

HIDRÓLISE QUÍMICA E ENZIMÁTICA DA SACAROSE

Efeito da enzima invertase na energia de ativação e na velocidade
da reação química

Pedro Lázaro Lopes Moreira

Relatório de Estágio para obtenção do Grau de Mestre em
**Ensino de Física e Química no 3º Ciclo do Ensino
Básico e no Ensino Secundário**
(2º ciclo de estudos)

Orientadora: Prof.^a Doutora Maria Isabel Guerreiro da Costa Ismael
Coorientadora: Prof.^a Doutora Sandra da Costa Henriques Soares

junho de 2020

Agradecimentos

As minhas palavras de gratidão são dirigidas a todos aqueles que foram grandes referências ao longo da minha vida e fontes de inspiração no meu caminho.

Destaco aqueles professores que, pela verticalidade e paixão no exercício da sua atividade docente, contagiaram-me desde muito cedo com o “vírus” da curiosidade insaciável e com o prazer na descoberta científica, motivando-me assim a seguir o caminho da Ciência e, mais tarde, também o da Docência. Desejo profundamente ser um exemplo de professor para os meus alunos, tal como os meus professores o foram para mim. A esses docentes cuja vocação deixou marcas de admiração perpétuas e um desejo íntimo de seguir seus passos: Muito Obrigado!

Na minha carreira na Educação e no Ensino, recordo com especial carinho os projetos Internacionais que abracei com espírito messiânico como Agente da Cooperação Portuguesa. Foi de facto um orgulho ser formador de professores naqueles contextos socioeducativos tão distintos da realidade portuguesa e culturalmente diferentes entre si.

PFICP - Projeto de Formação Inicial e Contínua de Professores (2012-2014)
Reestruturação Curricular do Ensino Secundário Geral da República Democrática de Timor-Leste.

Programa Saber Mais – II Ciclo (2016) – Programa de Apoio ao Reforço do Ensino Secundário em Angola - Escola de Formação de Professores *Patrice Lumumba* na província do Namibe.

PCAFE – Projeto Centros de Aprendizagem e Formação Escolar (2019) – Maliana, Município de Bobonaro, Timor-Leste.

A estes projetos humanizantes, de enorme realização pessoal e de relevante crescimento profissional, onde materializei convictamente no máximo esplendor a minha vocação para a docência, deixo um voto de gratidão, assim como às comunidades educativas locais, pelo acolhimento e valorização, e também, de uma forma especial, aos docentes timorenses e angolanos, cujo os esforços desenvolvidos em conjunto, muitas vezes em condições tão adversas, revelaram uma resiliência e uma capacidade de superação ímpares.

Circunscrevendo as minhas palavras ao *Mestrado em Ensino de Física e Química no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário* na Universidade da

Beira Interior, dirijo a minha gratidão à Dra. Isabel Ismael que orientou o desenvolvimento do Trabalho Científico de uma forma muito próxima e colaborativa, sendo incansável nos seus esforços, nomeadamente na procura de soluções viáveis para a fase de ensaio laboratorial com os alunos de Ensino Secundário.

À professora Sandra Soares, diretora deste Mestrado e Coorientadora no que concerne à temática da Física, estou grato pelas palavras sempre motivantes e pelo reforço positivo que sempre transmitiu. Não podia deixar de agradecer aos seus antecessores na direção deste Mestrado na UBI, Dr. Manuel Ferreira (2017) e Dra. Lurdes Ciríaco (2018-19), aos quais agradeço a compreensão face às dificuldades inerentes à minha condição de trabalhador-estudante.

Um agradecimento especial à professora Maria José Fernandes e aos alunos do 12.º ano do curso de Ciências e Tecnologias do Agrupamento de Escolas de Manteigas pelo motivado empenho levado a cabo no Ensaio Piloto ao Protocolo Laboratorial, bem como à partilha das reflexões críticas e sugestões emanadas à *posteriori*.

Por fim, e não menos importante, não poderia deixar de referir o papel fulcral do Dr. Jorge Saraiva do Departamento de Química da Universidade de Aveiro pela imprescindível orientação na estruturação da investigação laboratorial que esteve na génese deste trabalho científico no ano de 2015, quando frequentava o Mestrado em Química na Universidade de Aveiro.

Aos meus alunos que são a razão de ser desta demanda.

Resumo

O Ensino da Física e da Química no século XXI implica a versatilidade na docência e a atualização dos modelos de Ensino-Aprendizagem, centralizados no aluno, à vanguarda da investigação em Didática da Ciências.

A planificação das aulas deve ter em consideração o contexto dos alunos e consubstanciar uma alternância de estratégias, bem como a incorporação de instrumentos de Ensino-Aprendizagem atuais e disponíveis, por exemplo, a conjugação sinérgica da simulação com as aulas experimentais.

A complexidade da realidade obriga a uma abordagem transdisciplinar dos temas. Por exemplo, o estudo da ação dos catalisadores bioquímicos (enzimas) pode ser efetuado de uma forma multifacetada entre a Biologia e a Química do 12.º ano. Neste contexto, foi desenvolvido e testado um procedimento experimental ajustado aos alunos do 12.º ano do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias. Nesta atividade laboratorial, os alunos poderão mensurar o efeito dos biocatalisadores na velocidade da reação de hidrólise da sacarose e determinar experimentalmente a energia de ativação no processo enzimático e não enzimático.

A aplicabilidade dos conhecimentos envolvidos neste trabalho está na ordem do dia e a sua execução prática permite o desenvolvimento de um conjunto de técnicas laboratoriais relevantes e enquadradas no Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória.

Palavras-chave

Enzima, Energia de Ativação, Catálise, Velocidade da Reação Química, Ensino Experimental da Ciência.

Abstract

Teaching Physics and Chemistry in the 21st century implies versatility in teaching and the updating of student-centered Teaching-Learning models at the forefront of Science Didactics research.

Class planning must take into account students' contexts and embody an alternation of strategies, as well as the incorporation of current and available Teaching-Learning tools such as, for example, the synergistic combination of simulation with experimental classes.

The intricateness of reality requires a transdisciplinary approach to issues. The study of the action of biochemical catalysts (enzymes) can be carried out in a multibranching way between Biology and Chemistry in the 12th grade. In this context, an experimental procedure was developed and tested for students in the last year of the Scientific-Humanistic Course in Science and Technology.

In this way, through a laboratory activity, students can measure the effect of biocatalysts on the speed of the sucrose hydrolysis reaction and experimentally determine the activation energy in the enzymatic and non-enzymatic process.

The applicability of the knowledge involved in this work is updated and its practical implementation allows the development of a set of relevant laboratory techniques framed in the Student's Profile upon Leaving Mandatory Education.

Keywords

Enzyme, Activation Energy, Catalysis, Chemical Reaction Speed, Experimental Teaching of Chemistry.

Índice

Agradecimentos	II
Resumo	IV
Abstract.....	V
Índice	VI
Lista de Figuras.....	X
Lista de Tabelas	XII
Lista de Acrónimos	XIII
Introdução Geral.....	1
Capítulo 1- Enquadramento Teórico-conceptual	3
1. Introdução	3
2. Enzimas	5
2.1. Conceito de Enzima	5
2.2. Natureza Proteica das Enzimas.....	6
2.3. Classes de Enzimas.....	6
2.4. Ação Catalítica das Enzimas	7
2.4.1. Fatores da Ação Catalítica das Enzimas.....	7
2.4.2. Cinética Enzimática	8
2.5. Fatores que Influenciam a Atividade Enzimática	9
2.5.1. Valor de pH do Meio.....	9
2.5.2. Concentração do Substrato e Concentração da Enzima ...	10
2.5.3. Temperatura	11
2.6. Invertase	12
2.7. Hidrólise da Sacarose	13
3. Cinética Química	14

4. Procedimento Laboratorial	16
4.1. Trabalho Pré-Laboratorial.....	16
4.2. Reagentes e Soluções.....	17
4.2.1. Reagentes da Pesquisa Laboratorial	17
4.2.2. Preparação das Soluções	17
4.3. Reta de Calibração.....	18
4.4. Extração da Enzima.....	18
4.5. Purificação Parcial da Enzima.....	19
4.6. Atividade Enzimática	20
4.7. Hidrólise da Sacarose Catalisada pela Invertase.....	21
4.8. Hidrólise Não Enzimática da Sacarose	22
5. Análise dos Resultados	23
5.1. Reta de Calibração	23
5.2. Atividade Enzimática.....	24
5.3. Hidrólise da Sacarose Catalisada pela Invertase.....	24
5.4. Hidrólise Não Enzimática da Sacarose	26
6. Ensaio de um Protocolo Laboratorial para os Alunos do Ensino Secundário	29
6.1. Análise dos Resultados do Protocolo Simplificado	29
6.2. Teste Piloto (Protocolo Laboratorial) com Alunos do 12.º ano do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias.....	31
6.2.1. Organização da Atividade Laboratorial	31
6.2.2. Análise dos Resultados Laboratoriais Obtidos pelos Alunos	33
7. Considerações Finais	36
7.1. Conclusão	36
7.2. Análise Crítica e Sugestões	38

Capítulo 2- Atividades Curriculares	40
1. Introdução	40
1.1. O papel da Escola e do Professor no Contexto Educativo do Século XXI.	40
1.2. Literacia Científica e Epistemologia do Conhecimento Científico....	42
1.3. CTSA - Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.....	42
1.4. Perspetivas de Ensino e Conceções Alternativas (CA).....	43
1.5. Trabalho Experimental.	46
1.6. Ferramentas Digitais e de Simulação Experimental.....	48
1.7. Boas Práticas no Ensino da Ciência.	49
2. Aulas de Física do 10.º ano (Ensino Secundário)	50
2.1. Enquadramento da Disciplina de Física e Química A.....	50
2.2. Organização dos Conteúdos	50
2.3. Planificação das Aulas	51
2.2.1. Introdução	51
2.2.2. “Energia e sua conservação”	51
3. Aulas de Química do 8.º ano (3.º Ciclo do Ensino Básico)	52
3.1. Enquadramento da Disciplina de Físico-Química	52
3.2. Organização dos Conteúdos.....	52
3.3. Planificação das Aulas.....	53
3.2.1. Introdução	53
3.2.2. “Reações Químicas”	53
4. Conclusão e Reflexão Crítica	54

Referências Bibliográficas	55
1. Bibliografia.....	55
2. Webgrafia.....	59
Apêndices	64
Apêndice 1 – Caracterização do Agrupamento de Escolas Manuel Laranjeira - Espinho.....	64
Apêndice 2 – Caracterização das Turmas.....	70
Apêndice 3 – Planos de Aula de Física - 10.ºano	72
Apêndice 4 – Ficha de Trabalho: Energia Mecânica e Teoremas	88
Apêndice 5 – Ficha de Trabalho: Coletor Solar e Condutividade Térmica .	94
Apêndice 6 – Apresentação: Coletores Solares	98
Apêndice 7 – Apresentação: Condutividade Térmica.....	100
Apêndice 8 – Planos de Aula de Química - 8.ºano.....	103
Apêndice 9 – Ficha de Trabalho: Velocidade das Reações Química	120
Apêndice 10 – Reações de Precipitação	124
Apêndice 11 – Consequências das Chuvas Ácidas	126
Apêndice 12 – Apresentação: Escala de pH	127
Apêndice 13 – Atividade Experimental em Sala de Aula	128
Apêndice 14 – Atividade Experimental em Casa.....	130
Apêndice 15 – Apresentação: Velocidade das Reações Químicas.....	131
Apêndice 16 – Apresentação: Fatores que Influenciam a Velocidade das Reações Químicas	133
Apêndice 17 –Protocolo Laboratorial para os Alunos (Ensaio Piloto).....	134
Anexos	141
Anexo 1 – Albedo Terreste.....	141
Anexo 2 – Coletor Solar.....	142
Anexo 3 – Explora 8: Reações de Precipitação	143

Lista de Figuras

Capítulo 1- Enquadramento Teórico-conceptual

Figura 1.1 – A invertase na biologia e na indústria alimentar.....	3
Figura 1.2 – Reação do DNS com o açúcar redutor	4
Figura 1.3 – Exemplo de estabilização do estado de transição.....	8
Figura 1.4 – Efeito do pH na atividade de diferentes enzimas.	10
Figura 1.5 – Representação gráfica da velocidade de uma reação enzimática em função da concentração de substrato.....	11
Figura 1.6 – Representação gráfica da velocidade de uma reação enzimática em função da temperatura.	11
Figura 1.7 – Atividade da invertase livre (a) e imobilizada (b) com a variação do pH do meio.	12
Figura 1.8 – Efeito da temperatura na atividade inicial da invertase livre (a) e imobilizada (b).	13
Figura 1.9 – Hidrólise da sacarose.....	13
Figura 1.10 – Representação gráfica da variação da energia livre de Gibbs ao longo de uma reação química	14
Figura 1.11 – Reta de calibração.	23
Figura 1.12 – Gráfico $ae: f(T)$ para a da hidrólise da sacarose catalisada pela invertase.....	25
Figura 1.13 – Gráfico $\ln (ae) : f\left(\frac{1}{RT}\right)$ para a hidrólise da sacarose catalisada pela invertase.	26
Figura 1.14 – Gráfico $v: f(T)$ para a hidrólise não enzimática da sacarose. .	27
Figura 1.15 – Gráfico $\ln (v) : f\left(\frac{1}{RT}\right)$ para a hidrólise não enzimática da sacarose.....	27
Figura 1.16 – Gráfico comparativo da velocidade (v) da reação para a hidrólise não enzimática da sacarose com a velocidade da hidrólise da sacarose catalisada pela invertase.	28

Figura 1.17 – Gráfico $ae : f(T)$ para a hidrólise da sacarose comercial catalisada pela invertase (procedimento simplificado).....	30
Figura 1.18 – Gráfico $\ln (ae) : f\left(\frac{1}{RT}\right)$ para a hidrólise da sacarose comercial catalisada pela invertase (procedimento simplificado).....	30
Figura 1.19 – Reta de calibração (alunos)	33
Figura 1.20 – Gráfico $\ln (ae) : f(1/RT)$ para a hidrólise da sacarose catalisada pela invertase (alunos).....	34
Figura 1.21 – Gráfico $\ln (v) : f\left(\frac{1}{RT}\right)$ para a hidrólise não enzimática da sacarose.....	35
Figura 1.22 – Foto: TI Nspire CX, Lab Cradle e Sensor de colorímetro.....	39

Capítulo 2- Atividades Curriculares

Figura 2.1 – A Bússola de Aprendizagem para 2030 – OCDE, 2018, p. 4 ...	41
Figura 2.2 – Perspetivas de Ensino das Ciências e Atributos Dominantes.	44
Figura 2.3 – Triangulação de estratégias para a mudança conceptual	45
Figura 2.4 – Octópode (polvo) cognitivo-pedagógico para o ensino das ciências.....	46

Lista de Tabelas

Capítulo 1- Enquadramento Teórico-conceptual

Tabela 1.1 – Dados para a construção da reta de calibração	23
Tabela 1.2 – Dados da atividade enzimática (purificação parcial da invertase).	24
Tabela 1.3 – Dados experimentais da hidrólise da sacarose catalisada pela invertase.....	25
Tabela 1.4 – Dados experimentais da hidrólise não enzimática da sacarose.	26
Tabela 1.5 – Dados experimentais da hidrólise da sacarose.	28
Tabela 1.6 – Dados experimentais para a hidrólise da sacarose comercial catalisada pela invertase (procedimento simplificado).	29
Tabela 1.7 – Dados para a construção da reta de calibração (alunos)	33
Tabela 1.8 – Dados experimentais da hidrólise da sacarose catalisada pela invertase (alunos).	33
Tabela 1.9 – Dados experimentais da hidrólise não enzimática da sacarose (alunos).....	34

Capítulo 2- Atividades Curriculares

Tabela 2.1 – Tipos de atividades experimentais.	47
Tabela 2.2 – Boas práticas docentes.	49
Tabela 2.3 – Organização dos conteúdos de Física e de Química A do Ensino Secundário	50
Tabela 2.4 – Organização dos conteúdos da disciplina de Físico-Química do 3.º Ciclo do Ensino Básico.	52

Lista de Acrónimos

ABRP	Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas
<i>ae</i>	Atividade enzimática
AE	Aprendizagens Essenciais
AL	Atividade Laboratorial
CA	Conceções Alternativas
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.
DAC	Domínios de Autonomia Curricular
DNS	Ácido 3,5 dinitro-salicílico.
EC	<i>Enzyme Commission (number)</i> Número da Comissão de Enzimas
E@D	Ensino à Distância
EMC	Ensino por Mudança conceptual
EPD	Ensino por Descoberta
EPP	Ensino por Pesquisa
EPT	Ensino Por Transmissão
ES	Complexo Enzima-Substrato
FQ	Físico-Química (Ensino Básico) ¹
FQ-A	Física e Química A (Ensino Secundário)
Frt	Frutose
Glc	Glucose
K_M	Constante de Michaelis-Menten
LC	Literacia Científica
MEC	Ministério da Educação e Ciência ²
PASEO	Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória

¹ Embora as metas curriculares (MEC, 2013) usem terminologia “Ciências Físico-Químicas”, contudo a *Matriz Curricular e Aprendizagens Essenciais* do 3.º ciclo do Ensino Básico usa a terminologia “Físico-Química” sendo esta a designação atualizada da disciplina.

² A partir do XXI Governo Constitucional - Ministério da Educação (ME).

Introdução Geral

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do mestrado em Ensino de Física e Química no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário.

Este documento consubstancia alguns exemplos de metodologia de Ensino e de Prática Pedagógica para ensino das Ciências, mais concretamente da Física e da Química para alunos do 3.º ciclo do Ensino Básico na disciplina de Físico-Química; e alunos do Ensino Secundário na disciplina de Física e Química-A.

Com este trabalho, o autor pretende apontar algumas estratégias de ensino-aprendizagem ajustadas ao estágio de desenvolvimento dos discentes, impregnando metodologias versáteis com recurso aos meios tecnológicos e laboratoriais das escolas portuguesas do século XXI.

Uma proposta de abordagem facilitadora das *Aprendizagens Essenciais (AE)*³ articulada com as Metas de Aprendizagem dos respetivos programas e dentro do espírito do *Perfil do Aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória (PASEO)*⁴ em consonância com as orientações do Ministério da Educação.

Num mundo em constante mutação, a arte de ensinar deve visar o desenvolvimento integral da criança e do jovem, no sentido de um crescimento contínuo do saber-ser, saber-estar e saber-fazer que apele à inteligência emocional no intuito do saber-aprender.

Neste sentido, o ensino das ciências deve promover as aprendizagens relativas à ciência e ao papel dos cientistas, bem como as capacidades de pensamento transversais a outras áreas curriculares.

A evolução tecnológica e digital conduz ao aparecimento de ferramentas de ensino inovadoras, podendo estas constituir elementos facilitadores do processo de ensino-aprendizagem, uma vez que os jovens estão naturalmente recetivos a novas ideias integradas no seu contexto social e a novos meios de ensino ajustados ao seu tempo.

A Educação de e para a ciência não pode subestimar o papel central e fulcral da experimentação na construção do pensamento científico. Neste contexto, a conjugação da simulação e da experiência de uma forma sinérgica são uma mais valia à tarefa do professor em sala de aula.

³ Despacho normativo n.º 5908/2017, de 5 de julho, Currículo Nacional- Ministério Educação.

⁴ Despacho n.º 6478/2017, 26 de julho, Currículo Nacional- Ministério Educação.

O autor desenvolveu um trabalho científico no domínio da bioquímica denominado a “Hidrólise Química e Enzimática da Sacarose” com o propósito de criar um procedimento inovador passível de ser aplicado ao Ensino Secundário, nomeadamente na disciplina opcional de Química do 12.º ano - Curso de Ciências e Tecnologias (Cursos Científico-Humanísticos). O objetivo final deste trabalho é desenvolver um protocolo laboratorial para determinar experimentalmente o efeito do catalisador na energia de ativação e na velocidade da reação química.

Esta atividade tem uma abordagem interdisciplinar e transdisciplinar que vai ao encontro do *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*, nomeadamente nas competências nas áreas do Saber Científico, Técnico e Tecnológico.

"Executar operações técnicas, segundo uma metodologia de trabalho adequada, para atingir um objetivo ou chegar a uma decisão ou conclusão fundamentada, adequando os meios materiais e técnicos à ideia ou intenção expressa"

In: Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória, 2017, p.29.

Numa primeira fase, após pesquisa bibliográfica, estruturou-se um procedimento experimental e delineou-se um plano de ação constituído por uma bateria de testes laboratoriais com a respetiva recolha e processamento dos dados.

Numa segunda fase, ajustou-se o protocolo laboratorial, eliminando algumas etapas e simplificando procedimentos com o intento de propiciar a sua exequibilidade dentro da janela temporal de uma aula de Química do 12.º ano.

Numa última fase, num projeto piloto, testou-se a viabilidade da execução do protocolo simplificado com alunos do Ensino Secundário, com recolha do *feedback* de discentes e docentes de Química e de Biologia.

Capítulo 1-Enquadramento Teórico-conceptual

1. Introdução

As reações químicas que ocorrem nos organismos vivos são, na sua grande maioria, catalisadas enzimaticamente, tornando a velocidade das mesmas compatíveis com as exigências metabólicas. As enzimas, mesmo em concentrações ínfimas, aceleram a velocidade da reação bioquímica. Sendo catalisadores, não são consumidas durante todo o processo bioquímico e assim geram benefícios, não apenas em processos naturais, mas também para a biotecnologia industrial, uma vez que permitem a economia de energia e geram menos resíduos.

A invertase é uma enzima comercialmente importante usada para a hidrólise da sacarose. A hidrólise da sacarose produz uma mistura equimolar de glicose e frutose, apelidada de “açúcar invertido”. A invertase é amplamente utilizada nas indústrias de alimentos e bebidas, assim como nas indústrias cosmética e farmacêutica.



