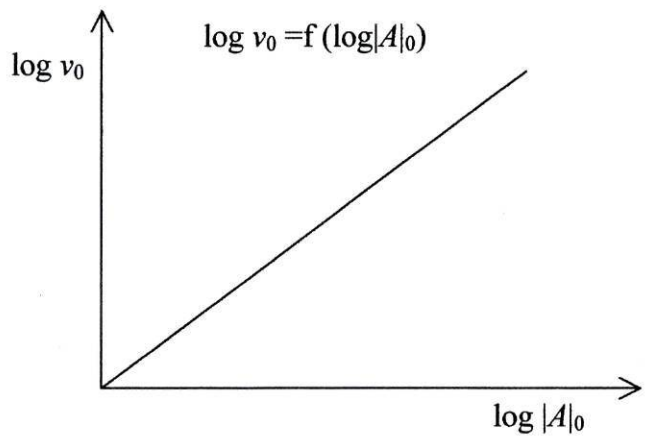


Figura 2 - Representação gráfica de $\log v_0 = f(\log |A|_0)$

No caso de reacções complexas em que os produtos de reacção afectam a velocidade o método das velocidades iniciais pode não revelar a totalidade da lei de velocidade.

A partir das equações cinéticas pode-se calcular a velocidade de uma reacção desde que se conheça a constante de velocidade e as concentrações de reagentes. Além disso, podem ser transformadas em expressões que permitem calcular a concentração de reagentes, em qualquer instante, durante a reacção. Uma vez que as leis de velocidade são equações diferenciais podem ser integradas para se encontrar as concentrações em função do tempo.

3.4.1 Reacções de ordem zero

As reacções de ordem zero são raras excepto para reacções que envolvam enzimas. Do ponto de vista matemático as equações de velocidade para reacções de ordem zero são simples de tratar, sendo a equação cinética:

$$v = k\,|A|^0 = k \qquad (3.8.)$$

Da expressão infere-se que a velocidade de uma reacção de ordem zero é uma constante independente das concentrações de reagentes.

Um exemplo de uma reacção de ordem zero é a oxidação do álcool etílico no corpo humano. Após a ingestão de várias bebidas alcoólicas a concentração de álcool no sangue decresce à velocidade constante até ser completamente eliminado do organismo.

Vários estudos realizados mostraram que a maioria das pessoas demora 5 horas a metabolizar 28 g de álcool puro.

Uma característica deste tipo de reacções é a queda abrupta da velocidade quando o reagente se esgota.

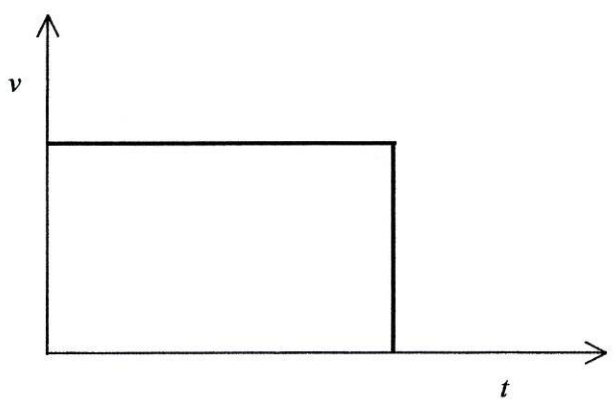


Figura 3 - Metabolismo do álcool no organismo humano

As reacções de ordem zero podem ser identificadas a partir do gráfico da concentração em função do tempo uma vez que quando se obtiver uma recta de declive negativo trata-se de uma reacção de ordem zero.

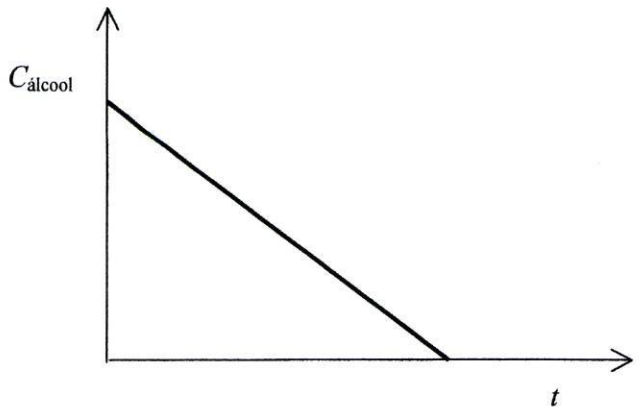


Figura 4 - Representação gráfica da concentração de álcool em função do tempo

3.4.2 Reacções de 1ª Ordem

Uma reacção de primeira ordem é uma reacção cuja velocidade depende da concentração de reagente elevada à potência unitária

Considerando a equação traduzida por:

A → Produto

a lei de velocidade para a reacção em relação ao consumo de A será

$$-\frac{d|A|}{dt} = k|A|, \text{ rearranjando-se vem} \tag{3.9}$$

$$\frac{d|A|}{|A|} = -kdt \tag{3.10}$$

Integrando a equação anterior para o intervalo de tempo desde t=0 até t e as concentrações de A variarem entre $|A|_0$ e $|A|$ no instante t, pode-se escrever:

$$\int_{|A|_0}^{|A|} \frac{d|A|}{|A|} = \int_0^t kdt \tag{3.11}$$

que depois da integração se obtém

$$\ln\frac{|A|}{|A|_0} = -kt \tag{3.12}$$

$$|A| = |A|_0 \, e^{-kt} \tag{3.13}$$

Estas duas últimas equações (3.12 e 3.13) são as formas integradas da equação das velocidades. A equação (3.12) pode ser escrita como:

$$\ln|A| = -kt + \ln|A|_0 \qquad (3.14.)$$

Mostrando que se representar $\ln|A|$ em função do tempo, quando a reacção é de 1° ordem obtém-se uma recta e k pode ser obtido a partir do declive (declive = $-k$) sendo o valor de $\ln|A|_0$ obtido igual à ordenada na origem.

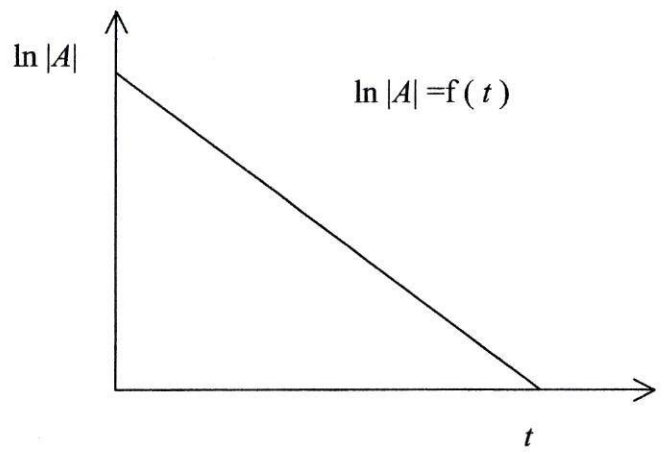


Figura 5 - Representação gráfica de ln $|A|$ =f (t) para uma reacção de com cinética de 1ª ordem.

Este método apresentado é usado para determinar algumas constantes de velocidade para reacções de 1ª ordem.

O conhecimento do valor da constante de velocidade é um dos modos de avaliar a rapidez de uma reacção, correspondendo a um valor de k elevado uma reacção rápida.

Uma outra informação útil acerca da velocidade das reacções químicas é o tempo de semi-vida da substância, $t_{1\backslash 2}$, que é o tempo necessário para que a concentração de um reagente se reduza a metade do seu valor inicial. O tempo que $|A|$ decresce a partir de $|A|_0$ para $\frac{1}{2}|A|_0$ numa reacção de 1ª ordem é dado pela equação:

$$kt_{\frac{1}{2}} = -\ln\frac{\frac{1}{2}|A|_0}{|A|_0} \Leftrightarrow kt_{\frac{1}{2}} = -\ln\frac{1}{2} \Leftrightarrow kt_{\frac{1}{2}} = \ln 2 \Leftrightarrow \qquad (3.15)$$

$$\Leftrightarrow t_{\frac{1}{2}} = \ln\frac{2}{k} = \frac{0{,}693}{k}$$

A informação mais importante a reter a partir desta expressão é que para uma reacção de 1ª ordem o tempo de semi-vida do reagente é independente da sua concentração inicial, dependendo apenas da constante de velocidade.

Reacções	Temperatura /°C	k /s^{-1}	$t_{1/2}$
$2\ NO_5 \rightarrow 4\ NO_2 + O_2$	25	$3{,}85 \times 10^{-5}$	2,85 h
$2\ N_2O_5 \rightarrow 4\ NO_2 + O_2$	25	$4{,}27 \times 10^{-5}$	2,25 h
$C_2H_6 \rightarrow 2\ CH_3$	700	$5{,}46 \times 10^{-4}$	21,2 min

Tabela 1 - Constantes de velocidade e tempos de semi-vida para algumas reacções com cinética de 1ª ordem

3.4.3 Reacções de 2ª ordem

Considere-se a equação química do tipo **A + B → Produtos**

Se a lei de velocidade é $-\frac{d|A|}{dt} = k|A|^2$ (3.16)

a integração necessária será

$$-\int_{|A|_0}^{|A|} \frac{d|A|}{|A|^2} = \int_0^t kdt, \tag{3.17}$$

que se transforma em

$$\frac{1}{|A|} - \frac{1}{|A|_0} = kt \tag{3.18}$$

que rearranjando obtém-se:

$$|A| = \frac{|A|_0}{1 + kt|A|_0} \tag{3.19}$$

A partir da equação anterior permite determinar, em qualquer instante, a concentração de A.

A equação 3.18 é a equação de velocidade de 2ª ordem integrada e serve para testar se se trata de uma reacção de 2ª ordem porque se pode representar graficamente $\frac{1}{|A|}$ em função do tempo e se se obtiver uma recta significa que a reacção é de 2ª

ordem sendo o declive da recta igual à constante de velocidade, sendo algumas constantes de velocidade determinadas através da representação gráfica.

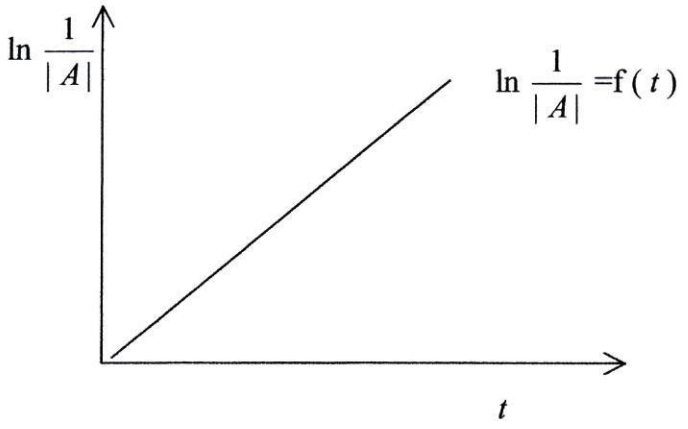


Figura 6 - Representação gráfica de $\ln \frac{1}{|A|} = f(t)$ para uma reacção com cinética de 2ª ordem

Sendo a reacção de segunda ordem, na totalidade, mas de 1° ordem em relação a cada um dos reagentes A e B, a lei das velocidades é.

$$\frac{d|A|}{dt} = -k|A||B| \qquad (3.20)$$

Esta lei não pode ser integrada enquanto não se souber como é que a concentração de B se relaciona com a concentração de A, dependendo isto da estequiometria da reacção.

Por simplicidade considere-se novamente :

A + B → Produtos

Se as concentrações iniciais dos reagentes forem $|A|_0$ e $|B|_0$, a concentração de A que diminui é dada por $|A|_0$-x e a concentração de B dada por $|B|_0$-x e sendo assim a equação (3.20) poderá tomar a forma :

$$-\frac{d|A|}{dt} = -k(|A|_0 - x)(|B|_0 - x) \qquad (3.21)$$

considerando que

$$\frac{d|A|}{dt} = -\frac{dx}{dt} \qquad (3.22)$$

a lei da velocidade é

$$\frac{dx}{dt} = k(|A|_0 - x)(|B|_0 - x) \text{ desde } x=0 \text{ quando } t=0 \tag{3.24}$$

$$kt = \int_0^t \frac{dx}{(|A|_0 - x)(|B|_0 - x)} \Leftrightarrow \tag{3.25}$$

$$kt = \frac{1}{|A|_0 - |B|_0} \int_0^x \frac{1}{|A|_0 - x} - \frac{1}{|B|_0 - x} dx \tag{3.26}$$

$$= -\frac{1}{|A|_0 - |B|_0} \left\{ \frac{\ln |A|_0}{|A|_0 - x} - \frac{\ln |B|_0}{|B|_0 - x} \right\} \tag{3.27}$$

Pode-se simplificar esta expressão se se combinarem os dois logaritmos e considerar que $|A| = |A|_0 - x$ (3.28)

e que $|B| = |B|_0 - x$ (3.29)

$$kt = \frac{1}{|A|_0 - |B|_0} \ln \frac{|A||B|_0}{|A|_0|B|} \tag{3.30}$$

Para uma reacção de 2ª ordem pode-se usar a equação:

$$\frac{1}{|A|} - \frac{1}{|A|_0} = kt \tag{3.31}$$

para encontrar o tempo de semi-vida por substituição $t=t_{1/2}$ e $|A| = \frac{1}{2}|A|_0$.

Esta substituição leva a: $t_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{k|A|_0}$ (3.32)

Neste caso, o tempo de semi-vida depende da concentração inicial de reagente e quanto maior for a concentração inicial menor o intervalo de tempo para chegar a metade do seu valor. Além disso, quando a concentração de A diminui o tempo de semi-vida aumenta.

Reacções	Temperatura /°C	k /mol^{-1}dm^{3}s^{-1}
2 NOBr → 2 NO + Br_2	10	0,80
2 I → I_2	23	7 x 10^9

Tabela 2 - Constantes de velocidade para algumas reacções com cinética de 2ª ordem

Um caminho para se determinar a constante de velocidade para reacções com cinética de 2ª ordem é medir $t_{1/2}$ para uma série de concentrações iniciais e representar os valores dos tempos de semi-vida em função de $\frac{1}{|A|_0}$, o valor do declive é igual a $\frac{1}{k}$

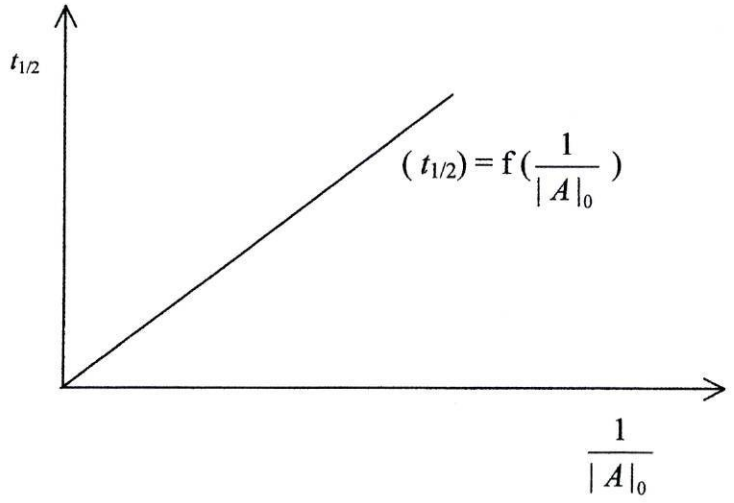


Figura 7 - Representação gráfica de $t_{1/2} = f(\frac{1}{|A|_0})$ para uma reacção com cinética de 2ª ordem.

Podem-se realizar cálculos similares para encontrar as leis de velocidade para reacções com outras ordens.

Para uma reacção geral de ordem n com lei de velocidade

$$\frac{d|A|}{dt} = -k|A|^n, \tag{3.33}$$

os mesmos procedimentos conduzem aos resultados:

$$\frac{1}{|A|^{n-1}} - \frac{1}{|A|_0^{n-1}} = (n-1)kt \quad \text{(eq. integrada da velocidade)} \tag{3.34}$$

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{2^{n-1}-1}{(n-1)k|A|_0^{n-1}} \quad \text{(tempo de semi-vida)} \tag{3.35}$$

Na tabela 3 encontra-se um resumo de algumas equações cinéticas :

Ordem de reacção	Reacção	Equação cinética	Equação integrada da velocidade	Tempo de semi-vida
0	A→P	v=k	K t=x para o≤ x ≤ $\|A\|_0$	$\frac{\|A\|_0}{2k}$
1	A→P	v= k $\|A\|$	$kt = \frac{\ln \|A\|_0}{\|A\|}$	$\frac{\ln 2}{k}$
2	A→P	v= k $\|A\|^2$	$kt = \frac{1}{\|A\|} - \frac{1}{\|A\|_0}$	$\frac{1}{k\|A\|_0}$
	A+B→P	v= k $\|A\|\|B\|$	$kt = \frac{1}{\|A\|_0 - \|B\|_0} \ln \frac{\|A\|\|B\|_0}{\|A\|_0\|B\|}$	
	A+2 B→P	v= k $\|A\|\|B\|$	$kt = \frac{1}{\|B\|_0 - 2\|A\|_0} \ln \frac{\|A\|_0(\|B\|_0 - 2}{(\|A\|_0 - x)\|B}$	
	A→P (com autocatálise)	v= k $\|A\|\|P\|$	$kt = \frac{1}{\|A\|_0 + \|P\|_0} \ln \frac{\|A\|_0(\|P\|_0 + x}{(\|A\|_0 - x)\|P\|_t}$	
n≥2	A→P	v= k $\|A\|^n$	$\frac{1}{\|A\|^{n-1}} - \frac{1}{\|A\|_0^{n-1}} = (n-1)k$	$t_{\frac{1}{2}} = \frac{2^{n-1}-1}{(n-1)k\|A\|_0}$

Tabela 3 - Resumo de algumas equações cinéticas

3.4.4 Reacções de equilíbrio

Quando uma reacção de equilíbrio se inicia a partir dos reagentes a concentração de reagente diminui e a concentração de produtos aumenta, decorrido um intervalo de tempo, as concentrações deixam de variar e considera-se que nesse instante o sistema atingiu o equilíbrio, sendo a velocidade de formação dos produtos a partir dos reagentes igual à velocidade de formação dos reagentes a partir dos produtos.

Considere-se a reacção de equilíbrio **A** $\rightleftharpoons$ **B** e o gráfico seguinte em que são representadas as concentrações de A e de B em função do tempo:

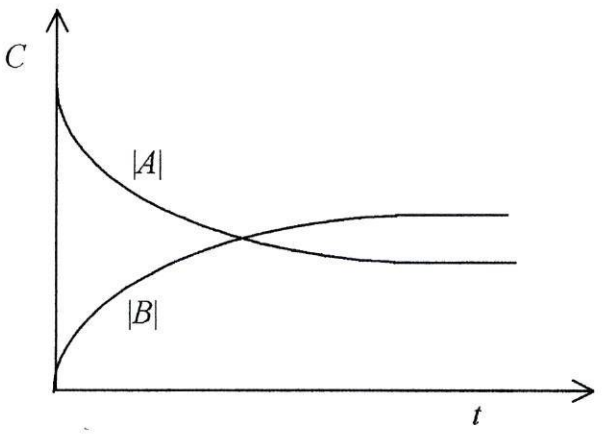


Figura 8 - Representação das concentrações de A e de B em função do tempo para uma reacção de equilíbrio

Pode-se explorar a variação da composição do sistema reaccional com o tempo para reacções de equilíbrio como a representada anteriormente. Neste caso, consideram-se as reacções directa e inversa e que cada uma é de 1ª ordem

A→B, com lei de velocidade :$v = k\,|A|$ (3.36)

B→A, com lei de velocidade : $v = k'|B|$ (3.37)

A velocidade da reacção relativamente à variação da concentração de A tem duas contribuições uma vez que ele se decompõe pela reacção directa e se forma a partir da reacção inversa.

A velocidade de troca será assim:

$$\frac{d\,|A|}{dt} = -k\,|A| + k'|B| \tag{3.38}$$

Se a concentração de A inicial for $|A|_0$ e se B não se encontrar presente inicialmente, considera-se que $|A|+|B| = |A|_0$. Assim (3.39)

$$\frac{d\,|A|}{dt} = -k\,|A| + k'(|A|_0 - |A|) = -(k+k')\,|A| + k'|A|_0 \tag{3.40}$$

a solução desta equação diferencial de 1ª ordem é:

$$|A| = \left\{\frac{k' + ke^{-(k+k')t}}{k+k'}\right\}|A|_0 \tag{3.41}$$

A dependência com o tempo referida na da equação prevê que quando $t \rightarrow \infty$, as concentrações se aproximem dos seus valores de equilíbrio

$$|A| = \frac{k'|A|_0}{k+k'} \tag{3.42}$$

$$|B| = |A|_0 - |A| = \frac{k|A|_0}{k+k'} \tag{3.43}$$

Isto leva a que a constante de equilíbrio para a reacção seja dada por:

$$K = \frac{|B|}{|A|} = \frac{k}{k'} \tag{3.44}$$

A equação anterior é importante porque relaciona a quantidade termodinâmica, a constante de equilíbrio, com as quantidades cinéticas relacionadas, as velocidades específicas directa e inversa. O mesmo tipo de cálculos pode ser efectuado para outros tipos de reacções de equilíbrio.

Considerando que a reacção **A + B → C + D** é de 2ª ordem em ambas as direcções e que as velocidades de variação de concentração de A resultam das reacções directa e inversa e são dadas por:

$$\text{Reacção directa} : \frac{d|A|}{dt} = -k|A||B| \tag{3.45}$$

$$\text{Reacção inversa} : \frac{d|A|}{dt} = k'|C||D| \tag{3.46}$$

$$\text{Reacção global} : \frac{d|A|}{dt} = k'|C||D| - k|A||B| \tag{3.47}$$

No equilíbrio a velocidade total de troca é zero, por isso:

$$k'|C||D| - k|A||B| = 0 \text{ e então} \tag{3.48}$$

$$K = \frac{|C||D|}{|A||B|} = \frac{k}{k'} \tag{3.49}$$

como se obteve anteriormente

3.5 Temperatura e velocidade de reacção

Dados experimentais mostram que as velocidades da maioria das reacções aumentam com o aumento de temperatura.

A interpretação da variação da velocidade com a temperatura é feita com base na teoria das colisões.

A teoria cinética dos gases postula que as moléculas de um gás colidem frequentemente umas com as outras e que as reacções químicas ocorrem como resultado de colisões entre as moléculas de reagentes.

Aplicando a teoria das colisões à cinética química, será de esperar que a velocidade da reacção seja directamente proporcional ao nº de colisões por segundo, ou seja à frequência das colisões moleculares (Z).

$$\text{Velocidade} \propto Z \propto \frac{n^{o}\ de\ colisões}{s} \qquad (3.50)$$

Estudou-se a reacção entre o ozono e o monóxido de azoto e verificou-se que se trata de uma reacção de 2ª ordem:

$$\mathbf{NO\ (g)\ +\ O_3\ (g)\ \rightarrow\ NO_2\ (g)\ +\ O_2\ (g)}$$

Pelo que foi referido anteriormente, se a concentração de O_3 duplicar, o nº de colisões entre os reagentes também duplicaria, porque de um modo geral a frequência de colisão (Z) é proporcional ao produto das suas concentrações.

$$Z \propto |O_3|\ |NO| \qquad (3.51)$$

e escrevendo-se de outro modo,

$$Z = Z'|O_3|\ |NO| \qquad (3.52)$$

em que : Z – frequência de colisão

Z' – constante de proporcionalidade

A teoria cinética dos gases prevê que à medida que a temperatura aumenta, as moléculas se movam mais rapidamente e por isso se verifica um aumento da frequência de colisão (Z).

Apesar de Z aumentar com a temperatura este efeito não é suficiente para explicar os enormes aumentos que se verificam na velocidade da reacção com o aumento de T.

Cálculos feitos com base na teoria cinética dos gases, mostram que quando a temperatura aumenta de 200 para 350 K a frequência de colisão aumenta cerca de 30% e verifica-se um aumento na velocidade da reacção de mais de 1000 %. Sendo as frequências de colisão calculadas através da teoria cinética dos gases 10^3 a 10^9 vezes as velocidades de reacção verificadas experimentalmente. Torna-se então claro que nem todas as colisões dão origem a reacção química.

A teoria das colisões assume que há reacção química sempre que se dá uma colisão entre uma molécula A e uma molécula B. Mas como se verifica na prática, nem todas as colisões levam à formação de produtos. Outros cálculos realizados, também de acordo com a teoria cinética dos gases mostraram que a pressões de 1 atmosfera e temperaturas de 298 K ocorrem cerca de $1x10^{27}$ colisões binárias por segundo, no volume de 1 ml em fase gasosa. Se cada colisão binária conduzisse à formação de produtos, a maior parte das reacções ficaria completa quase instantaneamente. No entanto, verifica-se na prática que as velocidades das reacções diferem de várias ordens de grandeza. Isto significa que, em muitos casos, a existência de colisões não é por si só garantia para que uma reacção se realize.

Quando as moléculas colidem, parte da sua energia cinética é convertida em energia vibracional. Se as energias cinéticas iniciais forem elevadas, então a vibração das moléculas envolvidas na colisão será suficientemente forte para quebrar algumas ligações químicas e esta quebra de ligações químicas é o primeiro passo no sentido da formação dos produtos. Se a energia cinética inicial for pequena a energia vibracional será insuficiente para quebrar as ligações químicas e as moléculas afastar-se-ão intactas uma da outra.

A teoria das colisões postula que para que possam reagir, as moléculas que colidem têm que possuir uma energia cinética total maior ou igual que a energia de activação (E_a). A *energia de activação* é a energia de colisão mínima necessária para que se inicie uma dada reacção. Se as moléculas não possuírem esta energia permanecem intactas e não haverá nenhuma alteração como resultado da colisão.

À espécie formada transitoriamente pelas moléculas reagentes, como resultado da colisão, antes da formação do(s) produto(s) chama-se *complexo activado*.

Reacções com energia de activação elevadas são mais lentas do que reacções com energias de activação mais baixas quando se consideram todos os outros factores

constantes. A variação da velocidade da reacção com a temperatura é fortemente influenciada pela energia de activação.

A fracção de colisões com energia maior do que E_a pode ser deduzida a partir da teoria cinética dos gases e é dada por.

$$f = e^{-Ea/RT} \quad \text{em } 0<f<1 \tag{3.53}$$

Da expressão resulta que à medida que a temperatura aumenta o nº de colisões com energias superiores à energia de activação aumentam exponencialmente.

Pode-se agora prever uma constante de velocidade para a reacção de 2ª ordem, entre o ozono e o monóxido de azoto, segundo a qual as moléculas de reagentes colidem para dar origem a dióxido de azoto e oxigénio.

$$v= Ze^{-Ea/RT} \tag{3.54}$$

em que: v – velocidade de reacção

Z – frequência de colisão

$e^{-Ea/RT}$- fracção de colisões com energia superior à energia de activação

Como a frequência de colisão depende das concentrações das espécies que colidem, segundo a expressão:

$$Z=Z' \, |NO||O_3| \tag{3.55}$$

A velocidade da reacção é também escrita pela lei de velocidade experimental

$$v= k \, |NO| \, |O_3| \tag{3.56}$$

podendo assim comparar-se as observações experimentais com a velocidade prevista através da teoria das colisões

$$v= k \, NO| \, |O_3| = Z' \, |NO||O_3| \, e^{-Ea/RT} \tag{3.57}$$

resolvendo-se em ordem à constante de velocidade fica:

$$k=Z' \, e^{-Ea/RT} \tag{3.58}$$

Apesar da equação anterior conduzir a uma variação correcta da constante da velocidade com a temperatura verificou-se que esta continua a prever velocidades muito superiores às que se observam no laboratório conduzindo por isso à necessidade de recorrer a um factor adicional.