Figura 1.1- A invertase na biologia e na indústria alimentar (fotos - Wikicommons).

- A- Abelha europeia (*Apis mellifera*) – A primeira fase de transformação do néctar em mel ocorre no pré-estômago das abelhas pela adição da enzima invertase.
- B- Creme de açúcar invertido (também designado por “mel artificial”) - Alemanha.
- C- Recheio líquido dos bombons produzido a partir de sacarose (cristalizada), água e a enzima invertase.

Os açúcares redutores são hidratos de carbono que possuem o seu grupo aldeído ou cetónico capazes de se oxidar na presença de agentes oxidantes em solução alcalina. Essa oxidação ocorre apenas quando na forma de cadeia aberta (linear), que está em equilíbrio com sua estrutura cíclica. A frutose e a glicose são monossacarídeos redutores, no entanto, a sacarose é um dissacarídeo não redutor.

Em 1934, Sumner utilizou o método de DNS (ácido 3,5 dinitrosalicílico) para determinação de atividade da invertase, em substituição de medições polarimétricas, usadas nessa data.

Neste trabalho laboratorial é usado um método espectrofotométrico para quantificar os produtos (glucose e frutose) por conta da oxidação quantitativa dos produtos de reação (açúcares redutores), a 100 °C, pelo DNS (ácido 3,5 dinitrosalicílico), que se reduz a ácido 3-amino-5-nitrosalicílico, um composto corado cuja absorção máxima de luz se dá a comprimento de onda (λ) de 540 nm (figura 1.2).

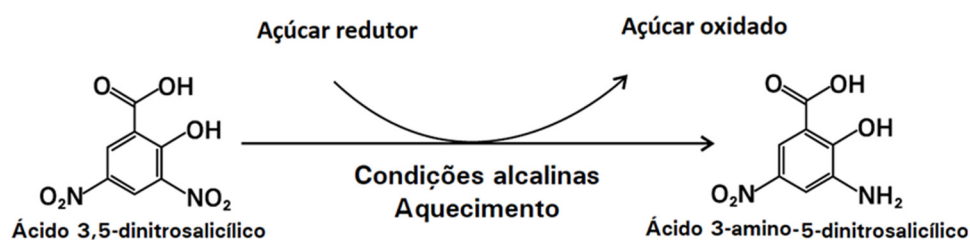


Figura 1.2 - Reação do DNS com o açúcar redutor.

A absorvância a $\lambda=540$ nm é proporcional à soma das concentrações de glucose e frutose, pois a sacarose, sendo um dissacarídeo não redutor, não reage com reagente DNS. (Gonçalves *et al.*, 2010).

Como o reagente DNS utiliza condições alcalinas, o grupo ácido carboxílico encontra-se desprotonado não afetando, contudo, a absorvância a $\lambda= 540$ nm.

A determinação da quantidade de produto formado é determinada a partir de soluções padrões, por uma curva de calibração (regressão linear), considerando a relação entre a concentração de açúcares redutores e a absorvância ($\lambda= 540$ nm) segundo a Lei de Lambert-Beer.

$$A_{540} = \epsilon_{540} ([\text{glucose}] + [\text{frutose}]) \ell + \epsilon_0$$

A_{540} - Absorvância medida ($\lambda=540$ nm)

ϵ_{540} - Coeficiente de absorção molar ($\text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$)

ℓ - Largura da cuvete que contém a solução (1cm)

ϵ_0 - Absorvância do branco ⁵

As soluções usadas como brancos contêm sacarose. Isto é necessário devido à presença de grande excesso de sacarose nos ensaios que se poderá hidrolisar quando a solução com DNS for aquecida a 100 °C. No entanto, como a solução de reagente de DNS é fortemente alcalina, além de desnaturar a proteína da invertase, também reduzirá a catálise ácida (não enzimática) da hidrólise sacarose.

⁵ No tratamento de dados optou-se por subtrair absorvância do branco, logo este valor deverá ser nulo.

2. Enzimas

A utilização das enzimas nos segmentos industriais é cada vez maior. A aplicação de enzimas tem-se tornado cada vez mais sistemática, mais programada e com um campo de aplicação progressivamente mais vasto, revolucionando as indústrias agroalimentares, de detergentes, do papel, dos biocombustíveis e de produtos farmacêuticos, entre outras. Áreas como as análises químicas e clínicas, assim como algumas técnicas terapêuticas, têm conhecido significativos avanços devido à aplicação de enzimas.

A primeira utilização industrial de enzimas ocorreu no processo de hidrólise do amido, sendo esta, ainda, uma das principais indústrias que recorre ao uso de enzimas.

A aplicação tecnológica das enzimas oferece vantagens significativas:

- a) Velocidade da reação elevadas: até um fator 10^{12} vezes maior do que as reações não catalisadas;
- b) Meio reacional: as enzimas operam a temperaturas e a pH mais moderados;
- c) Especificidade da catálise: a especificidade da enzima para o substrato e o produto reduz eventuais reações secundárias.

O surgimento de novos campos de aplicação de enzimas e o desenvolvimento de novas tecnologias para a sua produção, isolamento, purificação, constitui um ramo da Bioquímica designado por Tecnologia Enzimática.

2.1. Conceito de Enzima

O termo enzima foi introduzido no século XIX por Willian Kühne, que pretendia evitar o uso de designações pouco corretas como “fermentos organizados” e “fermentos desorganizados” que figuravam na altura, e que correspondem ao que hoje designamos por microrganismos e extratos enzimáticos, respetivamente.

O termo enzima deriva do grego *en zyme* que significa *en*: dentro e *zyme*: levedura. Este termo pretendia dizer “qualquer coisa que acontecia dentro da levedura”.

Mais tarde Duclaux propôs o uso do sufixo – *ase* a acrescentar a um termo originário da substância sobre a qual a enzima atua, para designar as enzimas, por exemplo: amido – amílase (Cândido & Teixeira, 1983).

2.2. Natureza Proteica das Enzimas

A natureza química das enzimas permaneceu desconhecida até 1926. Antes dessa data era aceite por muitos cientistas que as enzimas não pertenciam a nenhuma das classes de compostos orgânicos conhecidos.

Em 1926, Sumner, após cristalizar a enzima urease, afirmou ser uma proteína do tipo globulina. Desde então, muitas mais enzimas foram purificadas e cristalizadas. Todas demonstraram ser de natureza proteica (Cândido & Teixeira, 1983).

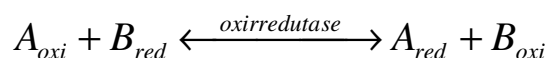
Atualmente é completamente aceite que as enzimas são moléculas proteicas dotadas da propriedade de aumentar significativamente a velocidade de determinadas reações químicas e apresentando um grau variável de especificidade.

Todas as enzimas são proteínas, podendo ser desnaturadas.

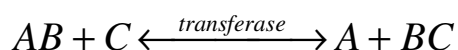
2.3. Classes de Enzimas

Uma vez que a reação catalisada por uma enzima é uma propriedade específica que distingue uma enzima de outra, definiram-se seis grandes divisões de enzimas com base no tipo da reação catalisada:

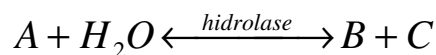
- ❖ Oxirredutases: enzimas que catalisam reações de oxidação-redução;



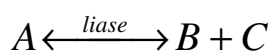
- ❖ Transferases: enzimas que catalisam a transferência de grupos químicos entre dois compostos;



- ❖ Hidrólases: enzimas que hidrolisam, isto é, que têm como função primária decompor compostos por reação com a água;

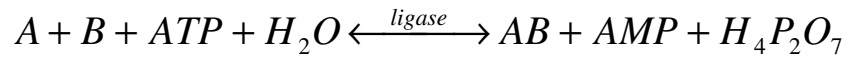


- ❖ Liases: enzimas que catalisam reações de remoção – fixação de vários compostos químicos, segundo um mecanismo não hidrolítico;



- ❖ Isomerases: enzimas com capacidade de catalisar diferentes tipos de isomerizações;

- ❖ Ligases ou sintetases: enzimas que catalisam a união de duas moléculas para formar um novo composto à custa da energia libertada pela hidrólise de uma ligação pirofosfato do ATP.



Cada enzima recebe um número de classificação, EC (*Enzyme Commission*), que é composto por 4 dígitos:

1. Classe
2. Subclasse dentro da classe
3. Grupos químicos específicos que participam da reação
4. A enzima propriamente dita

2.4. Ação Catalítica das Enzimas

Os catalisadores bioquímicos (enzimas), tal como todos os catalisadores, não modificam a constante de equilíbrio, ou seja, não intervêm do ponto de vista termodinâmico, mas intervêm no ponto de vista cinético, aumentando a velocidade da reação. A velocidade de uma reação catalisada enzimaticamente depende de muitos fatores e o conhecimento da cinética de uma reação é importante para a caracterização da respetiva enzima.

O modo como as enzimas atingem as suas elevadas taxas de catálise ainda não é adequadamente compreendido. Há um certo número de fatores que se admite contribuir para as elevadas taxas na catálise enzimática. Estes fatores poderão atuar em conjunto, com preponderância variável de caso para caso, contribuindo para o aumento da taxa de catálise enzimática.

2.4.1 Fatores da Ação Catalítica das Enzimas.

O aumento da velocidade de reação por ação das enzimas deve-se aos seguintes fatores:

a) Fatores de natureza essencialmente física:

- Efeito de proximidade;
- Efeito de orientação.

Numa reação catalisada por uma enzima, os reagentes vão estar muito próximos uns dos outros (no centro ativo da enzima), o que promove o aumento de colisões entre eles.

No entanto, para que ocorra uma colisão eficaz, é necessário que as moléculas dos reagentes colidam com a devida orientação, por exemplo, para que dois aminoácidos se possam ligar, é necessário que a colisão se dê entre o grupo ácido de um aminoácido e o grupo amina do outro.

Admitindo que as regiões entre as quais ocorre as reações químicas são apenas pequenas frações da superfície dos grupos envolvidos, então será de esperar que uma orientação adequada desses grupos seja indispensável a uma reação rápida. Numa reação catalisada por uma enzima, os grupos reativos dos substratos vão estar na orientação adequada para que a reação ocorra, o que tem como consequência que o número de colisões eficazes seja maior (Ferreira, 2002).

b) Fatores de natureza essencialmente química:

- Estabilização do estado de transição.

A enzima forma interações adicionais com o substrato, de forma a baixar a energia do complexo enzima-substrato (ES) ativado, reduzindo assim a energia livre de ativação de Gibbs (figura 1.3). Este fator é tido como um dos principais promotores do poder catalítico de grande parte das enzimas (Cândido & Teixeira, 1983).

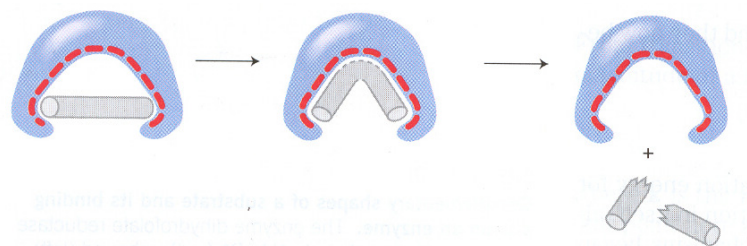
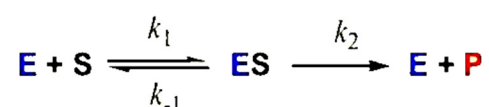


Figura1.3 - Exemplo de estabilização do estado de transição.

2.4.2 Cinética Enzimática

De uma forma simplificada, podemos representar a reação enzimática da seguinte forma:



E - Enzima livre

S – Substrato(s) da reação

P – Produto(s) da reação

ES - Complexo enzima-substrato

Esta velocidade máxima é atingida quando a proporção $[S]/[E]$ atinge valores suficientemente grandes para saturar a enzima, ou seja, para fazer com que todas as moléculas de enzima se encontrem ligadas ao substrato ($[ES] = [E]_{\text{total}}$).

Quando $[ES]$ é constante (estado estacionário), a equação da velocidade inicial da reação, v_o , numa cinética enzimática de Michaelis-Menten, é dada pela expressão:

$$v_o = v_{\text{max}} [S] / (K_M + [S]) \quad (1)$$

K_M - Constante de Michaelis-Menten

$$K_M = (k_{-1} + k_2) / k_1 \quad (2)$$

v_{max} é a sua velocidade máxima que depende da constante de velocidade k_2 :

$$v_{\text{max}} = k_2 [E]_{\text{total}} \quad (3)$$

Os parâmetros K_M e k_2 são característicos de cada reação enzimática e de cada enzima. A saturação da enzima com elevadas concentrações de substrato conduz à independência da velocidade da reação relativamente à concentração de substrato. O valor de K_M corresponde ao valor da concentração de substrato para a qual a velocidade da reação é exatamente metade da velocidade máxima.

2.5. Fatores que Influenciam a Atividade Enzimática

A atividade enzimática depende, entre outros fatores, do valor de pH, das concentrações de substrato e de enzima e da temperatura.

2.5.1. Valor de pH do Meio

Considerando as enzimas como proteínas, com uma conformação (estrutura tridimensional) formada por uma grande quantidade de interações entre os aminoácidos, a alteração do valor do pH do meio irá afetar os aminoácidos com grupos ionizáveis, afetando a sua estrutura e originando a desnaturação proteica. Como a função das enzimas está estritamente dependente da sua conformação, alterações no valor do pH afetarão a sua atividade.

As enzimas são usualmente ativas apenas numa gama restrita da escala de pH, normalmente existe um valor bem definido de pH para o qual a atividade catalítica de uma dada enzima é máxima – pH ótimo da enzima. Contudo existem exceções, observando-se, para algumas enzimas, uma banda de valores de pH ótimos (figura 1.4).

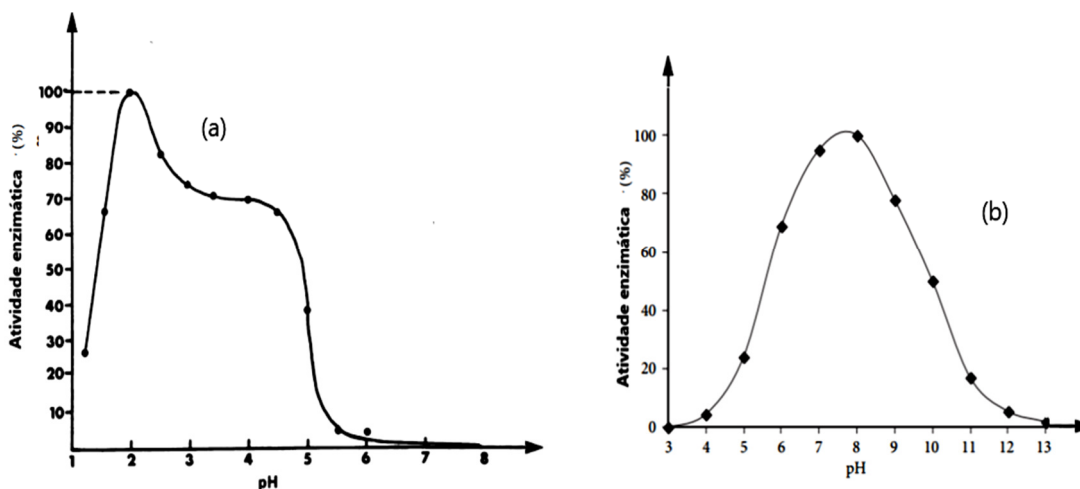


Figura 1.4 - Efeito do pH na atividade de diferentes enzimas.

- (a) Atividade da Enzima Pepsina- adaptado de Piper, D.W., & Fenton, B.H. (1965); *pH stability and activity curves of pepsin with special reference to their clinical importance*, p.9.
- (b) Atividade da Enzima α -Amilase – adaptado de Maalej, Hana & et al. (2014); *Production and Biochemical Characterization of a High Maltotetraose (G4) Producing Amylase from Pseudomonas stutzeri AS22.*, p.7.

O efeito do valor de pH sobre a atividade catalítica das enzimas pode ser consequência dos seguintes fatores:

- a)** Estabilidade da enzima: valores de pH extremos danificam irreversivelmente a estrutura da enzima, desnaturando a proteína e/ou modificando a ligação com um cofator.
- b)** Afinidade da enzima para o substrato: alterações iônicas de grupos próximos ou pertencentes ao centro ativo terão sempre grande efeito sobre a atividade catalítica (Cândido & Teixeira, 1983).

2.5.2. Concentração do Substrato e Concentração da Enzima:

A velocidade da reação vai depender diretamente da concentração do complexo enzima-substrato. Portanto, quanto maior for a concentração de enzimas e de substrato, maior será a formação do complexo enzima-substrato e maior será a atividade enzimática. Assim, para a mesma concentração de enzima, a velocidade da reação irá aumentar com a concentração do substrato até todos os centros ativos da enzima ficarem saturados. Neste momento, atinge-se a velocidade máxima, isto é, toda a enzima está ligada a moléculas de substrato (Ferreira, 2002).

Se representarmos graficamente a velocidade de uma reação catalisada enzimática em função da concentração do substrato, obtém-se um gráfico como o esquematizado na figura 1.5.

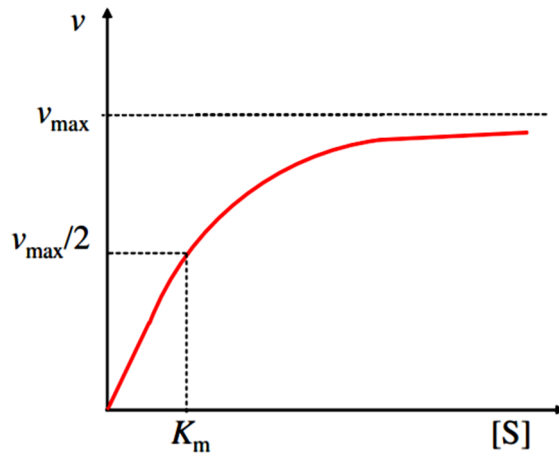


Figura 1.5 - Representação gráfica da velocidade de uma reação enzimática em função da concentração de substrato.

v – velocidade da reação enzimática

$[S]$ – Concentração do substrato

v_{\max} – velocidade máxima da reação enzimática

2.5.3. Temperatura

A baixas temperaturas, as enzimas são praticamente inativas. À medida que a temperatura aumenta, as enzimas e o substrato ganham energia cinética. Isso aumenta a frequência de colisões e a formação de complexos enzima-substrato. A velocidade de uma reação catalisada por uma enzima irá aumentar com o aumento da temperatura até um dado limite.

Toda enzima tem uma temperatura ideal: a temperatura na qual a atividade enzimática é maior; a partir dessa temperatura, a velocidade da reação diminui devido à desnaturação da proteína enzimática (figura 1.6).

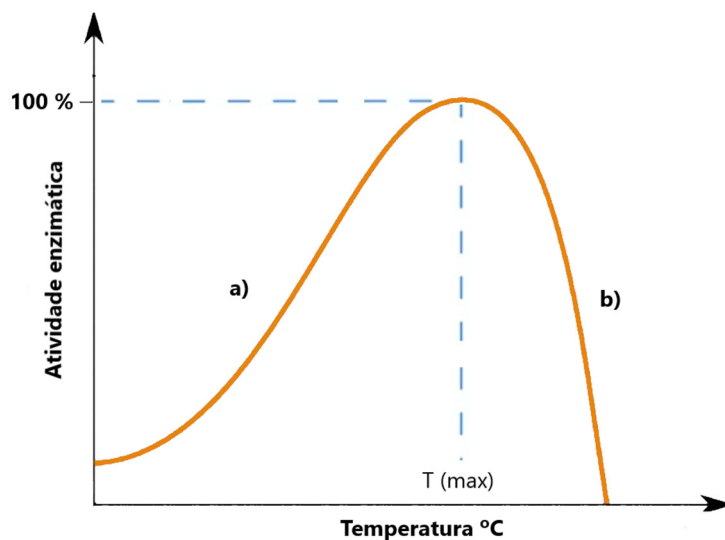


Figura 1.6 - Representação gráfica da velocidade de uma reação enzimática em função da temperatura.

- a) - Efeito do aumento de agitação térmica das moléculas (Teoria de Arrhenius)
- b) - Efeito da desnaturação da enzima
- $T_{(max)}$ - Temperatura ideal que corresponde à atividade enzimática máxima

A temperatura ótima de uma dada enzima corresponde à temperatura na qual a velocidade da reação é máxima, permitindo o maior número possível de colisões moleculares sem desnaturar a enzima.

2.6. Invertase

Invertase e sacarase são nomes triviais da enzima de nome sistemático β -D-frutofuranósido fruto-hidrolase (EC 3.2.1.26) e de nome recomendado β -D-Frutofuranosidase. A invertase é uma enzima amplamente distribuída na biosfera podendo ser encontrada em leveduras, fungos, bactérias, insetos, mamíferos e vegetais, mas as principais fontes para produção industrial são as leveduras.

Esta enzima pode ser obtida da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, que é a responsável pela fermentação do mosto da cevada ou da uva e também pela levedação do pão. A membrana plasmática desta levedura é impermeável à sacarose, mas permeável à glucose e à frutose. Assim, a levedura segrega a invertase para o exterior da célula (exoenzima) com propósito de hidrolisar cataliticamente a sacarose no exterior da célula (Atiyeh e Duvnjak, 2003).

Esta enzima apresenta uma atividade relativamente alta na gama de pH entre 3,5 a 5,5, com um valor de pH ótimo perto de 4,5.

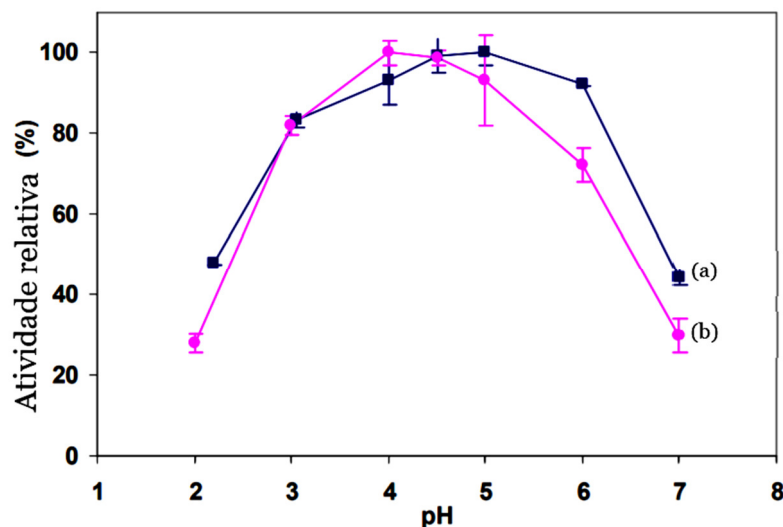


Figura 1.7 - Atividade da invertase livre (a) e imobilizada (b) com a variação do pH do meio.

Adaptado de David, Allan (2020), *Immobilization of enzymes on nanoporous, silica composites*, p.64.

Como a sacarose, a frutose e a glucose não possuem propriedades ácido-base e a reação de hidrólise não altera a quantidade de hidrônio no meio reacional, é esperado que o pH não varie durante a reação, ou seja, que a atividade da enzima se mantenha constante.

A atividade enzimática da invertase sobre a sacarose atinge um valor máximo por volta dos 55°C (Wang, 2004).

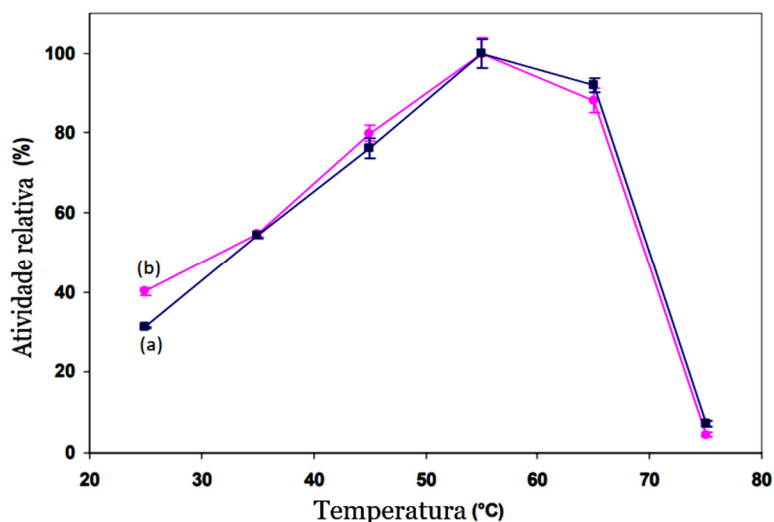


Figura 1.8 - Efeito da temperatura na atividade inicial da invertase livre (a) e imobilizada (b). Adaptado de David, Allan (2020), Immobilization of enzymes on nanoporous, silica composites, p.65.

2.7. Hidrólise da Sacarose

A sacarose (α -D-Glucopiranosil- β -D-frutofuranósido) é um açúcar abundante em algumas plantas como a cana-de-açúcar e a beterraba. Apesar de ser um dissacarídeo, não é assimilado diretamente pelos organismos. Para isso, este açúcar é hidrolisado, formando os monossacarídeos que o constituem: a glucose (α -D-Glucopiranoose) e a frutose (β -D-Frutofuranose).

A hidrólise da sacarose nos seres vivos ocorre por ação de uma enzima específica denominada invertase (β -D-Frutofuranosidase, EC.3.2.1.26) (Whitaker, 2003).

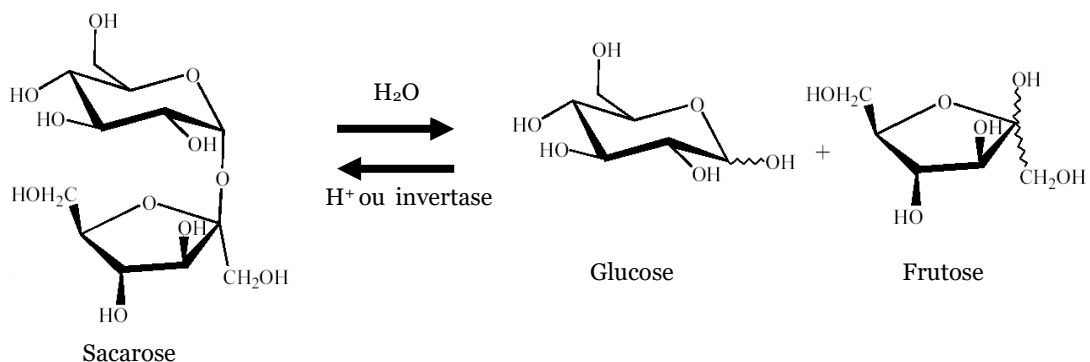


Figura 1.9 - Hidrólise da sacarose.

3. Cinética Química

Qualquer transformação química compreende uma determinada sequência reacional. É necessário que algumas das ligações entre os átomos das moléculas iniciais se quebrem e que novas ligações se formem, para originar novas substâncias.

No processo, podem-se formar estruturas transientes de elevada energia, designados estados de transição ou complexos ativados. Estes apenas são observáveis experimentalmente com equipamentos sofisticados, pois têm tempos de meia-vida demasiado curtos (10^{-13} s). Uma vez formado, o estado de transição pode decompor-se de novo nos reagentes ou originar produtos (Ferreira, 2002).

Na ausência de enzima, a hidrólise da sacarose ocorre por catálise ácida, que é termodinamicamente espontânea, mas esta ocorre apenas com valores de pH mais baixos e/ou temperaturas elevadas. Note-se que, ainda que termodinamicamente uma dada reação seja espontânea, ela poderá ser cineticamente impedida.

O impedimento cinético é dado por uma barreira energética, designada por energia livre de ativação de Gibbs (ΔG^\ddagger).

Assim, para que uma reação ocorra, as moléculas têm que possuir uma energia cinética superior ou igual a esta energia livre de ativação de Gibbs.

O passo com maior barreira energética numa sequência reacional constitui o passo mais lento. É este passo que determina a velocidade global, observável, da reação.

Na reação catalisada, a enzima reduz, pelo menos, a energia livre de ativação de Gibbs do passo mais lento. Deste modo, a energia livre de ativação de Gibbs global, ou observada, será menor.

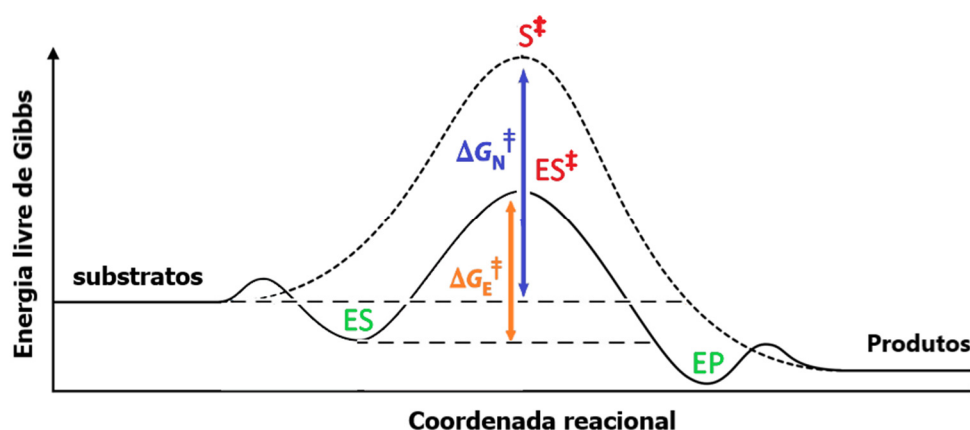


Figura 1.10 - Representação gráfica da variação da energia livre de Gibbs ao longo de uma reação.

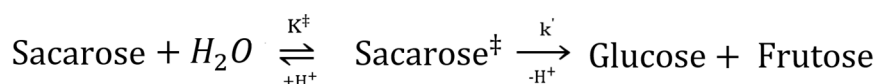
ΔG^\ddagger_N - Energia livre de ativação de Gibbs da reação não catalisada

ΔG^\ddagger_E - Energia livre de ativação de Gibbs da reação enzimática

A figura 1.10 indica, ainda, outra particularidade nas reações catalisadas por enzimas: o estado de equilíbrio não se altera, pois $\Delta G_{\text{reação}}$ permanece constante.

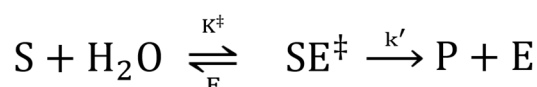
A enzima aumenta a velocidade da reação, pelo que se atinge mais rapidamente o estado de equilíbrio. Por exemplo, pela equação 6, [ver página 16], a 25°C um aumento de 5,71 kJ/mol em ΔG^\ddagger provoca uma diminuição de 10 vezes na velocidade (v) da reação química (Ferreira, 2002).

A catálise não enzimática da sacarose pode ser representada pelo seguinte esquema:



- Sacarose^\ddagger : Estado de transição da sacarose (complexo ativado)
- K^\ddagger : Valor da constante de equilíbrio
- k' : Constante cinética

Na catálise enzimática, o substrato liga-se ao centro ativo da enzima, formando o complexo enzima-substrato ativado. Podemos representar a hidrólise da sacarose por catálise enzimática pelo seguinte esquema:



- E : Enzima
- S : Substrato
- P : Produtos
- SE^\ddagger : Complexo enzima-substrato ativado

Segundo Ferreira (2002) a velocidade da reação é dada por:

$$v = \frac{d[P]}{dt} \Leftrightarrow v = k' \times [SE^\ddagger] \quad (4)$$

E a concentração de complexo enzima substrato ativado por:

$$[SE^\ddagger] = [S] \times \exp\left(\frac{-\Delta G^\ddagger}{RT}\right) \quad (5)$$

- ΔG^\ddagger : valor da energia livre de ativação de Gibbs
- R : valor da constante dos gases ideais (8,314 mol J⁻¹K⁻¹)
- T : valor da temperatura absoluta

Substituindo a expressão (5) na expressão (4), temos:

$$v = k' \times [SE^\ddagger] \Leftrightarrow v = k' \times [S] \times \exp\left(\frac{-\Delta G^\ddagger}{RT}\right) \quad (6)$$

Logaritmizando a expressão (6)

$$\ln v = \ln(k' \times [S]) - \frac{\Delta G^\ddagger}{RT} \quad (7)$$

Desta forma, é possível determinar graficamente o valor da energia livre de ativação de Gibbs a partir do logaritmo da velocidade da reação em função do inverso da temperatura. A expressão é idêntica para a hidrólise não enzimática da sacarose.

Segundo a bibliografia consultada, a energia livre de ativação de Gibbs para a hidrólise não enzimática da sacarose é de 25,6 kcal/mol, (Whitaker, 2003), ou seja, cerca de $\Delta G^\ddagger = 107$ kJ/mol. Segundo este mesmo autor, a energia livre de ativação de Gibbs para hidrólise da sacarose catalisada pela invertase é, tal como espectável mais reduzida, sendo o seu valor de 11,0 kcal/mol, (Whitaker, 2003), ou seja, cerca de $\Delta G^\ddagger = 46$ kJ/mol. No entanto, este autor não especifica a origem biológica da enzima.

Segundo Milovanovic *et al.* (2007), a energia livre de ativação de Gibbs para a hidrólise da sacarose é de $\Delta G^\ddagger = 32,0$ kJ/mol para a enzima invertase proveniente da levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

4. Procedimento Laboratorial

Objetivo: Determinação experimental da energia livre de ativação de Gibbs para a reação de hidrólise da sacarose catalisada pela invertase e da reação não catalisada.

4.1. Trabalho Pré-Laboratorial

O trabalho iniciou-se com uma pesquisa prévia sobre as técnicas de extração e purificação da enzima, métodos para quantificar a atividade enzimática, valores de pH e temperatura ótimos para a enzima e sobre fontes biológicas da invertase.

Após a pesquisa bibliográfica, selecionou-se a técnica mais adequada para a extração e purificação da enzima e o método para quantificar a atividade dessa enzima.

4.2. Reagentes e Soluções

4.2.1. Reagentes da Pesquisa Laboratorial

- Acetato de sódio;
- Ácido acético 1 mol/dm³;
- Ácido clorídrico (diluído);
- DNS (ácido 3,5-dinitrosalicílico);
- Fermento de padeiro (levedura);
- Frutose;
- Glucose;
- Hidróxido de sódio;
- Hidrogenocarbonato de sódio;
- Sacarose;
- Tartarato de sódio e potássio.

4.2.2. Preparação das soluções

❖ Preparação da solução de reagente DNS

1. Preparou-se 50,0 mL de uma solução de NaOH- 2 mol/dm³.
2. Pesou-se 2,500 g de ácido 3,5-dinitrosalicílico.
3. Dissolveu-se o ácido 3,5-dinitrosalicílico na solução de NaOH e aquecemos a solução (solução A).
4. Dissolveu-se 75,001g de tartarato de sódio e potássio em 125,0 mL de água destilada em ebulição (solução B).
5. Quando as duas soluções se encontravam em ebulição, misturou-se as duas soluções e deixou-se arrefecer.
6. Transferiu-se a solução obtida para um balão volumétrico de 250,00 mL e adicionou-se água destilada até perfazer o volume (solução C).

❖ Preparação da solução equimolar glucose/frutose 2,5 mmol/dm³

1. Pesou-se 0,2252 g de glucose e 0,2552 g de frutose.
2. Dissolveu-se a glucose e a frutose (açúcares redutores) em 100,0 mL de água destilada.
3. Transferiu-se a solução para um balão volumétrico de 500,00 mL e adicionou-se água destilada até perfazer o volume.

❖ Preparação da solução sacarose 0,250 mol/dm³

1. Pesou-se 8,5575 g de sacarose.
2. Dissolveu-se a sacarose em 50,0 mL de água destilada.
3. Transferiu-se a solução para um balão volumétrico de 100,00 mL e adicionou-se água destilada até perfazer o volume.

❖ **Preparação da solução tampão de ácido acético/acetato de sódio 20 mmol/dm³**

1. Pesou-se 0,2051 g de acetato de sódio.
2. Dissolveu-se o acetato de sódio em 100,0 mL de água destilada.
3. Transferiu-se a solução para um balão volumétrico de 250,00 mL.
4. Adicionou-se 2,50 cm³ de ácido acético (1,00 mol/dm³) e acrescentou-se água destilada até perfazer o volume.
5. Ajustou-se o valor de pH da solução tampão, com uma solução de ácido clorídrico diluído, até obter um valor de 4,5.

❖ **Preparação da solução 0,100 mol/dm³ de NaHCO₃**

1. Pesou-se 4,2003g de NaHCO₃.
2. Dissolveu-se o NaHCO₃ em 250,0 mL de água destilada.
3. Transferiu-se a solução para um balão volumétrico de 500,00 mL e adicionou-se água destilada até perfazer o volume.

4.3. Reta de Calibração

1. Pipetou-se (com uma micropipeta) para uma série de tubos de ensaio alíquotas da solução equimolar de glucose/frutose em intervalos crescentes de 0,2 mL até 2,0 mL: (0,0 mL (*branco*); 0,2 mL; 0,4 mL (...) 2,0 mL).
2. Perfez-se com água destilada até obter um volume final de 2,0 mL.
3. A cada tubo, adicionou-se 1,0 mL de solução de sacarose e 2,0 mL de reagente DNS.
4. Colocou-se os tubos de ensaio num banho de água em ebulição durante 5 minutos.
5. Deixou-se arrefecer as soluções dos tubos de ensaio e diluiu-se com água destilada até perfazer um volume de 10,0 mL
6. Mediu-se os valores de absorvância a 540 nm, tomando o *branco* como zero.

4.4. Extração da enzima

1. Num gobelé de 800 mL misturou-se 250,00 g de fermento de padeiro com 500,00 mL da solução de NaHCO₃.
2. Num gobelé (100mL) dissolveu-se 5,00 g de sacarose em 50mL de água destilada e adicionou-se à solução de levedura.
3. Transferiu-se a solução obtida para dois balões de Erlenmeyer de 500 mL e tapou-se com um pouco de algodão.

4. Colocou-se os balões de Erlenmeyer na estufa a 40 °C durante 24h.
5. Filtrou-se a solução a vácuo num funil de Buckner, substituindo o papel de filtro sempre que necessário.
6. Centrifugou-se o filtrado obtido durante 10 minutos.
7. Transferiu-se o sobrenadante para um gobelé (de 800 mL) mantendo a solução num banho de água com gelo.
8. Verificou-se a atividade enzimática do extrato não purificado da enzima para as diluições de 1:250 e 1:1000.

4.5. Purificação parcial da enzima

1. Colocou-se acetona num banho de água com gelo.
2. Mediu-se o volume da solução do extrato de enzima não purificada.
($V_i = 370,0$ mL).
3. Adicionou-se a acetona fria à solução do extrato de enzima não purificada (em banho de água com gelo), agitando permanentemente, até se observar a precipitação das proteínas.
4. A adição de acetona fria terminou, após adição de um volume de acetona duas vezes superior ao volume da solução do extrato de enzima não purificada.
($V_{\text{acetona}} = 740,0$ mL).
5. Deixou-se a solução em repouso durante alguns minutos.
6. Decantou-se o sobrenadante para um gobelé e centrifugou-se a solução remanescente com o precipitado no fundo.
7. Determinou-se a atividade enzimática de uma amostra do sobrenadante, sem diluir (averiguando se a enzima se encontrava no sobrenadante ou no precipitado - [Ver o procedimento 4.6 - “Atividade enzimática”- página 20].
8. Retirou-se o precipitado dos tubos de centrífuga para uma caixa de Petri e lavou-se com acetona.
9. Secou-se o precipitado na estufa durante 3 horas a 40°C.
10. Pesou-se o precipitado ($m = 0,4815$ g).
11. Dissolveu-se o precipitado obtido em 20,00 mL de solução tampão de ácido acético/acetato de sódio 20 mmol/dm³, a pH 4,5.

Solução concentrada e semi-purificada da enzima.

4.6. Atividade enzimática

1. Diluiu-se o extrato não purificado da enzima em duas soluções de 1:250 e de 1:1000.
2. Com uma micropipeta, pipetou-se para uma série de tubos de ensaio:
 - Tubo 1 (t_1): 1,00 ml da solução do extrato não purificado diluído de 1:250;
 - Tubo 2 (t_2): 1,00 ml da solução diluída de 1:1000 do extrato não purificado;
 - Tubo 3 (t_3): 1,00 ml da solução sobrenadante, sem diluir, após a adição da acetona fria;
 - Tubos 4, 5 e 6 (t_4 , t_5 e t_6): 2,00 ml de ácido 3,5-dinitrosalicílico (*brancos*).
3. A cada tubo adicionou-se 2,00 ml de solução tampão de acetato de sódio/ácido acético (20 mmol/dm³, a pH 4,5).
4. Colocou-se os tubos num banho termostatzado a 25°C durante 5 minutos.
5. Adicionou-se, em intervalos de 15 segundos entre cada tubo, 1,00 ml de solução de sacarose (0,250 mol/dm³).
6. Agitaram-se os tubos de ensaio no vortex e colocaram-se no banho a 25°C durante 15 minutos.
7. Parou-se a reação por adição de 2,00 ml de reagente DNS aos tubos t_1 , t_2 e t_3 , em intervalos de 15 segundos.
8. Adicionou-se:
 - 1,00 ml da solução do extrato não purificado diluído de 1:250 ao tubo t_4 (*branco* do t_1);
 - 1,00 ml da solução do extrato não purificado diluído de 1:1000 ao tubo t_5 (*branco* do t_2);
 - 1,00 ml da solução de sobrenadante, sem diluir, (após a adição da acetona) ao tubo t_6 (*branco* do t_3).
9. Colocou-se os tubos de ensaio num banho de água em ebulição durante 5 minutos.
10. Deixou-se arrefecer as soluções dos tubos de ensaio e diluiu-se até perfazer um volume de 10,0 mL com água destilada.
11. Agitou-se os tubos de ensaio no vortex e mediu-se os valores de absorvância a 540 nm, tomando os *brancos* como zero.

4.7. Hidrólise da Sacarose por Catalisada pela Invertase

Com o objetivo de estimar o valor de concentração da enzima otimizado de forma a obter valores de absorvância válidos (dentro da reta de calibração), realizaram-se vários ensaios preliminares com diferentes diluições da enzima. Neste caso, tendo em linha de conta os tempos de reação previstos, selecionou-se a diluição adequada de 1/800.

Realizaram-se ensaios da atividade enzimática para as seguintes temperaturas:

$$T_{\text{amb}} = 21,00 \pm 0,05 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_1 = 25,00 \pm 0,05 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_2 = 30,00 \pm 0,05 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_3 = 35,00 \pm 0,05 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_4 = 40,00 \pm 0,05 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_5 = 45,00 \pm 0,05 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_6 = 50,00 \pm 0,05 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Para cada temperatura realizaram-se os ensaios em triplicado.