Através do que se acabou de referir, parece lógico concluir que nem todas as colisões com valores de energia superiores à energia de activação, dão origem à reacção química. Tem ainda que se ter em consideração a geometria das moléculas,

uma vez que esta pode não permitir uma orientação correcta dos reagentes para que estes ao colidirem, mesmo com energia suficiente, formem os produtos. Condições como estas estão representadas na equação de velocidade prevista por um factor adicional, p (o factor estéreo), sendo :

$$v=p\ Z'\ |A||B|\ e^{-Ea/RT} \qquad (3.59)$$

Podendo o factor de colisão e a frequência de colisão ser aglutinados num único factor designado por termo pré-exponencial que se representa pela letra A.

Equação de Arrhenius

Arrhenius mostrou que a dependência da constante de velocidade de uma reacção em relação à temperatura e à energia de activação se podia exprimir através da equação conhecida como *equação de Arrhenius*:

$$k = A\ e^{-Ea/RT} \qquad (3.60)$$

em que :

E_a – energia de activação (kJ/mol)

R – constante dos gases perfeitos (8,314 J/Kmol)

T – temperatura absoluta

A – factor de frequência, (ou factor pré-exponencial)

Da equação pode-se concluir que a constante de velocidade é directamente proporcional a A, portanto, directamente proporcional à frequência das colisões. O sinal negativo associado ao expoente $\frac{E_a}{RT}$, implica uma diminuição da constante de velocidade com o aumento da energia de activação e o aumento da constante de velocidade com o aumento da temperatura.

A equação pode ser escrita de outra forma se se aplicarem logaritmos naturais a cada um dos membros:

$$\ln k = \ln A\ e^{-Ea/RT} \qquad (3.61)$$

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \tag{3.62}$$

a equação assume a forma de relação linear:

$$\ln k = -\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T}\right) + \ln A \tag{3.63}$$

Assim sendo, a representação gráfica de ln k em função de $\frac{1}{T}$ permite obter uma recta cujo declive m é igual a $-\frac{E_a}{R}$, cuja ordenada na origem é ln A.

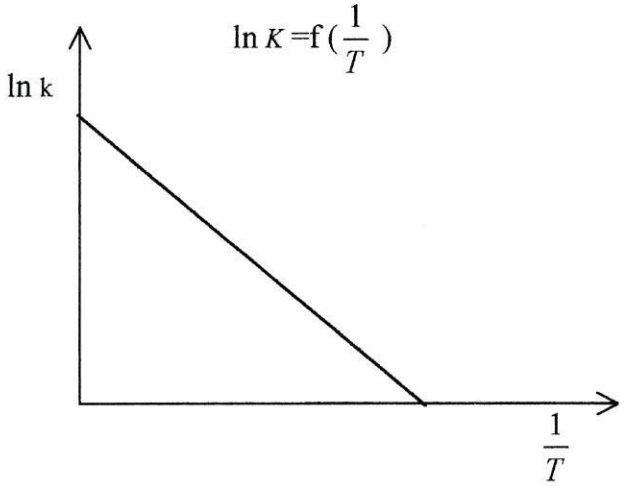


Figura 9 - Representação gráfica de ln k =f($\frac{1}{T}$)

Uma vez que são necessários dois valores experimentais para calcular o declive pode deduzir-se uma expressão que relacione a energia de activação com as constantes de velocidade determinadas a duas temperaturas.

$$\ln \frac{k_1}{k_2} = -\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) \tag{3.64}$$

3.6 Mecanismos das reacções

Uma equação química global com estequiometria correcta não dá informação acerca do modo como se processa uma reacção química. Em muitos casos, essa

equação não é mais do que a soma de um conjunto de reacções simples usualmente chamadas etapas elementares ou reacções elementares que representam o processo da reacção global ao nível molecular. Chama-se mecanismo de reacção à sequência de passos a nível molecular que vai dos reagentes aos produtos. Designam-se por intermediários os compostos que são produzidos num passo e consumidos noutro e que não aparecem na equação que traduz o processo global. Os químicos empenham-se em determinar os mecanismos das reacções, tentando descobrir a ordem segundo a qual se quebram e se formam as ligações, para depois poderem intervir de modo a tornar as reacções mais eficientes, correndo os menores riscos e produzindo materiais de melhor qualidade e ao mais baixo custo possível.

Reacções elementares

Designa-se por molecularidade de uma reacção elementar o nº de moléculas, átomos ou iões que colidem na etapa determinante da velocidade reacção e é sempre um número positivo, inteiro e pequeno.

Uma reacção unimolecular é uma etapa em que existe apenas uma molécula reagente. Um exemplo disso é a isomerização do ciclopropano para propeno, em que a molécula separa os seus átomos e rearranja-se novamente.

Nas reacções bimoleculares um par de moléculas colide e troca energia, átomos, ou grupos de átomos ou está sujeita a outro tipo de trocas. Reacções trimoleculares, que resultam da colisão em simultâneo de três moléculas, são um acontecimento muito menos provável do que os dois anteriores.

Muitas reacções ocorrem numa sequência de passos chamados reacções elementares e cada uma delas envolve, na maior parte dos casos, só uma ou duas moléculas.

Os estudos experimentais para determinar os mecanismos das reacções iniciam-se pela recolha de dados, mais concretamente pela medição de velocidades de reacção. Seguidamente procede-se à análise dos dados com o intuito de determinar a constante de velocidade e a ordem de reacção em relação aos reagentes, para finalmente se poder escrever a lei de velocidade (ou equação cinética).

Depois tenta encontrar-se um mecanismo possível para a reacção através de um conjunto de etapas elementares que têm que satisfazer as condições seguintes:

1ª O somatório das etapas elementares tem que reproduzir a equação global da reacção.

2ª A equação cinética correspondente à etapa determinante da velocidade da reacção, é o passo mais lento da sequência de etapas que conduz à formação de produtos.

3ª Deve ser idêntica à equação cinética determinada experimentalmente.

Como exemplo apresenta-se o mecanismo proposto para a formação do iodeto de hidrogénio a partir do iodo e do hidrogénio:

$$\left.\begin{array}{l} I_2 \rightarrow 2\,I \quad \Rightarrow 1^a \text{ etapa (rápida)} \\ I + H_2 \rightarrow H_2I \quad \Rightarrow 2^a \text{ etapa (rápida)} \\ H_2I + I \rightarrow 2\,HI \quad \Rightarrow 3^a \text{ etapa (lenta)} \end{array}\right\} \textit{Mecanismo da reacção}$$

$$H_2 + I_2 \rightarrow 2\,HI \quad \Rightarrow \text{reacção global que ocorre através de um mecanismo de três reacções elementares}$$

Neste caso a velocidade da reacção será determinada pela terceira etapa uma vez que é a mais lenta, e designa-se por etapa determinante da velocidade da reacção. As espécies químicas H_2I e I são intermediários, não aparecendo por isso na equação global da reacção.

A partir do conhecimento das etapas elementares de uma reacção pode-se escrever a lei de velocidade da reacção, não sendo o mesmo possível a partir das equações gerais. Assim, a lei de velocidade para uma reacção elementar unimolecular é de 1ª ordem em relação ao reagente A para a reacção:

A → produtos é $v = k\,|A|$ (3.65)

Como este processo é a nível molecular quanto maior o número de moléculas de A presentes, maior será a velocidade de formação do produto.

Da mesma maneira, para uma reacção elementar bimolecular que envolva as moléculas A e B como por exemplo:

A + B → Produtos

a velocidade de formação do produto depende da frequência de colisões entre A e B. Como a frequência de colisões depende das concentrações de A e de B, pode-se então escrever-se a lei de velocidade como

$$v = k\,|A|\,|B| \tag{3.66}$$

A partir dos dois últimos exemplos verifica-se que a ordem de reacção em relação a cada um dos reagentes, numa reacção elementar coincide com o coeficiente estequiométrico desse reagente na equação química que descreve essa etapa.

3.7 Catálise

As velocidades das reacções químicas são muitas vezes alteradas pela presença de substâncias que não se consomem no decurso da reacção, nem aparecem na expressão da constante de equilíbrio. Tais substâncias são designadas por catalisadores e têm grande importância industrial não só por, na maior parte dos casos, provocarem um aumento na velocidade da reacção, mas também pelas baixas concentrações em que podem ser utilizados.

O catalisador pode reagir de modo a formar um intermediário, mas é regenerado numa etapa subsequente da reacção. Uma reacção catalisada ocorre através de um conjunto de etapas elementares alternativas com uma cinética mais favorável do que as etapas que ocorreriam na sua ausência do catalisador. O catalisador aumenta a velocidade da reacção através da diminuição da energia de activação não afectando contudo a energia total dos reagentes e dos produtos de reacção.

Ao baixar a energia de activação, o catalisador acelera também a reacção no sentido inverso, não alterando o valor da constante de equilíbrio, diminuindo apenas o tempo necessário para atingir o equilíbrio. O catalisador não altera a variação de energia de Gibbs da reacção, pelo que não pode transformar uma reacção termodinamicamente impossível numa reacção possível. O processamento das reacções químicas a temperaturas mais baixas tem ainda a vantagem de minimizar o perigo de explosões e evitar ocorrência de reacções secundárias indesejáveis e em

certos casos a decomposição dos produtos. Industrialmente torna o processo mais económico.

3.7.1 Catálise Homogénea

A catálise homogénea é um tipo de catálise em que os reagentes e o catalisador se encontram na mesma fase, actuando o catalisador como qualquer reagente na lei de velocidade da reacção, só diferindo dos reagentes por ser regenerado no decorrer da reacção.

Um exemplo de catálise homogénea é a decomposição da água oxigenada catalisada por iões iodeto. O mecanismo proposto para a reacção é o seguinte:

$$H_2O_2 + I^- \rightarrow H_2O + IO^-$$
$$H_2O_2 + IO^- \rightarrow H_2O + O_2 + I^-$$
$$2\,H_2O_2 \rightarrow 2\,H_2O + O_2 \text{ reacção global}$$

Verifica-se que o iodeto é consumido na primeira etapa do mecanismo mas é reposto na segunda, não sendo consumido no processo global.

3.7.2 Catálise heterogénea

Em muitas reacções químicas o catalisador encontra-se numa fase diferente da dos reagentes. Este tipo de catálise designa-se por catálise heterogénea e é muito utilizado em processos industriais.

As superfícies metálicas de platina, de ferro e de níquel e alguns sais iónicos são muitas vezes usados para catalisar reacções especialmente as que envolvem moléculas em fase gasosa. Um catalisador sólido como um metal ou um sal iónico actua pela adsorção das moléculas do reagente à superfície.

Quando a reacção entre o oxigénio e o hidrogénio ocorre na presença de platina (catalisador) para formar água a reacção ocorre mais rapidamente devido ao facto da platina poder adsorver as moléculas de gás. As moléculas de oxigénio ao serem adsorvidas sofrem um enfraquecimento das ligações entre os átomos. Quando a

molécula de hidrogénio colide com um desses átomos de oxigénio adsorvidos forma-se uma molécula de água que se liberta.

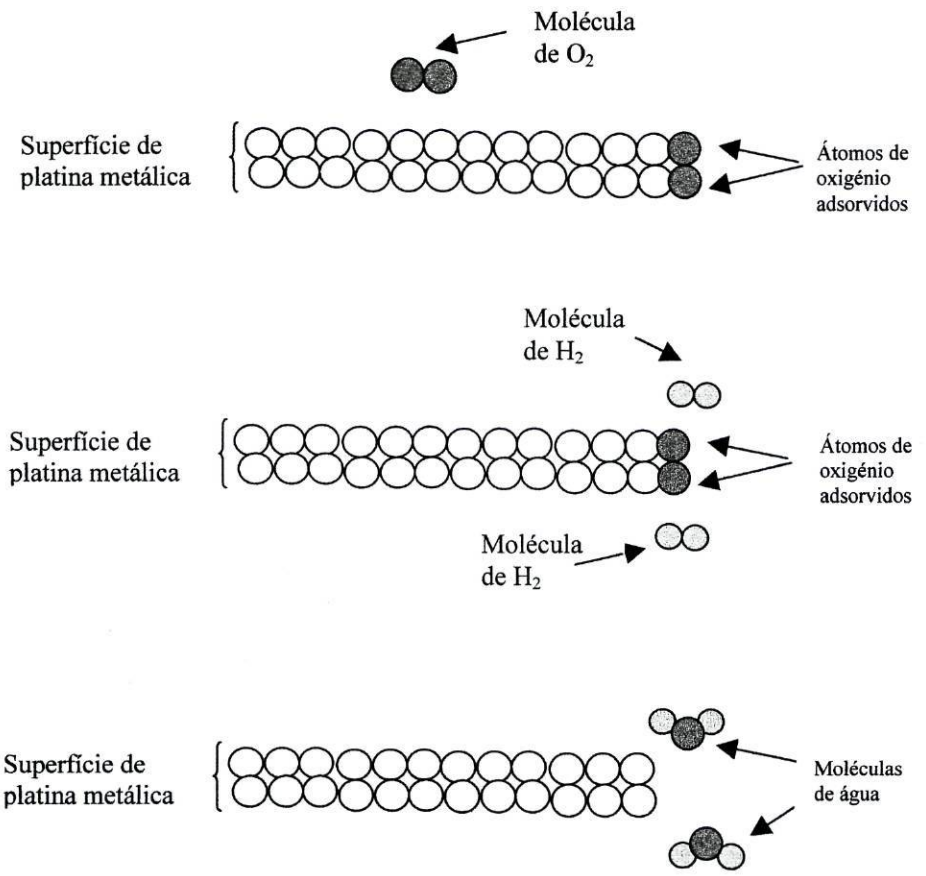


Figura 10 - Esquema da síntese da água na presença de platina

Uma forte adsorção dos reagentes não permite uma rápida difusão à superfície do catalisador, tendo em vista as colisões moleculares. Por outro lado uma forte adsorção dos produtos envenena o catalisador, pois não permite a adsorção de novos reagentes. Também na catálise heterogénea para altas concentrações de reagente, toda a superfície do catalisador fica coberta por moléculas reagentes e a velocidade de reacção torna-se independente da concentração do reagente. Já para baixas concentrações do reagente, só uma pequena fracção da superfície do catalisador fica coberta e um aumento da concentração dos reagentes produz um aumento de velocidade da reacção.

3.7.3 Catálise enzimática

As reacções químicas em sistemas biológicos ocorrem na presença de catalisadores, designados por enzimas, que são proteínas com uma grande especificidade para uma dada reacção. Isto distingue as enzimas dos outros catalisadores que podem catalisar um grande número de reacções diferentes. As enzimas apresentam um poder catalítico muito elevado, aumentando as velocidades de reacção por factores de milhões de vezes.

A reacção:

$CO_2 + H_2O \rightarrow HCO_3^- + H^+$

é catalisada por uma enzima (anidrase carbónica) que ao aumentar a velocidade da reacção 10^7 vezes, possibilita a transferência completa do CO_2 dos tecidos para o sangue e deste para os alvéolos pulmonares.

Muitas vezes as enzimas interactuam com as moléculas de reagentes de modo a colocá-los com geometria adequada para formar os produtos.

3.7.4 Inibição da catálise

A acção dos catalisadores sólidos vai muitas vezes diminuindo com o tempo de reacção, porque a adsorção de impurezas ou de produtos com maior afinidade para o catalisador dificulta a adsorção dos reagentes ainda não consumidos e vai inibindo a reacção por envenenamento do catalisador. Situação semelhante também pode ocorrer na catálise pela presença de substâncias que podem bloquear os sítios activos da enzima ou tornar inactivo o complexo enzima-substracto.

Quando é possível a formação de mais do que um produto a partir de um ou mais reagentes, o que é frequente em reacções orgânicas, um dado catalisador, pode ter efeitos diferentes na velocidade de formação dos diferentes produtos. Por exemplo, a decomposição do etanol em aldeído acético (acetaldeído) é catalisada pelo cobre metálico, enquanto que a decomposição em etileno é catalisada pelo óxido de alumínio.

$$CH_3CH_2OH\,(g) \xrightarrow{Cu} CH_3CHO\,(g) + H_2\,(g)$$

$$CH_3CH_2OH\,(g) \xrightarrow{Al_2O_3} C_2H_4\,(g) + H_2O\,(g)$$

Em relação à formação de etileno o Cu diminui a velocidade de formação do produto actuando como catalisador negativo. O mesmo se pode dizer para o óxido de alumínio em relação ao acetaldeído. O efeito da catálise negativa é causado por uma aceleração de uma reacção competitiva com a reacção principal de formação do produto. Um catalisador negativo não diminui a constante específica de qualquer reacção por elevação da energia de activação. O que diminui é a concentração dos intermediários necessários à formação dos produtos.

Os inibidores ou catalisadores negativos não têm apenas efeitos perniciosos. Por vezes há interesse em tornar mais lentas certas reacções. É o que se faz na preservação de alimentos por junção de aditivos que funcionam como inibidores de certas reacções químicas.

CAPÍTULO IV - METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

4.1 Introdução

Neste capítulo descreve-se a metodologia utilizada no desenvolvimento do estudo realizado. O presente capítulo está dividido em seis subcapítulos onde se podem encontrar: o modelo de investigação utilizado; a caracterização da amostra; a descrição do estudo; os instrumentos de recolha de dados e a respectiva validação e ainda os procedimentos de recolha e análise de dados.

4.2 Modelo de Investigação

Neste estudo usou-se um modelo quasi-experimental uma vez que os grupos (turmas) tinham sido constituídos previamente não tendo sido aleatória a selecção dos sujeitos, como é exigência do modelo experimental. Os três grupos de alunos foram submetidos a um pré-teste seguido de uma sequência didáctica e a um pós–teste.

4.3 Amostra

O estudo foi realizado com três turmas do 10º Ano de escolaridade do 1º agrupamento. A escolha da amostra baseou-se no facto do tema "velocidade das reacções" ser dado neste nível de ensino e por a investigadora leccionar o 10º Ano quando identificou os problemas de investigação.

As turmas foram seleccionadas para o estudo por serem todos alunos da mesma professora de Ciências Físico-Química e terem escolhido como opção a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química.

Caracterização da amostra

A amostra é constituída por 51 alunos, que foram os participantes em todas as sessões de implementação do estudo. A distribuição dos alunos de acordo com a idade e com o sexo é a que se encontra na tabela 4.

	TURMA 1	TURMA 2	TURMA 3
Nº total de alunos	17	16	18
Nº de meninas	4	2	14
Média de idades	15,0	15,2	14,6

Tabela 4 - Caracterização da amostra

A observação da tabela permite concluir que a faixa etária dos alunos é semelhante e que o mesmo não se verifica em relação ao sexo, uma vez que na turma 3 a amostra é constituída maioritariamente por meninas verificando-se exactamente o contrário nas restantes duas turmas.

4.4 Descrição dos estudos

4.4.1 Estudo exploratório

O estudo exploratório desenvolveu-se em quatro aulas no ano lectivo 1999/2000 e envolveu duas turmas do 10º Ano do Ensino Secundário de um escola do Concelho de Gondomar. A primeira sessão serviu para apresentar aos alunos os objectivos do estudo e para avaliação dos seus conhecimentos relativamente a tópicos de Química (acerca da velocidade de reacções) e a conhecimentos matemáticos.

Nas duas aulas seguintes, a professora das turmas leccionou a velocidade das reacções e os factores que a influenciam segundo as estratégias com ela acordadas previamente pela investigadora, ou seja, numa das turmas apresentou a variação das concentrações de reagentes e produtos de reacção ao longo do tempo só em gráficos e na outra apresentou os mesmos valores apenas em tabelas.

Na última aula os alunos foram submetidos a um pós-teste de conteúdo semelhante ao pré-teste (que excluía apenas as questões de Matemática).

4.4.2 Estudo principal

O estudo envolveu três turmas do 10° Ano do Ensino Secundário de uma escola do Concelho de Gondomar às quais foi leccionado o tópico de Química –velocidade das reacções – usando para cada uma delas uma estratégia distinta A implementação do estudo decorreu em quatro tempos lectivos (50 minutos cada) durante o mês de Novembro de 2000.

No início da primeira aula, todos os alunos foram informados dos objectivos do estudo de que iriam ser alvo, caso estivessem interessados em participar, e em seguida foram submetidos a um teste (pré-teste) que tinha por objectivo avaliar os conhecimentos prévios adquiridos ao nível da Matemática e do tópico de Química usado neste estudo. Nas duas sessões seguintes os alunos iniciaram, ao nível do 10° Ano, o estudo da velocidade das reacções e dos factores de que esta depende, tendo sido seguidas pela professora três estratégias distintas para a apresentação das concentrações de reagentes e produtos da reacção no decorrer da mesma, consoante a turma em questão, e que se passam a referir:

Turma 1 : os resultados foram apresentados em tabelas e gráficos em simultâneo

Turma 2 : os resultados foram apresentados unicamente em tabelas

Turma 3 : os resultados foram apresentados apenas em gráficos

Na última aula os alunos foram submetidos novamente a um teste (pós-teste) semelhante ao pré-teste com o intuito de avaliar os resultados obtidos na resolução de problemas acerca do tópico em questão.

A investigadora não teve influência na selecção das turmas consoante a estratégia tendo esta sido feita aleatoriamente.

Imediatamente antes do estudo ser efectuado e no final do tratamento e análise dos resultados, a investigadora reuniu com a professora que leccionou as aulas, com o intuito de a sondar acerca das previsões de resultados e posteriormente para tentar

conhecer a sua interpretação dos resultados obtidos tendo em consideração que esta conhece melhor que a investigadora as características das turmas.

4.5 Instrumentos de recolha de dados: elaboração e validação

Foram realizados dois estudos com contornos diferentes, tendo os instrumentos de medida sido também diferentes. Para o primeiro estudo realizado, estudo exploratório, utilizaram-se dois questionários (pré-teste e pós-teste), a sequência didáctica (anexos 1 e 2 e 3) e a observação da investigadora como instrumentos de medida.

Para o ***estudo principal***, os instrumentos utilizados para atingir os objectivos propostos foram os seguintes:

- Um questionário (pré-teste) destinado a todos os alunos envolvidos no estudo (anexo 4);
- Observação e registo (feitos pela investigadora, de todas as aulas leccionadas às diferentes turmas);
- Um questionário (pós-teste) destinado a todos os alunos envolvidos no estudo (anexo 5);
- Conversas informais com a professora que leccionou as aulas;
- Planificação de uma sequência de ensino do tópico velocidade das reacções (anexo 6);
- Teste sumativo de avaliação dos elaborado pela professora (anexo 10).

4.5.1 Elaboração dos questionários

Optou-se pelos questionários para recolher dados devido ao tamanho da amostra e ao tempo disponível, tendo contudo em consideração as desvantagens da sua utilização, nomeadamente as dificuldades de concepção e os problemas na generalização dos resultados a toda a população, referidas por Carmo e Ferreira (1998). Os questionários do estudo foram elaborados de acordo com os exercícios propostos nos livros de matemática do 9º Ano, para as questões que envolviam conhecimentos matemáticos que são citados a seguir:

- existência de proporcionalidade entre variáveis;
- representações gráficas;
- interpolações gráficas;
- identificação de variáveis (independente e dependente);
- relações entre representações gráficas e a respectiva equação.

A segunda parte do questionário é constituída dois problemas com objectivos semelhantes, mas enquanto no problema I os dados apresentam-se numa tabela no problema II encontram-se representados num gráfico.

No **problema I de Química** pedia-se aos alunos para :

- Procurar um valor na tabela
- Calcular a velocidade média da reacção em dois intervalos de tempo distintos

Condições necessárias:

- Encontrar a expressão
- Recolher dados na tabela
- Calcular
- Indicar a unidade

- Escolher o intervalo de tempo em que a reacção ocorre a maior velocidade e justificar a escolha.

No **problema II de Química** pedia-se aos alunos para, a partir de um gráfico :

- Efectuar uma interpolação gráfica
- Calcular a velocidade média da reacção em dois intervalos de tempo distintos

Condições necessárias:

- Encontrar a expressão
- Recolher dados num gráfico (fazer interpolações)
- Calcular
- Indicar a unidade

- Escolher o intervalo de tempo em que a reacção ocorre a maior velocidade e justificar a escolha.

Os problemas de Química que constam no questionário foram escolhidos pelo facto de já terem sido propostos aos alunos em provas globais de anos anteriores. Procurou-se desta forma enquadrar o estudo numa situação real para tentar saber quais as dificuldades que se colocaram, ou poderão vir a colocar aos alunos.

O pós-teste tinha uma estrutura semelhante à do pré-teste apenas não figuravam as questões relacionadas com a Matemática.

4.5.2 Elaboração da sequência didáctica

A sequência didáctica foi planificada, de acordo com os objectivos da disciplina e com os objectivos do estudo. Teve-se o maior cuidado em não alterar a sequência normal das aulas nem os métodos de ensino normalmente usados pela professora para evitar que uma nova metodologia interferisse no real objectivo do estudo. Por isso, as aulas foram preparadas em primeiro lugar pela professora das turmas de acordo com as suas concepções de ensino, com o manual dos alunos e com a planificação da escola, sem a interferência da investigadora.

De seguida foram feitas algumas negociações entre a docente e a investigadora no sentido de conseguir adequar os objectivos do estudo à planificação apresentada:

- adiou-se a pretensão da professora de colocar os alunos a fazer uma reacção química em que se media o volume de gás libertado e, a partir da análise dos valores obtidos, "deduzir" o conceito de velocidade média e calcular a velocidade da reacção. Isto ficou a dever-se ao facto das turmas terem tamanhos diferentes, duas turmas eram divididas e uma não, havia uma turma onde se podia fazer a experiência em qualquer altura mas nas outras era necessário esperar por uma aula em que a turma se encontrasse dividida, levando a que houvesse mudança de estratégia, ou seja, dar primeiro o conceito e só depois fazer essa experiência, por esse motivo optou-se por fazer a experiência, em todas as turmas, depois do estudo.
- em vez da professora apresentar os resultados em tabelas e gráficos foi-lhe pedido que optasse pela estratégia referida na descrição do estudo.
- optou-se por ser a professora das turmas a leccionar as aulas, uma vez que esta se demonstrou interessada em fazê-lo e se considerou que poderia trazer benefícios para o estudo dado que a investigadora não conhecia os alunos e

o tempo disponível era demasiado curto para se poder ultrapassar essa barreira.

Na planificação, a professora, procurava dar ênfase aos conhecimentos prévios dos alunos acerca do tópico de Química uma vez que este, provavelmente, teria sido abordado qualitativamente no 8º Ano como sugere o programa em vigor.

4.5.3 Validação dos instrumentos

Depois da elaboração dos questionários, estes foram submetidos à análise de dois especialistas, sendo um da área de Educação e outro da área da Química, ambos pertencentes à Universidade do Porto, tendo estes emitido o seu parecer relativamente à clareza e à adequação das questões aos objectivos do estudo.

Em seguida, os questionários foram aplicados aos alunos (estudo exploratório), analisaram-se os resultados e foram de novo submetidos à análise dos especialistas tendo-se verificado que havia necessidade de reformular algumas questões, porque se verificou que:

- o gráfico apresentado no pós-teste era de difícil interpretação para os alunos, uma vez que se detectaram dificuldades em fazer interpolações com rigor;
- havia diferenças muito substanciais entre o pré-teste e o pós-teste que provocavam uma oscilação do grau de dificuldade, nomeadamente ao nível das reacções químicas que tinham estequiometria diferente.