O procedimento seguido foi semelhante ao usado anteriormente para determinar a atividade enzimática do extrato não purificado e do sobrenadante:

Considerando a temperatura: $T_1 = 25,00 \pm 0,05 \text{ }^{\circ}\text{C}$

1. Com uma micropipeta, pipetou-se para uma série de tubos de ensaio:
Três tubos t_1 , t_2 e t_3 : 1,00 mL da solução da enzima com diluição apropriada;
Três tubos t_4 , t_5 e t_6 : 2,00 mL de reagente DNS (*brancos*).
2. A cada tubo de ensaio adicionou-se 2,00 mL da solução tampão de acetato de sódio/ácido acético 20 mmol/dm³, a pH 4,5.
3. Colocou-se os tubos de ensaio a incubar num banho a 25°C durante 5 minutos.
4. Adicionou-se, em intervalos de 15 segundos entre cada tubo, 1,00 mL de solução de sacarose.
5. Agitou-se os tubos de ensaio no vortex e colocou-se, novamente, no banho a 25°C durante 45 minutos.
6. Parou-se a reação com a adição de 2,00 mL de reagente DNS aos tubos t_1 , t_2 e t_3 , em intervalos de 15 segundos.
7. Adicionou-se 1,00 mL da solução da enzima (com diluição apropriada) aos tubos t_4 , t_5 e t_6 .
8. Agitou-se os tubos de ensaio no vortex.
9. Colocou-se os tubos de ensaio num banho de água em ebulição durante 5 minutos.

10. Deixou-se arrefecer as soluções dos tubos de ensaio e diluiu-se até perfazer um volume de 10,0 mL com água destilada.
11. Agitou-se no vortex os tubos de ensaio e mediu-se os valores de absorvância a 540 nm, tomando o *branco* como zero.
12. Repetiu-se o procedimento anterior, alterando nos pontos 3 e 5 a temperatura do banho termostatizado para as restantes temperaturas definidas e, no passo 5, reduzindo o tempo de reação com o aumento da temperatura (Lei de Arrhenius).

Nota: Para a temperatura ambiente, os tubos de ensaio foram colocados num gobelé com água.

4.8. Hidrólise Não Enzimática da Sacarose

Devido à cinética desta reação ser demasiado lenta, optou-se, por uma questão de operacionalidade, pela realização dos ensaios a temperaturas mais elevadas.

O procedimento seguido foi idêntico ao efetuado para a hidrólise da sacarose catalisada pela invertase, com a seguinte alteração:

- Substituição de **1,00 mL da solução de enzima** (diluição apropriada) por **1,00 mL de água destilada**.

Com o objetivo de estimar o tempo de reação necessário de forma a obter valores de absorvância válidos (dentro da reta de calibração), realizaram-se ensaios preliminares para as temperaturas: $T=70^{\circ}\text{C}$ e $T=80^{\circ}\text{C}$.

Com base nos resultados obtidos, realizaram-se ensaios cinéticos para as seguintes temperaturas, ajustando o tempo de reação a cada uma das temperaturas em questão, segundo a Lei de Arrhenius.

$$T_1 = 60,00 \pm 0,05 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_2 = 65,00 \pm 0,05 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_3 = 70,00 \pm 0,05 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_4 = 75,00 \pm 0,05 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_5 = 80,00 \pm 0,05 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_6 = 84,00 \pm 0,05 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$T_8 = 88,00 \pm 0,05 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

5. Análise de resultados

5.1. Reta de Calibração

Para a construção da reta de calibração, calculou-se o valor médio das absorvâncias dos três ensaios (Abs_1 e Abs_2 e Abs_3) e determinou-se a concentração de glucose/frutose de cada um dos padrões, ou seja, a concentração de açúcares redutores a partir da expressão:

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

Por fim, construiu-se o gráfico do valor da absorvância (média) em função da concentração de glucose/frutose.

Tabela 1.1 - Dados para a construção da reta de calibração.

V(Glc/Frt) (mL)	Abs* (1)	Abs* (2)	Abs* (3)	<Abs>	[Glc/Frt] (mmol/dm ³)
0,20	0,016	0,015	0,012	0,014	0,050
0,40	0,084	0,039	0,089	0,071	0,100
0,60	0,176	0,180	0,175	0,177	0,150
0,80	0,260	0,256	0,252	0,256	0,200
1,00	0,329	0,340	0,271	0,313	0,250
1,20	0,385	0,366	0,402	0,384	0,300
1,40	0,471	0,496	0,505	0,491	0,350
1,60	0,594	0,591	0,593	0,592	0,400
1,80	0,664	0,627	0,672	0,654	0,450
2,00	0,713	0,720	0,732	0,722	0,500

Nota: Abs* - Subtração do branco.

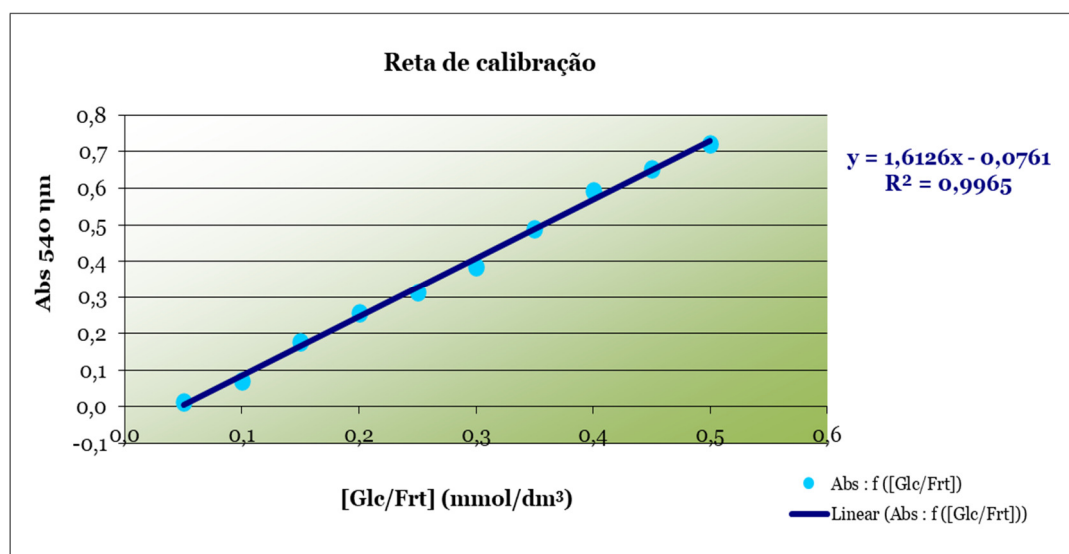


Figura 1.11 - Reta de calibração.

5.2. Atividade Enzimática

Tabela 1.2 - Dados da atividade enzimática (purificação parcial da invertase).

Tubos	Abs (540nm)	[Glc/Frt] mmol/dm ³
t ₁ – Extrato não purificado diluído de 1:250	2,001	—
t ₂ – Extrato não purificado diluído de 1:1000	0,582	0,302
t ₃ – Sobrenadante (após adição da acetona)	1,120	0,585

Pela análise do valor de absorvância do ensaio para o extrato não purificado e para o sobrenadante após a adição de acetona fria (precipitação de proteínas), constatou-se que 99,42 % da enzima precipitou.

A concentração de produtos formados (glucose/frutose) é diretamente proporcional à concentração da enzima, mantendo as condições (temperatura, tempo de reação e concentração de substrato). Após a adição da acetona, o volume da solução é três vezes superior ao volume da solução do extrato de enzima não purificada. Assim, a enzima estará 3 vezes mais diluída nesta solução. Desta forma, para verificar a percentagem de enzima precipitada, comparou-se a concentração de açúcares redutores aferindo uma igual diluição de enzima.

$$[Glc/Frt] - factor\ diluição = \frac{0,585 \times 3}{1000} = 1,76 \times 10^{-3} \text{ mmol/dm}^3$$

$$\frac{Enzima\ (sobrenadante)}{Enzima\ (total)} (\%) = \frac{1,76 \times 10^{-3}}{3,02 \times 10^{-1}} \times 100 \cong 5,8 \times 10^{-1} \%$$

Portanto, concluiu-se que, em termos práticos, se pode considerar que toda a enzima precipitou.

5.3. Hidrólise da Sacarose Catalisada pela Invertase

A partir da média dos valores de absorvância obtidos, quantificou-se os açúcares redutores obtidos com base na reta de calibração e determinou-se a atividade enzimática (*ae*), isto é, a velocidade (*v*) da reação catalisada pela invertase.

Linearizando a expressão (7), sabendo que:

- k' é uma constante cinética;
- A concentração de substrato $[S]$ é praticamente constante.

A fração de sacarose que reagiu é infimamente reduzida face à concentração inicial.

Com base na expressão (7) obtemos a seguinte linearização:

$$\ln(ae) = \ln(k' \times [S]) - \frac{\Delta G^\ddagger}{RT} \Leftrightarrow \ln(ae) = \ln(k' \times [S]) - \Delta G^\ddagger \times \frac{1}{RT} \quad (8)$$

$$\underbrace{\quad}_y = \underbrace{\quad}_b + \underbrace{\quad}_m \times \underbrace{\quad}_x$$

Tabela 1.3 - Dados experimentais da hidrólise da sacarose catalisada pela invertase.

Tempo (min)	Temperatura (°C)	Abs* (1)	Abs* (2)	Abs* (3)	<Abs>	n(Glc/Frt) (mmol)
60	21	0,317	0,315	0,310	0,310	2,39E-03
45	25	0,258	0,259	0,257	0,258	2,07E-03
30	30	0,215	0,217	0,216	0,215	1,81E-03
21	35	0,189	0,184	0,186	0,188	1,63E-03
19	40	0,214	0,206	0,210	0,212	1,78E-03
14	45	0,197	0,198	0,196	0,196	1,69E-03
11	50	0,178	0,177	0,178	0,178	1,58E-03

Nota: Abs* - Subtração do branco.

1/(RT)	ln(ae)	T(K)	ae (μmol/min)
4,09E-04	-3,222	294,15	3,99E-02
4,03E-04	-3,079	298,15	4,60E-02
3,97E-04	-2,810	303,15	6,02E-02
3,90E-04	-2,553	308,15	7,78E-02
3,84E-04	-2,365	313,15	9,39E-02
3,78E-04	-2,115	318,15	1,21E-01
3,72E-04	-1,943	323,15	1,43E-01

Com estes dados, traçou-se o gráfico $ae: f(T)$ observando a relação de Arrhenius.

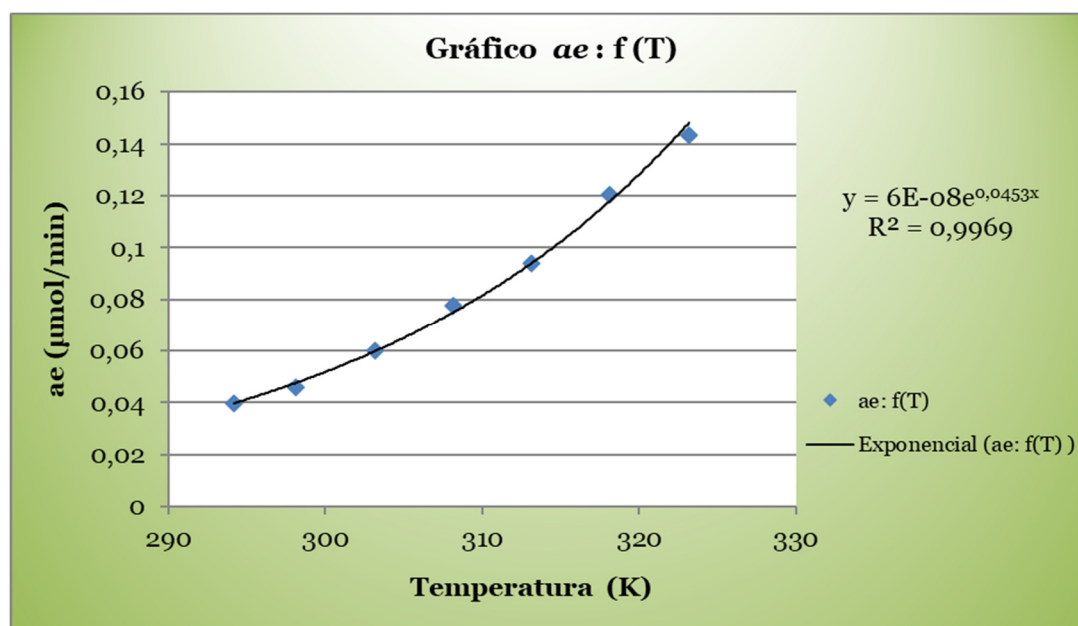


Figura 1.12 - Gráfico $ae: f(T)$ para a da hidrólise da sacarose catalisada pela invertase.

Posteriormente, com base nos valores obtidos, traçou-se o gráfico $\ln (ae) : f\left(\frac{1}{RT}\right)$ determinando experimentalmente o valor da energia livre de ativação de Gibbs (ΔG^\ddagger).

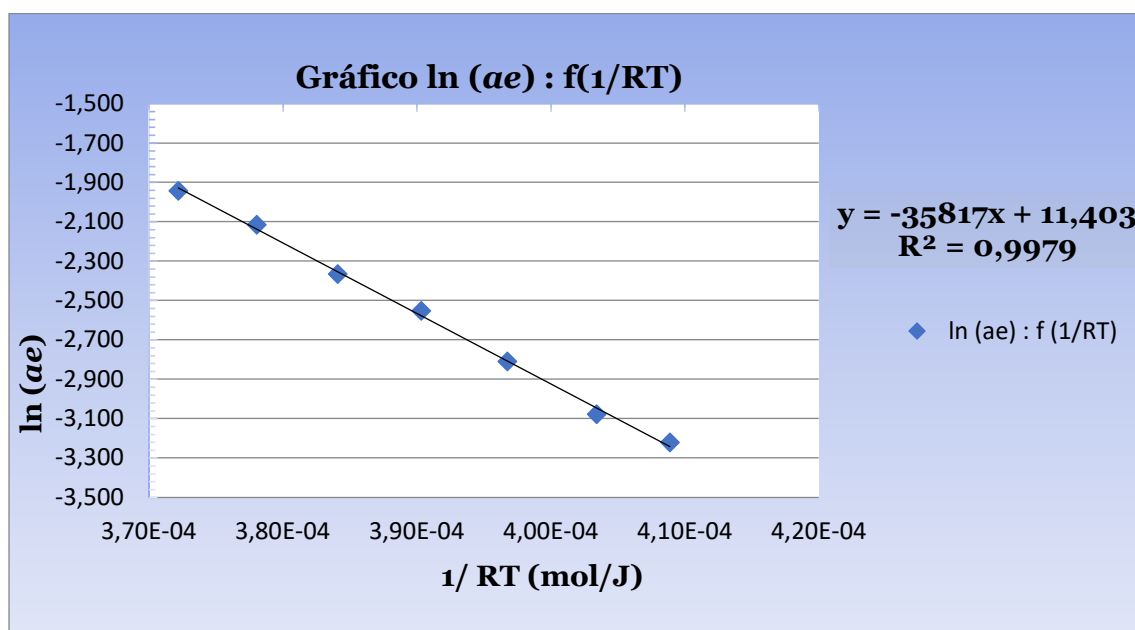


Figura 1.13 - Gráfico $\ln (ae) : f\left(\frac{1}{RT}\right)$ para a hidrólise da sacarose catalisada pela invertase.

Analisando o gráfico obtido, pode-se verificar que o valor experimental da energia livre de ativação de Gibbs para a hidrólise da sacarose catalisada pela invertase é de $\Delta G^\ddagger = 36 \pm 1$ kJ/mol. O valor da energia livre de ativação de Gibbs para a hidrólise da sacarose presente na bibliografia consultada, considerando a enzima proveniente da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, é inferior ao valor obtido experimentalmente, $\Delta G^\ddagger = 32$ kJ/mol. No entanto, os valores teórico e experimental estão relativamente próximos.

5.4. Hidrólise Não Enzimática da Sacarose

Tabela 1.4 - Dados experimentais da hidrólise não enzimática da sacarose.

Tempo (min)	Temperatura (°C)	Abs* (1)	Abs* (2)	Abs* (3)	<Abs>	n(Glc/Frt) (mmol)
480	60	0,117	0,119	0,112	0,116	1,19E-03
250	65	0,067	0,071	0,083	0,074	9,31E-04
155	70	0,098	0,097	0,105	0,100	1,09E-03
120	75	0,163	0,160	0,158	0,160	1,46E-03
60	80	0,142	0,140	0,145	0,143	1,36E-03
31	84	0,096	0,092	0,097	0,095	1,06E-03
20	88	0,099	0,102	0,101	0,100	1,09E-03

Nota: Abs* - Subtração do branco.

$\ln(v)$	$1/(RT)$	T(K)	v ($\mu\text{mol}/\text{min}$)
-5,997	3,61E-04	333,15	2,49E-03
-5,593	3,56E-04	338,15	3,72E-03
-4,953	3,50E-04	343,15	7,06E-03
-4,406	3,45E-04	348,15	1,22E-02
-3,789	3,41E-04	353,15	2,26E-02
-3,378	3,37E-04	357,15	3,41E-02
-2,907	3,33E-04	361,15	5,47E-02

Com estes dados traçou-se o gráfico $v : f(T)$ observando a relação de Arrhenius.

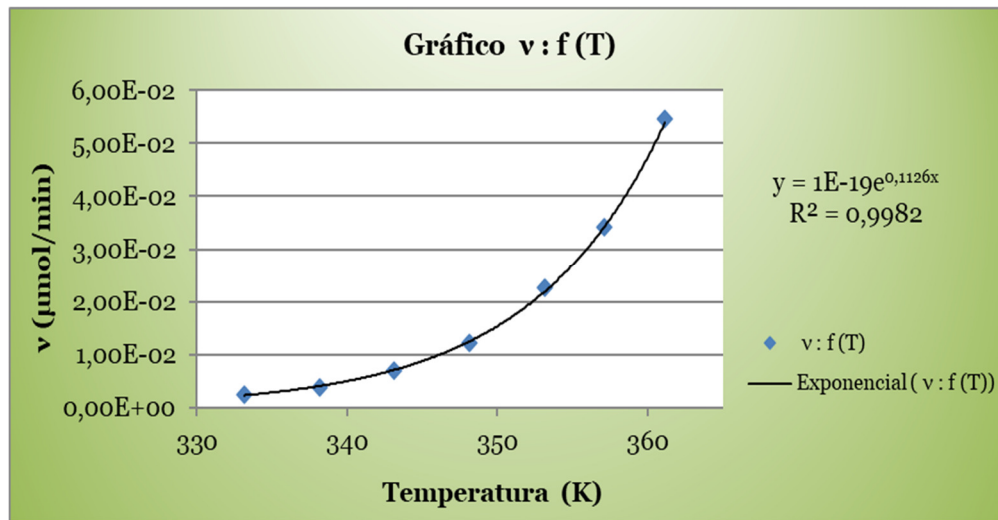


Figura 1.14 - Gráfico $v : f(T)$ para a hidrólise não enzimática da sacarose.

De igual forma, traçou-se o gráfico $\ln(v) : f\left(\frac{1}{RT}\right)$ determinando assim o valor da energia livre de ativação de Gibbs (ΔG^\ddagger) experimentalmente.

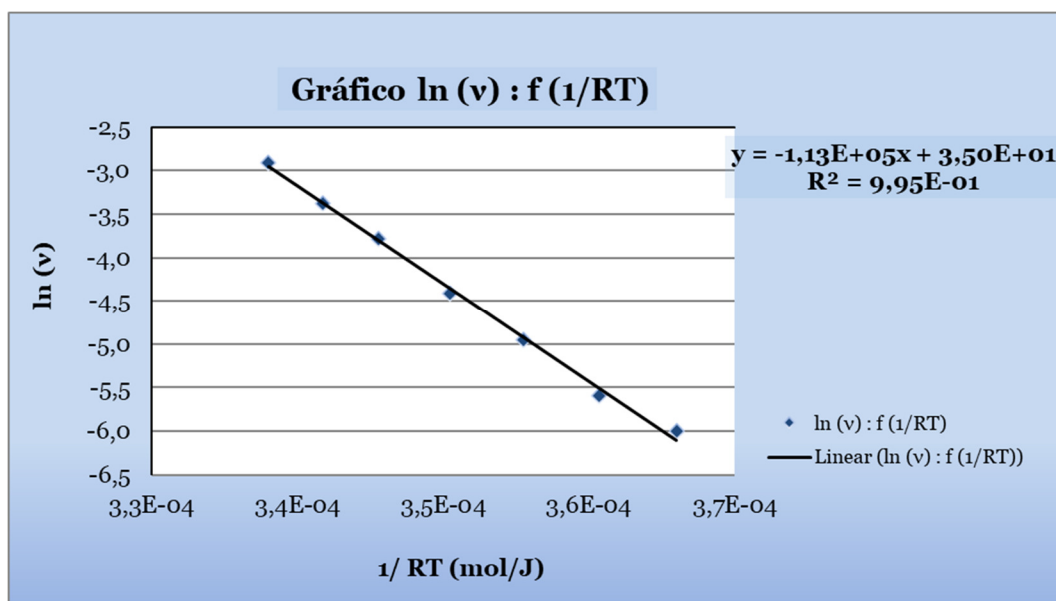


Figura 1.15 - Gráfico $\ln(v) : f\left(\frac{1}{RT}\right)$ para a hidrólise não enzimática da sacarose.

Analisando o gráfico obtido (figura 1.15), verificou-se que o valor experimental da energia livre de ativação de Gibbs para a hidrólise não enzimática da sacarose é de $\Delta G^\ddagger = 113 \pm 3$ kJ/mol, sendo este valor muito próximo ao valor presente na bibliografia, $\Delta G^\ddagger = 107$ kJ/mol, (Whitaker, 2003).

O gráfico da velocidade da reação em função da temperatura para a hidrólise enzimática e não enzimática da sacarose permite verificar que a velocidade da reação de hidrólise da sacarose catalisada pela invertase é muito superior à velocidade da hidrólise não enzimática.

Tabela 1.5 - Dados experimentais da hidrólise da sacarose.