Uma breve análise estatística dos resultados veio a mostrar que não havia diferenças significativas entre as duas estratégias utilizadas, representações só em gráficos e dados apresentados apenas em tabelas. Com base nos resultados obtidos foi considerada a necessidade da inclusão de um terceiro grupo (turma) no estudo em que se apresentassem em simultâneo ambas as representações.

4.6 Procedimentos de recolha e de análise de dados

Os questionários foram feitos aos alunos nos meses de Junho (estudo exploratório) e de Novembro de 2000 antes de ser leccionado o tópico da Química e

imediatamente a seguir tendo sido respondidos na aula, na presença da investigadora e da professora da turma.

Foram também recolhidos dados durante as aulas tendo sido feitas anotações das intervenções da professora e dos alunos que se mostraram com maior relevância para o estudo, tendo a investigadora optado por uma observação não participante.

As conversas informais acerca do estudo com a professora, como já foi referido anteriormente, tiveram-se antes do início do estudo e após a recolha e análise de dados.

Os resultados obtidos nos testes administrados foram tratados estatisticamente de acordo com as sugestões de Glass e Hopkins (1984). Segundo os autores o ganho de aprendizagem não pode ser medido pela diferença entre os valores do pós-teste e do pré-teste pelo facto dos valores obtidos pelos alunos no pós-teste estarem correlacionados negativamente com os valores obtidos no pré-teste o que corresponde à ideia intuitiva de que quanto mais se sabe mais difícil é aprender mais. Por isso, consideraram que se devia medir a aprendizagem utilizando a recta de regressão dos resultados do pós-teste em função dos resultados do pré-teste e que os ganhos, por eles designados *ganhos residuais*, deveriam ser calculados através da diferença entre os valores previstos para o pós-teste a partir dos valores obtidos pelos alunos no pré-teste e o próprio valor do pós-teste. Esta técnica foi também aplicada por Camilli e Bulkley [2000] uma vez que elimina o "bias" e mede a aprendizagem.

Este modo de calcular o ganho de aprendizagem tem a vantagem de "eliminar" uma das ameaças à validade interna do estudo designada por regressão para a média ou regressão estatística. Segundo Campbell e Stanley (1963) e Campbell e Cook (1976) o fenómeno da regressão para a média constitui uma ameaça à validade interna dos estudos experimentais e quasi-experimentais pelo facto de serem seleccionados para o estudo alunos que obtiveram classificações extremas no pré-teste (classificações muito baixas ou muito elevadas). Os que tiverem resultados muito baixos no pré-teste tendem a obter classificações muito elevadas no pós-teste e vice-versa, alunos com classificações muito elevadas no pós-teste tendem a ter classificações muito baixas no pós-teste.

Um outro aspecto fundamental que se teve em atenção é que o estudo foi realizado com alunos em situação de sala de aula tornando extremamente complicada, senão impossível, a tarefa de inventariar e eliminar as diferenças individuais de cada

aluno por isso, no tratamento de resultados e no cálculo da aprendizagem terá que se saber quanto é que o aluno aprendeu que não está relacionado com a sua performance inicial.

Na construção dos testes teve-se o cuidado de os fazer equivalentes para se poder utilizar a técnica referida anteriormente. Assim ambos os testes foram cotados para 100%, valendo a parte do gráfico 50% e a da tabela os restantes 50% para se calcular os ganhos globais. Na outra fase do estudo em que se considerou só o exercício da tabela (problema I) ou o exercício do gráfico (problema II) separadamente para medir o ganho residual em relação a cada uma das representações, cada questão foi cotada para 100%.

As etapas seguidas para o tratamento de dados foram :

1° Avaliação e quantificação das respostas dadas pelos alunos nos testes (pré-teste e pós-teste).

2° Representação gráfica dos valores obtidos no pós-teste (y) em função dos valores obtidos no pré-teste (x)

3° Cálculo dos valores esperados no pós-teste ($y_{esperado}$) a partir da equação da recta obtida, tal que: $y_{esperado} = m.x + b$ (4.1)

4° Cálculo dos valores dos ganhos residuais (GR) para cada aluno como sendo a diferença entre os valor obtido no pós-teste e o valor esperado calculado a partir da recta de regressão.

$(GR = y - y_{esperado})$. (4.2)

5° Cálculo do ganho residual corrigido (GRC) para cada aluno utilizando a expressão:

$GRC = GR + |\text{menor ganho}|$ (4.3)

A necessidade deste valor (GRC) impõe-se para que não existam valores negativos para a grandeza "ganho".

6° Cálculo do ganho residual corrigido médio (GRCM) para cada turma, através da expressão da média.

Seguiu-se este procedimento para calcular os ganhos em relação aos problemas I e II e aos resultados globais dos dois problemas em conjunto. Os resultados destes tratamentos dada a sua extensão encontram-se no anexo 7.

Os GRCM foram submetidos a um teste de significância estatística mais concretamente o teste paramétrico *t* para designs não relacionados. O principal objectivo do teste *t* para amostras não relacionadas é o de comparar a quantidade da variabilidade devida às diferenças previstas nos resultados entre os dois grupos com a variabilidade total nos resultados entre os sujeitos. A variância total dos resultados é avaliada por uma expressão que tem em consideração a variabilidade dos resultados experimentais em torno da média.

O cálculo da variância (s^2) das médias das amostras foi calculado a partir da expressão:

$$s^2 = \frac{\sum_{N_1}(X - \overline{X}_1)^2 - \sum_{N_2}(X - \overline{X}_2)^2}{N_1 + N_2 - 2} \qquad (4.4.)$$

o erro padrão da diferença entre as duas médias será dado por:

$$s_{\overline{X}_1 - \overline{X}_2} = \sqrt{\frac{s^2}{N_1} + \frac{s^2}{N_2}} = \sqrt{s^2\left(\frac{N_1 + N_2}{N_1 N_2}\right)} \qquad (4.5.)$$

A diferença entre as médias, $\overline{X}_1 - \overline{X}_2$ é a seguir dividida pela estimativa do erro padrão para obter o valor de *t*:

$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{s_{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}} = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{\frac{s^2}{N_1} + \frac{s^2}{N_2}}} \qquad (4.6.)$$

A estatística *t* mede a diferença entre as médias dos ganhos para os dois grupos (turmas), tomando em consideração a variância total: para que o valor observado de *t* seja significativo, para um determinado nível de significância, terá de ser igual ou superior aos valores de *t* apresentados na tabela que se encontra no anexo 9. Nesse

caso pode-se rejeitar a hipótese nula (H_0) que considera não haver diferenças estatisticamente significativas entre as médias das amostras, ou seja $\overline{X}_1 = \overline{X}_2$, ou pela terminologia usada no estudo GRCM1=GRCM2.

Em seguida e de acordo com os objectivos a atingir, neste caso saber se os alunos compreenderam o conceito de velocidade média da reacção, foi realizada uma análise de conteúdo às respostas dadas pelos alunos às questões 1.4. e 2.4. do pós-teste. Para tal, registaram-se (anexo 8) e analisaram-se todas as respostas dadas e foram depois organizadas em cinco categorias.

As categorias definidas para a classificação das diferentes respostas foram:

1) "Resposta correcta" (RC) - esta categoria inclui as respostas que contêm todos os elementos necessários para que a resposta seja considerada correcta.
2) "Resposta incompleta" (RI) - esta categoria inclui todas as respostas que apenas indicam alguns elementos considerados necessários na resposta correcta.
3) "Resposta incompleta + resposta alternativa" (RI+RA) - esta categoria inclui as respostas que incluem uma junção de resposta incompleta e de resposta alternativa.
4) "Resposta alternativa" (RA) - esta categoria inclui as respostas que apresentam concepções alternativas, ou seja, ideias cientificamente incorrectas mas que para os alunos possuem coerência suficiente para dar a explicação.
5) "Outra Resposta" (OR) - esta categoria inclui as respostas não integradas nas categorias anteriores, como os casos "não respondeu", respostas onde a formulação da pergunta é igual às respostas e respostas que não têm relação com a pergunta.

CAPÍTULO V - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

5.1 Introdução

Neste capítulo encontram-se os resultados obtidos no estudo desenvolvido e a discussão dos mesmos. Nos primeiros três subcapítulos (5.2, 5.3 e 5.4) são apresentados os resultados obtidos nos questionários (pré-teste e pós-teste), sendo feita a análise dos mesmos em relação ao problema I (tabela) e ao problema II (representação gráfica) em separado e por último em relação ao global (problemas I e II). No subcapítulo 5.5 apresenta-se uma análise de conteúdo das respostas dadas pelos alunos às questões 1.4. e 2.4. do pós-teste sendo os resultados discutidos de acordo no objectivos referidos no capítulo I. Os resultados das conversas informais com a professora que leccionou as aulas e do teste de avaliação ministrado pela mesma às turmas envolvidas no estudo encontram-se no subcapítulo 5.6. Por último, no subcapítulo 5.7, é explicada a falta do tratamento e análise dos resultados obtidos na parte de Matemática do pré-teste.

Para facilitar a interpretação dos resultados volta-se aqui a referir os métodos utilizados para apresentação de dados durante as aulas:

Turma 1 : os dados foram apresentados em tabelas e gráficos em simultâneo.

Turma 2 : os dados foram apresentados unicamente em tabelas.

Turma 3 : os dados foram apresentados apenas em gráficos.

5.2 Desempenho dos alunos no problema I

Na figura 11 constam os resultados obtidos pelos alunos no problema I, onde os dados a partir dos quais os alunos tiveram que resolver o problema de cinética química proposto se encontravam numa tabela.

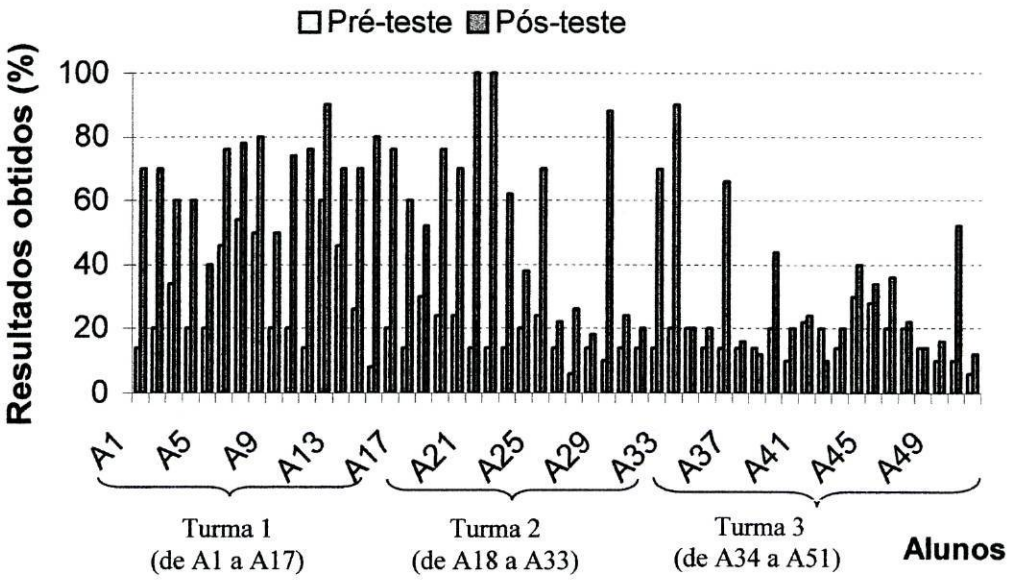


Figura 11 - Resultados obtidos no problema I (dados apresentados numa tabela).

Os resultados obtidos no pós-teste foram representados em função dos resultados obtidos no pré-teste (figura 12) tendo-se utilizado posteriormente a equação da recta ajustada pelo método dos mínimos quadrados para calcular os valores previstos para o pós-teste.

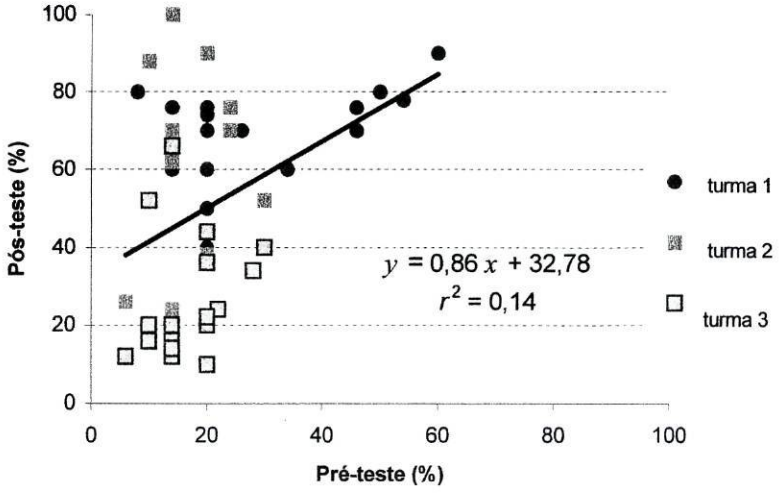


Figura 12 - Representação gráfica dos valores obtidos no pós-teste em função dos valores obtidos no pré-teste (problema I)

Em seguida calcularam-se os ganhos residuais de aprendizagem (através da diferença entre o valor obtido no pós-teste (y) e o valor esperado ($y_{esperado}$) calculado a partir da equação recta. Como os ganhos residuais de aprendizagem não são todos positivos optou-se por adicionar a todos o módulo do valor do menor ganho, tendo-se obtido os ganhos residuais corrigidos (GRC) para cada aluno e que se apresentam na figura13.

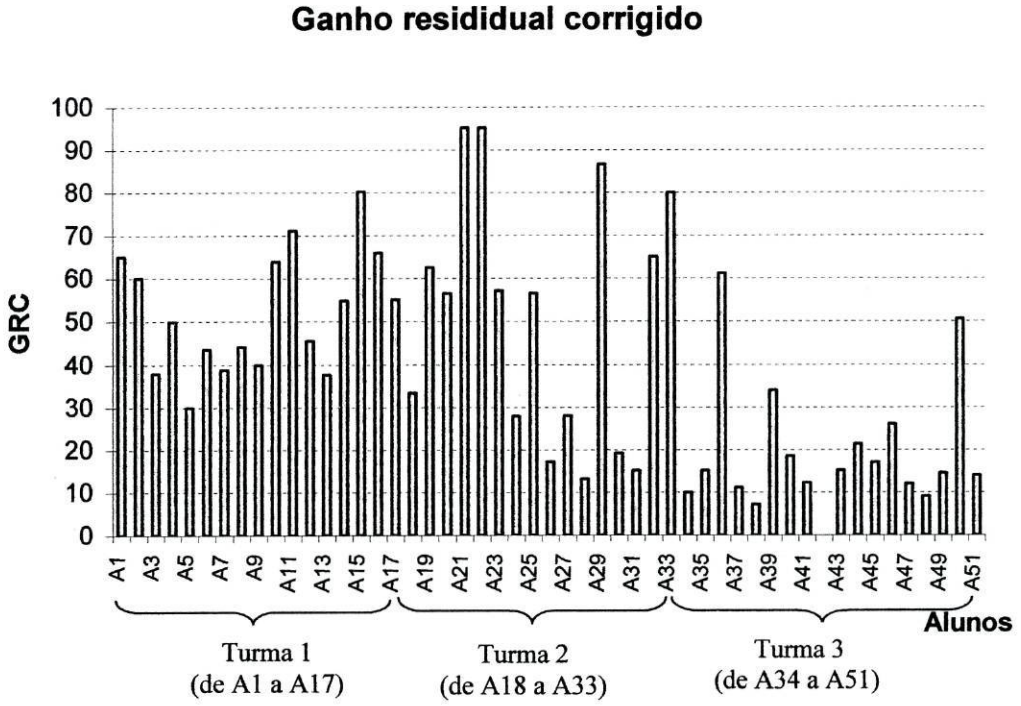


Figura 13 - Ganhos residuais corrigidos (problema I)

Na tabela 5 podem observar-se os valores dos ganhos residuais corrigidos médios (GRCM) para cada turma.

Turma	GRCM ($\overline{X}$)
1	52,03
2	50,56
3	19,42

Tabela 5 - Ganhos residuais corrigidos médios (problema I)

Para averiguar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos resultados obtidos pelas turmas, estes foram submetidos a um teste t

para amostras não relacionadas tendo-se calculado os valores de t (considerando as amostras aos pares). Os valores obtidos foram comparados com os valores de t tabelados (anexo 9) para determinados níveis de significância. Para todos os valores de $t_{tabelado}$ apresentados na tabela 6 considerou-se o número de graus de liberdade (N_1+N_2-2) igual a 30.

Turmas	t obtido	t tabelado (bicaudal)
1 e 2	$t_{1,2=}$ 0,187	3,646 (p=0,001)
2 e 3	$t_{2,3}$ = 3,97	3,646 (p=0,001)
1 e 3	$t_{1,3}$ = 6,57	3,646 (p=0,001)

Tabela 6 - Valores de t (problema I)

A análise dos resultados obtidos (tabela 5) permitiu verificar que as turmas 1 e 2 tiveram ganhos superiores à turma 3, havendo diferenças estatisticamente significativas (p=0,001) entre as médias dos ganhos obtidos pelas turmas 1 e 2 e a média do ganho de aprendizagem da turma 3, podendo neste caso rejeitar-se a hipótese nula. Não se encontraram diferenças estatisticamente com significado entre as médias dos ganhos residuais da aprendizagem para as turmas 1 e 2 (para qualquer nível de significância), devendo nesse caso aceitar-se a hipótese nula (GRM1=GRM2).

Em termos de avaliação do método utilizado para apresentação de dados a análise de resultados permite afirmar que na resolução de problemas acerca da velocidade das reacções em que os dados se apresentem em tabelas é indiferente a utilização de tabelas e gráficos ou apenas tabelas no desempenho dos alunos, o mesmo não se pode afirmar em relação aos alunos que só utilizaram gráficos durante as aulas, dado que obtiveram resultados inferiores.

5.3 Desempenho dos alunos no problema II

Os resultados do desempenho dos alunos em relação ao problema II (gráfico) do pós-teste e equivalente do pré-teste encontram-se na figura 14. Neste caso, os

alunos tiveram de responder procurando dados que se encontravam representados graficamente.

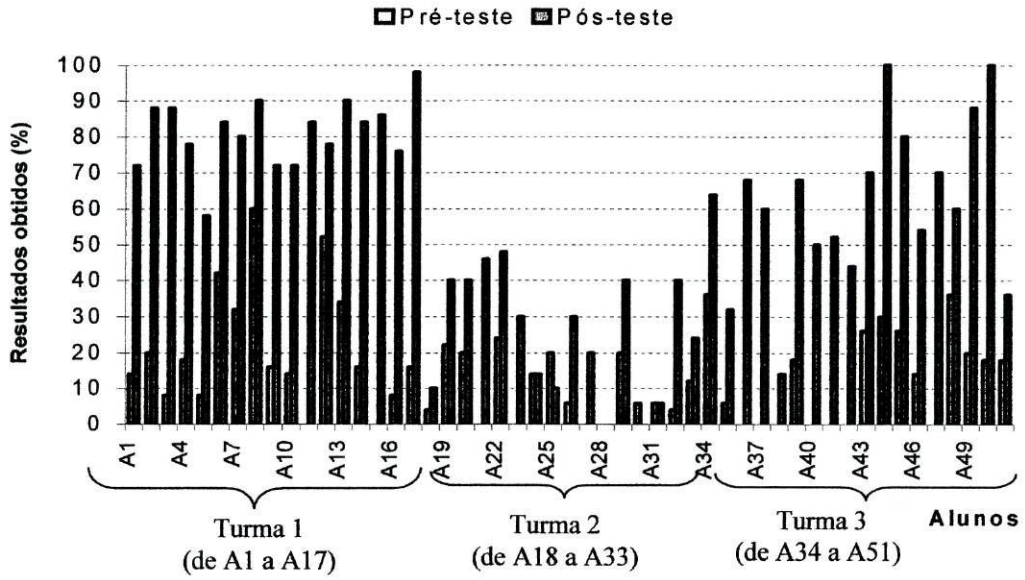


Figura 14 - Resultados obtidos no problema II (dados apresentados num gráfico)

A partir da equação da recta de regressão (figura 15) que resultou da representação dos valores obtidos no pós-teste em função dos obtidos no pré-teste, determinaram-se os valores esperados para o pós-teste.

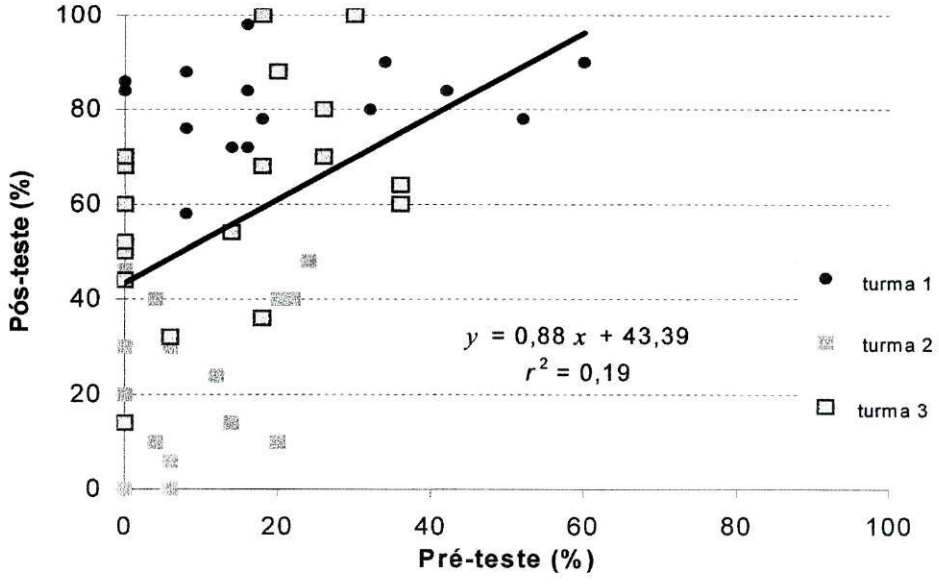


Figura 15 - Representação gráfica dos valores obtidos no pós-teste em função dos valores obtidos no pré-teste (problema II)

Depois foi determinado o ganho residual corrigido obtido por cada aluno no problema II encontrando-se os mesmos na figura 16.

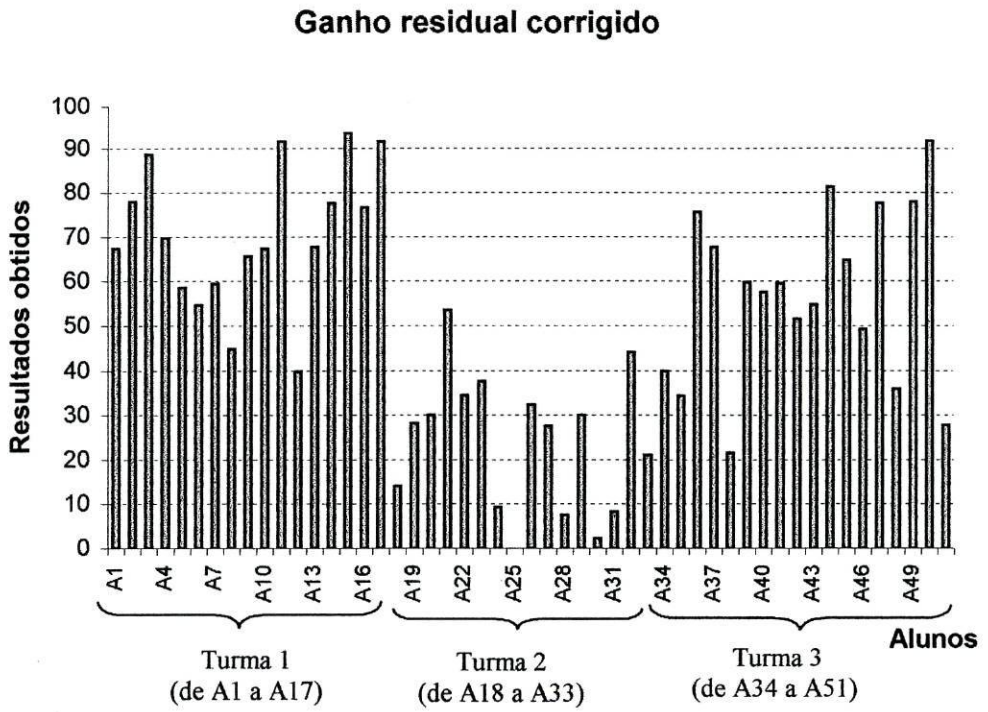


Figura 16 - Ganhos residuais corrigidos (problema II)

O ganho residual corrigido médio (GRCM) para todas as turmas envolvidas no estudo, em relação ao problema II encontra-se na tabela 7.

Turma	GRCM ($\overline{X}$)
1	70,13
2	23,79
3	57,14

Tabela 7 - Ganhos residuais corrigidos médios (problema II)

Para verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos ganhos residuais, os resultados foram submetidos a um teste de significância para amostras não relacionadas (teste t) tendo-se considerado as

amostras (turmas) aos pares. Determinaram-se os valores de t (t_{obtido}) e comparam-se com os valores tabelados para determinados níveis de significância.

Turmas	t obtido	t tabelado (bicaudal)
1e 2	$t_{1,2=}$ 8,45	3,646 (p=0,001)
2 e 3	$t_{3,2}$ = 5,42	3,646 (p=0,001)
1 e 3	$t_{1,3}$ = 2,62	3,646 (p=0,001) 2,042 (p=0,05)

Tabela 8 - Valores de t (problema II)

A observação da tabela 7 permite concluir que a turma onde os resultados foram apresentados em tabelas e gráficos em simultâneo (turma 1) durante a sequência didáctica foi a que obteve maiores ganhos de aprendizagem no problema II, seguindo-se a turma 3 onde se optou por apresentar os resultados apenas em gráficos, posicionando-se em último a turma 2 em que só se utilizaram tabelas.

O teste de significância efectuado permitiu concluir que existem diferenças estatisticamente significativas entre os GRCM obtidos pelas turmas, embora com níveis de significância diferentes. Assim, pode-se afirmar que existem diferenças significativas entre as médias dos resultados obtidos pelas turmas 1 e 2 e pelas turmas 2 e 3 para um nível de significância de 0,001. Em relação às turmas 1 e 3 pode-se afirmar que as médias dos GRCM obtidos são diferentes para um nível de significância igual a 0,05. Em todos os casos foi rejeitada a hipótese nula. Portanto, para problemas onde os dados se encontrem em gráficos, o melhor método será o de apresentar durante as aulas os dados em tabelas e gráficos em simultâneo.

5.4 Desempenho global dos alunos

Do mesmo modo que nas situações descritas anteriormente, os alunos foram avaliados no pós-teste e no pré-teste em relação aos dois problemas de Química. Os resultados obtidos podem ser observados na figura 17.