Temperatura (°C)	Hidrólise não enzimática v (μmol/min)	Temperatura (°C)	Hidrólise catalisada pela invertase v (μmol/min)
60	2,49E-03	21	3,99E-02
65	3,72E-03	25	4,60E-02
70	7,06E-03	30	6,02E-02
75	1,22E-02	35	7,78E-02
80	2,26E-02	40	9,39E-02
84	3,41E-02	45	1,21E-01
88	5,47E-02	50	1,43E-01

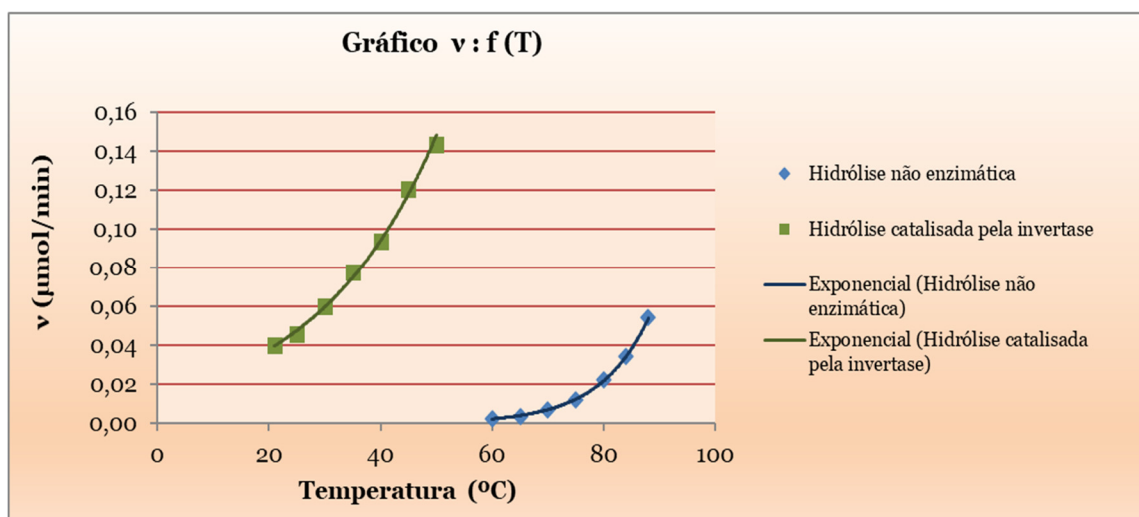


Figura 1.16 - Gráfico comparativo da velocidade (v) da reação para a hidrólise não enzimática da sacarose com a velocidade da hidrólise da sacarose catalisada pela invertase.

6. Ensaio de um Protocolo Laboratorial para os Alunos do Ensino Secundário

Objetivo: Elaboração de um protocolo laboratorial passível de ser implementado no Ensino Secundário

De forma viabilizar a execução deste procedimento no Ensino Secundário (12.º ano), procedeu-se à simplificação do procedimento laboratorial, mantendo o foco principal desta pesquisa com ênfase na sua dimensão didática. Assim, efetuaram-se, num primeiro momento, as seguintes alterações ao procedimento:

- a) Não se purificou a enzima, usando-se o extrato não purificado da invertase com a respetiva diluição de enzima adequada;
- b) Usou-se a sacarose proveniente do açúcar comercial refinado (cana-de-açúcar);
- c) Reduziu-se o número de ensaios de triplicado para duplicado.

O procedimento seguido foi o constante no ponto 4.7 - “Hidrólise da sacarose catalisada pela invertase” - exceto na gama de temperaturas. Este procedimento será doravante designado por “procedimento simplificado”.

6.1. Análise de Resultados do Procedimento Simplificado

Tabela 1.6 - Dados experimentais para a hidrólise da sacarose comercial catalisada pela invertase (procedimento simplificado).

Tempo (min)	Temperatura (°C)	Abs* (1)	Abs* (2)	<Abs>	n(Glc/Frt) (mmol)
75	20	0,210	0,202	0,206	1,75E-03
60	24	0,197	0,196	0,197	1,69E-03
30	30	0,122	0,123	0,122	0,001
23	35	0,115	0,116	0,116	1,19E-03
16	40	0,093	0,097	0,095	1,06E-03
14	45	0,109	0,109	0,109	1,15E-03

Nota: Abs* - Subtração do branco.

1/(RT)	ln(ae)	T(K)	ae (μmol/min)
4,10E-04	-3,758	293,15	0,023
4,05E-04	-3,569	297,15	0,028
3,97E-04	-3,195	303,15	0,041
3,90E-04	-2,963	308,15	0,052
3,84E-04	-2,713	313,15	0,066
3,78E-04	-2,501	318,15	0,082

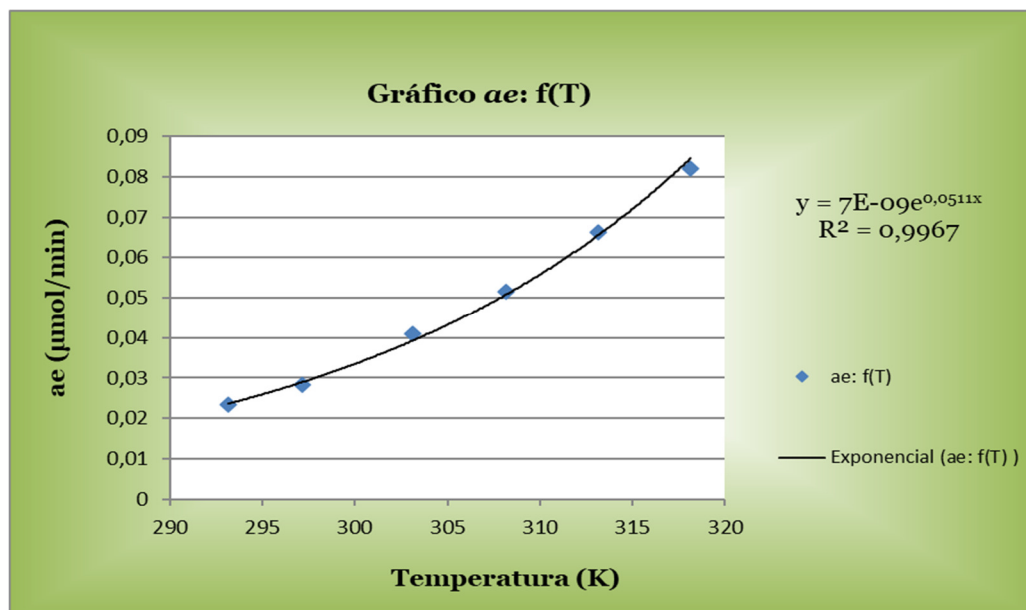


Figura 1.17 - Gráfico ae: f(T) para a hidrólise da sacarose comercial catalisada pela invertase (procedimento simplificado).

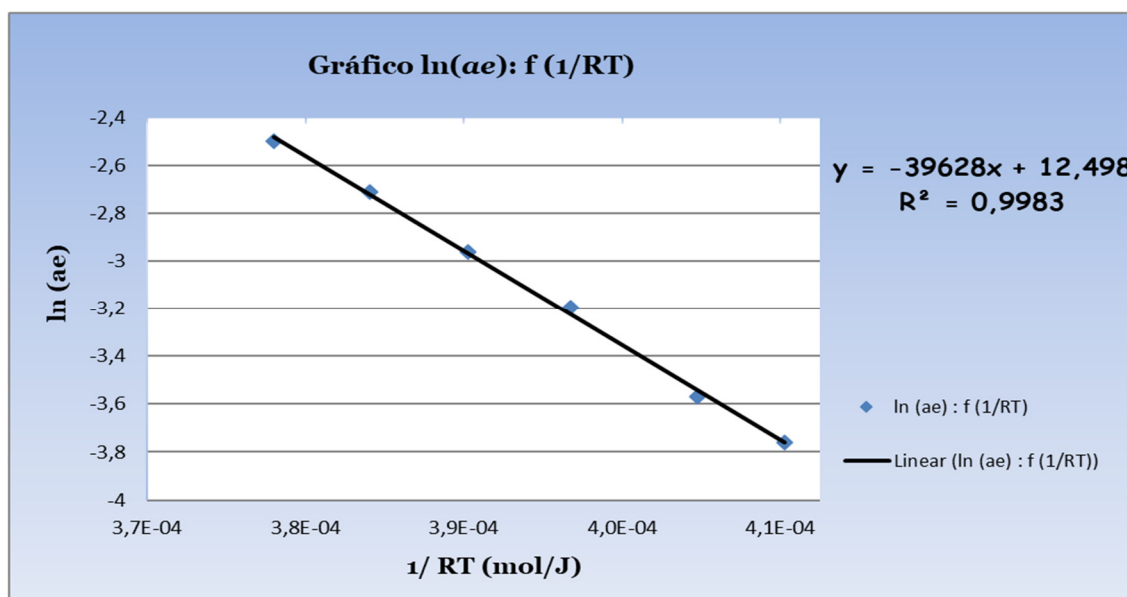


Figura 1.18 - Gráfico $\ln (ae) = f\left(\frac{1}{RT}\right)$ para a hidrólise da sacarose comercial catalisada pela invertase (procedimento simplificado).

Analisando o gráfico da figura 1.1.8, verificou-se que o valor experimental da energia livre de ativação de Gibbs (ΔG^\ddagger) para a hidrólise da sacarose comercial (açúcar refinado de cana) catalisada pela invertase é de $\Delta G^\ddagger = 40 \pm 1$ kJ/mol.

Comparando estes valores experimentais de energia livre de ativação de Gibbs com o valor obtido com a enzima semi-purificada, $\Delta G^\ddagger = 36 \pm 1$ kJ/mol, verificámos que os resultados são significativamente próximos. A diferença de valores pode ser justificada pelo facto de a sacarose proveniente do açúcar de cana refinado não ter um grau de pureza tão elevado como o reagente laboratorial e também pela utilização do extrato de enzima não purificado, que pode conter substâncias que afetem a atividade enzimática.

Contudo, os resultados permitem validar este procedimento simplificado, de acordo com os objetivos do trabalho, e redigir um protocolo laboratorial para os alunos do Ensino Secundário, usando a solução de enzima não purificada e o açúcar comercial, tornando-o relativamente mais simples.

No entanto, verificou-se a imperativa necessidade de uma simplificação acrescida ao protocolo laboratorial a implementar aos alunos, nomeadamente no que concerne ao tempo de execução, que continua excessivamente extenso. Este esforço terá de manter um ténue equilíbrio entre o rigor da técnica e a exequibilidade da experiência dentro dos 100 minutos de uma aula do 12.º ano de Química.

6.2. Teste Piloto (Protocolo Laboratorial) com Alunos do 12.º ano do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias

6.2.1. Organização da Atividade Laboratorial

Neste teste piloto participaram 11 alunos do 12.º ano que frequentam a disciplina de Química (Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias) no Agrupamento de Escolas de Manteigas, acompanhados pela docente de Química do 12.º ano.

Foi previamente fornecido aos alunos o protocolo laboratorial e uma folha de cálculo (*Excel*®) com as fórmulas previamente inseridas. De igual forma, foi transmitido à docente de Química um leque de instruções e procedimentos que antecedem a concretização desta atividade, nomeadamente a preparação das soluções padrão de sacarose e de glucose-frutose; a preparação do tampão de acetato; a preparação do reagente DNS e a extração da invertase da levedura do fermento de padeiro.

As principais alterações implementadas no protocolo fornecido aos alunos foram:

- a) Redução do número de padrões da curva de calibração;
- b) Utilização de um único branco;
- c) Todos os ensaios efetuados em duplicado.

A aula laboratorial iniciou-se com um *briefing* em que se enquadrou a atividade laboratorial nas metas de aprendizagem da disciplina de Química do 12.º ano, nomeadamente no subdomínio “Metais, ambiente e vida”, mais precisamente no ponto 3.4, abordado recentemente no início do 2.º período:

“3.4. Os metais como catalisadores

1. *Associar a importância dos catalisadores em química, bioquímica ou na atividade industrial com a necessidade de acelerar reações que se dão em condições de temperatura e/ou concentrações comparativamente baixas.*

2. *Identificar as enzimas como catalisadores bioquímicos indispensáveis para que as reações químicas em sistemas biológicos ocorram em tempo útil.*

3. *Associar a ação de um catalisador numa reação química à alteração da velocidade da reação sem alterar a sua extensão.”*

In: Metas Curriculares de Química, 12.º ano -MEC, 2014, p.10.

A título motivacional, aludiu-se às aplicações tecnológicas dos biocatalisadores no dia-a-dia com especial destaque para as diversas aplicações da enzima *invertase*.

Neste *briefing* foram ainda reforçados os cuidados e normas de segurança a ter dentro do laboratório e nesta experiência, o equipamento de proteção individual, bem como alguns aspetos a ter em mente durante a execução da atividade laboratorial:

- a) Controlo permanente da temperatura dos banhos (especialmente das temperaturas mais elevadas);
- b) Rigor no registo do tempo de reação efetivo;
- c) Etiquetagem dos tubos de ensaio, gobelés e das pontas de micropipeta (alertando para as consequências de uma eventual troca de pontas de micropipeta ou de soluções).

Aproveitou-se este momento para treinar os alunos no manuseamento da micropipeta (pontos de pressão).

Face ao reduzido número de alunos, optou-se por dividir a turma em três grupos:

- **Grupo 1** - (3 alunos) - Hidrólise da Sacarose Catalisada pela Invertase;

- **Grupo 2** - (4 alunos) - Hidrólise Não Enzimática da Sacarose;

- **Grupo 3** - (4 alunos) – Reta de calibração.

No final do trabalho laboratorial, os dados e as observações registados foram partilhados entre os três grupos e trabalhados em conjunto na folha de cálculo fornecida aos discentes, para posterior discussão em sala de aula.

6.2.2. Análise dos Resultados Laboratoriais Obtidos pelos Alunos

❖ Reta de Calibração

Tabela 1.7 - Dados para a construção da reta de calibração (alunos).

V(Glc/Frt) (mL)	Abs1*	Abs2*	Abs3*	<Abs>	[Glc/Frt] (mmol/dm ³)
0,20	0,054	0,074	0,097	0,075	0,050
0,50	0,176	0,207	0,207	0,197	0,125
0,80	0,389	0,320	0,320	0,343	0,200
1,00	0,524	0,401	0,401	0,442	0,250

Nota: Abs* - Subtração do branco.

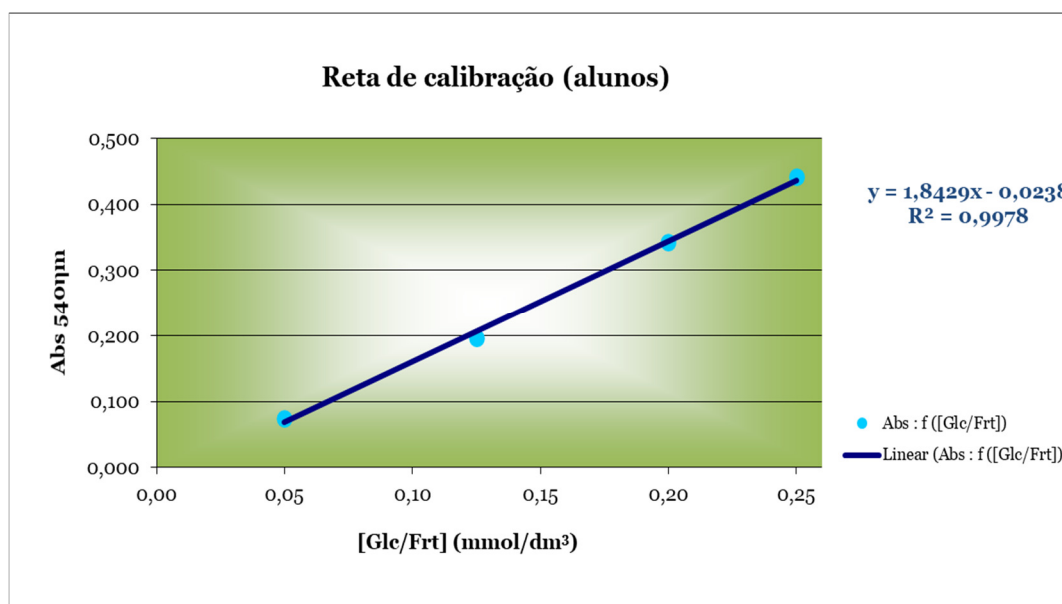


Figura 1.19 - Reta de calibração (alunos).

❖ Hidrólise da Sacarose Catalisada pela Invertase

Tabela 1.8 - Dados experimentais da hidrólise da sacarose catalisada pela invertase (alunos).

Tempo (min)	Temperatura (°C)	Abs* (1)	Abs* (2)	<Abs>	n(Glc/Frt) (mmol)
15	30	0,603	0,601	0,602	3,43E-03
10	35	0,503	0,549	0,526	3,01E-03
7	40	0,492	0,451	0,472	2,72E-03

Nota: Abs*- Subtração do branco.

1/(RT)	ln(ae)
3,97E-04	-1,475
3,90E-04	-1,199
3,84E-04	-0,947

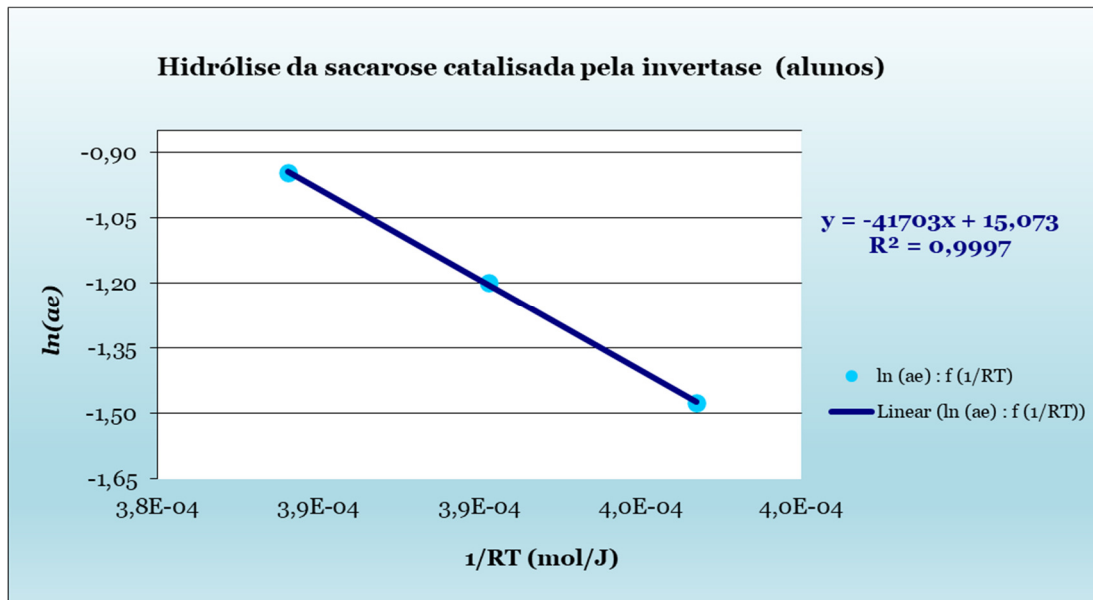


Figura 1.20 - Gráfico $\ln(ae) : f(1/RT)$ para a hidrólise da sacarose catalisada pela invertase (alunos).

Analisando o gráfico (figura 1.20), verificou-se que o valor experimental da energia livre de ativação de Gibbs para a hidrólise da sacarose catalisada pela invertase obtido pelos alunos é de $\Delta G^\ddagger = 42 \pm 1$ kJ/mol.

Comparando o valor experimental da energia livre de ativação de Gibbs obtido pelos alunos com o valor obtido com a enzima não purificada (procedimento simplificado), $\Delta G^\ddagger = 40 \pm 1$ kJ/mol, verificamos que os resultados são significativamente próximos.

No entanto, este valor está distante do valor obtido nos ensaios cinéticos da hidrólise da sacarose com a enzima semi-purificada, $\Delta G^\ddagger = 36 \pm 1$ kJ/mol, e do valor presente na bibliografia, nomeadamente para a invertase proveniente da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, $\Delta G^\ddagger = 32$ kJ/mol.

❖ Hidrólise Não Enzimática da Sacarose

Tabela 1.9 - Dados experimentais da hidrólise não enzimática da sacarose (alunos).

Tempo (min)	Temperatura (°C)	Abs* (1)	Abs* (2)	<Abs>	n(Glc/Frt) (mmol)
40	75	0,171	0,208	0,190	1,17E-03
20	79	0,103	0,129	0,116	7,66E-04
10	85	0,158	0,081	0,120	7,86E-04

Nota: Abs* - Subtração do branco.