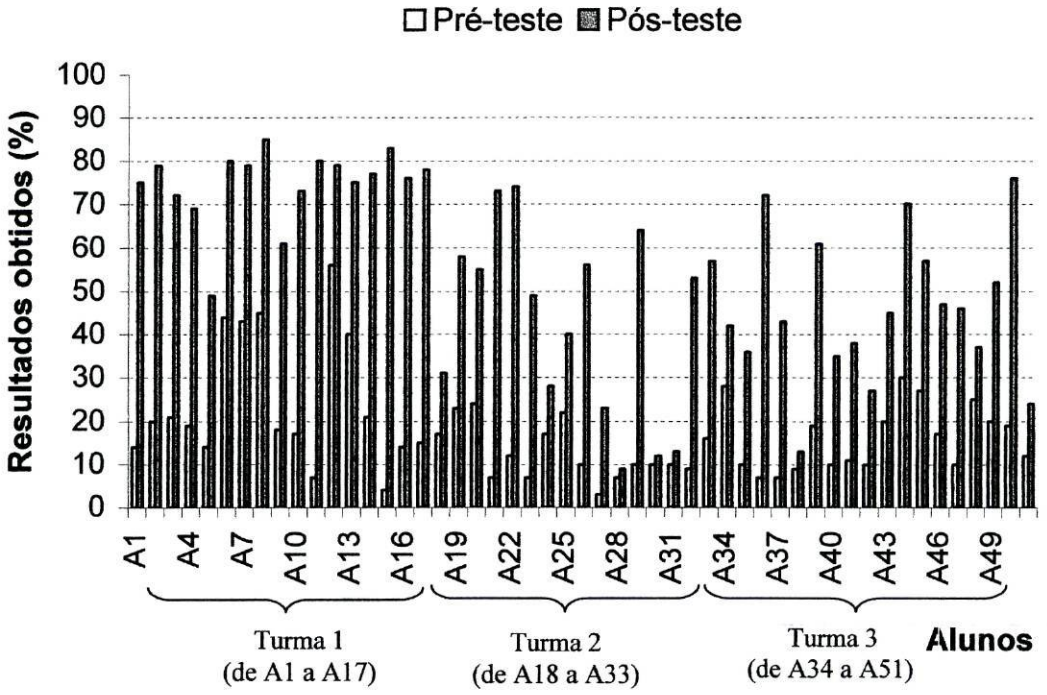


Figura 17 - Resultados obtidos no global (problemas I e II)

Os resultados obtidos no pós-teste foram representados em função dos resultados do pré-teste, tendo-se a partir da equação da recta de regressão (figura 18) previsto os valores que os alunos deveriam obter no pós-teste ($y_{esperado}$).

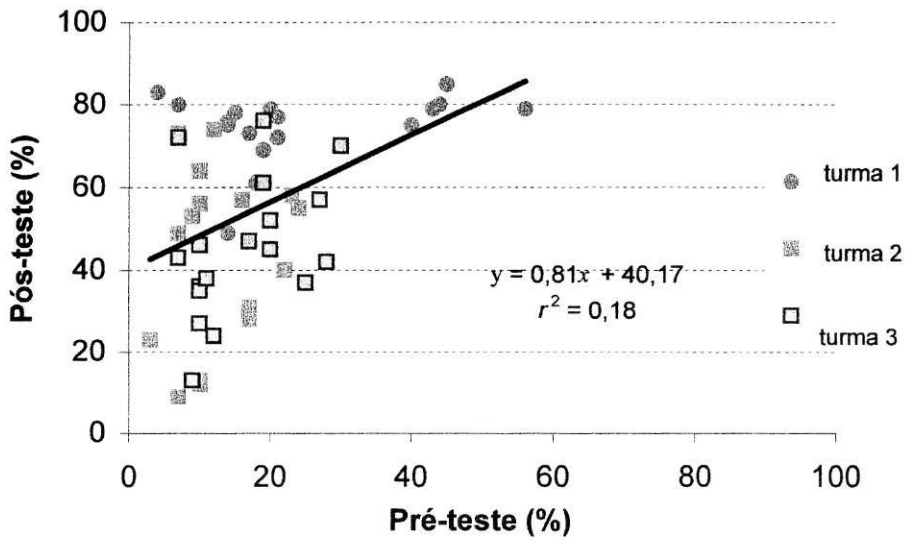


Figura 18 - Representação gráfica dos valores obtidos no pós-teste em função dos valores obtidos no pré-teste (problemas I e II).

De modo análogo ao que foi feito nas situações anteriores, calcularam-se os ganhos residuais corrigidos de aprendizagem para cada aluno podendo os mesmos ser consultados na figura 19.

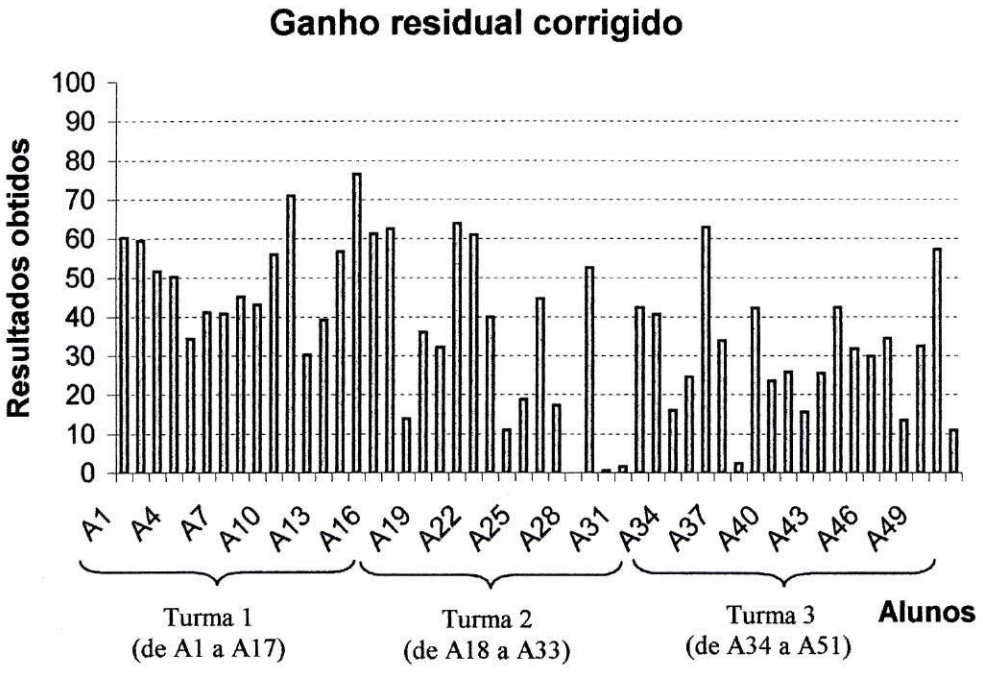


Figura 19 - Ganhos residuais corrigidos (problemas I e II)

Por último, determinaram-se os ganhos residuais corrigidos médios (GRCM) para cada turma e os valores de t para verificar se havia diferenças estatisticamente significativas entre os resultados obtidos.

Turma	GRCM ($\overline{X}$)
1	51,75
2	29,78
3	29,19

Tabela 9 - Ganhos residuais corrigidos médios (problemas I e II)

Os valores de obtidos *t* para determinados níveis de significância encontram-se na tabela 10. Importa referir que para ser possível a aplicação do teste de significância estatística as turmas foram consideradas aos pares.

Turmas	t_{obtido}	$t_{tabelado}$
1 e 2	$t_{1,2=}$ 3,63	2,750 (p=0,01)
2 e 3	$t_{2,3}$ = 0,093	2,750 (p=0,01)
1 e 3	$t_{1,3}$ = 4,68	2,750 (p=0,01) 3,646 (p=0,001)

Tabela 10 - Valores de *t* (problemas I e II)

A observação dos resultados obtidos permite inferir que os alunos da turma 1 tiveram ganhos superiores às restantes turmas, havendo diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos resultados obtidos pela turma 1 e os das restantes, não se tendo verificado o mesmo entre os resultados obtidos pelas turmas 2 e 3.

A análise permite concluir que, de uma forma geral, os alunos que foram sujeitos à apresentação de dados em gráficos e tabelas em simultâneo obtêm melhores resultados na resolução de problemas sobre a velocidade das reacções que os alunos que só foram sujeitos a representações gráficas ou à apresentação de dados só em tabelas.

5.5 Análise de conteúdo

5.5.1 Questão 1.4. do pós-teste:

Qual o intervalo de tempo em que a velocidade média da reacção foi maior? Porquê ?

Depois da recolha de todas as respostas dadas pelos alunos e da definição de categorias de resposta (capítulo IV), estas foram incluídas nas respectivas categorias.

Para a resposta poder ser incluída na categoria "RC" - resposta correcta - os alunos tinham que considerar o intervalo de tempo entre 0,0 e 10,0 min e que justificar de acordo com:

1) A maior variação de massa do produto de reacção para um intervalo de tempo constante.
2) A teoria das colisões, baseando-se na maior concentração de reagentes no início da reacção.
3) Cálculos de velocidade apropriados.

Na tabela 11 encontra-se a distribuição das respostas, dadas pelos alunos da turma 1, pelas respectivas categorias.

Categoria de resposta	Nº de respostas	Distribuição (%)
RC	4	23,5
RI	5	29,4
RI + RA	4	23,5
RA	3	17,6
OR	1	5,9

Tabela 11 - Distribuição por categorias das respostas à questão 1.4. (turma 1)

A distribuição das respostas dos alunos da turma 2 pelas categorias de resposta pode-se observar na tabela 12.

Categoria de resposta	Nº de respostas	Distribuição (%)
RC	2	12,5
RI	4	25,0
RI + RA	3	18,8
RA	2	12,5
OR	5	31,2

Tabela 12 - Distribuição por categorias das respostas à questão 1.4. (turma 2)

Por último encontra-se a distribuição, pelas respectivas categorias, das respostas dadas pelos alunos da turma 3 à questão1.4.

Categoria de resposta	Nº de respostas	Distribuição (%)
RC	2	11,1
RI	4	22,2
RI + RA	3	16,7
RA	4	22,2
OR	5	27,8

Tabela 13 - Distribuição por categorias das respostas à questão 1.4. (turma 3)

Na figura 20 encontra-se o enquadramento das respostas dadas, pelos alunos de todas as turmas as turmas envolvidas no estudo, nas respectivas categorias.

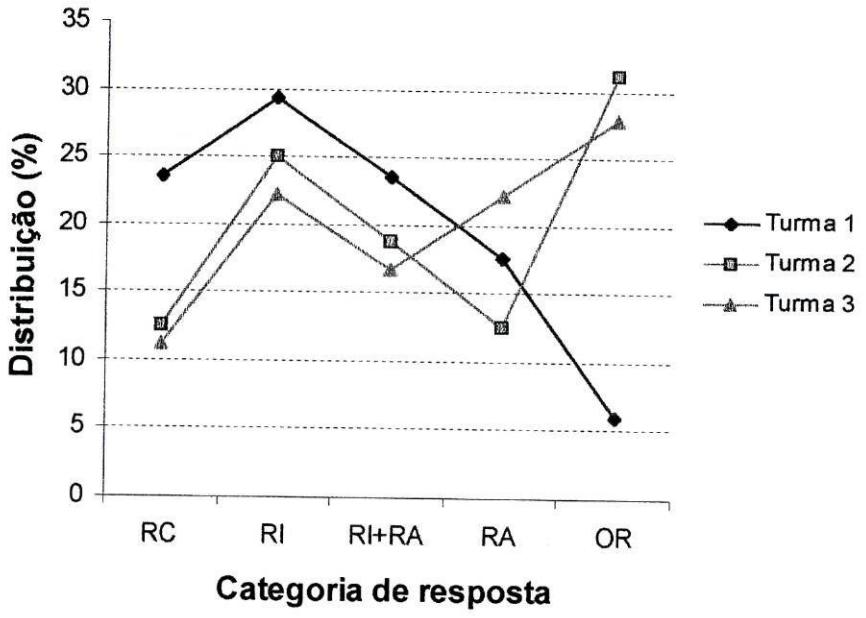


Figura 20 - Distribuição em percentagem pelas categorias das respostas dadas à questão 1.4. do pós-teste (todas as turmas).

A partir dos resultados obtidos na análise de conteúdos efectuada, à questão 1.4. do pós-teste, pode-se referir que os resultados globais independentemente do método usado não são muito satisfatórios uma vez que:

- nenhuma das categorias conduziu a mais de 50% de respostas incluídas na categoria RC (resposta correcta).
- a categoria de resposta predominante para as turmas 2 e 3 é a OR (outra resposta) que inclui as respostas que ou não foram apresentadas ou delas não constam elementos considerados correctos para responder à questão.
- na turma 1 as respostas pertencem predominantemente à categoria RI (resposta incompleta) que inclui as respostas que apresentam apenas alguns elementos considerados correctos.

No entanto, é também de referir que na turma 1 as respostas pertencentes à categoria OR apareceram em minoria o que demonstra um melhor desempenho dos alunos desta turma. Verificou-se ainda que, na maior parte dos casos, os alunos não recorreram à teoria das colisões para justificar a resposta e foram pouco cuidadosos em referir as unidades para o intervalo de tempo.

5.5.2 Questão 2.4. do pós-teste:

*Para o **Ensaio I**, indica o intervalo de tempo em que a velocidade média da reacção foi maior. Justifica.*

Depois da recolha de todas as respostas dadas pelos alunos e da definição de categorias de resposta (capítulo IV), foram classificadas as respostas de acordo com as respectivas categorias.

Para a resposta pertencer à categoria "RC" - resposta correcta - os alunos teriam que considerar os intervalos de tempo entre 0,0 e 2,0 minutos ou entre 0,0 e 4,0 minutos e que justificar de acordo com:

1) A maior variação de volume do produto de reacção para um intervalo de tempo constante.
2) A teoria das colisões, baseando-se na maior concentração de reagentes no início da reacção.
3) Cálculos de velocidade adequados.

Na tabela 14 encontra-se a distribuição das respostas pelas respectivas categorias para a turma 1.

Categoria de resposta	Nº de respostas	Distribuição (%)
RC	4	23,5
RI	5	29,4
RI + RA	3	17,6
RA	4	23,5
OR	1	5,9

Tabela 14 - Distribuição por categorias das respostas à questão 2.4. (turma 1)

A distribuição das respostas dadas pelos alunos da turma 2 pelas categorias encontra-se na tabela 15.

Categoria de resposta	Nº de respostas	Distribuição (%)
RC	1	6,2
RI	6	37,5
RI + RA	1	6,2
RA	3	18,7
OR	5	31,2

Tabela 15 - Distribuição por categorias das respostas à questão 2.4. (turma 2)

Na tabela 16 pode observar-se a distribuição das respostas dadas pelos alunos da turma 3 pelas categorias definidas anteriormente.

Categoria de resposta	Nº de respostas	Distribuição (%)
RC	2	11,1
RI	9	50,0
RI + RA	1	5,6
RA	2	11,1
OR	4	22,2

Tabela 16 - Distribuição pelas categorias das respostas à questão 2.4. (turma 3)

Na figura 21 encontra-se o enquadramento das respostas dadas, pelos alunos das turmas envolvidas no estudo, nas respectivas categorias.

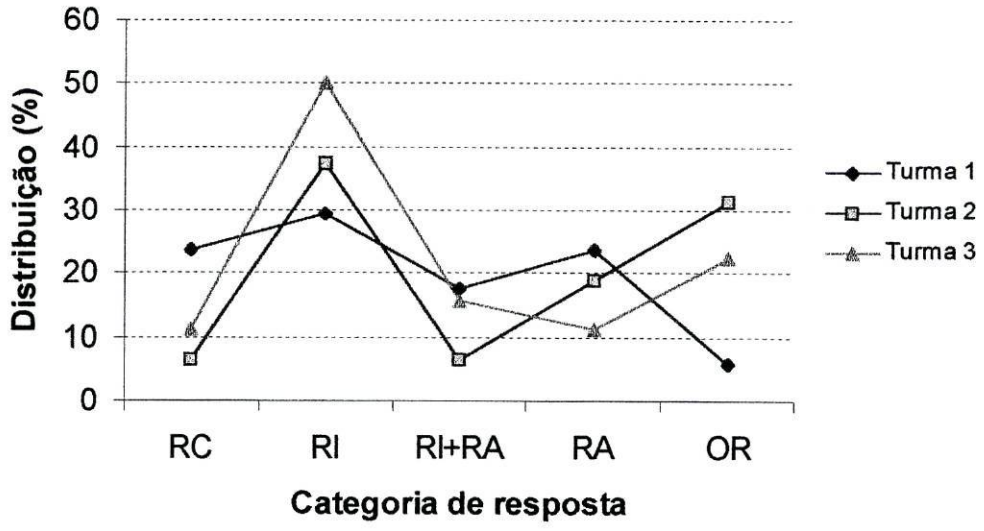


Figura 21 - Distribuição em percentagem pelas categorias das respostas dadas à questão 2.4. do pós-teste (todas as turmas)

Da análise dos resultados obtidos pode-se concluir que para todas as turmas a categoria de resposta com maior percentagem de respostas foi a RI (resposta incompleta) e que atinge o valor máximo de 50% de respostas para a turma 3 onde as

apresentações de resultados durante as aulas foi feita com gráficos. A frequência de respostas pertencentes à categoria OR (outras respostas) é elevada para as turmas 2 e 3.

Pelo que foi referido pode-se concluir que os alunos não conseguiram de uma forma satisfatória responder à questão colocada uma vez que nenhum dos métodos utilizados para apresentação de dados conduziu a uma percentagem de respostas pertencentes à categoria RC (resposta correcta) superior a 50%.

Também se pode constatar que a maior parte das respostas dadas e incluídas na categoria RI os alunos ou não justificaram a escolha do intervalo de tempo, ou quando o fizeram foram pouco rigorosos cientificamente não tendo apresentado as unidades para o intervalo de tempo. Nas respostas incluídas na categoria RA (resposta alternativa) os alunos não souberam procurar no gráfico o que interessava para resolver a questão que seria o intervalo de tempo em que houve uma maior variação de volume de hidrogénio, tendo escolhido o intervalo de tempo em que havia mais hidrogénio.

5.6 Resultados das conversas informais e do teste sumativo de avaliação

Em relação às conversas informais com a professora que leccionou as aulas verificou-se que a docente estava muito motivada e consciente da importância do estudo, embora não conseguisse fazer prognósticos a respeito dos resultados do mesmo. Após ter sido informada dos resultados obtidos no estudo apercebeu-se de imediato que estes não coincidiam com a avaliação final que os alunos tinham obtido no problema acerca da velocidade das reacções que ela, mais tarde (Dezembro), incluiu no seu teste e que gentilmente cedeu à investigadora bem como os resultados obtidos pelos alunos no mesmo.

No teste sumativo de avaliação os alunos que obtiveram melhores resultados foram os da turma 3, seguindo-se os da turma 1 tendo os resultados mais baixos pertencido à turma 2. É de salientar que depois da realização do estudo todos os alunos fizeram a actividade experimental que estava inicialmente planeada,

registaram os valores do volume de hidrogénio libertado e o tempo e em seguida construíram e interpretaram o gráfico (volume de hidrogénio formado em função do tempo). Por último calcularam a velocidade média da reacção em dois intervalos de tempo distintos. Estes resultados só se referem à resolução global do problema que foi colocado no teste. O ideal seria ter feito uma análise de conteúdo às respostas dadas pelos alunos à última alínea do problema mas o mesmo não se proporcionou, só nesse caso se poderia perceber se depois da nova metodologia seguida pela professora os alunos compreenderam o conceito de velocidade de reacção.

5.7 Parte de Matemática do pré-teste

Os resultados obtidos na parte de Matemática do pré-teste não formam usados para tirar qualquer espécie de conclusões. Não foi possível relacionar os conhecimentos de Matemática acerca de gráficos que os alunos trazem do 9º Ano com o restante estudo. Existem relações mais complexas do que as que foram previstas pela investigadora de início. O ideal seria um trabalho de equipa com investigadores da área da Matemática e da área da Química que trabalhassem em simultâneo. O que a investigadora percebeu em conversas com professores Matemática é que estes não têm noção dos conceitos que os professores de Química "precisam" que eles ensinem nas aulas e que seriam úteis para o ensino da Química, por outro lado os professores de Química também desconhecem os conteúdos do programa de Matemática. De qualquer modo e a título meramente consultivo os resultados obtidos no pré-teste do estudo principal encontram-se no anexo 11.

CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DA QUÍMICA

6.1 Introdução

Neste capítulo apresentam-se as conclusões e as implicações para o ensino da Química do estudo efectuado. A seguir são dadas algumas sugestões para futuras investigações.

6.2 Conclusões

A análise dos resultados permitiu tirar algumas conclusões acerca do estudo efectuado. Assim, em relação ao problema I (tabela), pode-se afirmar que não se observam diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos ganhos residuais corrigidos, no desempenho dos alunos quando durante as aulas lhes foram apresentados dados em tabelas e gráficos ou só em tabelas. Os alunos que só trabalharam com gráficos durante as aulas, tiveram um desempenho na resolução do problema I inferior ao das restantes turmas, sendo este resultado confirmado pela estatística (teste *t*). Pode-se então concluir que apresentar dados em gráficos e tabelas em simultâneo ou só tabelas é indiferente para a resolução de problemas em que os dados se apresentem em tabelas, não se podendo afirmar o mesmo para o caso em que só se utilizam gráficos.

Em relação ao problema II (gráfico) verificou-se que os ganhos residuais corrigidos médios (GRCM) foram diferentes para todas as turmas tendo sido a turma 1 a que obteve melhores resultados, situando-se em segundo lugar a turma 3 e em último posicionou-se a turma 2. Existem diferenças significativas demonstradas pelo teste *t* (p=0,01) entre as médias dos ganhos residuais corrigidos para as turmas 1 e 2 e para as turmas 2 e 3. A diferença entre as médias dos ganhos residuais corrigidos para as turmas 1 e 3 só é significativa para um nível de significância inferior (p=0,05). Portanto, na resolução de problemas sobre a velocidade de reacções, quando os dados se apresentam graficamente, mostram maiores ganhos os alunos que foram ensinados com os dados apresentados em tabelas e gráficos em simultâneo. Os alunos que trabalharam apenas com dados em gráficos obtiveram ganhos inferiores aos anteriores, no entanto melhores do que os alunos que trabalharam apenas com tabelas.

Na análise global do desempenho dos alunos relativamente aos problemas I e II, verificou-se que os alunos da turma 1 obtiveram maiores ganhos residuais de aprendizagem que os alunos das restantes turmas, havendo diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos ganhos obtidos por esta turma e pelas outras (p=0,01). Não se observaram diferenças entre as médias dos ganhos residuais de aprendizagem para as turmas 2 e 3 para qualquer nível de significância.

No que respeita à análise global pode-se concluir que terão resultados inferiores os alunos que trabalharem com dados apresentados só em gráficos ou só em tabelas, obtendo resultados mais favoráveis os que forem ensinados com as duas representações em simultâneo.

A análise de conteúdo das respostas dadas pelos alunos às questões 1.4. e 2.4. do pós-teste mostrou que nenhuma das estratégias surtiu efeitos a nível conceptual, uma vez que não conseguiram dar respostas satisfatórias, (RC maior do que 50%), a nenhuma das questões. Por isso concluiu-se que os alunos "mecanizaram" a resolução dos problemas mas não entenderam o conceito de velocidade de reacção dado que a maioria não soube seleccionar o intervalo de tempo em que a reacção ocorria a maior velocidade e justificar.

Algumas das conclusões tiradas neste estudo estão em conformidade com as conclusões a que chegaram Bowen *et al* (1999) num estudo realizado com alunos do ensino superior em que os autores verificaram que os alunos estavam apenas interessados em passar às cadeiras do curso, não tendo desenvolvido qualquer tipo de capacidade para interpretar gráficos, aprendendo só a aplicar a interpretação do professor. Também Boujaoude (1993) verificou que os alunos na resolução de um problema acerca de cinética química existiu uma ênfase exagerada no uso de algoritmos já aprendidos (equações e outras técnicas memorizadas para resolver os problemas, muitas vezes sem entender os conceitos químicos envolvidos.

É então evidente que se conjugam dois aspectos fundamentais que poderão funcionar como inibidores do desempenho dos alunos face à compreensão das representações gráficas e dos conceitos científicos envolvidos que são: por um lado, o facto dos alunos (e possivelmente o sistema de ensino) darem uma ênfase exagerada ao uso de algoritmos na resolução de exercícios e não "valorizar" o conhecimento dos conceitos; e por outro lado a falta de compreensão das relações expressas em gráficos e dos conceitos envolvidos.

Na Fundamentação Educacional, capítulo II, foram descritos com pormenor alguns estudos realizados acerca do uso do computador e as vantagens e desvantagens que daí poderiam advir em relação à compreensão de gráficos e das relações neles expressas. Na área da Química o estudo efectuado por Nakhleh e Krajcik (1993) sobre ácido-base revelou que os alunos que utilizaram o computador prestaram mais atenção ao desenho do gráfico, melhorando assim a sua compreensão de gráficos. No mesmo sentido Adams e Sttrum (1990) realizaram um estudo em que descrevem as vantagens da recolha e tratamento de dados em computador em vez da utilização de materiais usuais de laboratório. Na área da Física e em relação à cinemática, foram vários os estudos desenvolvidos por Brasell (1987), Solomon *et al* (1991), Féteira e Teodoro [2000] tendo chegado de uma forma geral à conclusão que o uso do computador aumenta a compreensão dos alunos no que se refere aos gráficos, mas que se detectaram algumas dificuldades no que respeita ao entendimento dos conceitos, como por exemplo o conceito de velocidade.

Por isso, uma das sugestões para tentar levar os alunos, pelo menos, a compreender as relações expressas em gráficos é a utilização do computador. Mas, em Portugal, relativamente à disciplina de Matemática, o estudo de Guimarães *et al* (1998) citado por Paiva [2001] refere que:

- "as escolas estão mal equipadas a nível de material informático: em 66% por cento das escolas os computadores não existem ou são insuficientes, sendo considerados suficientes apenas em 30% das escolas (escolas do 2° e 3° ciclos do ensino básico e ensino secundário)
- falta de software específico para a matemática
- os professores ignoram os computadores
- e, os professores que não os ignoram vêem o seu acesso dificultado pelos docentes da área de informática
- donde resulta que, 88% dos professores do 2° e 3° ciclos do ensino básico e do ensino secundário nunca utilizam computadores nas aulas ou raramente o façam, 7% dos professores os utilizem em algumas aulas, 1% em muitas aulas e 0% sempre ou quase sempre. Relativamente ao 1° ciclo os dados são quase iguais: 81% nunca utilizam computadores nas aulas, 5% raramente, à vezes e 0 % sempre."

Em relação à disciplina de Ciências Físico-Químicas a investigadora não conhece dados estatísticos, mas pelo que tem observado a situação não será diferente da que se refere para a Matemática, não tanto ao nível do software nem das dificuldades com os docentes da área de Informática, mas pela falta de computadores, de professores com formação e pelo elevado número de alunos por turma. Os professores devem estar aptos para usar todas as tecnologias que estão ao seu dispor, e têm sobretudo que conseguir adaptar a evolução à realidade em que trabalham sem perder a vontade de continuar a aprender e a esforçar-se por disponibilizar o seu conhecimento para aumentar a qualidade de vida de todos. No entanto não podem esquecer a realidade que têm de enfrentar porque apesar dos sensores já existirem em algumas escolas e os professores terem manifestado interesse em aprender a utilizá-los na realidade ainda se está longe de conseguir aproveitar os benefícios que foram referidos ao longo do estudo, e que de certo modo poderiam vir minimizar alguns dos problemas que este trabalho vem pôr a descoberto.

A falta de meios não deverá contudo, servir de desculpa para que os professores não invistam na sua formação e considerem que não vale a pena tentar. Se um professor conseguir vencer o insucesso, na sua aula com os seus alunos, constituirá um exemplo positivo de que é possível fazer alguma coisa para todos os que já deixaram de acreditar ou que até nunca acreditaram.