1/(RT)	ln(v)
3,45E-04	-3,533
3,42E-04	-3,262
3,36E-04	-2,544

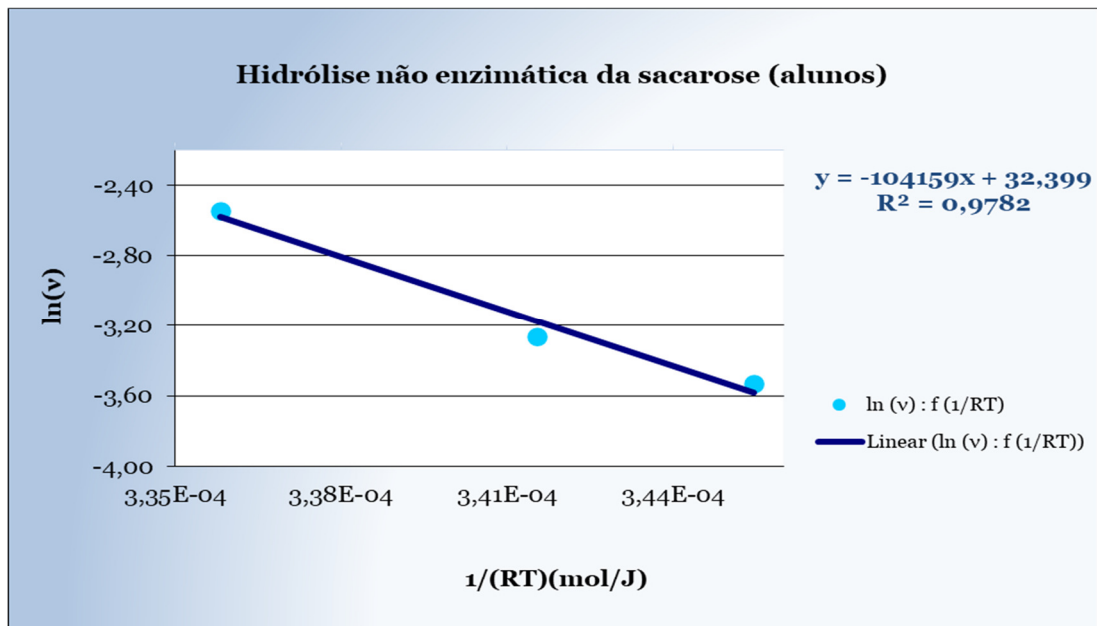


Figura 1.21 - Gráfico $\ln(v) : f\left(\frac{1}{RT}\right)$ para a hidrólise não enzimática da sacarose.

Analisando o gráfico obtido (figura 1.21), verificou-se que o valor experimental da energia livre de ativação de Gibbs para a hidrólise não enzimática sacarose obtida pelos alunos é de $\Delta G^\ddagger = 104 \pm 16$ kJ/mol. Este valor com o respetivo erro engloba o valor presente na bibliografia, $\Delta G^\ddagger = 107$ kJ/mol, (Whitaker, 2003), sendo próximo do valor experimental da energia livre de ativação de Gibbs obtido nos ensaios cinéticos da hidrólise da sacarose sem enzima, $\Delta G^\ddagger = 113 \pm 3$ kJ/mol. Porém, este valor apresenta uma baixa precisão, sendo a percentagem de erro cerca de 15%. Este fator pode ser justificado pela dificuldade verificada em estabilizar a temperatura dos banhos (que não tinham agitação), provocando pequenas oscilações nas temperaturas, com efeitos exponenciais na velocidade da reação química.

7. Considerações Finais

7.1 Conclusão

O protocolo adaptado para o Ensino Secundário, apesar da sua exigência, adequa-se a este nível de ensino, numa fase pré-universitária, pois utiliza reagentes e materiais de acesso relativamente fácil com exceção do espectrofotómetro (os agrupamentos de escolas e escolas não agrupadas apresentam realidades muito distintas no que concerne ao apetrechamento dos seus laboratórios).

Relativamente aos objetivos do protocolo laboratorial, verificou-se que, de forma empírica, os alunos constataram que os tempos de reação eram consideravelmente menores para a hidrólise enzimática da sacarose quando comparados com a hidrólise não enzimática, ou seja, as velocidades eram significativamente diferentes.

Paralelamente, constataram que a velocidade da reação aumentava com a temperatura (tempos de reação iam reduzindo significativamente à medida que a temperatura aumentava). Verificou-se, por comparação das reações enzimática e não enzimática, o efeito da invertase na hidrólise da sacarose, uma vez que, a temperaturas mais moderadas, a reação não enzimática seria extremamente lenta.

Esta atividade reforça a técnica desenvolvida anteriormente na Atividade Laboratorial AL 1.5: “A cor e a composição quantitativa de soluções com iões metálicos

Objetivo geral: Determinar a concentração de uma solução corada pela intensidade da sua cor, utilizando um espectrofotómetro.

- 1. Aplicar a Lei de Lambert-Beer para determinar a concentração de um ião metálico.*
- 2. Traçar uma curva de calibração (absorvência em função da concentração).*
- 3. Determinar a concentração da solução problema a partir da curva de calibração.*
- 4. Verificar desvios à proporcionalidade descrita pela Lei de Lambert-Beer para soluções muito concentradas.*
- 5. Identificar e avaliar erros associados a determinações colorimétricas.”*

In: Metas Curriculares de Química, 12.º ano -MEC, 2014, p.16.

Com este trabalho laboratorial, os alunos são desafiados a construir novamente uma reta de calibração para estimar a quantidade de produto de reação (açúcares redutores), aplicando as competências desenvolvidas na AL 1.5.

Os valores obtidos neste estudo para a energia livre de ativação de Gibbs estão dentro da ordem de grandeza dos valores consultados na literatura.

O valor da energia livre de ativação de Gibbs para a hidrólise da sacarose catalisada pela invertase em todos os ensaios efetuados é sempre superior ao valor presente na bibliografia consultada para invertase proveniente da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, $\Delta G^\ddagger = 32,0$ kJ/mol (Milovanovic et al., 2007), mas todos estes são valores abaixo do valor $\Delta G^\ddagger = 46$ kJ/mol proposto por Whitaker, (2003), sendo que este autor não especifica a origem biológica da enzima nem o valor de pH.

O valor da energia livre de ativação de Gibbs para hidrólise não enzimática da sacarose em todos os ensaios efetuados é sempre próximo do valor presente na bibliografia consultada, $\Delta G^\ddagger = 107$ kJ/mol (Whitaker, 2003). No entanto, o valor obtido pelos alunos, $\Delta G^\ddagger = 104 \pm 16$ kJ/mol, apresenta um erro percentual elevado. Apesar disso, alcança-se o objetivo primordial deste trabalho: averiguar o efeito do (bio)catalisador na velocidade da reação e na energia de ativação.

A aplicabilidade dos conhecimentos envolvidos neste trabalho está na ordem do dia. A tecnologia enzimática é uma área em plena expansão com diversas aplicações no nosso cotidiano: indústria agroalimentar, detergentes, indústria têxtil, entre outras.

Este trabalho permite a consolidação e a articulação de conhecimentos de várias áreas da ciência, nomeadamente da química, da física e da biologia, contribuindo para a visão unificadora da ciência, devendo, por isso, ser articulada com o docente de Biologia.

Esta atividade pode ter uma abordagem interdisciplinar e transdisciplinar indo ao encontro do *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*, nomeadamente nas competências na área de Saber científico, técnico e tecnológico:

- "*Executar operações técnicas, segundo uma metodologia de trabalho adequada, para atingir um objetivo ou chegar a uma decisão ou conclusão fundamentada, adequando os meios materiais e técnicos à ideia ou intenção expressa;*"

- "*Adequar a ação de transformação e criação de produtos aos diferentes contextos naturais, tecnológicos e socioculturais, em atividades experimentais, projetos e aplicações práticas desenvolvidos em ambientes físicos e digitais.*"

In: Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória, 2017, p.29.

No caso de os alunos optarem no 12.º ano pelas disciplinas de Biologia e de Química, poder-se-á promover nos domínios de autonomia curricular (DAC) uma articulação entre estas duas disciplinas, considerando as orientações explanadas nas *Aprendizagens Essenciais* de cada uma delas:

- "*Interpretar dados experimentais sobre atividade enzimática (efeito de temperatura, pH, inibição competitiva e não competitiva), aplicando conhecimentos de biomoléculas.*"

- *"Realizar procedimentos laboratoriais/experimentais sobre ação enzimática."*

In: Aprendizagens Essenciais, Biologia 12.º ano . ME, 2018, pp.8 e 9.

• *"Investigar sobre o papel dos catalisadores em química, em bioquímica ou na atividade industrial com a necessidade de acelerar reações, interpretando a sua ação em termos de alteração da velocidade da reação sem alterar a sua extensão, e comunicar as conclusões."*

In: Aprendizagens Essenciais, Química 12.º ano. ME, 2018, p.8.

7.2 Análise Crítica e Sugestões

A docente que acompanhou o ensaio piloto desta atividade laboratorial avaliou--o como "uma experiência bastante enriquecedora que permitiu a revisão de alguns conceitos já abordados (em sala de aula), apesar de necessitar de mais tempo (para a sua execução)".

Efetivamente, o recurso temporal é a maior crítica a apontar na implementação deste protocolo no ensino secundário, uma vez que a atual matriz curricular (Decreto-Lei n.º 139/2012 de 5 de julho) reduziu os tempos letivos para a disciplina de Química do 12.º ano de 300 minutos para 150 minutos. Não obstante as reduções de conteúdos presentes nas metas curriculares para o 12.º ano de Química em 2014, a exequibilidade de algumas atividades laboratoriais em 100 minutos (anteriormente em 150 minutos) está seriamente comprometida com esta limitação temporal.

A maior dificuldade residiu no facto do tempo para a reação não enzimática ser bastante longo. Podendo esta ser executada em duas aulas praticas ou usando apenas temperaturas mais elevadas, sendo que as temperaturas mais elevadas são as quapresentam maiores dificuldades de estabilização. Este efeito poderá ser mitigado colocando vários fragmentos de poliestireno expandido (esferovite), que assim reduz o efeito da vaporização da água na temperatura dos banhos.

Na eventualidade de a escola não dispor de banhos termostatizados suficientes (no mínimo de dois), aconselha-se o fornecimento dos resultados emanados neste trabalho. Contudo, esta alternativa apenas deverá ser utilizada em última instância, pois não substitui a concretização laboratorial, nem permite ter o mesmo impacto nas aprendizagens dos alunos.

Na eventualidade de o laboratório escolar dispor de vários banhos termostatizados, então sugere-se a realização de um maior número de ensaios cinéticos, pelo menos a quatro temperaturas.

Sugere-se a divisão em três grupos de trabalho, ficando cada grupo com uma tarefa concreta, isto é, um grupo responsável pela reta de calibração, outro pela hidrolise da

sacarose catalisada pela invertase e outro pela hidrólise da sacarose não enzimática (partilhando entre si resultados para a elaboração do relatório), tal como foi executado neste teste piloto. Caso o número de alunos o permita (a disciplina de Química do 12.º ano é uma disciplina opcional), será de todo pertinente ter mais do que um grupo a repetir as cinéticas de hidrólise da sacarose (preferencialmente a não enzimática).

Face à ausência de espectrofotómetro no laboratório escolar, sugere-se, em alternativa, o recurso a sensores colorimétricos conectáveis a calculadoras gráficas com software para aquisição de dados. O exemplo da figura 1.22 é de uma montagem experimental com um sensor Vernier® e uma calculadora Texas® com software *Vernier Data Quest* instalado.



Figura 1.22 – Foto: TI Nspire CX, Lab Cradle e Sensor de colorímetro.

Por fim, recomenda-se ao docente de Química do 12.º ano que tenha uma supervisão atenta às temperaturas dos banhos e ao controle dos tempos durante toda atividade laboratorial. Muitas vezes, os alunos colocam erradamente o cronómetro em contagem decrescente. A contagem tem de ser crescente e o registo final é o momento em que se adiciona o reagente de DNS para parar a reação de hidrólise da sacarose.

A determinação da diluição adequada do extrato de enzima não purificado é um ponto importante, tal como podemos verificar nos valores da absorvância para a hidrólise da sacarose catalisada pela invertase no ensaio piloto realizado pelos alunos. Nesta experiência, a quantidade de açúcares redutores foi obtida pela extrapolação da reta de calibração. Recomenda-se que esses valores estejam contidos dentro dos valores das absorvâncias dos padrões usados para estabelecer a reta de calibração ou, em alternativa, caso o equipamento laboratorial da escola e/ou o tempo de aula o permitam, pode-se aumentar o número de padrões na curva de calibração até 2 mL de solução equimolar de glucose/frutose.

Capítulo 2 – Atividades Curriculares

1. Introdução

1.1. O papel da escola e do professor no contexto educativo do século XXI.

“A escola é um locus fundamental de educação para a cidadania, de uma importância cívica fundamental, não como uma «antecâmara para a vida em sociedade», mas constituindo o primeiro degrau de uma caminhada que a família e a comunidade enquadram”. (Martins, 1992, p. 41).

A escola é responsável pela educação de valores e de competências, preparando o aluno nas suas dimensões cognitiva, processual, emocional e social, na transição para a vida adulta, para viver em sociedade como cidadão reflexivo e crítico capaz de tomar decisões bem fundamentadas e conscientes.

“O Perfil dos Alunos aponta para uma educação escolar em que os alunos desta geração global constroem e sedimentam uma cultura científica e artística de base humanista. Para tal, mobilizam valores e competências que lhes permitem intervir na vida e na história dos indivíduos e das sociedades, tomar decisões livres e fundamentadas sobre questões naturais, sociais e éticas, e dispor de uma capacidade de participação cívica, ativa, consciente e responsável.”

In: Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória, 2017, p.10.

A conceção de uma educação que preconize a construção de uma cultura de paz, de sustentabilidade económica e ambiental, aliada ao progresso social e tecnológico, preconiza desafios exigentes ao exercício da docência e enormes responsabilidades no papel do professor na sociedade que pretendemos construir no futuro.

A educação deve desenvolver a capacidade de pensamento crítico, de seleção de fontes de informação, de espírito de iniciativa, de autonomia e criatividade, bem como o domínio de novas tecnologias. Numa sociedade de informação e comunicação, um mundo cada vez mais globalizado exige por si um sistema educacional adaptável e aberto às inovações capazes de preparar os alunos para um mundo em mudança.

“A sociedade sofre alterações exponenciais, por sua vez a escola permanece ancorada em formas tradicionais de ensino.” (Punset, 2010, citado em Nunes-Valente, M.& Monteiro, A., 2016, p.2).

Segundo Costa (2000), num mundo em evolução cada vez mais rápida, é preciso que os alunos investiguem, questionem, construam conhecimentos, utilizem novos meios tecnológicos disponíveis e, sobretudo, ganhem autonomia ao longo da aprendizagem adquirindo, assim, a capacidade de resposta às situações novas que irão encontrar no futuro. O desenvolvimento de competências nos diferentes domínios exige o envolvimento do aluno no processo ensino-aprendizagem, o que lhe é proporcionado pela vivência de experiências educativas diferenciadas.

“A ação educativa (...) é uma ação formativa especializada, fundada no ensino, que implica a adoção de princípios e estratégias pedagógicas e didáticas que visam a concretização das aprendizagens. Trata-se de encontrar a melhor forma e os recursos mais eficazes para todos os alunos aprenderem.”

In: Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória, 2017, p. 32.

A Bússola de Aprendizagem para 2030 (figura 2.1) proposta no relatório de 2018 da OCDE representa o desenvolvimento de competências numa visão integracionista da ação educativa preconizada pelos vários interlocutores e agentes educativos.

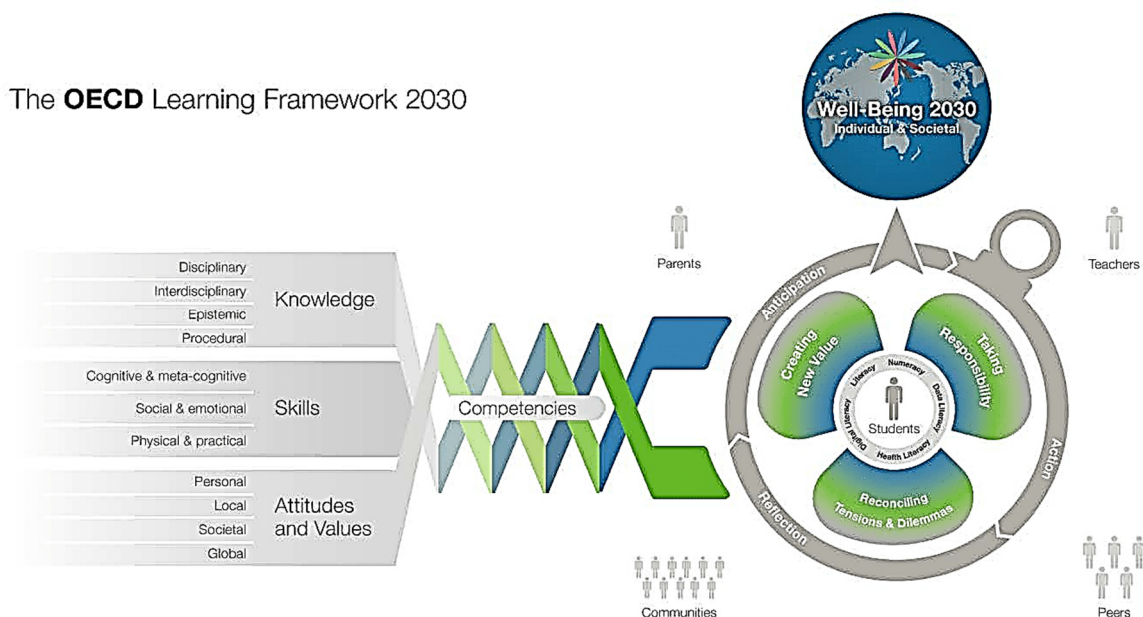


Figura 2.1 A Bússola de Aprendizagem para 2030 - OCDE , 2018 , p. 4.

Uma sociedade democrática necessita de cidadãos capazes de tomarem decisões bem fundamentadas e discernidas e participarem ativamente em discussões sociais.

Segundo Praia *et al.*, (2007), existe atualmente um amplo consentimento da carência de uma Literacia Científica (LC) que permita formar cidadãos conscientes e participativos. Este exercício da cidadania reclama um mínimo de formação científica que torne possível a compreensão dos problemas e a tomada de opções.

1.2. Literacia Científica e Epistemologia do Conhecimento Científico

A literacia científica é fundamental para uma participação discernida da cidadania.

O desenvolvimento de um conjunto de competências que se revelam em diferentes domínios, tais como o conhecimento (substantivo, processual ou metodológico), o raciocínio, a comunicação e as atitudes, é essencial para a literacia científica. O nível de literacia científica alcançado pelo aluno de hoje condicionará a atitude de cidadão do amanhã.

“O objetivo final do ensino de Ciência será formar uma população que considere a Ciência interessante e importante, que consiga aplicar conhecimentos da Ciência no seu quotidiano, e que consiga participar em debates relacionados com questões/problemas científicos.” (Vieira, 2007, p. 105).

O desenvolvimento científico-tecnológico exige cidadãos com uma educação em diversas áreas, aptos a demonstrar agilidade, capacidade de aprendizagem ao longo da vida.

Os avanços da técnica, da ciência e da tecnologia devem ser entendidos à luz da época da sua descoberta em estreita relação com as determinações sociais, políticas, económicas e culturais do seu tempo. A abordagem epistemológica do conhecimento científico, envolvendo o contexto histórico da sua evolução, é de enorme relevância para promover uma visão mais holística e integradora dos conhecimentos lecionados (processo de construção das teorias científicas).

Assim, o docente de Ciências, ao integrar o resgate histórico e filosófico das ciências na planificação das suas aulas, promove o desenvolvimento global dos seus alunos.

1.3. CTSA- Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

Frequentemente os alunos questionam o professor acerca da relevância e da utilidade dos conteúdos curriculares da Física e da Química, bem como da pertinência das suas aprendizagens para a sua vida quotidiana. Assim, o docente é desafiado a planificar as suas aulas seguindo um modelo construtivista para o Ensino das Ciências de uma forma mais contextualizada à realidade dos alunos.

Neste sentido, a abordagem CTSA adquire um papel fulcral uma vez que, ao envolver situações do dia a dia dos alunos, correlacionando as temáticas de estudo com exemplos tecnológicos, num enquadramento mais prático, permite salientar a importância das suas aprendizagens. Esta estratégia de ensino torna-se vital no aliciamento dos alunos menos motivados para o estudo e/ou com mais dificuldades de concentração, uma vez que envolve situações mais familiares ao seu quotidiano.

A utilização de contextos ou cenários do dia a dia, estabelecendo a ligação dos problemas ao mundo real, é uma estratégia facilitadora que aumenta a capacidade motivadora dos alunos (Chin & Chia, 2004).

A educação CTSA é encarada como uma forma de ensino das ciências orientado para uma Literacia Científica dos alunos e o caminho para uma Educação para a Cidadania e para o Desenvolvimento Sustentável.

Alguns investigadores em didática realçam ainda o papel desta metodologia de ensino na educação para sustentabilidade e para a responsabilidade ambiental.

Paixão *et al.* (2010) referem:

“No mundo que se encontra cada vez mais dependente do conhecimento científico e tecnológico produzindo intensas alterações sociais, políticas, económicas e culturais, torna-se premente que o ensino das ciências se norteie pela perspetiva CTS (ou CTSA, relevando o ambiente) contribuindo para a formação de cidadãos mais comprometidos e com a possibilidade de serem responsabilizados pelas ocorrências e alterações, tanto nos equilíbrios como nos desequilíbrios, que a sua atuação individual e coletiva suscite no ambiente.” (Paixão *et al.*, 2010, p. 231).

Nesse sentido, é imperativo reorientar a educação científica numa perspetiva de promoção de compreensão e consciência pública de sustentabilidade (UNESCO, 2005), o que exige professores abertos *“a conceções de ensino e aprendizagem das ciências distintas das culturalmente mais aceites”* (Galvão & Freire, 2004, p.36), capazes renovar as práticas educativas, abordando temáticas transdisciplinares em articulação com os colegas de áreas disciplinares diferentes.

1.4. Perspetivas de Ensino e Conceções Alternativas (CA).

Ensinar ciências não pode ser visto como um simples ato de transmissão de conhecimentos, mas sim como um ato de criar ambientes de ensino e aprendizagem que sejam favoráveis à construção ativa do saber e do saber fazer.

O professor de Física e de Química tem o papel de ensinar o aluno a aprender, a interpretar a realidade à luz da ciência, a compreender os conceitos, a fazer dedução de fórmulas, a entender os fenómenos naturais e a discutir sobre o conhecimento científico. Porém esta tarefa acarreta dificuldades inerentes, uma vez que os alunos trazem para a sala de aula alguns conceitos já formados e muitas vezes divergentes do conhecimento científico.

As conceções dos alunos da realidade envolvente são construídas desde o seu nascimento e resultam da interação com o ambiente e com outras pessoas, mas, por vezes, constituem uma visão simplista ou mesmo errada dos fenómenos físicos e químicos.

Durante o processo de aprendizagem, uma nova informação ancora-se em conceitos

já existentes adquiridos nas experiências anteriores, ou seja, um dos pontos que mais influencia a aprendizagem do aluno é o conhecimento que ele já possui.

"... o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo" (Ausubel (1968) citado em Moreira (1999) p. 163).

A aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação se acomoda em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aluno. Durante o século XX, fizeram-se pesquisas em educação com foco nos conhecimentos prévios dos alunos, assim como foram alvo de estudo as concepções erradas dos alunos que influenciam as suas aprendizagens.

Os avanços e resultados de investigação em Didática do Ensino das Ciências, nomeadamente ao nível das Concepções Alternativas (CA) fizeram emergir uma nova perspectiva de ensino, o Ensino Por Mudança Conceptual (EMC), a qual dá especial atenção à mudança conceptual, através de estratégias de ensino promotoras de mudanças, em detrimento da aquisição de conceitos.

"Na perspectiva do EMC, a problemática das CA constitui um dos seus aspetos centrais, funcionando não apenas como um meio, mas ainda como um fim. Ou seja, o professor ao desenvolver estratégias que são próprias do EMC, fá-lo para melhor compreender os conceitos em causa..." (Cachapuz et al., 2002, pp. 155-157).

Segundo Cachapuz et al. (2002), o Ensino das Ciências descreve-se através de quatro perspectivas de Ensino, evoluindo da instrução até à educação: Ensino por Transmissão (EPT); o Ensino por Descoberta (EPD); o Ensino por Mudança Conceptual (EMC); e o Ensino por Pesquisa (EPP).

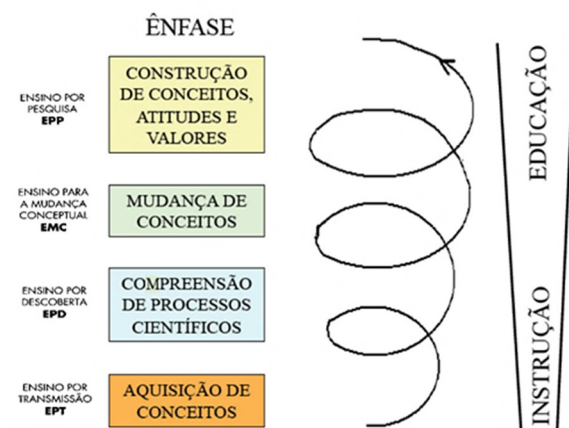


Figura 2.2 - Perspetivas de Ensino das Ciências e Atributos Dominantes (extraído de Cachapuz et al., 2002, p. 14).

Segundo autores como Martins *et al.* (2007) e Pires (2010), depois de determinar as CA dos alunos, o professor deve proporcionar o confronto de ideias para produzir insatisfação face às concepções determinadas, o que vai promover a mudança conceptual através da superação de conflitos cognitivos.

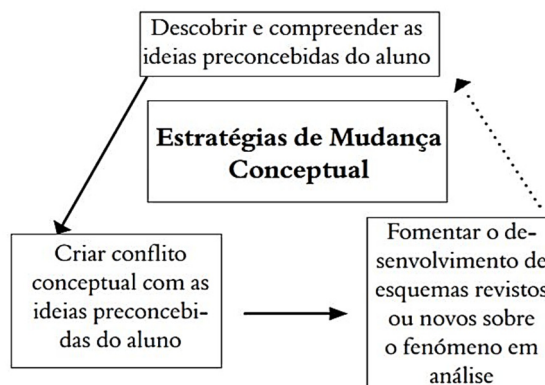


Figura 2.3 - Triangulação de estratégias para a mudança conceptual. (extraído de Bonito, 2008, p.37).

Na triangulação de estratégias para a mudança conceptual de Bonito (2008), (baseado em Nussbaum e Novick, 1982), o tracejado representa uma reavaliação das concepções do aluno que é necessário preconizar para aferir, temporalmente, a mudança conceptual.

Mas, para que esta mudança conceptual se verifique, é necessário que exista insatisfação em relação às concepções existentes, sendo que as novas concepções devem ser inteligíveis, consideradas como plausíveis e mostrarem-se frutuosas.

Neste sentido, as atividades práticas, incluindo experiências diversas e demonstrações, são muito úteis para gerar conflito conceptual com as ideias preconcebidas dos alunos.

Tendo em consideração a natureza holística dos problemas do quotidiano dos alunos, os processos de ensino e de aprendizagem deveriam ser iniciados com problemas que o aluno deveria tentar resolver por si próprio, a fim de preparar os alunos para continuarem a aprender ao longo da vida, num modelo de ensino das ciências orientado para a Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas (ABRP) (Boud & Feletti, 1997).

Atualmente defende-se que mais importante do que aprender a resolver problemas tipo, que exigem a implementação de algoritmo, é que o aluno adquira conhecimentos por processos de resolução de problemas, funcionando o professor, essencialmente, como orientador ou facilitador da aprendizagem (Lambros, 2004).

Segundo Bonito (2005), os principais contributos da psicologia cognitiva para o ensino das ciências podem ser sintetizados num modelo de estratégias que deve ser envolvente, a que o autor designou de “octópode pedagógico”.

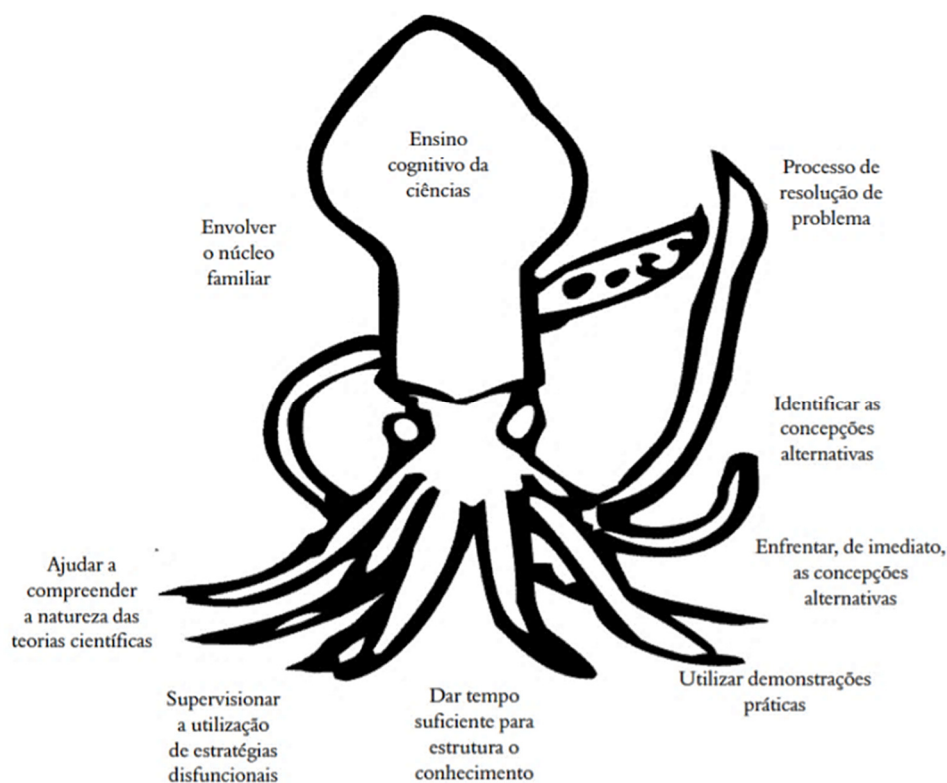


Figura 2.4 - Octópode (polvo) cognitivo-pedagógico para o ensino das ciências (extraído de Bonito, 2008, p.36).

1.5. Trabalho experimental

A relevância do trabalho experimental na educação em Ciências tem sido amplamente reconhecida por cientistas, investigadores, professores e outros profissionais ligados à educação. As atividades de experimentação são consideradas motivadoras e desafiadoras, além de muito esperadas pelos alunos.

De acordo Carvalho *et al.* (2007), nas atividades laboratoriais o aluno desenvolve uma nova maneira de ver o mundo, partindo de suas próprias hipóteses e conhecimentos prévios, o que, sem dúvida, implica na ampliação de seus conhecimentos.

As aulas experimentais podem estimular os alunos a observar, refletir, analisar e propor hipóteses segundo as suas observações, bem como rever o que cada aluno pensa sobre determinados fenómenos científicos (Modesto, 2011).

Elas são igualmente referidas nos documentos curriculares e orientadores do Ministério da Educação.

“As AE pressupõem a centralidade do trabalho prático, incluindo o laboratorial e o experimental, por forma a desenvolver o raciocínio e a capacidade de resolver problemas (observação, formulação de hipóteses e interpretação), estimular a autonomia e o desenvolvimento pessoal e, dadas as potencialidades do trabalho prático para ser desenvolvido em equipa, contribuir para a capacidade de o aluno desenvolver relações interpessoais”

In: Aprendizagens Essenciais de Físico-Química do 8.º ano. ME, 2018, p. 1.

“As atividades de demonstração, efetuadas pelo professor, recorrendo a materiais de laboratório ou comuns, com ou sem aquisição automática de dados, constituem uma forte motivação para introduzir certos conteúdos científicos ao mesmo tempo que facilitam a respetiva interpretação.”

In: Programa da disciplina de Física e Química A . MEC, 2014, p. 5.

Constitui uma estratégia de ensino e de aprendizagem que favorece a construção de significado dos conceitos teóricos e a compreensão da natureza do trabalho científico e, simultaneamente, potencia o interesse e gosto pela aprendizagem das ciências.

Alguns aspetos considerados essenciais na metodologia científica, tais como a formulação de hipóteses, desenho de estratégias de resolução/estratégias experimentais e interpretação cuidadosa dos resultados, devem ser contemplados na sua realização.

Leite, (2000), *in* Sequeira *et al.* (2011), apresenta um sistema de classificação que associa o tipo de atividade experimental com os objetivos que lhe estão associados (tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Tipos de atividades experimentais. Leite, (2000) *in* Sequeira *et al.* (2011), p.4.

Objetivo primordial		Tipos de atividades
Aprendizagem de conhecimento procedimental		• Exercícios
Aprendizagem de Conhecimento Conceptual	Reforço de conhecimento conceptual	<ul style="list-style-type: none"> • Experiências para a aquisição de sensibilidade acerca de fenómenos. • Experiências ilustrativas.
	Construção de conhecimento conceptual	<ul style="list-style-type: none"> • Experiências orientadas para a determinação do que acontece. • Investigações.
	(Re)construção de conhecimento conceptual	<ul style="list-style-type: none"> • “Prever, observar, comparar, experimentar, refletir e aplicar” (Procedimento apresentado) • “Prever, observar, comparar, experimentar, refletir e aplicar” (Procedimento a ser definido pelo aluno)
Aprendizagem de metodologia científica		<ul style="list-style-type: none"> • Investigações.

1.6. Ferramentas Digitais e de Simulação Experimental

“A inovação é antes um processo mais que um acontecimento (...) um processo multidimensional, capaz de transformar o espaço no qual habita e de transformar-se a si própria.” (Fullan, 2000, citado in Messina, 2001, p. 227).

Segundo Messina (2001), a inovação é algo aberto, capaz de adotar múltiplas formas e significados, associados com o contexto no qual se insere. Não é um fim em si mesma, mas um meio para transformar os sistemas educacionais.

Nos processos de inovação educacional, espera-se que os professores alcancem o domínio de ferramentas e que a escola se adapte às exigências do tempo presente e futuro. Levar “ciência para todos”, proposta feita pela UNESCO na década de 80, assume nova perspectiva com a utilização de tecnologias de informação e comunicação.

Este facto implica mudanças na escola, nomeadamente no que respeita ao ensino das ciências, quer ao nível dos métodos de ensino quer ao nível dos conteúdos.

Nos documentos orientadores do Ministério da Educação podemos ler:

“Também o recurso a filmes, animações ou simulações computacionais pode ajudar à compreensão de conceitos, leis e teorias mais abstratas. (...) Alguns alunos poderão ter dificuldades na interpretação de relações quantitativas entre grandezas físico-químicas (...). O recurso a calculadoras gráficas (ou a tablets, ou a laptops) ajudará a ultrapassar alguns desses constrangimentos, cabendo ao professor, quando necessário, introduzir os procedimentos de boa utilização desses equipamentos.”

In: Programa da disciplina de Física e Química A . MEC, 2014, p. 5.

Recentemente vimos surgir algumas das plataformas digitais educativas que compilam imensos recursos educativos, incluindo diversas ferramentas visuais (simulações, animações, *softwares* interativos) sendo a sua utilização disseminada nos meios escolares, como uma mais-valia na atividade docente em regime presencial, mas especialmente no ensino à distância (E@D).

O recurso a essas plataformas e a recursos digitais dedicadas à educação formal (e não formal) possibilita uma complementaridade ao trabalho experimental em sala de aula ou para conteúdos que são de difícil visualização mental, nomeadamente na química. Preconizam ferramentas de ensino essenciais para regimes de *e-learning* ou *b-learning* que o professor do século XXI é desafiado a integrar nas suas metodologias de ensino.

1.7. Boas Práticas no Ensino da Ciência

A competência na docência, como na maioria das profissões, envolve um processo de aquisição de um conjunto de capacidades que se vão aprimorando com a experiência profissional ao longo dos anos. No entanto, na formação inicial dos professores deve ser promovido um conjunto de ferramentas pedagógicas e didáticas que induzam a uma autorreflexão e autoanálise dos seus métodos de forma a viabilizar eficazmente todo este processo.

Contudo, é possível encontrar em literatura específica orientações pedagógico-didáticas destinadas aos docentes de Ciências. Autores como Carvalho, P., Sousa A., Paiva, J. & Ferreira, A. (2012) apresentam no seu livro *Ensino experimental das ciências: um guia para professores do ensino secundário Física e Química*, algumas boas práticas no ensino das ciências a ter em linha de conta aquando da planificação das aulas (tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Boas práticas docentes. Carvalho, P., Sousa A., Paiva, J. & Ferreira, A. (2012) p. 36.

Práticas letivas fundamentais no ensino das ciências
<ul style="list-style-type: none">• Diagnóstico de ideias prévias dos alunos;• Metodologia de ensino combinada: pesquisa, discussão, resolução de problemas, simples exposição;• Construção de modelos, não só para explicação, mas para prever factos;• Adequar as estratégias e avaliações aos objetivos da aprendizagem;• Promover a reflexão dos alunos sobre as suas ideias, confrontando-as com as dos outros e com os resultados da observação e experimentação;• Recorrer a exemplos e contraexemplos de forma a os alunos construírem conceitos científicos e as suas relações;• Invocar as relações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente sempre que o contexto seja favorável;• Ir ao encontro das experiências pessoais e características motivacionais dos alunos;• Fazer os alunos organizar os dados da observação e resultados da experimentação em diagramas, tabelas e gráficos, de forma a evidenciar as regularidades e efetuar previsões;• Promover o raciocínio matemático para interpretar os dados e efetuar cálculos;• Destinar tempo para os alunos verbalizarem as suas ideias e apresentarem conclusões em grupo ou para a turma.

2. Aula de Física do 10.º ano

2.1 Enquadramento da Disciplina de Física e Química A

“A disciplina de Física e Química A (FQ-A) integra a componente específica do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias do ensino secundário, surgindo, curricularmente, no seguimento da Físico-Química do 3.º ciclo do ensino básico. Sendo uma disciplina da componente da formação específica que visa proporcionar formação científica consistente no domínio do respetivo curso, mantendo uma abrangência de espectro largo para prosseguir o desenvolvimento de uma Cultura Científica e Humanista”

In: Aprendizagens Essenciais de Física e Química A 10.º ano. ME, 2018, p. 1.

2.2 Organização dos Conteúdos

Os conteúdos da disciplina de FQ-A do Ensino Secundário estão organizados por domínios e subdomínios que se referem a temas da Física e da Química, sendo considerados estruturantes para a formação científica e prosseguimento de estudos, permitindo a consolidação, aprofundamento e extensão dos estudos realizados no 3.º ciclo do ensino básico.

A tabela 2.3 mostra a organização dos domínios e subdomínios para os 10.º e 11.º anos de escolaridade.

Tabela 2.3 - Organização dos conteúdos de Física e de Química A do Ensino Secundário.
In: Programa e Metas Curriculares de Física e Química A . MEC, 2014, p.3.

10.º ano	
Química	
Domínios	Subdomínios
Elementos químicos e sua organização	Massa e tamanho dos átomos
	Energia dos eletrões nos átomos
	Tabela Periódica
Propriedades e transformações da matéria	Ligação química
	Gases e dispersões
	Transformações químicas

10.º ano	
Física	
Domínios	Subdomínios
Energia e sua conservação	Energia e movimentos
	Energia e fenómenos elétricos
	Energia, fenómenos térmicos e radiação

11.º ano		11.º ano	
Física		Química	
Domínios	Subdomínios	Domínios	Subdomínios
Mecânica	Tempo, posição e velocidade	Equilíbrio químico	Aspectos quantitativos das reações químicas
	Interações e seus efeitos		Equilíbrio químico e extensão das reações químicas
	Forças e movimentos	Reações em sistemas aquosos	Reações ácido-base
Ondas e eletromagnetismo	Sinais e ondas		Reações de oxidação-redução
	Eletromagnetismo		Soluções e equilíbrio de solubilidade
	Ondas eletromagnéticas		

2.3 Planificação das Aulas

2.3.1 Introdução

“A relevância da Física e da Química no mundo atual deve ser valorizada, devendo, os alunos, reconhecer aplicações e resultados de investigação que tenham impacto na tecnologia, na sociedade e no ambiente (casos da vida quotidiana, avanços recentes da ciência e da tecnologia, contextos culturais onde a ciência se insira), como meio de motivação para as aprendizagens e de consolidação das aprendizagens, apontando para um futuro sustentável em áreas vitais (energia, recursos naturais, saúde, alimentação, novos materiais, entre outros).”

In: Aprendizagens Essenciais de Física e Química A 10.º ano. ME, 2018, p. 3.

2.3.2 “Energia e sua conservação”

Os planos de aulas, (ver apêndice 3) enquadram-se no domínio da Física do 10.º ano: “Energia e sua conservação” e são referentes a dois momentos distintos: um primeiro inserido no subdomínio “Energia e movimentos” e um segundo inserido no subdomínio “Energia, fenómenos térmicos e Radiação”.

3. Aula de Química do 8.º ano

3.1 Enquadramento da disciplina de Físico-Química.

A disciplina de *Físico-Química (FQ)* faz parte das ciências experimentais do 3.º ciclo do Ensino Básico, designada na matriz curricular por *Ciências Físico-Naturais* que integra, além desta, a disciplina de *Ciências Naturais*.

“A disciplina de Físico-Química, no Ensino Básico, visa contribuir para o desenvolvimento da literacia científica dos alunos, despertando a curiosidade acerca do mundo que nos rodeia e o interesse pela Ciência. Visa também desenvolver uma compreensão geral e alargada das principais ideias e estruturas explicativas da Física e da Química, bem como da metodologia da Ciência. Por outro lado, a disciplina de Físico-Química contribui para uma tomada de consciência quanto ao significado científico, tecnológico e social da intervenção humana no nosso ambiente e na cultura em geral.”

In: Aprendizagens Essenciais de Físico-Química do 8.º ano. ME, 2018, p. 1.

3.2 Organização dos conteúdos

O quadro seguinte mostra a organização dos domínios e subdomínios na disciplina Físico-Química do 8.º ano de escolaridade no seguimento do percurso escolar do 7.º ano.

Tabela 2.4 - Organização dos conteúdos da disciplina de Físico-Química do 3.º Ciclo do Ensino Básico.
In: Metas Curriculares de Físico-Química do 3.º Ciclo do Ensino Básico. MEC, 2013, p.2.

Ano	Domínio	Subdomínios
7.º	Espaço	Universo
		Sistema solar
		Distâncias no Universo
		A Terra, a Lua e forças gravíticas
	Materiais	Constituição do mundo material
		Substâncias e misturas
		Transformações físicas e químicas
		Propriedades físicas e químicas dos materiais
		Separação das substâncias de uma mistura
	Energia	Fontes de energia e transferências de energia
8.º	Reações químicas	Explicação e representação de reações químicas
		Tipos de reações químicas
		Velocidade das reações químicas
	Som	Produção e propagação do som
		Som e ondas
		Atributos do som e sua deteção pelo ser humano
		Fenómenos acústicos
	Luz	Ondas de luz e sua propagação
		Fenómenos óticos

Ano	Domínio	Subdomínios
9.º	Movimentos e forças	Movimentos na Terra
		Forças e movimentos
		Forças, movimentos e energia
		Forças e fluidos
	Eletricidade	Corrente elétrica e circuitos elétricos
		Efeitos da corrente elétrica e energia elétrica
	Classificação dos materiais	Estrutura atômica
		Propriedades dos materiais e Tabela Periódica
		Ligação química

2.3 Planificação das aulas

2.3.1 Introdução

“O propósito da Educação em Ciência, enquanto componente da experiência educativa global de todos os jovens, é prepará-los para uma vida satisfatória e completa no mundo do século XXI. Mais especificamente, o currículo de Ciências deve:

- *Estimular o entusiasmo e interesse pela ciência de modo a que os jovens se sintam confiantes e competentes para se envolverem com matérias científicas e técnicas.*
- *Ajudar os jovens a adquirir uma compreensão vasta e geral das ideias importantes e das bases explicativas da ciência e dos procedimentos do inquérito científico, que têm maior impacto no nosso ambiente e na nossa cultura em geral.*
- *Possibilitar o aprofundamento de conhecimento quando é necessário, quer por interesse pessoal dos alunos, quer por motivação de percurso profissional.”*

In: Ciências Experimentais (Ensino Básico). Currículo Nacional - DL 139/2012.