Apesar da utilização da computador, em particular a utilização de programas que traçam gráficos em tempo real (MBL), poder minorar as dificuldades da interpretação de gráficos por parte dos alunos outras dificuldades se colocam nomeadamente ao nível da transposição do que os alunos observam no computador e os fenómenos na realidade. Solomon *et al* (1991) sugeriram que a ligação entre o micromundo do ecrã e a vida real deveria ser feita à custa de problemas situados em contextos relacionados com as vivências dos alunos. Por outro lado, já foram aqui referidas algumas das dificuldades que surgiram ao nível da resolução e interpretação de problemas quando os dados são apresentados de diferentes formas. Isto leva a pensar que por qualquer "caminho" que se siga novas dificuldades se vão encontrar. O importante é que os professores tenham consciência destas dificuldades e as entendam como novos desafios e novos pontos de partida para a procura de soluções, tendo sempre presente que cada aluno é um aluno e que cada problema que surge no

ensino precisa de uma solução concreta que tente conciliar, se possível, os interesses de todos os intervenientes no processo de ensino-aprendizagem.

Não se pode conceber o ensino formal pensando exclusiva e isoladamente no aluno, no professor, ou na sociedade. É necessário conjugar todos os saberes: o dos investigadores, o dos professores (também às vezes investigadores), o da sociedade e o dos alunos para que o ensino não seja, cada vez mais, individualista, indiferente e ineficaz. Não é possível fazer reformas a nível de ensino, qualquer que seja a escala, se não se conseguirem envolver todos os intervenientes no processo. Parece que todos trabalham com os mesmos objectivos e têm conhecimento do que os outros fazem e que todos se apoiam e trabalham em estreita colaboração, são estas por exemplo algumas das pretensões do Projecto de Autonomia e Gestão das Escolas em curso, mas...

Um pequeno exemplo servirá para contrariar esta ideia porque apesar de já se terem feito vários trabalhos de investigação na área da Educação em Ciência, incluindo em Portugal, a experiência da investigadora, é que esses trabalhos não têm obtido grande projecção na escola. Um estudo desenvolvido por Castro (2000) mostrou que o (re)conhecimento dos trabalhos desenvolvidos ao nível da Investigação em Didáctica das Ciências tem sido bastante limitado no que respeita à sua identificação nos Manuais Escolares e Programas Oficiais, bem como na reduzida cultura de leitura das revistas da especialidade.

6.3 Implicações para o ensino da Química

Como implicações para o ensino da Química é importante salientar que os alunos submetidos a um determinado tipo de representação poderão obter melhores resultados com essa representação do que com uma representação análoga, devendo-se ter cuidado na elaboração dos problemas que são propostos aos alunos na avaliação. O facto de se ter verificado que, possivelmente, os alunos não compreendem as relações implícitas num gráfico, mas apenas memorizam a resolução de problemas sem perceberem os conteúdos científicos, deve alertar os professores para o caso da utilização de representações gráficas porque poderão estar a alterar o grau de dificuldade sem se aperceberem. A partir das conclusões do estudo verifica-

se que há necessidade de arranjar estratégias ou metodologias alternativas de modo a que os alunos compreendam o conceito de velocidade de reacção e as relações que existem entre os conceitos e os dados apresentados em gráficos e tabelas.

Uma implicação no ensino já verificada, e que causou uma grande satisfação à investigadora, foi o facto da professora que leccionou as aulas ter colocado mais tarde no seu teste uma questão acerca da velocidade das reacções em que apresentou os dados em tabelas e gráficos (anexo 11) demonstrando, assim, a sua sensibilização para o problema em questão neste estudo.

6.4 Sugestões para futuras investigações

As conclusões deste estudo trazem implicações imediatas para o ensino, por isso, seria importante que de futuro se fizessem investigações idênticas utilizando-se amostras maiores e se alargasse o estudo a tópicos diferentes, podendo-se citar a título de exemplo o equilíbrio químico.

É também relevante saber exactamente como os alunos interpretam os gráficos, deste modo sugere-se que sejam concebidos estudos baseados na interpretação de gráficos que utilizem tópicos de Química.

Impõe-se também a necessidade de encontrar estratégias que promovam o desenvolvimento das capacidades dos alunos ao nível da compreensão de gráficos e dos conceitos científicos neles envolvidos, por isso sugere-se que se realizem estudos que procurem ir de encontro a estes objectivos.

Uma outra relação importante, que constituiu inicialmente um dos objectivos do estudo, embora depois não se tenha conseguido explorar, é a questão da utilização de gráficos em diferentes disciplinas como a Matemática, a Física e a Química. Será que a transversalidade ao nível da representação científica de dados, entre estas disciplinas, está a ser bem feita? Constituirá uma mais valia para o ensino da Física e da Química o facto dos alunos "aprenderem" gráficos em Matemática ? Ficam as questões e sugere-se que alguém convenientemente habilitado lhes possa responder, com clareza, no futuro, muito embora se considere que será uma tarefa bastante difícil !

Além das anteriores, muitas outras sugestões para futuras investigações foram apresentadas pelos autores dos estudos descritos na fundamentação teórica, capítulo II. Algumas das questões parecem até muito relevantes e podem citar-se:

- Como é que a compreensão de representações por parte dos alunos muda com o tempo?
- Como é que a compreensão de representações por parte dos alunos muda à medida que interactuam com o professor?

BIBLIOGRAFIA

ÅBERG-BENGTSSON, L. (1999). Dimensions of Performance in the Interpretation of Diagrams, Tables, and Maps: Some Gender Differences in the Swedish Scholastic Aptitude Test. *Journal of Research in Science Teaching,* **36** (5), 565-582.

ADAMS, D. D. & STTRUM, J.W. (1990). The Effects of Microcumputer-Based Exercises on tthe Acquisition of Line Graph Construction and Interpretation Skills by High School Biology Students. *Journal of Research in Science Teaching,* **27** (8), 15-23.

AICHINGER, E. C., Bach, S. W. & Moreira, D. R. (1981). *Química 3 - Físico-Química*, Editora pedagógica Universitária, São Paulo.

ARENS, R.I. (1995). *Aprender a Ensinar.* McGraw Hill.

ATKINS, P. W. (1990) *Physical Chemistry* (4ª Ed.). Oxford University Press.

BARTON, R. (1997). How do computers affect graphical interpretation ? *School Science Review*, **79** (287), 55-60.

BELL, J. (1997). *Como realizar um Projecto de Investigação* (1ª Ed.). Gradiva Editora.

BERG, C.A. & PHILLIPS, D.G. (1994). An Investigation of the Relationship between Logical Thinking Structures and Ability to Construct and Interpret Line Graphs. *Journal of Research in Science Teaching* **31** (4), 323-344.

BOWEN, G. M., ROTH, W-M. & MCGINN, M. K. (1999). Interpretations of Graphs by University Biology Students and Practising Scientists: Toward a Social Practice View of Scientific Representation Practices. *Journal of Research in Science Teaching* **36** (9), 1020-1043.

BOUJAOUDE, S. (1993). *Students' Systematic Errors When Solving Kinetic and Chemical Equilibrium Problems.* Paper apresentado no Encontro Anual da Associação Nacional de Investigadores em Ensino da Ciências realizado em Atlanta.

BRASELL, H. (1987). The Effect of Real-Time Laboratory Graphing on Learning Graphic Representations of Distance and Velocity. *Journal of Research in Science Teaching* **24** (4), 385-395.

CAMILLI, G. & BULKLEY, K. [10/06/2001]. *Critique of " An Evaluation of the Florida A Plus Accountability and School Choice Program"Educations Policy Analyses Archives.*
Internet: http//epaa.asu.edu/epaa/van7//em

CAMPBELL, D. T. & COOK, T. D. (1979). *Quasi-experimentation Design & Analysis Issues For Field Settings*, Rand McNally College Publishing Company; Chicago.

CAMPBELL, D. T. & KENNY, D. A. (1999). *A primer on regression artifacts*, A Division of Guilford Publicatios, Inc.

CAMPBELL, D. T. & RUSSO M. J. (1999). *Social Experimentation*, Sage Publications Inc.

CANAVARRO, J. M. (1999). *Ciência e Sociedade*. Quarteto Editora, Coimbra.

CARMO, H. & FERREIRA M. M. (1998). *Metodologia da Investigação - Guia para auto-aprendizagem*, Universidade Aberta, Lisboa.

CARVALHO, R. (1947). "Sobre a correlação entre a Matemática e a Física no Ensino Liceal", *Gazeta da Física*, VIII (**31**), 11-13.

CASTRO, M.F. (2000). A Investigação em Didáctica e o Conhecimento Profissional dos Professores de Físico-Química - contributos para optimizar a sua articulação. Tese de Mestrado em Educação. Universidade do Minho. Braga. (Não publicada)

CHANG, R. (1994). *Química*, McGraw-Hill, Portugal.

COHEN, L. MANION, L. (1994). *Research Methods In Education* (4ª Ed.), Routledge.

CORRÊA, C., NUNES, A. & ALMEIDA, A. (1998). *Química - 10º Ano*, Porto Editora, Porto.

COSTA J.A., MELO & SAMPAIO, A. (1998). *Dicionário da Língua Portuguesa*, Dicionários Editora, Porto Editora.

CURCIO, F. R. (1987). Comprehension of Mathematical Relationships Expressed in Graphs. *Journal of Research in Mathematics Education* Vol.18, No 5.

DEPARTAMENTO DO ENSINO SECUNDÁRIO (1996). *Orientações de Gestão de Programas - Ciências Físico-Químicas 10º -11º Anos*. Ministério da Educação.

D'HAINAUT, L. (1992). *Conceitos e Métodos da Estatística, Vol.II, Duas ou três variáveis segundo duas ou três dimensões*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

DUARTE, M. C. & SILVA, J. L. (1995). O computador no ensino ensino/aprendizagem das ciências. Uma nova forma de utilização. *Revista Portuguesa de Educação*, **8** (2), 69-78. Universidade do Minho.

DURÃO, E. & BALDAQUE, M. M (1999). *Mat 8 - Matemática 8º Ano*, Vol.I (1ª Ed.). Texto Editora, Lisboa.

FELTRE, R. (1994). *Química - Na Abordagem do Cotidiano - Físico-Química 2*, Tito & Canto Editora Moderna, São Paulo.

FELTRE, R. (1992). *Química Volume 2 Físico-Química 2* (3ªEd). Editora Moderna. São Paulo.

FERGUSON, G. A. & TAKANE, Y. (1989). *Statistical Analysis in Psychology and Education* (6ª Ed.), McGraw-Hill International Editions.

FERNANDES *et al.* (2000). *Matemática 9 - Matemática 9º Ano* (1ª Ed.). Areal Editores.

FÉTEIRA, E. & TEODORO, V.D.,[15/0/2000] *"Ratos" em movimento"- um estudo para computador.*
Internet: http://phoenix:sce.fct.unl.pt./simposio/28.htm.

FIGUEIRA, E. & RAMOS, J. L. [8/05/2001]. *Micromundos de aprendizagem como estratégia de integração do computador no currículo do ensino secundário*, Internet: http://phoenix.sce.fct.unl.pt/simposio/20.htm

FORMOSINHO, S. J. (1982). *Fundamentos de Cinética Química*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

GERBER, R. & BOULTON-LEWIS, G. (1998). Teachers Understanding of Graphic Representations of Quantitative Information, *Teachers and Teaching : theory and practice*; **4**, (1), 21-46.

GHIGLIONE, R. & MATALON, B. (1997). *O Inquérito : Teoria e Prática* (3ª Ed.), Celta Editora, Oeiras.

GLASS, G. V. & HOPKINS, K. D. (1984). *Statistical Methods in Education and Psychology* (2ª Ed.). Allyn and Bacon.

GOMES, M. & GOMES, M.A. (1997). *Nova Química 10 - Ciências Físico-Químicas 10º Ano*, Areal Editores, Porto.

GREEN, J. & D'OLIVEIRA, M. (1989). *Testes estatísticos em Psicologia*, Editorial Estampa, Lisboa.

Grande Dicionário Enciclopédico (1999) Ediclube.

GUILFORD, J. P. & FRUCHTER, B. (1984). *Fundamental Statistics in Psychology and Education* (6ª Ed.). McGraw-Hill.

GUIMARÃES, R. C., CABRAL, J. A. S. (1997). *Estatística,* McGraw-Hill, Portugal.

HÉBERT-LESSARD, M., GOYETTE, G. & BOUTIN, G. (1994). *Investigação Qualitativa - Fundamentos e Práticas*. Instituto Piaget, Lisboa.

HILL, M.M. & HILL, A. (2000). *Investigação por Questionário* (1ª Ed.). Edições Sílabo, Lisboa.

HOLLIDAY, W. G. (1976). Teaching verbal chains using flow-diagrams and texts. *AV Communication Review*, **24**, 63-78.

HOLLIDAY, W. G., BRUNNER, L. L. & DONAIS, E. L. (1977) Differential Cognitive and affective responses to flow diagrams in science. *Journal of Research in Science Teaching*, **14** (2), 129-138.

JAKSON, D. F., EDWARDS, B. J. & BERGER, C. F. (1993). Teaching the Design and Interpretation of Graphs Through Computer-Aided – Graphical Data Analysis. *Journal of Research in Scence Teaching* **30** (2), 483-501.

KETELE, J. M. & ROEGIERS, X. (1999). *Metodologia de recolha de Dados*, Instituto Piaget, Lisboa.

KOZMA, R. B. & RUSSELL, J., (1997). Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching* **34** (9), 949-968.

LENTON, G., STEVENS, B. & ILLES, R. (2000). Numeracy in science; pupils' understanding of graphs, *School Science Review*, **82** (299), 15-23.

MELLO, S. (1971). *Química Moderna*, 2° Volume (2ª Ed.). Editôra Renes.

MENDONÇA, L. & RAMALHO, M. (1999). *No Mundo em transformação - Ciências Físico-Químicas 8 ° Ano* (1ª Ed.).Texto Editora, Lisboa.

MENDONÇA, L. & RAMALHO, M. (1997). *Jogo de Partículas - Química 10 ° Ano* (1ª Ed.). Texto Editora, Lisboa.

MOKROS, J. R. & TINKER, R. F. (1987). The Impact of Microcomputer-Based Labs on the children's ability to interpret graphs, *Journal of Research in Science Teaching* **24** (4), 369-383.

NAKHLEH, M. B. & KRAJCIK, J. S. (1993). A Protocol Analysis of the Influence on Students' Actions, Verbal Commentary, and Thought Processes during the Performance of Acid-Base Titrations, *Journal of Research in Science Teaching* **30** (9), 1149-1168.

NEWTON, L. (1997) Graph talk: some obervations and reflections on student's data-logging. *School Science Review*, **79** (287), 49-54.

NOVAES, M. R. [15/12/2000]. *Sobre concepção de pesquisa.* Internet:http://www.uni.camp.br/ifcj/hs611/text.4.html

PAIVA, A. & MARTINIANO, J. [08/05/2001]. *As Novas Tecnologias de Informação e Comunicação no ensino/aprendizagem.*
Internet: http://www.ualg.pt/ceduc/cadeiras/m...oao/ensaio.html

PASSOS, I. C. & CORREIA, O. F. (2000). *Matemática em Acção*, 1º Vol. (2ª Ed.) 9º Ano/ 3º Ciclo do Ensino Básico, Lisboa Editora.

QUIVY, R. & CAMPENHOUDT, L.(1998). *Manual de Investigação em Ciências Sociais* (2ª Ed.). Gradiva Editora, Lisboa.

REGER, D., GOODE, S. & MERCER, E. (1997.) *Química : Princípios e Aplicações*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

REYNOLDS, R.E. & BAKER, D.R. (1987). The utility of graphical representations in text: some theoretical and empirical issues. *Journal of Research in Science. Teach*ing, **24** (2), 161-173.

ROGERS, L. (1997). New data-logging tools-new investigations. *School Science Review*, **79** (287), 61-68.

ROSSI, J. P. *et al.* (2000). *Os métodos de Investigação em Psicologia.* Instituto Piaget, Lisboa.

ROTH, W-M. & BOWEN, G. M. (1994). Mathematization of Experience in a Grade 8 Open-Inquiry Environment : An Introdution to the Representational Practices of Science. *Journal of Research in Science Teach*ing **31** (3), 293-318.

ROTH, W-M., TOBIN, K. & SHAW, K. (1997). Cascades of inscriptions and the re-presentation of nature : how numbers, tables, graphs, and money come to re-present a rolling ball. *International Journal of Science Education.* **29** (9), 1075-1091.

ROTH, W-M, BOWEN, G. M. & MCGINN, M.K. (1999). Differences in Graph-Related Practices between High School Biology Textbooks and Scientific Ecology Journals, *Journal of Research in Science Teaching* **36** (9), 977-1019.

SANTOS A. & TEODORO, V. (1997). *Química - 10 º Ano* (4ª Ed.). Didáctica Editora.

SANTOS; M. S. & FERREIRA, V.G., [10/05/2001]. *A interpretação de gráficos de barra em um ambiente computacional de manipulação de dados.* Internet: http//www.propesq.ufpe.br/comic98/anais...RES-CE-016.html

SANTOS, S. S. & MAGINA S. M. [15/09/2000]. *Quando os dados advindos da Realidade Cotidiana Fazem Sentido na Interpretação de Gráficos?* Internet: //www.proem.pucsp.br/projetos/tabletop/artigo_sandrinha.htm.

SOLOMON, J., *et al.* (1991). Can pupils learn through their own movement ? A study of the use of a motion sensor interface. *Physichal Education*, **26**, 345-349.

SOLOMON, J. (2001). Comunicação pessoal.

TROCHIM, W. [15/09/ 2000]. *Regression to the mean.* Internet: http:// trochim.human.cornell.edu./kb/regremean.htm

TROCHIM, W. [15/09/ 2000]. *Relationships among Pre-Pos Designs.* Internet:http:// trochim.human.cornell.edu./kb/desrel.htm

TROCHIM, W. [15/09/ 2000]. *Quasi-Experimental Design.* Internet:http:// trochim.human.cornell.edu./kb/quasiexp.htm

ANEXOS

Anexo 1 - Pré-teste do estudo exploratório

Nome _____ Nº____ Turma_____

1. Identifica, se existir, o tipo de proporcionalidade das grandezas representadas pelas tabelas:

1.1.

x	y
3	4,5
5	7,5
8	12
11	16,5

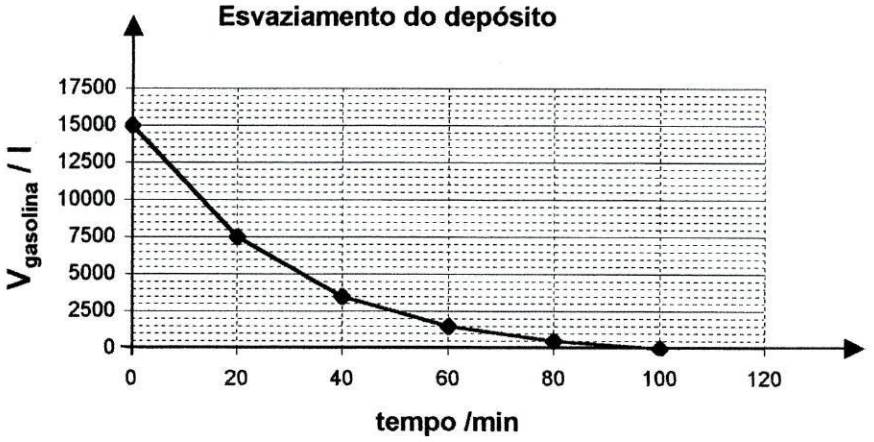
1.2.

x	y
1	12
2	9
3	6
4	4,5

1.3.

x	y
3	4
4	6
5	8
6	10

2. Um depósito de gasolina de um camião tem capacidade de 15000 litros. O gráfico seguinte refere-se ao seu esvaziamento.



2.1. O gráfico representa uma função ? Justifica._____

_____

2.2. Indica a variável independente e a variável dependente._____

_____

2.3. Quantos litros de gasolina tinha o depósito, quando se começou a esvaziar?

_____

2.4. Ao fim de 20 minutos, quanta gasolina havia no depósito?_____

2.5. Ao fim de quanto tempo podemos afirmar: " Já só falta esvaziar um sexto da gasolina. "_____

2.6. Com os dados do gráfico completa a tabela:

Tempo /min	0		80	100
Volume gasolina /l		2500		

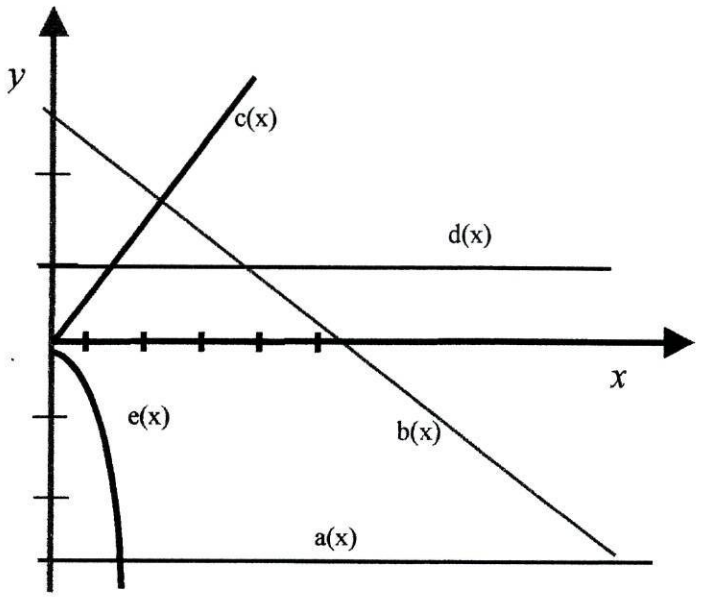
3. Observa os gráficos de funções representadas no mesmo sistema de eixos cartesianos. Indica os que traduzem:

3.1. Funções de proporcionalidade directa (y = kx)
l

3.2. Funções do tipo y = b e em que b>0

3.3. Funções do tipo y = kx + b

3.4. Funções quadráticas.



4. A reacção química **$2\ SO_2\ (g) + O_2\ (g) \longrightarrow 2\ SO_3\ (g)$** foi realizada em condições tais que foi possível registar os seguintes valores.

tempo/min	0,0	10,0	20,0	30,0
massa de SO_3 /g	0,0	30,0	45,0	50,0

4.1. Exprime a velocidade média da reacção relativamente à variação da massa das espécies químicas presentes.

4.2. Que massa de SO_3 se formou nos 10 minutos iniciais?_____

4.3. Determina a velocidade média da reacção no intervalo de tempo [10,0 min; 30,0 min].

4.4. Em que intervalo de tempo foi maior a velocidade média da reacção? Porquê?_____

_____

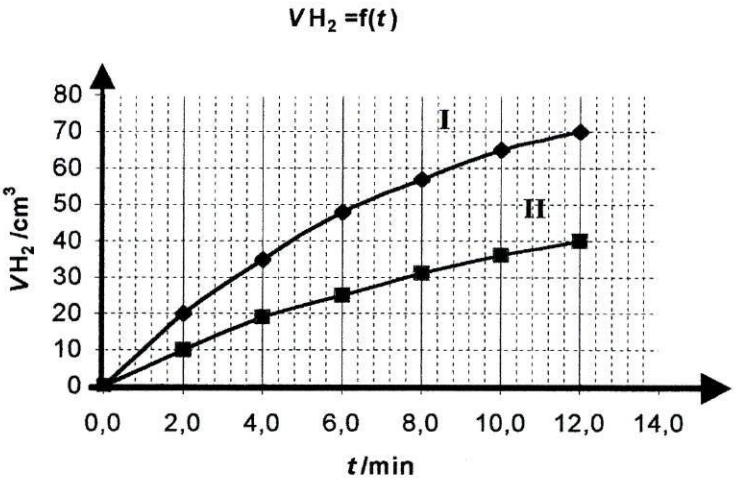
_____

_____

5. Realizaram-se dois ensaios, em condições diferentes, para medir a velocidade da reacção:

$$2\,HCl\,(aq.) + Mg\,(s) \longrightarrow MgCl_2\,(aq.) + H_2\,(g)$$

Para cada ensaio representou-se graficamente o volume de hidrogénio obtido em função do tempo.



5.1. Calcula a velocidade média d a reacção, **para o ensaio I**, no intervalo de tempo [0,0 min; 4,0 min].

5.2. Calcula a velocidade média da reacção, **para o ensaio II**, no intervalo de tempo [2,0 min; 6,0 min].

5.3. Indica qual dos ensaios foi realizado com uma maior concentração de HCl. Interpreta os resultados obtidos com base na teoria das colisões._____

_____

_____

5.4. Qual o ensaio que pode ter sido realizado a uma temperatura mais baixa?_____

_____

_____

5.5. Indica o ensaio ao qual se poderá ter adicionado um catalisador positivo._____

_____

_____

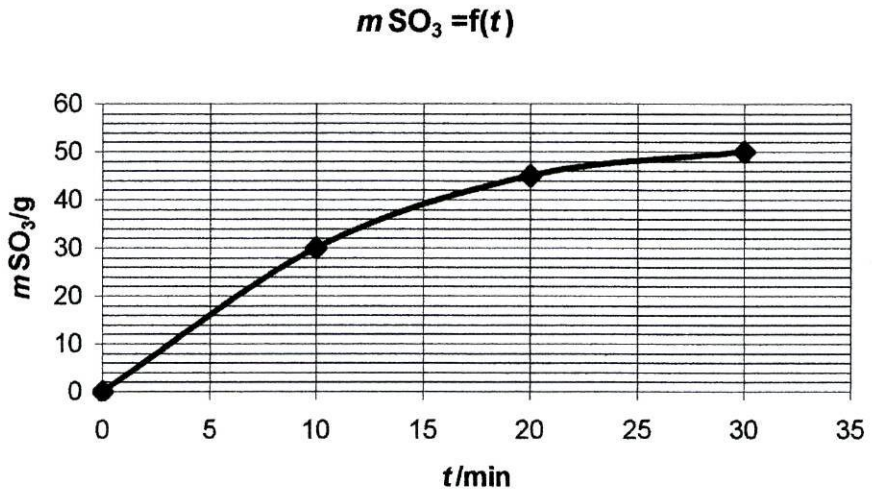
Este questionário tem por finalidade a recolha de informações para um trabalho de investigação na área da Química.

Muito obrigada pela colaboração

Anexo 2 - Pós-teste do estudo exploratório

Nome _____ Nº____Turma___

1. A reacção química $2\ SO_2\ (g) + O_2\ (g) \longrightarrow 2\ SO_3\ (g)$ foi realizada em condições tais que foi possível representar graficamente os valores da massa de SO_3 obtida em função do tempo.



1.1. Exprime a velocidade média da reacção relativamente à variação da massa das espécies químicas presentes.

1.2. Que massa de SO_3 se formou nos 5 minutos iniciais?_____

1.3. Determina a velocidade média da reacção no intervalo de tempo [10 min; 20 min].

4.4. Em que intervalo de tempo foi maior a velocidade média da reacção? Porquê?_____
_____
_____

2. Realizaram-se dois ensaios, em condições diferentes, para medir a velocidade da reacção:

$$H_2SO_4\ (aq.) + Mg\ (s) \longrightarrow MgSO_4\ (aq.) + H_2\ (g)$$

Os valores obtidos encontram-se na tabela seguinte:

	t/min	0,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0
Ensaio I	$V H_2/cm^3$	0	20	35	48	57	65	70
Ensaio II	$V H_2/cm^3$	0	10	19	25	31	36	40

2.1. Calcula a velocidade média da reacção, **para o ensaio I**, no intervalo de tempo [6,0 min; 12,0 min].

2.2. Calcula a velocidade média da reacção, **para o ensaio II**, no intervalo de tempo [6,0 min; 10,0 min].

2.3. Indica qual dos ensaios foi realizado com uma maior concentração de H_2SO_4. Interpreta os resultados obtidos com base na teoria das colisões.

2.4. Qual o ensaio que pode ter sido realizado a uma temperatura menor?

2.5. Indica o ensaio ao qual se poderá ter adicionado um catalisador positivo.

3. A velocidade de uma reacção pode ser influenciada por vários factores. Nos casos seguintes, indica os factores que alteram a velocidade da reacção e justifica baseando-te na teoria das colisões.

3.1. Deitou-se ácido concentrado sobre uma placa de mármore e sobre mármore em pó. No primeiro caso observa-se uma libertação regular de gás, e no segundo uma efervescência abundante.

3.2. Na indústria alimentar utilizam-se frequentemente inibidores químicos.

Este questionário tem por finalidade a recolha de informações para um trabalho de investigação na área da Química.

Anexo 3 - Plano da sequência didáctica do estudo exploratório

Ciências Físico-Químicas - 10 º Ano

UNIDADE Q2 – Velocidade das reacções

SUMÁRIO: Velocidade média de uma reacção química.

Estudo dos factores que influenciam a velocidade de uma reacção química.

Tópicos de Química:

Velocidade da reacção

Factores que afectam a velocidade das reacções.

Objectivos Gerais:

- Caracterizar a velocidade de uma reacção química em termos quantitativos
- Identificar os factores de que depende a velocidade de uma reacção química e explicar a velocidade à luz da teoria das colisões

Materiais necessários: Acetatos (2) ; Retroprojector ; Modelos moleculares

ESTRATÉGIAS:

- Informar os alunos que se vai iniciar uma sub-unidade dedicada ao estudo da velocidade das reacções químicas e esclarecê-los que o ramo da química que se dedica a este estudo se designa por Cinética Química.

- Lembrar os alunos que no 8º Ano já se fez uma pequena introdução a este estudo e tentar conhecer as ideias que os alunos trazem para a aula acerca do tópico em estudo.

- Perguntar aos alunos o que é necessário para que ocorra uma reacção química e tentar chegar à conclusão que para que uma reacção química ocorra é necessário haver reagente(s) que entrem em contacto uns com os outros...

- Indagar, se no caso das reacções químicas ocorrerem elas demoram todas o mesmo intervalo de tempo? Concluir que as reacções ocorrem a velocidades diferentes. Pedir aos alunos exemplos de reacções que ocorram a velocidades diferentes. Referir algumas reacções já conhecidas dos alunos que ocorram a velocidades diferentes como por exemplo: **digestão dos alimentos, combustão de um fósforo, corrosão dos metais, formação do petróleo.**

- Informar que a velocidade da reacção pode ser vista qualitativa e quantitativamente. Assim, por exemplo para a reacção:

Aspecto qualitativo:

$$\underbrace{CO\,(g) + NO_2}_{\textbf{avermelhado}} \rightarrow \underbrace{CO_2\,(g) + NO\,(g)}_{\textbf{incolor}}$$

A rapidez com que se processa a mudança de intensidade da coloração fornece uma ideia da velocidade desta reacção.

Aspecto quantitativo:

Numa reacção química as concentrações variam ao longo do tempo.

- Referir que a velocidade de uma reacção pode ser medida pela quantidade consumida de qualquer um dos seus reagentes ou pela quantidade formada de qualquer um dos seus produtos de reacção, num determinado intervalo de tempo.

- Explicar como se pode determinar experimentalmente a velocidade de uma reacção química, apresentando os resultados obtidos para a reacção entre o zinco e o ácido sulfúrico.(ACETATOS 1, 2)

1. Concluir através dos dados da tabela e do gráfico apresentados, que ao longo de uma reacção química, a velocidade da reacção não é constante, ela diminui ao longo do tempo, à medida que decorre a reacção química.

2. Evidenciar que a diferença de rapidez entre o período inicial e final da reacção está traduzida pelas diferentes inclinações da curva do gráfico:
- **No início, a curva é mais inclinada ⇒ velocidade mais elevada.**
- **No final, a curva é menos inclinada ⇒ velocidade mais reduzida.**

- Explicar que, como a velocidade das reacções varia ao longo do tempo, em vez de se utilizar o termo velocidade utiliza-se o termo velocidade média.

- Referir que, em geral, a velocidade média de uma reacção química se define em termos de variação da concentração de um reagente ou de um produto por unidade de tempo $v_m = \frac{\Delta C}{\Delta t}$ No caso de se determinar a variação de volume ou de massa na equação aparecerá ΔV ou Δm respectivamente.

- Pedir a um aluno para efectuar, no quadro, o cálculo da velocidade média da reacção entre o zinco e o ácido sulfúrico, para diferentes intervalos de tempo, verificar que, de acordo com o já visto anteriormente, a velocidade média diminui ao longo do tempo.

- Rever a teoria cinético-molecular e concluir que, quando uma reacção química ocorre há um rearranjo das partículas dos reagentes, ou seja, há rotura das ligações seguida da formação de novas ligações químicas.

- Para a reacção de formação de água, apresentar modelos moleculares e explicar as várias possibilidades de colisão entre as partículas reagentes (O_2 e H_2). Tentar encontrar uma interpretação das reacções químicas a nível microscópico.

- Relembrar a Teoria das Colisões, e explicar que a ruptura das ligações só ocorre quando as colisões entre as partículas reagentes são eficazes.

- Descrever a influência da temperatura, concentração, estado de divisão das partículas e catalisadores, na velocidade das reacções e procurar conduzir os alunos a uma explicação do modo de actuação desses factores à luz da Teoria das Colisões.

- Recordar a existência de catalisadores positivos (ou, simplesmente, catalisadores) e de catalisadores negativos (ou inibidores); apresentar um acetato onde se encontra esquematizado o modo de actuação de um catalisador.

- Lembrar aos alunos a existência de catalisadores biológicos, designados por enzimas, que com certeza já estudaram também em Ciências Naturais ou em Biologia e explicar as semelhanças e diferenças entre os catalisadores químicos e os catalisadores biológicos.

- Referir a alguns catalisadores biológicos e o modo de actuação dos CFC' S na camada de ozono.

OBSERVAÇÕES:

As estratégias seleccionadas na página anterior foram diferentes para cada uma das turmas envolvidas no estudo:

Na **turma 1** os dados para a reacção só foram apresentados na tabela não se tendo feito as considerações que constam no ponto 2.
Na **turma 2** os dados só foram apresentados em gráficos.

Como medir a velocidade de uma reacção química?

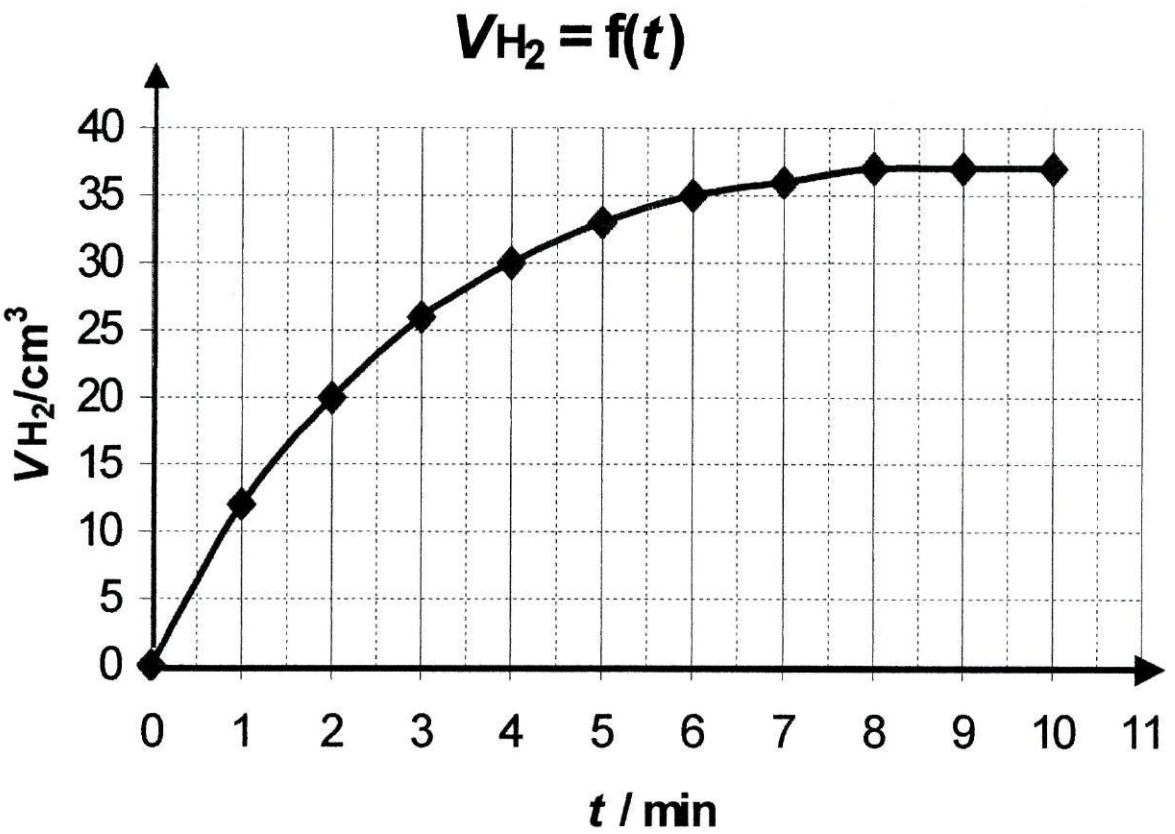
$$Zn\ (s) + H_2SO_4\ (aq.) \longrightarrow ZnSO_4\ (aq.) + H_2\ (g)$$

Tempo / min	Volume (H_2) / cm^3
0,0	0
1,0	12
2,0	20
3,0	26
4,0	30
5,0	33
6,0	35
7,0	36
8,0	37
9,0	37
10,0	37

(ACETATO 1)

Como medir a velocidade de uma reacção química?

$$Zn\ (s) + H_2SO_4\ (aq.) \longrightarrow ZnSO_4\ (aq.) + H_2\ (g)$$



(ACETATO 2)

Anexo 4 - Pré-teste do estudo principal

Nome _____ Nº____ Turma_____

1. Identifica, se existir, o tipo de proporcionalidade das grandezas representadas pelas tabelas:

1.1.

x	y
3	4,5
5	7,5
8	12
11	16,5

_____

1.2.

x	y
1	12
2	9
3	6
4	4,5

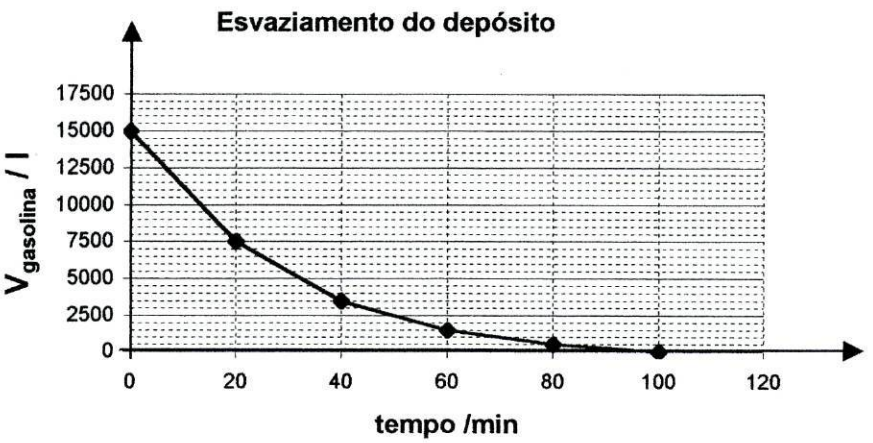
_____

1.3.

x	y
3	4
4	6
5	8
6	10

_____

2. Um depósito de gasolina de um camião tem capacidade de 15000 litros. O gráfico seguinte refere-se ao seu esvaziamento.



2.1. O gráfico representa uma função ? Justifica._____

_____

2.2. Indica a variável independente e a variável dependente._____

_____

2.3. Quantos litros de gasolina tinha o depósito, quando se começou a esvaziar?

_____

2.4. Ao fim de 20 minutos, quanta gasolina havia no depósito?_____

2.5. Ao fim de quanto tempo podemos afirmar: "Já só falta esvaziar um sexto da gasolina."_____

2.6. Com os dados do gráfico completa a tabela:

Tempo /min	0		80	100
Volume gasolina /l		2500		

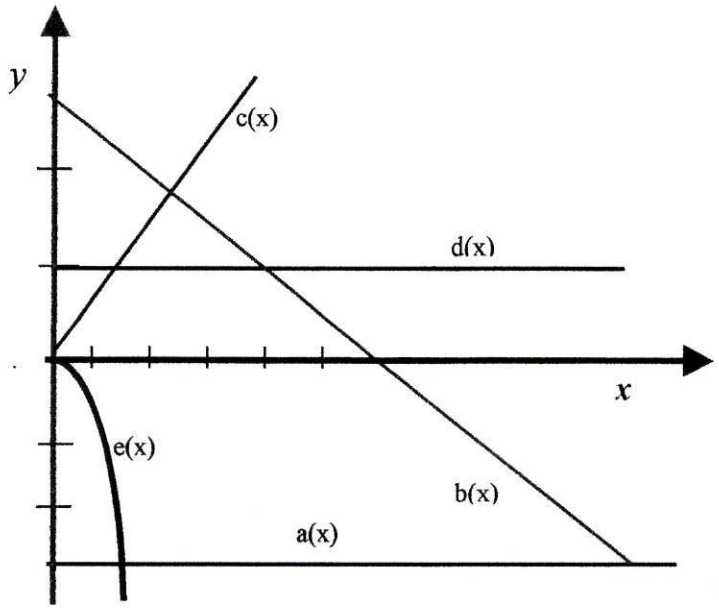
3. Observa os gráficos de funções representadas no mesmo sistema de eixos cartesianos. Indica os que traduzem:

3.1. Funções do tipo y = kx

3.2. Funções do tipo y = b e em que b>0

3.3. Funções do tipo y = kx + b

3.4. Funções quadráticas.



Química - PROBLEMA I

1. A reacção química **$2\ SO_2\ (g) + O_2\ (g) \longrightarrow 2\ SO_3\ (g)$** foi realizada em condições tais que foi possível registar os seguintes valores.

tempo / min	0,0	10,0	20,0	30,0
massa de O_2 /g	50,0	20,0	10,0	4,0

1.1. Que massa de O_2 havia decorridos 10 minutos de reacção?_____

1.2. Calcula a velocidade média da reacção no intervalo de tempo [0,0 min; 20,0 min].

1.3. Calcula a velocidade média da reacção no intervalo de tempo [20,0 min; 30,0 min].

1.4. Em que intervalo de tempo foi maior a velocidade média da reacção? Porquê?_____

_____

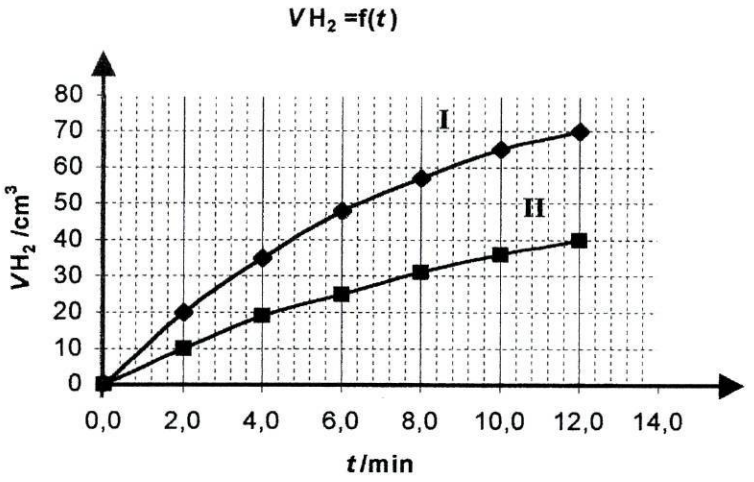
_____

PROBLEMA II

2. Realizaram-se dois ensaios, em condições diferentes, para medir a velocidade da reacção:

$$2\,HCl\,(aq.) + Mg\,(s) \longrightarrow MgCl_2\,(aq.) + H_2\,(g)$$

Para cada ensaio representou-se graficamente o volume de hidrogénio obtido em função do tempo.



2.1. Indica o volume de hidrogénio libertado ao fim de 2,0 minutos, **no ensaio II**.

_____

2.2. Calcula a velocidade média da reacção, **para o ensaio I**, no intervalo de tempo [0,0 min; 4,0 min].

2.3. Calcula a velocidade média da reacção, **para o ensaio II**, no intervalo de tempo [2,0 min; 6,0 min].

2.4. Para o ensaio I, indica o intervalo de tempo em que a velocidade média da reacção foi maior. **Justifica**?_____

_____

_____

2.5. Qual o ensaio que pode ter sido realizado com uma maior concentração de HCl?____

_____

2.6. Indica o ensaio ao qual se poderá ter adicionado um catalisador positivo._____

_____

Este questionário tem por finalidade a recolha de informações para um trabalho de investigação na área da Química.

Muito obrigada pela colaboração.

Anexo 5 - Pós-teste do estudo principal

Nome _____ Nº____Turma____

PROBLEMA I

1. A reacção química $2\ N_2O_5\ (s) \longrightarrow 4\ NO_2\ (g) + O_2\ (g)$ foi realizada em condições tais que foi possível registar os seguintes valores.

tempo / min	0,0	10,0	20,0	30,0
massa de O_2 /g	0,0	30,0	45,0	50,0

1.1. Que massa de O_2 havia decorridos 10 minutos de reacção?_____

1.2. Calcula a velocidade média da reacção no intervalo de tempo [0,0 min; 20,0 min].

1.3. Calcula a velocidade média da reacção no intervalo de tempo [20,0 min; 30,0 min].

1.4. Em que intervalo de tempo foi maior a velocidade média da reacção? Porquê?_____

_____

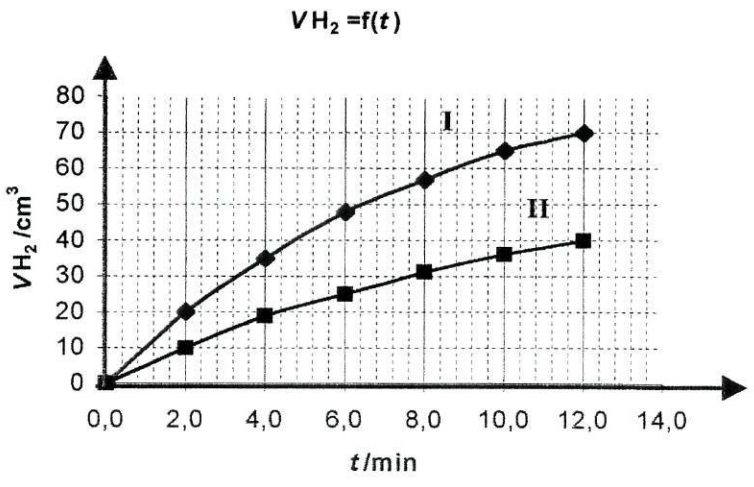
_____

PROBLEMA II

2. Realizaram-se dois ensaios, em condições diferentes, para medir a velocidade da reacção:

$$H_2SO_4\ (aq.) + Fe\ (s) \longrightarrow FeSO_4\ (aq.) + H_2\ (g)$$

Para cada ensaio representou-se graficamente o volume de hidrogénio obtido em função do tempo.



2.1. Indica o volume de hidrogénio libertado ao fim de 2,0 minutos, **no ensaio II**.

_____

2.2. Calcula a velocidade média da reacção, **para o ensaio I**, no intervalo de tempo [0,0 min; 4,0 min].

2.3. Calcula a velocidade média da reacção, **para o ensaio II**, no intervalo de tempo [2,0 min; 6,0 min].

2.4. Para o ensaio I, indica o intervalo de tempo em que a velocidade média da reacção foi maior. **Justifica**._____

_____

_____

2.5. Qual o ensaio que pode ter sido realizado com uma maior concentração de H_2SO_4?_____

2.6. Indica o ensaio ao qual se poderá ter adicionado um catalisador positivo._____

_____

Este questionário tem por finalidade a recolha de informações para um trabalho de investigação na área da Química.

Muito obrigada pela colaboração.

Anexo 6 - Plano da sequência didáctica do estudo principal

Ciências Físico-Químicas - 10 º Ano

UNIDADE Q2 – Velocidade das reacções

SUMÁRIO: Velocidade média de uma reacção química.

Tópico de Química:

Velocidade da reacção

Objectivo Geral:

Caracterizar a velocidade de uma reacção química em termos quantitativos

Materiais necessários: Acetatos (3)

Retroprojector

ESTRATÉGIAS:

- Informar os alunos que se vai iniciar uma sub-unidade dedicada ao estudo da velocidade das reacções químicas e esclarecê-los que o ramo da química que se dedica a este estudo se designa por Cinética Química.

- Lembrar os alunos que no 8º Ano já se fez uma pequena introdução a este estudo e tentar conhecer as ideias que os alunos trazem para a aula acerca do tópico em estudo.

- Perguntar aos alunos o que é necessário para que ocorra uma reacção química e tentar chegar à conclusão que para que uma reacção química ocorra é necessário haver reagente(s) que entrem em contacto uns com os outros...

- Indagar, se no caso das reacções químicas ocorrerem elas demoram todas o mesmo intervalo de tempo? Concluir que as reacções ocorrem a velocidades diferentes. Pedir aos alunos exemplos de reacções que ocorram a velocidades diferentes. Referir algumas reacções já conhecidas dos alunos que ocorram a velocidades diferentes como por exemplo: **digestão dos alimentos, combustão de um fósforo, corrosão dos metais, formação do petróleo.**

- Rever a teoria cinético-molecular e concluir que, quando uma reacção química ocorre há um rearranjo das partículas dos reagentes, ou seja, há rotura das ligações seguida da formação de novas ligações químicas.

- Explicar, tendo por base a teoria cinético-molecular que diferentes sistemas reaccionais evoluem a velocidades diferentes.

- Referir que a velocidade de uma reacção pode ser medida pela quantidade consumida de qualquer um dos seus reagentes ou pela quantidade formada de qualquer um dos seus produtos de reacção, num determinado intervalo de tempo.

- Explicar como se pode determinar experimentalmente a velocidade de uma reacção química, apresentando os resultados obtidos para a reacção entre o zinco e o ácido sulfúrico.(ACETATOS 1, 2 e 3)

1. Concluir através dos dados da tabela e do gráfico apresentados, que ao longo de uma reacção química, a velocidade da reacção não é constante, ela diminui ao longo do tempo, à medida que decorre a reacção química.

2. Evidenciar que a diferença de rapidez entre o período inicial e final da reacção está traduzida pelas diferentes inclinações da curva do gráfico:

- **No início, a curva é mais inclinada $\Rightarrow$ velocidade mais elevada.**
- **No final, a curva é menos inclinada $\Rightarrow$ velocidade mais reduzida.**

- Explicar que, como a velocidade das reacções varia ao longo do tempo, em vez de se utilizar o termo velocidade utiliza-se o termo velocidade média.

- Referir que, em geral, a velocidade média de uma reacção química se define em termos de variação da concentração de um reagente ou de um produto por unidade de tempo: $v_m = \frac{\Delta C}{\Delta t}$ No caso de se determinar a variação de volume ou de massa na equação aparecerá ΔV ou Δm respectivamente.

- Pedir a um aluno para efectuar, no quadro, o cálculo da velocidade média da reacção entre o zinco e o ácido sulfúrico, para diferentes intervalos de tempo, verificar que, de acordo com o já visto anteriormente, a velocidade média diminui ao longo do tempo.

OBSERVAÇÕES:

As estratégias seleccionadas na página anterior foram diferentes para cada uma das turmas envolvidas no estudo:

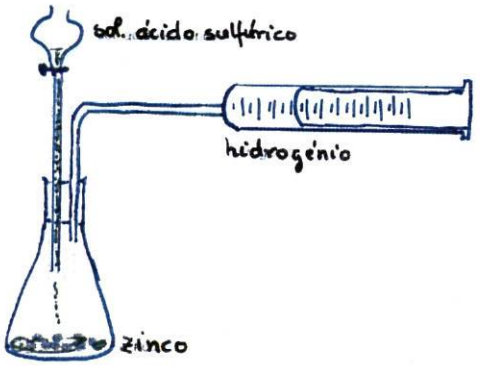
Na **turma 1** seguiram-se as estratégias descritas anteriormente.

Na **turma 2** os dados para a reacção só foram apresentados na tabela não se tendo feito as considerações que constam no ponto 2.

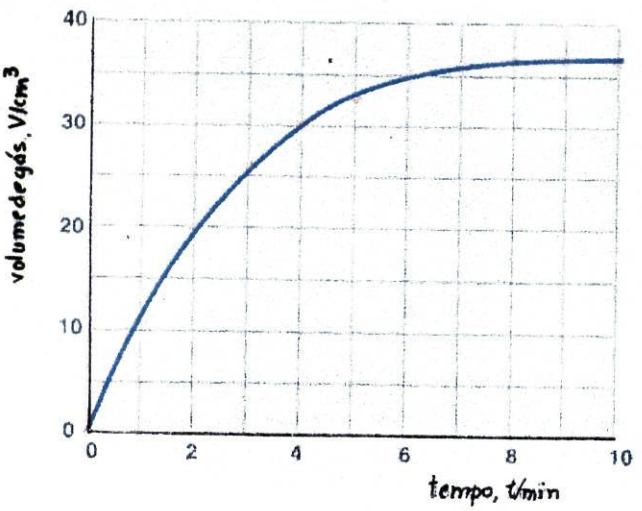
Na **turma 3** os dados só foram apresentados em gráficos.

Como medir a velocidade de uma reacção química ?

$$Zn\,(s) + H_2SO_4\,(aq) \longrightarrow ZnSO_4\,(aq) + H_2\,(g)$$

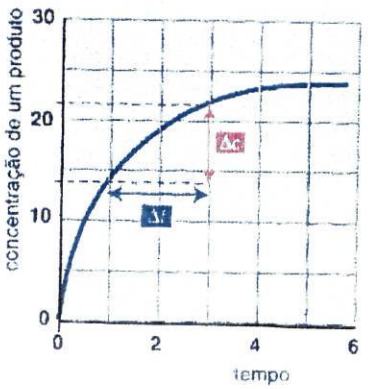


tempo t / min	volume V / cm^3
0,0	0
1,0	12
2,0	20
3,0	26
4,0	30
5,0	33
6,0	35
7,0	36
8,0	37
9,0	37
10,0	37



locidade média da reacção = $\frac{\text{variação da concentração}}{\text{intervalo de tempo}}$

$$v_m = \frac{\Delta c}{\Delta t}$$



(ACETATO 1)

Como medir a velocidade de uma reacção química?

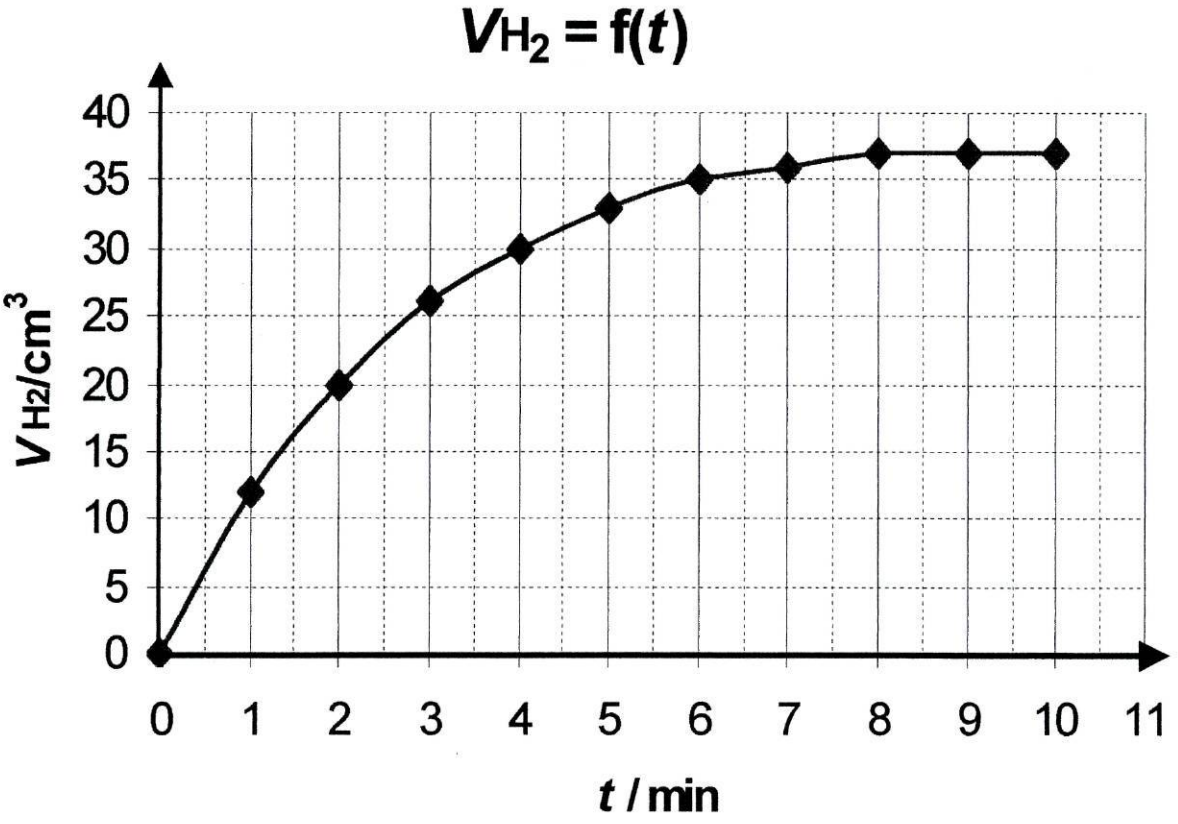
$$\mathbf{Zn\ (s) + H_2SO_4\ (aq.) \longrightarrow ZnSO_4\ (aq.) + H_2\ (g)}$$

Tempo / min	Volume (H_2) / cm^3
0,0	0
1,0	12
2,0	20
3,0	26
4,0	30
5,0	33
6,0	35
7,0	36
8,0	37
9,0	37
10,0	37

(ACETATO 2)

Como medir a velocidade de uma reacção química?

$$Zn\ (s) + H_2SO_4\ (aq.) \longrightarrow ZnSO_4\ (aq.) + H_2\ (g)$$



(ACETATO 3)

Ciências Físico-Químicas - 10 º Ano

UNIDADE Q2 – Velocidade das reacções

SUMÁRIO: Estudo dos factores que influenciam a velocidade de uma reacção química.

Tópico de Química:

Factores que afectam a velocidade das reacções.

Objectivo Geral:

Identificar os factores de que depende a velocidade de uma reacção química e explicar a velocidade à luz da teoria das colisões

Materiais necessários: Acetatos (3)

Retroprojector

Ficha informativa

Modelos moleculares

ESTRATÉGIAS:

- Para a reacção de formação de água, apresentar uma ficha informativa contendo uma sequência de figuras que pretendem esquematizar várias possibilidades de colisão entre as partículas reagentes (O_2 e H_2). Fazer uma análise das figuras procurando encontrar uma interpretação das reacções químicas a nível microscópico.

- Usar modelos moleculares para explicar a formação de moléculas de água.

- Relembrar a Teoria das Colisões, e confirmar, através da análise das figuras apresentadas que a ruptura das ligações só ocorre quando as colisões entre as partículas reagentes são eficazes.

- Apresentar uma ficha informativa onde se encontram descrita a influência da temperatura, concentração, estado de divisão das partículas e catalisadores, na velocidade das reacções.

- Procurar conduzir os alunos a uma explicação do modo de actuação desses factores à luz da Teoria das Colisões. (ACETATO 1)

- Recordar a existência de catalisadores positivos (ou, simplesmente, catalisadores) e de catalisadores negativos (ou inibidores); apresentar um acetato onde se encontra esquematizado o modo de actuação de um catalisador.

- Levar os alunos a reflectir acerca da importância de se poder alterar a velocidade das reacções em termos biológicos ambientais e industrias.

- Lembrar os alunos da existência de catalisadores biológicos, designados por enzimas, que com certeza já estudaram também em Ciências Naturais ou em Biologia e explicar as semelhanças e diferenças entre os catalisadores químicos e os catalisadores biológicos. (ACETATO 2)

- Referir a alguns catalisadores biológicos e o modo de actuação dos CFC' S na camada de ozono. (ACETATO 3)

OBSERVAÇÕES:

Ciências Físico-Químicas - 10 ° Ano
UNIDADE Q2 – Velocidade das reacções

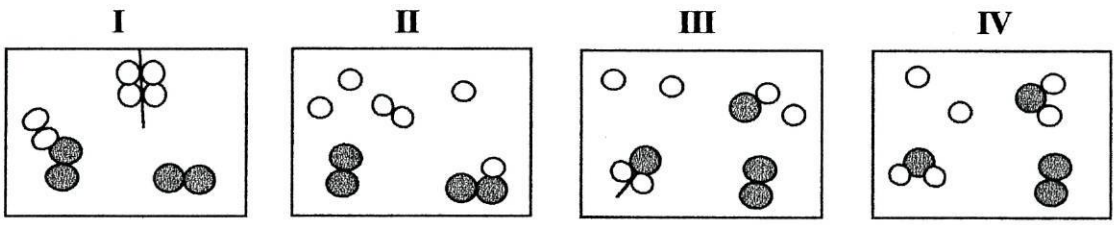
FICHA INFORMATIVA

1) Interpretação microscópica das reacções químicas: Teoria das colisões

Reacção de formação da água: $O_2(g) + 2\,H_2(g) \rightarrow 2\,H_2O(g)$

Segundo a *Teoria das Colisões* para que a reacção possa ter início as partículas das espécies reagentes devem colidir. Para que se formem novas ligações é necessário que as partículas possuam ***energia suficiente*** e colidam segundo uma ***orientação favorável.***

Observe-se o esquema :



Legenda : ● → representa um átomo de oxigénio

○ → representa um átomo de hidrogénio

o esquema.....

I - Representa uma colisão eficaz entre duas moléculas de hidrogénio.

Colisão não eficaz de uma molécula de hidrogénio com uma molécula de água.

II - Da colisão eficaz resultam 4 átomos de hidrogénio, um dos quais colide com uma molécula de oxigénio...

III - ...conduzindo à formação de uma ligação entre um átomo de hidrogénio e um de oxigénio (HO), ficando um átomo de oxigénio isolado.

IV - O grupo HO pode colidir com um átomo de hidrogénio formando uma molécula de água.

Também o átomo de oxigénio isolado pode colidir com uma molécula de hidrogénio formando uma molécula de água.

2) Factores que influenciam a velocidade das reacções químicas

2.1. CONCENTRAÇÃO:

Quanto maior for a concentração dos reagentes maior é a velocidade da reacção.

Explicação *: quanto maior a concentração de reagentes maior o número de partículas o que implica um aumento de nº de choques (eficazes) e consequentemente maior a velocidade da reacção.*

2.2. TEMPERATURA

De uma maneira geral, quanto maior a temperatura maior é a velocidade da reacção.

Explicação *: um aumento de temperatura provoca um aumento da energia cinética das partículas (aumento de movimento) implicando que mais energéticas sejam as colisões e a que haja uma maior probabilidade de ruptura das ligações.*

2.3. ESTADO DE DIVISÃO DOS REAGENTES

Quanto maior for o estado de divisão dos reagentes (sólidos) maior a velocidade da reacção.

Explicação *: quanto mais dividido estiver um reagente maior será a superfície de contacto entre as partículas reagentes levando a um aumento da probabilidade de haver colisões eficazes e a um aumento da velocidade da reacção.*

2.4. CATALISADORES

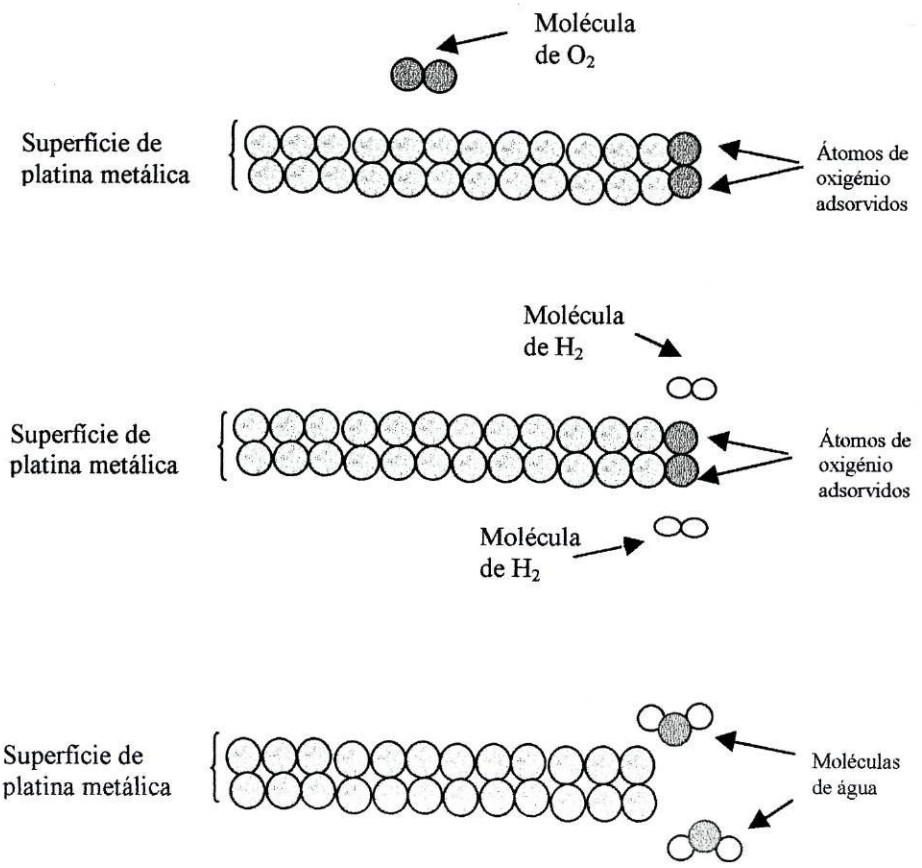
A presença de catalisadores nos sistemas reaccionais influencia a velocidade das reacções químicas.

Catalisadores
- *Positivos* - aceleram as reacções
- *Negativos* (inibidores) - retardam as reacções

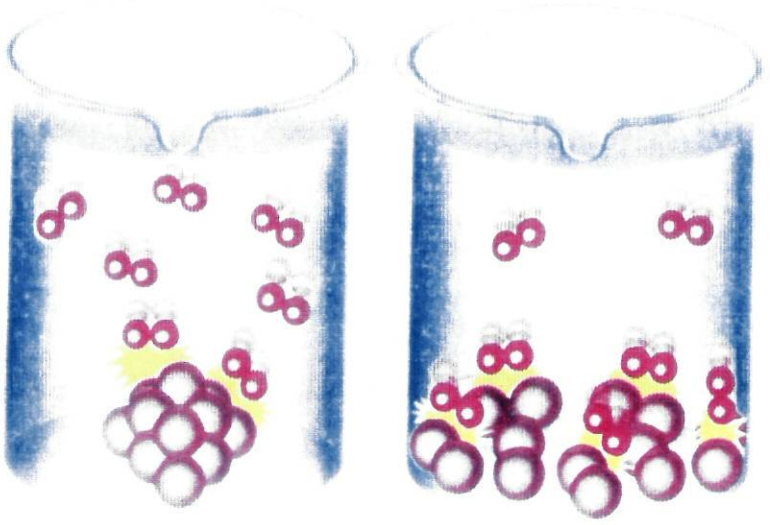
MODO DE ACTUAÇÃO DE UM CATALISADOR

As superfícies metálicas de platina, de ferro e de níquel e alguns sais iónicos são muitas vezes usados para catalisar reacções especialmente as que envolvem moléculas em fase gasosa.

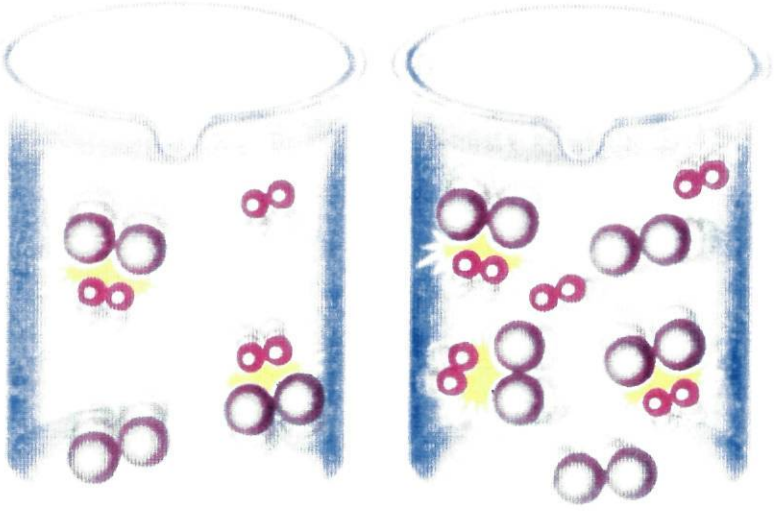
Quando a reacção entre o oxigénio e o hidrogénio ocorre na presença de platina (catalisador) para formar água a reacção ocorre mais rapidamente devido ao facto da platina poder adsorver as moléculas de gás. As moléculas de oxigénio ao serem adsorvidas sofrem um enfraquecimento das ligações entre os átomos. Quando a molécula de hidrogénio colide com um desses átomos de oxigénio adsorvidos forma-se uma molécula de água que se liberta de seguida.



Esquema da síntese da água na presença de platina

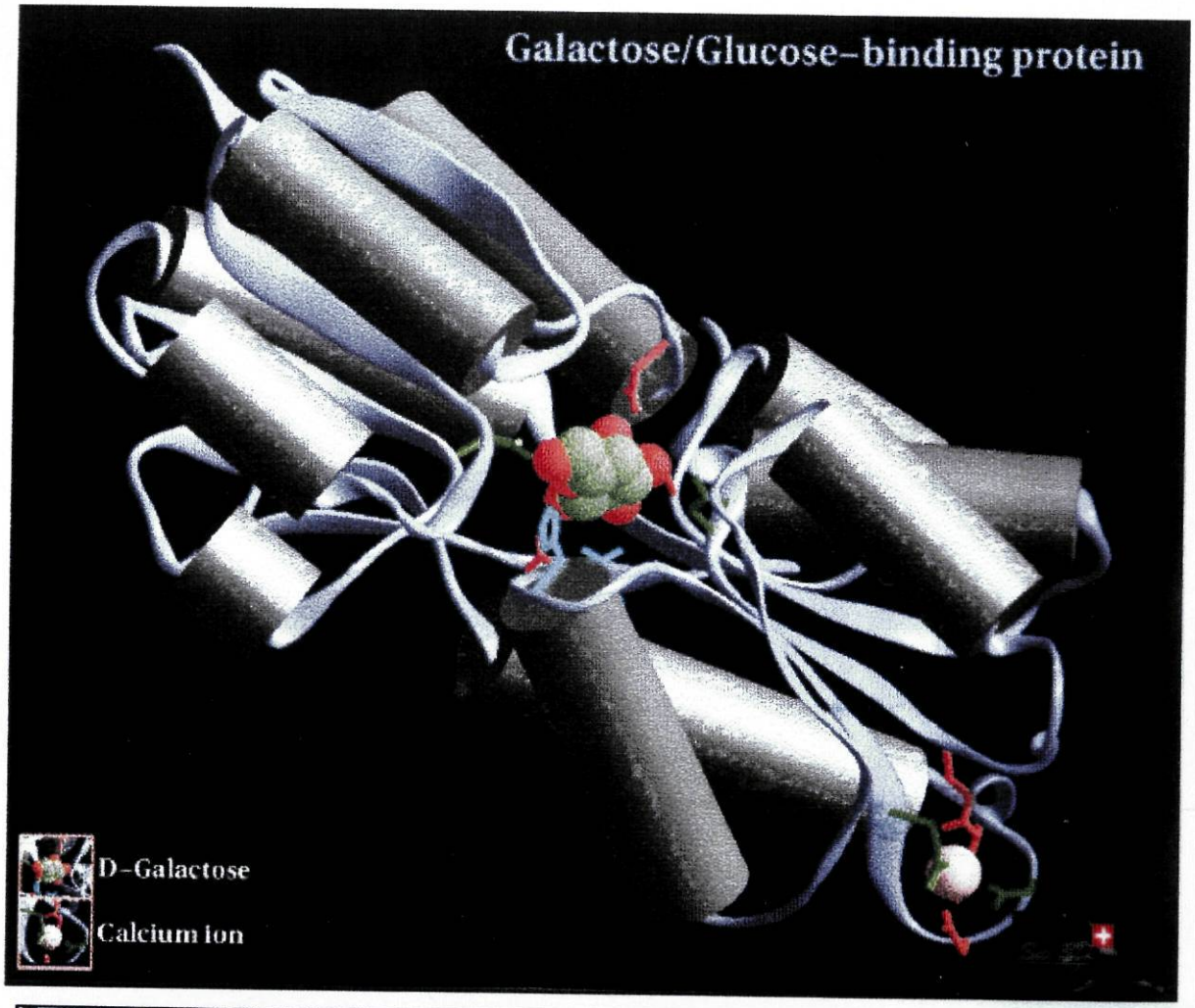


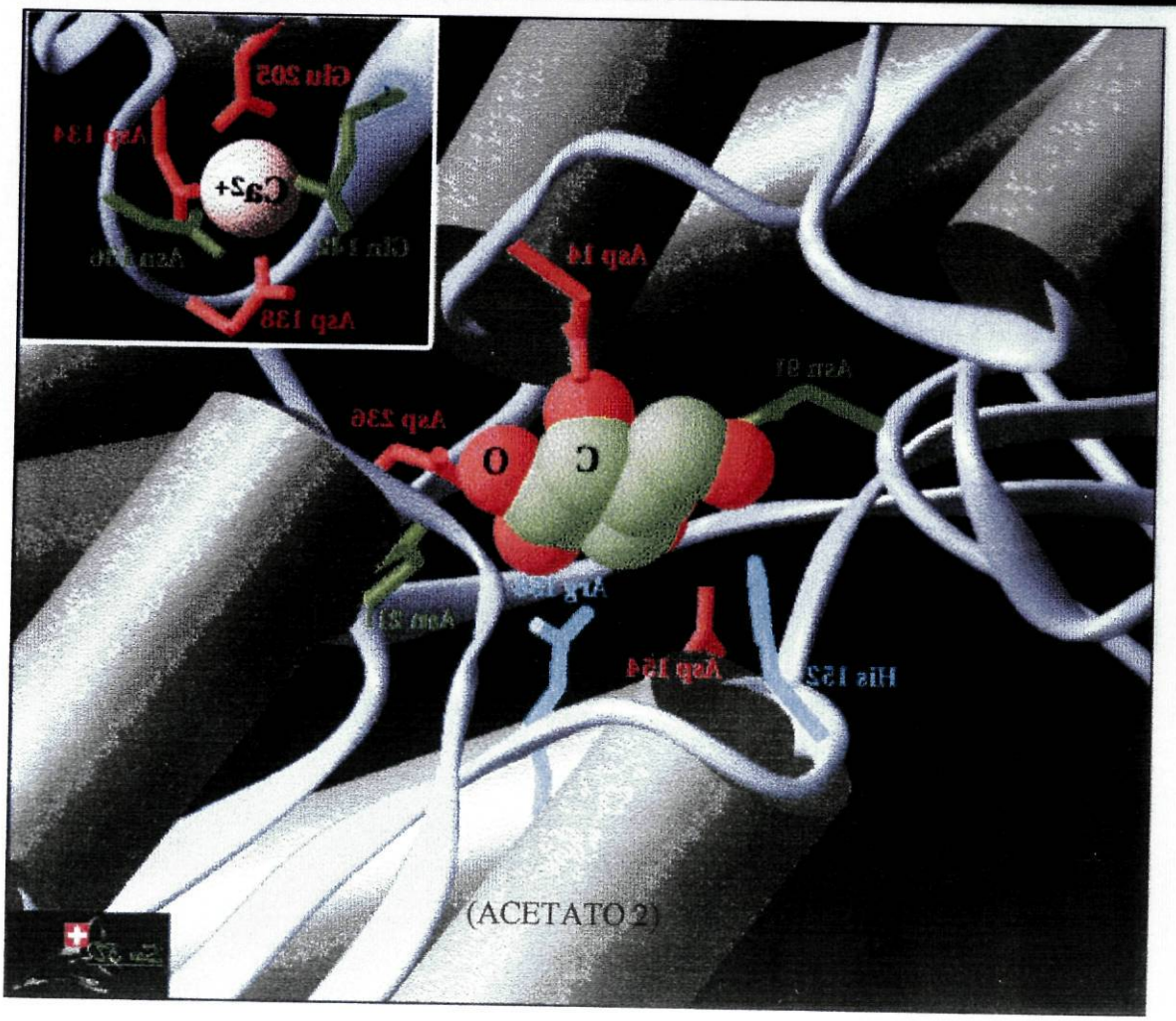
Efeito do estado de divisão dos reagentes sólidos

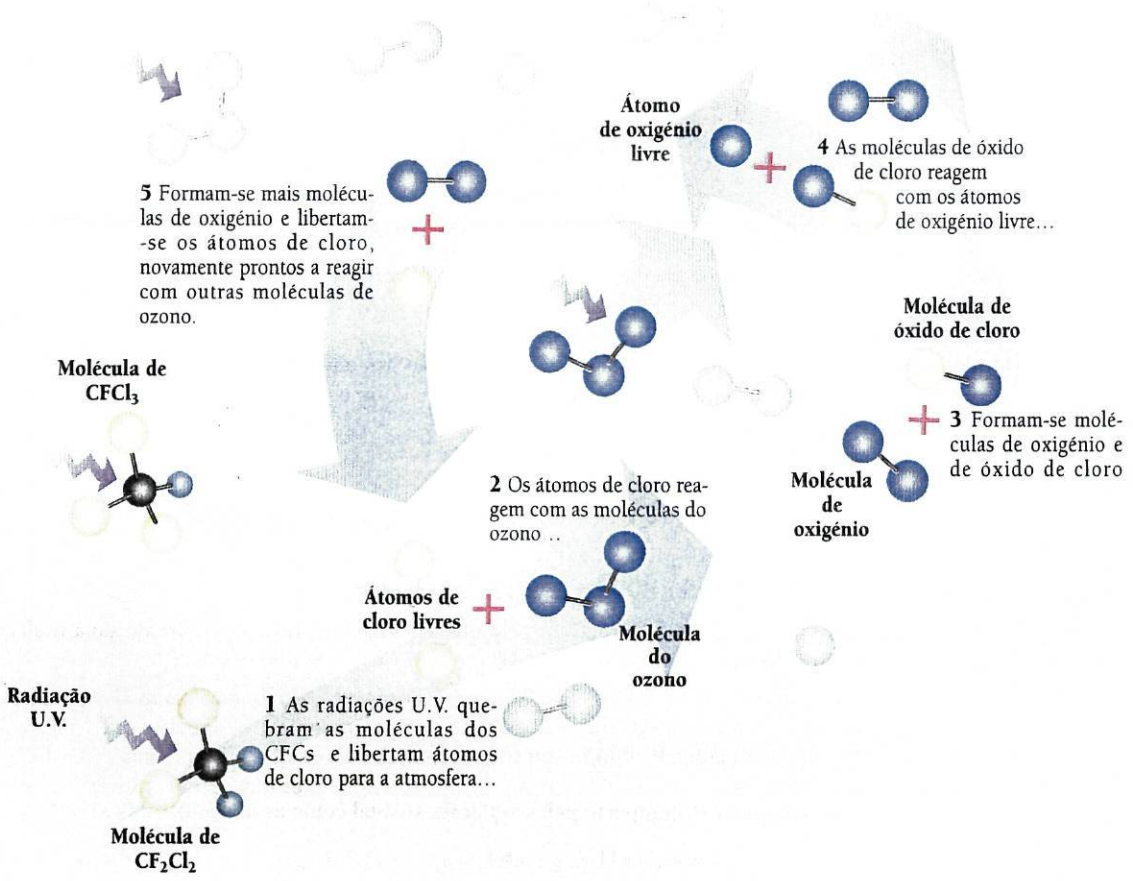


Efeito da concentração dos reagentes líquidos

(ACETATO 1)


Galactose/Glucose-binding protein
D-Galactose
Calcium ion


Glu 205
Asp 14
Asp 138
Asp 236
O
C
(ACETATO 2)


Radiação U.V.
Molécula de CF_2Cl_2
1 As radiações U.V. quebram as moléculas dos CFCs e libertam átomos de cloro para a atmosfera...
Átomos de cloro livres
2 Os átomos de cloro reagem com as moléculas do ozono ..
Molécula do ozono
Molécula de $CFCl_3$
5 Formam-se mais moléculas de oxigénio e libertam-se os átomos de cloro, novamente prontos a reagir com outras moléculas de ozono.
Átomo de oxigénio livre
4 As moléculas de óxido de cloro reagem com os átomos de oxigénio livre...
Molécula de óxido de cloro
3 Formam-se moléculas de oxigénio e de óxido de cloro
Molécula de oxigénio

(ACETATO 3)

Anexo 7 - Resultados dos alunos nos pré e pós-testes do estudo principal

PROBLEMA I - Tabelas						
Aluno	Pré-teste (%)	Pós-teste (%)	$Y_{esperado}$	GR	GRC	
A1	14	70	44,82	25,18	65,16	TURMA 1
A2	20	70	49,98	20,02	60,00	
A3	34	60	62,02	-2,02	37,96	$N_1 = 17$
A4	20	60	49,98	10,02	50,00	
A5	20	40	49,98	-9,98	30,00	
A6	46	76	72,34	3,66	43,64	
A7	54	78	79,22	-1,22	38,76	
A8	50	80	75,78	4,22	44,20	GRCM = 52,03
A9	20	50	49,98	0,02	40,00	
A10	20	74	49,98	24,02	64,00	
A11	14	76	44,82	31,18	71,16	$s^2_{1,2} = 510,56$
A12	60	90	84,38	5,62	45,60	
A13	46	70	72,34	-2,34	37,64	$s^2_{1,3} = 215,49$
A14	26	70	55,14	14,86	54,84	
A15	8	80	39,66	40,34	80,32	
A16	20	76	49,98	26,02	66,00	
A17	14	60	44,82	15,18	55,16	
A18	30	52	58,58	-6,58	33,40	TURMA 2
A19	24	76	53,42	22,58	62,56	
A20	24	70	53,42	16,58	56,56	$N_2 = 16$
A21	14	100	44,82	55,18	95,16	
A22	14	100	44,82	55,18	95,16	
A23	14	62	44,82	17,18	57,16	
A24	20	38	49,98	-11,98	28,00	
A25	24	70	53,42	16,58	56,56	GRCM = 50,56
A26	14	22	44,82	-22,82	17,16	
A27	6	26	37,94	-11,94	28,04	
A28	14	18	44,82	-26,82	13,16	
A29	10	88	41,38	46,62	86,60	
A30	14	24	44,82	-20,82	19,16	
A31	14	20	44,82	-24,82	15,16	$s^2_{2,3} = 520,16$
A32	14	70	44,82	25,18	65,16	
A33	20	90	49,98	40,02	80,00	
A34	20	20	49,98	-29,98	10,00	TURMA 3
A35	14	20	44,82	-24,82	15,16	
A36	14	66	44,82	21,18	61,16	
A37	14	16	44,82	-28,82	11,16	$N_3 = 18$
A38	14	12	44,82	-32,82	7,16	
A39	20	44	49,98	-5,98	34,00	
A40	10	20	41,38	-21,38	18,60	
A41	22	24	51,70	-27,70	12,28	
A42	20	10	49,98	-39,98	0,00	GRCM = 19,42
A43	14	20	44,82	-24,82	15,16	
A44	30	40	58,58	-18,58	21,40	
A45	28	34	56,86	-22,86	17,12	
A46	20	36	49,98	-13,98	26,00	
A47	20	22	49,98	-27,98	12,00	
A48	14	14	44,82	-30,82	9,16	
A49	10	16	41,38	-25,38	14,60	
A50	10	52	41,38	10,62	50,60	
A51	6	12	37,94	-25,94	14,04	

Equação da recta : $y = 0,86\,x + 32,78$

PROBLEMA II - Gráfico						
Aluno	**Pré-teste (%)**	**Pós-teste (%)**	**$Y_{esperado}$**	**GR**	**GRC**	
A1	14	72	55,71	16,29	67,28	TURMA 1
A2	20	88	60,99	27,01	78,00	
A3	8	88	50,43	37,57	88,56	N_1 =17
A4	18	78	59,23	18,77	69,76	
A5	8	58	50,43	7,57	58,56	
A6	42	84	80,35	3,65	54,64	
A7	32	80	71,55	8,45	59,44	GRCM =70,13
A8	60	90	96,19	-6,19	44,80	
A9	16	72	57,47	14,53	65,52	
A10	14	72	55,71	16,29	67,28	
A11	0	84	43,39	40,61	91,60	$s^2_{1,2} = 248{,}00$
A12	52	78	89,15	-11,15	39,84	
A13	34	90	73,31	16,69	67,68	
A14	16	84	57,47	26,53	77,52	$s^2_{1,3} = 324{,}50$
A15	0	86	43,39	42,61	93,60	
A16	8	76	50,43	25,57	76,56	
A17	16	98	57,47	40,53	91,52	
A18	4	10	46,91	-36,91	14,08	TURMA 2
A19	22	40	62,75	-22,75	28,24	
A20	20	40	60,99	-20,99	30,00	N_2=16
A21	0	46	43,39	2,61	53,60	
A22	24	48	64,51	-16,51	34,48	
A23	0	30	43,39	-13,39	37,60	
A24	14	14	55,71	-41,71	9,28	
A25	20	10	60,99	-50,99	0,00	GRCM=23,79
A26	6	30	48,67	-18,67	32,32	
A27	0	20	43,39	-23,39	27,60	
A28	0	0	43,39	-43,39	7,60	
A29	20	40	60,99	-20,99	30,00	
A30	6	0	48,67	-48,67	2,32	
A31	6	6	48,67	-42,67	8,32	
A32	4	40	46,91	-6,91	44,08	$s^2_{2,3} = 321{,}29$
A33	12	24	53,95	-29,95	21,04	
A34	36	64	75,07	-11,07	39,92	TURMA 3
A35	6	32	48,67	-16,67	34,32	
A36	0	68	43,39	24,61	75,60	N_3 =18
A37	0	60	43,39	16,61	67,60	
A38	0	14	43,39	-29,39	21,60	
A39	18	68	59,23	8,77	59,76	
A40	0	50	43,39	6,61	57,60	
A41	0	52	43,39	8,61	59,60	GRCM = 57,14
A42	0	44	43,39	0,61	51,60	
A43	26	70	66,27	3,73	54,72	
A44	30	100	69,79	30,21	81,20	
A45	26	80	66,27	13,73	64,72	
A46	14	54	55,71	-1,71	49,28	
A47	0	70	43,39	26,61	77,60	
A48	36	60	75,07	-15,07	35,92	
A49	20	88	60,99	27,01	78,00	
A50	18	100	59,23	40,77	91,76	
A51	18	36	59,23	-23,23	27,76	

Equação da recta : $y = 0{,}88\,x + 43{,}39$

PROBLEMAS I e II - Total						
Aluno	**Pré-teste (%)**	**Pós-teste (%)**	**$Y_{esperado}$**	**GR**	**GRC**	
A1	14	75	51,51	23,49	60,33	TURMA 1
A2	20	79	56,37	22,63	59,47	
A3	21	72	57,18	14,82	51,66	$N_1 = 17$
A4	19	69	55,56	13,44	50,28	
A5	14	49	51,51	-2,51	34,33	
A6	44	80	75,81	4,19	41,03	
A7	43	79	75,00	4,00	40,84	GRCM = 51,75
A8	45	85	76,62	8,38	45,22	
A9	18	61	54,75	6,25	43,09	
A10	17	73	53,94	19,06	55,90	
A11	7	80	45,84	34,16	71,00	$s^2_{1,2} = 302,08$
A12	56	79	85,53	-6,53	30,31	
A13	40	75	72,57	2,43	39,27	$s^2_{1,3} = 203,65$
A14	21	77	57,18	19,82	56,66	
A15	4	83	43,41	39,59	76,43	
A16	14	76	51,51	24,49	61,33	
A17	15	78	52,32	25,68	62,52	
A18	17	31	53,94	-22,94	13,90	TURMA 2
A19	23	58	58,80	-0,80	36,04	
A20	24	55	59,61	-4,61	32,23	$N_2 = 16$
A21	7	73	45,84	27,16	64,00	
A22	12	74	49,89	24,11	60,95	
A23	7	49	45,84	3,16	40,00	
A24	17	28	53,94	-25,94	10,90	GRCM=29,78
A25	22	40	57,99	-17,99	18,85	
A26	10	56	48,27	7,73	44,57	
A27	3	23	42,60	-19,60	17,24	
A28	7	9	45,84	-36,84	0,00	
A29	10	64	48,27	15,73	52,57	
A30	10	12	48,27	-36,27	0,57	
A31	10	13	48,27	-35,27	1,57	$s^2_{2,3} = 337,99$
A32	9	53	47,46	5,54	42,38	
A33	16	57	53,13	3,87	40,71	
A34	28	42	62,85	-20,85	15,99	TURMA 3
A35	10	36	48,27	-12,27	24,57	
A36	7	72	45,84	26,16	63,00	$N_3 = 18$
A37	7	43	45,84	-2,84	34,00	
A38	9	13	47,46	-34,46	2,38	
A39	19	61	55,56	5,44	42,28	
A40	10	35	48,27	-13,27	23,57	
A41	11	38	49,08	-11,08	25,76	
A42	10	27	48,27	-21,27	15,57	GRCM=29,19
A43	20	45	56,37	-11,37	25,47	
A44	30	70	64,47	5,53	42,37	
A45	27	57	62,04	-5,04	31,80	
A46	17	47	53,94	-6,94	29,90	
A47	10	46	48,27	-2,27	34,57	
A48	25	37	60,42	-23,42	13,42	
A49	20	52	56,37	-4,37	32,47	
A50	19	76	55,56	20,44	57,28	
A51	12	24	49,89	-25,89	10,95	

Equação da recta : $y = 0,81\,x + 40,17$

Anexo 8 - Respostas dos alunos às questão 1.4. e 2.4. do pós-teste (estudo principal)

Respostas dos alunos à questão 1.4. do pós-teste.

Turma 1

Aluno	Resposta
A1	No intervalo [0,0 min ;10, 0 min] porque existe mais reagente, logo velocidade é maior.
A2	No intervalo [0 min;10 min] pois a concentração de N_2O_5 aumenta.
A3	Foi entre os 0 e os 10 min em que é maior a velocidade média =0,3 g/min.
A4	[10min;20g] porque a velocidade foi mais elevada.
A5	[20;30] Porque a concentração é mais elevada
A6	[0;20] Porque a massa cada dez minutos vinha aumentando.
A7	[10min;0 min] pois foi no intervalo de tempo em que a variação da massa foi maior.
A8	Foi de [0;10] s porque foi quando houve uma maior variação da massa no mesmo intervalo de tempo.
A9	No intervalo de tempo [0,0 ;10,0] porque a massa do reagente era maior, pois a reacção ainda estava no início
A10	Foi de [0 ;20] porque foi onde se registou uma maior velocidade
A11	Entre 0,0 e os 10 porque existiu maior reacção da massa diminuindo esta em 30 g.
A12	[0 min;10 min]. Porque foi nesse intervalo de tempo que a massa reagiu em maior quantidade.
A13	Foi 0/10 porque no início há mais reagente, logo a reacção é mais rápida.
A14	No intervalo [0 ;10] Porque houve maior formação de massa de produto de reacção para o mesmo intervalo de tempo.
A15	[0 ;10] Porque no início da reacção a velocidade média é maior, logo no intervalo de 0 a 10 existe 3 g/min logo a reacção é muito rápida.
A16	[0,0 min;10,0 min] Porque havia uma maior quantidade de reagente, por isso maior número de colisões e maior a velocidade
A17	O intervalo foi de o [0,0 min;30,0 min] porque foi quando a massa

Turma 2

Aluno	Resposta
A1	Dos 0,0 ou 10,0 porque foi onde houve maior variação da massa
A2	[0;10]
A3	Foi de 0 a 10 min porque foi onde se registou maior aumento da massa de oxigénio.
A4	[0;10] foi no espaço onde havia maior quantidade de massa
A5	No espaço de tempo 0,10 min. Porque foi o espaço de tempo em que a massa era maior.
A6	Foi no intervalo [0;10]
A7	Foi de [0;10] Porque formou maior quantidade de massa de O_2 nesse intervalo de tempo.
A8	Não respondeu
A9	Foi no intervalo [20 min;30 min] porque $v_m = \Delta m/\Delta t = 10/5 = 2$
A10	Foi entre 0 e os 10 minutos em que a massa aumentou 20
A11	Não respondeu
A12	Entre [0 min;10 min]. Porque se formou mais massa de O_2, no mesmo intervalo de tempo.
A13	Não respondeu
A14	Não respondeu
A15	[0 e 20 min] a massa de N_2O_5 (g) aumentou
A16	Nos 10

Turma 3

Aluno	Resposta
A1	[0,0 ;10,0] porque se formou mais massa de oxigénio no mesmo intervalo de tempo.
A2	Foi no intervalo [0 ;10]
A3	O intervalo é de 20,0 a 30 min porque a velocidade média é maior.
A4	Não respondeu
A5	Não respondeu
A6	[0,0 ;10,0] Porque a velocidade nesse intervalo de tempo foi de 3 g/min
A7	De 0,0 até 20,0 porque se formou maior quantidade de oxigénio
A8	[0,0min ;20,0min]
A9	Não respondeu
A10	De 20,0 / 30,0 min porque demorou menos tempo que as outras
A11	Foi no intervalo de tempo [0,0 min ;30,0 min] porque num minuto se formou mais massa.
A12	A velocidade média é maior no intervalo [10 m;20 m].
A13	No intervalo entre [0,0 min;10,0 min]
A14	Não respondeu
A15	[20,0 min;30,0 min]
A16	[0 ;10] Porque no início da reacção a velocidade média é maior, logo no intervalo de 0 a 10 a velocidade é 3 g/min logo a reacção é muito rápida.
A17	[0,0 min;10,0 min] Porque houve uma maior quantidade de reagente a reagir.
A18	No intervalo [0,0 min ;10, 0 min] porque existe mais reagente, logo velocidade é maior

Respostas dos alunos à questão 2.4. do pós-teste.

Turma 1

Aluno	Resposta
A1	O intervalo foi de o [10,0 min;12,0 min] porque há maior volume de hidrogénio.
A2	Foi de [0;4] s porque foi quando houve uma maior variação de volume no mesmo intervalo de tempo.
A3	[0 min;4 min] pois foi o intervalo de tempo em que a volume aumentou mais.
A4	[0;12] Porque o volume aumentou sempre.
A5	[10;12] Porque há mais hidrogénio.
A6	[2 min;20 cm^3] porque a velocidade foi maior.
A7	Foi entre os 0 e os 4 min em que é maior a velocidade média.
A8	No intervalo [0 min;2 min] pois formaram-se 20 cm^3 de hidrogénio em 2 minutos.
A9	No intervalo [0,0 min ;4, 0 min] porque há mais reagente, logo a velocidade é maior
A10	[0,0 min;4,0 min] Porque houve uma maior quantidade de reagente a reagir.
A11	[0 ;4] Porque no início da reacção a velocidade média é maior, neste caso a velocidade média = 8,75 cm^3/min.
A12	No intervalo [0 ;2] Porque houve maior formação de hidrogénio neste intervalo de tempo.
A13	Entre 0 e 4 porque no início há mais reagente, logo a reacção é mais rápida.
A14	[0 min;4 min]. Porque foi nesse intervalo de tempo que formou hidrogénio em maior quantidade.
A15	Entre 0,0 e os 2,0 porque se formaram 20 cm^3 de hidrogénio.
A16	Foi de [10;12] porque foi onde se registou uma maior velocidade.
A17	No intervalo de tempo [0,0 ;2,0] porque se libertou maior quantidade de hidrogénio, pois a reacção ainda estava no início.

Turma 2

Aluno	Resposta
A1	Dos 0,0 ou 4,0 porque foi onde houve maior variação do volume.
A2	[0min;4min]
A3	Foi de 0 a 4 min porque foi onde se registou maior aumento de volume.
A4	De 10 a 12 minutos porque há mais hidrogénio.
A5	Entre 0 e 4 min. Porque foi o espaço de tempo em que o volume aumentou muito.
A6	[0;4]
A7	Foi de [0;2] Porque formou mais hidrogénio nesse intervalo de tempo.
A8	Não respondeu
A9	Foi no intervalo [10 min;12 min]
A10	Foi entre 0 e os 4 porque se formaram 35 cm^3 de hidrogénio.
A11	Não respondeu
A12	Entre [0 min;2 min]. Porque se formou mais H_2
A13	Não respondeu
A14	Não respondeu
A15	Entre os 10 e os 12 porque havia mais hidrogénio
A16	Não respondeu

Turma 3

Aluno	Resposta
A1	[0,0 ;2,0] porque se formou mais hidrogénio.
A2	No intervalo de tempo entre [0 ;4]
A3	O intervalo é de 0,0 a 4,0 porque a velocidade média é maior.
A4	$v_m = 8{,}75\ cm^3/min$
A5	Não respondeu
A6	[0,0min ;4,0min] A velocidade nesse intervalo de tempo foi de 8,75 cm^3/min
A7	De 0,0 até 2,0 porque se libertaram 20 cm^3 de hidrogénio.
A8	[0,0min ;4,0min]
A9	Não respondeu
A10	Entre 10,0 / 12,0 porque o volume é maior.
A11	Foi no intervalo de tempo [10,0 min ;12,0 min] porque se formou mais massa
A12	A velocidade média é maior no intervalo [10 m;12 m].
A13	No intervalo entre [0,0 min;4,0 min] porque a velocidade é igual a 8,75.
A14	Não respondeu
A15	[0,0 min;4,0 min]
A16	[0,0 ;2,0] Porque no início da reacção a velocidade média é maior, neste intervalo de tempo a velocidade média é igual a 8,75
A17	[0,0 min;4,0 min] Porque houve uma maior quantidade de hidrogénio libertado.
A18	[0,0 min ;2, 0 min] porque existe maior libertação do produto porque a reacção está no início.

Anexo 9 - Tabela de estatística (valores críticos de *t*)

Valores críticos de *t*

Nível de significância para testes bicaudais

*gl	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.941
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.859
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.405
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	1.313	1.701	2048	2.467	2.763	3.674
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	**1.310**	**1.697**	**2.042**	**2.457**	**2.750**	**3.646**
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.556	3.291

* gl é o nº de graus de liberdade = $N_1 + N_2 - 2$

Anexo 10 - Teste de avaliação elaborado pela professora das turmas

ESCOLA SECUNDÁRIA
TESTE DE AVALIAÇÃO DE CIÊNCIAS FÍSICO-QUÍMICAS
10º ANO

DEZ.2000

NOME _____ Nº ___ TURMA _____

Dados: Constante de Avogadro $6,022 \times 10^{23}$ /mol ; V_{molar} (PTN) = 22,4 dm^3/mol
$A_r(H) = 1,0$; $A_r(O) = 16,0$; $A_r(C) = 12,0$; $A_r(Cl) = 35,5$; $A_r(Ca) = 40,0$; $A_r(Na) = 23,0$; $A_r(N) = 14,0$

1- **Escreva** a fórmula ou o nome dos seguintes compostos:

1.1. Sulfato de sódio _____ 1.2. Fe_2O_3 _____

1.3. Hidróxido de amónio _____ 1.4. Na_3PO_4 _____

1.5. Cloreto de ferro (II) _____ 1.6. $Mg(NO_3)_2$ _____

2- Classifique as afirmações seguintes em verdadeiras (**V**) ou falsas (**F**) e **corrija** as falsas:

A- A diluição dos reagentes faz aumentar a velocidade da reacção.

B- A massa de 2,0 mol de ácido nítrico, HNO_3 , é 126 g.

C- 1mol de Na_2SO_4 , contém $6,022 \times 10^{23}$ catiões Na^+ e $6,022 \times 10^{23}$ aniões SO_4^{2-} .

D- Uma solução de $Al_2(SO_4)_3$, de concentração 0,10 mol/L , é 0,20 mol/L em iões SO_4^{2-} e 0,30 mol/L em iões Al^{3+} .

3- Considere uma solução aquosa de carbonato de sódio, Na_2CO_3 , que contém 10,6 g deste composto em 250cm^3 de solução. **Calcule** :

3.1.A massa molar do carbonato de sódio.

3.2. A quantidade de carbonato de sódio na solução.

3.3. A concentração da solução.

3.4. O volume de água a adicionar à solução anterior para se obter uma nova solução de concentração 0,2 mol/L.

4- Considere a reacção de combustão do sódio :

$$4\ Na\ (s) + O_2\ (g) \longrightarrow 2\ Na_2O\ (s)$$

4.1.**Calcule** a quantidade de óxido de sódio que se obteria para a combustão completa de 1,5 mol de sódio.

4.2. **Determine** a massa de óxido de sódio que se obtém, se o rendimento da reacção for de 80%.

5- Dissolveram-se 1,20 g de $CaCO_3$ (s) em 50 cm^3 de HCl (aq) de concentração 1,00 mol/L tendo lugar a reacção química seguinte :

$$CaCO_3\ (s) + 2\ HCl\ (aq) \longrightarrow CaCl_2\ (aq) + H_2O\ (l) + CO_2\ (g)$$

5.1- Faça a leitura da equação em termos de moles.

5.2. Determine a quantidade de substância em:

5.2.1. 1,20 g de $CaCO_3$ (s)

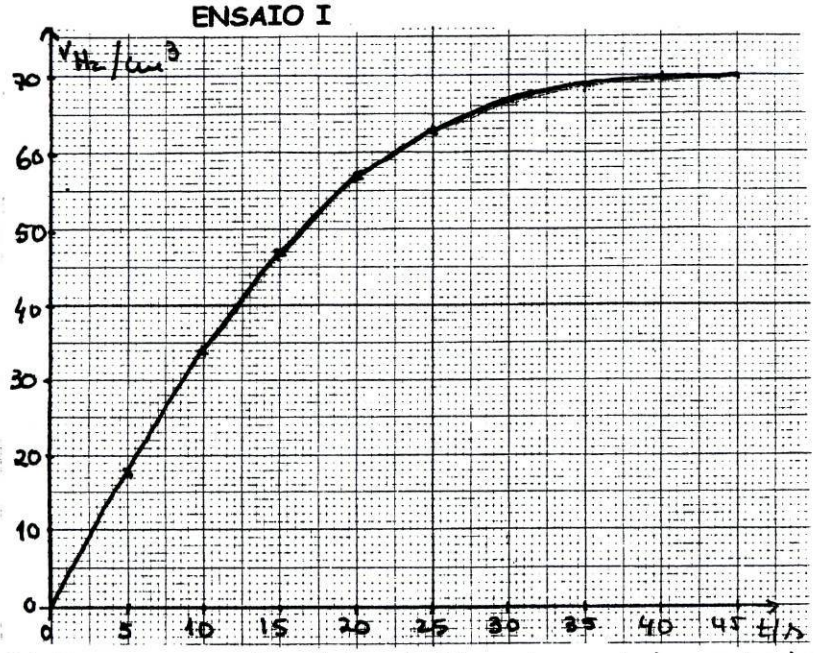
5.2.2. 50 cm^3 de HCl (aq) de concentração 1,00 mol/L

5.3. Determine o reagente limite desta reacção.

5.4. Calcule o volume , nas condições PTN, de dióxido de carbono obtido, admitindo a reacção completa de 1,20 g de $CaCO_3$ (s)..

6- O gráfico seguinte apresenta os valores do volume de hidrogénio libertado, em função do tempo, no decorrer da reacção entre o magnésio e o ácido clorídrico no ensaio I.
O quadro representa os valores obtidos no ensaio II.

ENSAIO I



ENSAIO II

Quadro

Tempo de reacção/s	Volume de H_2/cm^3
0	0
5	15
10	29
15	40
20	48
25	51
30	53
35	54
40	54
45	54

6.1. **Escreva** a equação química, devidamente acertada, que traduz a reacção.

6.2. Usando o mesmo papel milimétrico do gráfico do ensaio I, **represente graficamente** os resultados do ensaio II.

6.3. **Determine** o valor da velocidade média da reacção, para cada um dos ensaios, no intervalo de tempo [10 , 25] s.

6.4. Um dos ensaios foi realizado com ácido clorídrico mais concentrado. Qual foi esse ensaio ?
Faça a interpretação dos resultados obtidos nos dois ensaios , baseando-se na teoria das colisões.

Anexo 11 - Resultados obtidos na parte de Matemática do pré-teste

Resultados obtidos na parte de Matemática do pré-teste

Turma 1 **Tabelas / Gráficos**

QUESTÃO / Cotação												
	1.	**2.1.**	**2.2.**	**2.3.**	**2.4.**	**2.5.**	**2.6.**	**3.1.**	**3.2.**	**3.3.**	**3.4.**	**TOTAL**
ALUNO	**12**	**10**	**10**	**6**	**6**	**9**	**16**	**5**	**5**	**16**	**5**	**100**
A1	0	0	8	6	6	9	16	5	0	8	0	50
A2	12	3	0	6	6	9	12	0	5	4	5	62
A3	8	5	-	4	4	9	12	5	5	5	5	62
A4	4	6	9	6	6	9	8	-	-	-	-	48
A5	4	3	10	6	6	-	12	-	-	-	-	41
A6	12	3	10	6	6	9	16	-	5	4	-	71
A7	8	6	-	6	4	9	12	5	5	4	5	64
A8	12	6	-	6	6	9	11	5	5	4	5	69
A9	4	-	10	6	6	9	-	5	-	8	-	48
A10	12	-	10	6	6	9	12	5	5	-	-	67
A11	12	-	-	6	4	6	12	5	5	4	-	56
A12	12	6	-	6	6	3	8	-	-	-	-	41
A13	8	-	10	6	6	9	12	5	5	4	-	65
A14	12	6	-	6	6	9	16	5	5	4	-	69
A15	8	-	-	6	6	-	4	5	5	4	5	43
A16	-	-	10	6	6	3	16	-	-	-	-	41
A17	4	10	9	6	6	9	12	-	-	-	-	56

Turma 2 **Tabelas**

QUESTÃO / Cotação												
	1.	**2.1.**	**2.2.**	**2.3.**	**2.4.**	**2.5.**	**2.6.**	**3.1.**	**3.2.**	**3.3.**	**3.4.**	**TOTAL**
ALUNO	**12**	**10**	**10**	**6**	**6**	**9**	**16**	**5**	**5**	**16**	**5**	**100**
A18	4	-	-	6	6	-	4	-	-	-	-	20
A19	4	-	10	6	6	3	12	-	-	-	-	41
A20	4	-	8	4	6	-	16	-	-	-	-	38
A21	12	2	-	4	4	9	16	-	-	-	-	47
A22	-	2	-	6	6	3	16	-	-	-	-	33
A23	4	2	-	6	6	9	16	-	-	-	-	43
A24	3	-	10	4	6	9	12	-	-	-	-	38
A25	-	-	10	4	6	-	12	-	-	-	-	32
A26	4	-	5	6	6	6	16	-	-	-	-	43
A27	-	1	-	6	6	-	12		-	-	-	25
A28	-	-	10	6	6	-	12	-	-	-	-	36
A29	-	-	-	6	6	9	12	-	-	-	-	33
A30	4	-	4	6	6	-	16	-	-	-	-	36
A31	-	3	-	6	6	9	12	-	-	-	-	36
A32	4	-	-	4	4	-	12	-	-	-	-	24
A33	12	10	-	6	6	6	12	-	-	-	-	52

Turma 3 **Gráficos**

QUESTÃO / Cotação												
	1.	**2.1.**	**2.2.**	**2.3.**	**2.4.**	**2.5.**	**2.6.**	**3.1.**	**3.2.**	**3.3.**	**3.4.**	**TOTAL**
ALUNO	**12**	**10**	**10**	**6**	**6**	**9**	**16**	**5**	**5**	**16**	**5**	**100**
A34	-	-	-	6	6	-	16	-	-	-	-	28
A35	-	10	9	6	6	9	4	5	-	-	-	49
A36	8	10	10	6	4	3	12	5	-	-	-	58
A37	8	10	10	6	6	3	12	-	-	-	-	53
A38	8	3	-	6	6	-	16	5	-	-	-	44
A39	12	-	9	6	6	9	16	-	5	-	-	62
A40	12	5	9	6	6	9	16	-	5	-	-	68
A41	8	10	10	6	6		-	16	-	-	-	59
A42	8	-	10	6	6	9	16	-	-	-	-	55
A43	4	10	10	6	6	3	12	5	-	-	-	56
A44	12	-	10	6	6	9	16	5	5	4	5	76
A45	-	-	9	6	6	9	16	5	5	-	-	56
A46	4	-	9	6	6	-	16	-	-	-	-	41
A47	13	3	10	6	6	9	16	-	-	4	-	66
A48	8	-	-	-	6	9	12	-	-	-	-	35
A49	12	8	10	6	6	3	16	-	-	-	-	61
A50	4	-	10	6	6	9	16	-	-	4	-	55
A51	-	3	-	6	6	-	12	-	-	-	-	27