2.3.2 “Reações Químicas”

Os planos de aulas (ver apêndice 8) são referentes à Química e enquadram-se no primeiro domínio do programa do 8.º ano da disciplina de Físico-Química: “Reações Químicas”. Contemplam dois momentos distintos: um primeiro momento inserido no subdomínio “Tipo de Reações Químicas” e um segundo momento inserido no subdomínio “Velocidade das Reações Químicas”.

4. Conclusões e Reflexões Críticas

Um docente de Física e Química é um agente promotor da cultura científica. Ser professor no séc. XXI envolve a capacidade de reinventar os métodos de ensino e inovação didática e preconiza o recurso aos meios disponíveis, integrando-os na sala de aula.

A função docente requiere, além do importante domínio científico dos conteúdos a lecionar, o domínio dos modelos didático-pedagógicos relevantes para as aprendizagens significativas dos seus alunos.

As aprendizagens significativas requerem estratégias de ensino que promovam um intenso envolvimento (intelectual e emocional), despertando no aluno a curiosidade acerca do mundo natural ao seu redor e criando um sentimento de admiração, entusiasmo e interesse pela Ciência.

Num mundo em evolução, torna-se imperativo que os alunos vão construindo paulatinamente a sua autonomia ao longo da aprendizagem, dotados de conhecimentos e competências mais amplas, capazes de aprender a aprender, e conscientes da necessidade de desenvolver continuamente o seu nível de conhecimentos.

Apesar da relevância das atividades experimentais no Ensino da Ciências, antevêm-se algumas contrariedades para sua execução, tais como: a exigência de um dispêndio de tempo normalmente mais extenso na sua execução, o que pode condicionar o cumprimento do programa, e a insuficiência de equipamentos laboratoriais e de reagentes disponíveis na Escola. No entanto, a criatividade do professor para substituir o material de laboratório em falta por material do quotidiano pode tornar possível a implementação do trabalho experimental. O exercício da docência é também uma arte de reinventar os modelos de Ensino-Aprendizagem, incorporando as novas de ferramentas didáticas disponíveis e de alternância de estratégias adequadas ao contexto e à atualidade tecnológica.

5. Referências Bibliográficas



Bibliografia

- Almeida, M. (2001). *Educação em Ciências e Trabalho Experimental: Emergência de uma nova conceção* in Veríssimo, A.; Pedrosa, A. & Ribeiro, R.; Ensino Experimental das Ciências – (Re)Pensar o Ensino das Ciências – pp. 51-74. Lisboa, Ministério da Educação (ME) - Departamento. do Ensino Secundário.
- Araújo, F. (2015). *A avaliação formativa e o seu impacto na melhoria da aprendizagem* (Tese de doutoramento). Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Atkins, P. W. Paula J. (2012). *Fundamentos de Físico-Química* (Vol. 2 – 6.^a edição). Rio de Janeiro, LTC - Livros Técnicos e Científicos Ed. S.A.
- Baccan, N.; Andrade, J.; Godinho, O. & Barone, J.(1979). *Química Analítica Quantitativa Elementar* (2.^a edição). p. 46. Campinas, Ed. Unicamp.
- Boud, D. & Feletti, G. (1997). *Changing problem-based learning* in Boud, D. & Feletti, G. The challenge of problem-based-learning. Londres, Kogan Page, pp. 1-14.
- Brooks, J. & Brooks, M. (1997). *Construtivismo em sala de aula*. Porto Alegre, Editora Artes Médicas.
- Bueche, Frederick (2001). *Física Geral*. S. Paulo, McGraw-Hill.
- Cachapuz, A., Praia J., & Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa, Instituto de Inovação Educacional.
- Cachapuz, A., Praia J., & Jorge, M. (2004). Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. *Ciência & Educação*, Vol. 10, n.º 3, pp. 363-381.
- Cachapuz, A., Praia, J., Paixão, F. & Martins, I. (2000). Uma Visão sobre o Ensino das Ciências no Pós-Mudança Conceptual. *Inovação*, Vol. 13, n.º 2-3, p. 117-137.
- Catiajo, S. (2012). *Metodologia de Manutenção de Edifícios - Sistemas Solares Térmicos* (Dissertação Mestrado). FEUP, Porto.
- Campos, L. (2002). *Entender a Bioquímica* (3.^a Edição). Lisboa, Escolar Editora.
- Cândido, R. & Teixeira, A.(1993); *Enzimas* (4.^a Edição). Lisboa, Didática Editora.

- Chagas, A. P. (2001). *Como se faz Química - Uma reflexão sobre a Química e a atividade do químico* (3.^a edição, 2010). Campinas, Editora da Unicamp.
- Chang, R. (1994). *Química* (5.^a edição). Lisboa, McGraw-Hill.
- Carvalho A. M. (2007). Habilidades de Professores Para Promover a Enculturação Científica. *Revista Contexto & Educação*, ano 22, n.º 77, pp. 25-49.
- Carvalho, S.; Sousa, A.; Paiva, J & Ferreira, A. (2012). *Ensino experimental das ciências: um guia para professores do ensino secundário- Física e Química*. Porto, Universidade do Porto Editorial.
- Chin, C. & Chia, L. (2004). Problem-Based Learning: Using students' questions to drive knowledge construction. *Science Education*, Vol. 88, pp.707-727.
- Dourado, L. (2001). *Trabalho Prático (TP), Trabalho Laboratorial (TL), Trabalho de campo (TC) e Trabalho Experimental (TE) no Ensino das Ciências – contributo para uma clarificação de termos*. Lisboa, Ministério da Educação (ME) – Departamento do Ensino Secundário.
- Ferreira, J. (2002). Segredos da catálise enzimática. *Boletim de Biotecnologia*, n.º 72. Porto, Universidade Católica Portuguesa.
- Figueiredo, T. (2003). *Eureka! CFQ* (1.^a edição). Porto, Areal Editores.
- Galvão, C. & Freire, A. (2004). A perspetiva CTS no currículo das Ciências Físicas e Naturais em Portugal in Martins, I; Paixão, F. & Vieira R. *Perspetivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência*, pp. 31-38. Aveiro, Universidade de Aveiro: Departamento de Didática e Tecnologia Educativa.
- Garret, R. & Grisham, C. (1999). *Biochemistry* (2nd Edition). Philadelphia, Saunders College Publishing.
- Gonçalves, C; Rodriguez-Jasso, R.; Gomes, N.; Teixeira, J. & Belo, I.(2010). Adaptation of dinitrosalicylic acid method to microtiter plates. *Analytical Methods*, Vol. 2, pp. 2046-2048. DOI: 10.1039/coay00525h.
- *Guia de trabalhos práticos de Princípios de Bioquímica* (2004). Aveiro, Universidade de Aveiro, Departamento de Química (texto não editado).
- Januário, D.; Correia, E. & Brás, C. (2014). *Manual do Aluno - Explora 8 - Físico-Química – 8.º ano* (1.^a edição). Porto, Porto Editora.

- Januário, D.; Correia, E. & Brás, C. (2014). *Caderno de Atividades - Explora 8 - Físico-Química – 8.º ano* (1.ª edição). Porto, Porto Editora.
- Januário, D.; Correia, E. & Brás, C. (2014). *Guia de Estudo do Aluno - Explora 8 - Físico-Química – 8.º ano* (1.ª edição). Porto, Porto Editora.
- Lambros, A. (2004). *Problem-Based Learning in middle and high school classrooms*. Thousand Oaks, Corwin Press.
- Leite, L. (2000). As atividades laboratoriais e a avaliação das aprendizagens dos alunos in Sequeira, L. et al. *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*, pp. 91-108. Braga, Universidade do Minho.
- Lopes, B. (2004). *Aprender e Ensinar Física*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- Maalej, H.; Ayed, H.; Ghorbel, Olfa & Hmidet, N. (2014). Production and Biochemical Characterization of a High Maltotetraose (G4) Producing Amylase from *Pseudomonas stutzeri* AS22. *Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International*. Article ID 156438.
- Magalhães, S. & Tenreiro-Vieira, C. (2006). Educação em ciências para uma articulação Ciência, Tecnologia, Sociedade e pensamento crítico. Um programa de formação de professores. *Revista Portuguesa de Educação*, volume 19, n.º 2, pp. 85-110.
- Martins, G. (1992). Europa – Unidade e diversidade, educação e cidadania. *Colóquio: Educação e Sociedade*, n.º 1, pp. 41-60.
- Martins, I.; Veiga, M.; Teixeira, F.; Tenreiro-Vieira, C.; Vieira, R.; Rodrigues, A. & Couce, F. (2007). *Educação em Ciências e Ensino Experimental – Formação de Professores*. Lisboa, ME – Direção Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular.
- Messina, G. (2001). Mudança e inovação educacional: Notas para reflexão. *Cadernos de Pesquisa*, n.º 114, pp. 225-233.
- Milanovic, A.; Bozic, N. & Vujcic; Z. (2007). Cell Wall Invertase Immobilization Within Calcium Alginate Beads. *Food Chemistry*. Vol. 104, pp. 81-86. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.11.00.
- Modesto, M.; Santana, C. & Vasconcelos, A. (2011). *O Ensino de Ciências nas séries iniciais: Educação e Ensino de Ciências Exatas e Biológicas*. In: V Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”, São Cristóvão-Estado de Sergipe.

- Moreira, M. (1999). *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária Ltda.
- Nelson, D. & Cox, M. (2000). *Lehninger Principles of Biochemistry* (3rd Edition). New York, Worth Publishers.
- Paixão, F.; Centeno, C.; Quina, J.; Marques, V. & Clemente, A. (2010). Investigar e Inovar na Educação em Ciências para um futuro sustentável. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 7, n.º Extraordinário, pp. 230-246.
- Piper, D.W. & Fenton, B.H. (1965). pH stability and activity curves of pepsin with special reference to their clinical importance. *Gut*, Vol. 6, pp. 506-508.
DOI: 10.1136/gut.6.5.506
- Praia, J.; Gil-Pérez, D. & Vilches, A. (2007). O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, Vol. 13, n.º 2, pp.141-156.
- Pires, D. (2010). *Didática das Ciências* (coletânea de textos não editados). Bragança, Escola Superior de Educação de Bragança.
- Ramalho, G. (2003). *PISA 2000/2006 – Conceitos Fundamentais em Jogo na Avaliação de Literacia Científica e Competências dos Alunos Portugueses*. Lisboa, GAVE.
- Ramos, M. (2004). *A Literacia científica: uma necessidade urgente; um desafio à Escola: Contributos para o Painel – Aprendizagens Curriculares, Literacia e Bibliotecas Escolares*. Lisboa, Projeto Gulbenkian.
- Rodrigues, C.; Miguelote, L. & Santos, P. (2017). *Física 10*. Porto, Areal Editores.
- Rodrigues, M. & Dias, F. (2007). *Física na nossa vida*. Porto, Porto Editora.
- Santos, M.(1998). *Mudança conceptual na Sala de Aula*. Lisboa, Livros Horizonte.
- Serway,R. & Jewett, J. (2004). *Physics for Scientists and Engineers* (6th edition). California State Polytechnic University. Brooks, Cole Publishing Co.
- Silva, M. & Fernandes, E. (2019). O projeto educação 2030 da OCDE: uma bússola para a aprendizagem. *Revista Exitus*, Vol. 9, n.º 5, pp. 271 – 300.
- Solé, I. (2001). *Disponibilidade para a Aprendizagem e Sentido da Aprendizagem. O Construtivismo na Sala de Aula*. Porto; Asa Editores.
- Sotomayor, J. (2003). *Cinética Química*. Lisboa, Lidel – Edições Técnicas, Lda.

- Sumner J. & Howel, S. (1934). A method for determination of saccharase activity. *The Journal of Biological Chemistry*, Vol. 108, pp. 51-54.
- Stryer, L. (1999). *Biochemistry* (4th edition). New York, W.H. Freeman and Company.
- Thomaz, M., Malaquias, I., Valente, M. & Antunes, M. (1994). Uma tentativa para ultrapassar concepções alternativas sobre calor e temperatura. *Gazeta da Física*, Vol.17, n.º 3, pp.10-16.
- Vieira, N. (2007). Literacia Científica e Educação de Ciências. Dois objetivos para a mesma aula. *Revista Lusófona da Educação*, Vol. 10, n.º 10, pp. 97-108.
- Vogel, A. (2002). *Análise Química Quantitativa* (6.^a edição). Rio de Janeiro, LTC - Livros Técnicos e Científicos Ed. S.A.
- Wang, N. (2004). *Enzyme Kinetics of Invertase Rate Determination*. Department of Chemical Engineering. USA, University of Maryland.
- Whitaker, J.; Voragem, A. & Wong, D. (2003). *Handbook of food enzymology*. New York, Marcel Dekker, Inc.
- Zabala, A. (2001). Os Pontos de Vista Didáticos in O Construtivismo na Sala de Aula. Porto, Asa Editores.



Webgrafia

- AIDA CCI (2017) – Câmara de Comércio e Indústria do Distrito de Aveiro.
<http://aida.pt/regiao/caracterizacao-dos-concelhos/espinho.html>
[12 de outubro de 2017].
- Aprendizagens Essenciais de Biologia do 12.º ano (2018).
Homologadas a 31 de agosto de 2018 pelo Despacho n.º 8476-A/2018.
https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/1_2_biologia.pdf [6 de outubro de 2018].
- Aprendizagens Essenciais de Física e Química A do 10.º ano (2018).
Homologadas a 31 de agosto de 2018 pelo Despacho n.º 8476-A/2018.
https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/1_o_fq_a.pdf [27 de setembro de 2018]

- Aprendizagens Essenciais de Físico-Química do 8.º ano (2018).
Homologadas a 19 de julho de 2018 pelo Despacho n.º 6944-A/2018.
https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/3_ciclo/fisico-quimica_3c_8a_ff.pdf [27 de setembro de 2018].

- Aprendizagens Essenciais de Química do 12.º ano (2018)
Homologadas a 31 de agosto de 2018 pelo Despacho n.º 8476-A/2018.
https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/12_quimica.pdf [6 de outubro de 2018].

- Atiyeh, H.& Duvnjak, Z. Production of fructose and ethanol from cane molasses using *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 36858. *Acta Biotechnologica*, n.º 23, pp.37-48. Doi:10.1002/abio.200390005.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/abio.200390005>
[10 de maio de 2015].

- Biografia de Soren Peter Lauritz Sorensen.
<http://www.explicatorium.com/biografias/soren-sorensen.html>
[https://www.infopedia.pt/\\$soren-sorensen](https://www.infopedia.pt/$soren-sorensen) [17 de dezembro de 2017]

- Bonito, Jorge. (2008). Perspetivas atuais sobre o ensino das ciências: clarificação de caminhos. *Terrae Didactica*, n.º4, pp. 28-42.
https://www.researchgate.net/publication/284514179_Perspectivas_actuais_sobre_o_ensino_das_ciencias_clarificacao_de_caminhos [20 de outubro de 2018].

- Carta Educativa de Espinho (2007).
https://portal.cm-espinho.pt/fotos/editor2/ii_caracterizacao_sumaria_concelho.pdf
[12 de outubro de 2017].

- Ciências Experimentais. Currículo Nacional – Decreto-Lei 139/2012.
<https://www.dge.mec.pt/ciencias-experimentais-eb>
[30 de setembro de 2017].

- Coletor Solar. Recurso Multimédia: 10F; Texto Editora; Plataforma Leya Educação.
https://auladigital.leya.com/catalogs/index.html#product_catalogs/38de3e76-46af-46f2-9f64-0010f8a15908/entries/d4f48dc5-fb87-4473-8de1-0adoa4548898/resources/cf1173dc-f891-414b-9279-27e4f1a07450/collection
[2 de dezembro de 2017].

- Costa, J. A. (2000). Educação em Ciências: Novas Orientações.
http://www.ipv.pt/millennium/19_spec6.htm [7 de outubro de 2017].
- Curso de Ciências e Tecnologias (Cursos Científico-Humanísticos).
Currículo Nacional - DL 139/2012.
<https://www.dge.mec.pt/curso-de-ciencias-e-tecnologias-o>
[27 de setembro de 2017].
- David, Allan. (2020). *Immobilization of enzymes on nanoporous, silica composites*.
https://www.researchgate.net/publication/242620042_IMMobilIZATION_OF_ENZYMEs_ON_NANOPOROUS_SILICA_COMPOSITES [12 de maio de 2020].
- Distrito de Aveiro: Evolução da População entre 1864 e 2011.
<https://populacaodistritodeaveiro.jimdofree.com/espinho-1/o-concelho/>
[10 de maio de 2020].
- ECD (2017), OECD Skills Outlook 2017: Skills and Global Value Chains, OECD Publishing, Paris.
<https://doi.org/10.1787/9789264273351-en>. [27 de setembro de 2017].
- Educação um tesouro a descobrir. *Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI*.
http://dhnet.org.br/dados/relatorios/a_pdf/r_unesco_educ_tesouro_descobrir.pdf
[27 de setembro de 2017].
- Energia do parque de Skate – versão 1.1.19; PhET™ Interactive Simulations
Copyright © 2004-2016 University of Colorado, Boulder.
https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_pt.html [2 de dezembro de 2017].
- Energia Solar: Coletores Solares Térmicos.
<https://pt.solar-energia.net/solar-termica/componentes/coletores-solares-termicos>
[5 de dezembro de 2017].
- Guia da Energia Solar: Coletores Solares Térmicos. Concurso Padre Himalaya.
<http://www.cienciaviva.pt/rede/himalaya/home/guia6.pdf> [5 de dezembro de 2017].
- Instituto Nacional de Estatística (2020).
www.ine.pt [16 de maio de 2020].
- Matriz curricular do 3.º ciclo (2012) - Decreto-Lei n.º 139/2012 de 5 de julho.
<https://www.dge.mec.pt/matriz-curricular-do-3o-ciclo> [5 de outubro de 2017].

- Metas Curriculares do 3.º ciclo – Ciências Físico-Químicas (2013). Coord. Fiolhais, C.; Colab. Ferreira, A. *et al.* Lisboa, MEC.
https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_cfq_metas_curriculares_3c_o.pdf [8 de novembro de 2017].
- Metas Curriculares de Química 12.º ano (2014). Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias. Coord. Fiolhais, C.; Colab. Ferreira, A. *et al.* Lisboa, MEC.
https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/metas_curriculares_quimica_12.pdf [6 de outubro de 2017].
- Mordido, V. (2006). *O trabalho experimental como promoção da qualidade do ensino da Química*. Universidade Aberta.
<http://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/566/1/LC219.pdf>
[28 de outubro de 2017].
- Nunes-Valente, M.; Monteiro, A. (2016). Inteligência Emocional em Contexto Escolar. *Revista Eletrónica de Educação e Psicologia*, vol. 7, pp. 1-11.
<http://edupsi.utad.pt/index.php/component/content/article/79-revista2/143>
[10 de dezembro de 2018].
- Orientações Curriculares para Ciências Físicas e Naturais. Departamento da Educação Básica, Ministério da Educação – 2001.
https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_cfn_orient_curriculares_3c_1.pdf [27 de setembro de 2017].
- Perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória (2017). Coord. Martins, G.; Colab. Sousa, C. *et al.* Lisboa, Ministério da Educação - DGE.
https://dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf [8 de setembro de 2018].
- PORDATA, Base de Dados de Portugal Contemporâneo.
<https://www.pordata.pt/Municipios> [14 de maio de 2020].
- Programa e Metas Curriculares de Física e Química A (2014). Coord. Fiolhais, C. & Damião, I.; Colab. Ferreira, A.; *et al.* Lisboa, MEC.
<https://www.dge.mec.pt/programas-e-metas-curriculares/fisico-quimica>
[2 de outubro de 2017].
- Projeto Educativo do Agrupamento de Escolas Dr. Manuel Laranjeira 2017-2021.
<http://www.aemlaranjeira.pt/2020/06/08/projeto-educativo/>
[17 de junho de 2020].

- Protocolo experimental: “Ácido ou alcalino?”
<http://www.ciimar.up.pt/oCIIMARnaEscola/images/ph.pdf?termosCondicoes>
[17 de dezembro de 2017]
- Regulamento Interno do Agrupamento de Escolas Dr. Manuel Laranjeira.
<http://www.aemlaranjeira.pt/2020/06/08/regulamento-interno/>
<http://www.aemlaranjeira.pt/index.php/documentos/docs-estruturantes-do-agrupamento> [17 de junho de 2020].
- Reações de combustão: problemas ambientais. Recurso Multimédia: 8.º ano-FQ; Porto Editora, Plataforma Escola Virtual.
<https://lmsev.escolavirtual.pt/subjectsteacher/detail/2402>
[2 de janeiro de 2018].
- Sínteses Estatísticas do Ministério da Economia: Concelho de Espinho.
<https://www.gee.gov.pt/pt/lista-publicacoes/estatisticas-regionais/distritos-concelhos/aveiro/espinho/2956-espinho/file> [10 maio de de 2020].
- Sistemas Solares Térmicos Junkers, Bosch Termotecnologia, S.A.
https://junkers-pt.resource.bosch.com/media/junkers_pt/rea_profissional/documenta_o_comercial/catalogos_comerciais/cat_sistemas_solares_junkers_jun2016.pdf
[5 de dezembro de 2017].
- The future of education and skills Education 2030.
[https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf) [4 de outubro de 2018].
- UNESCO (2005). Draft International implementation scheme for the United Nations Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014).
<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001403/140372e.pdf>
[23 de dezembro de 2017].

Apêndices

Apêndice 1 – Caracterização do Agrupamento de Escolas Manuel Laranjeira - Espinho

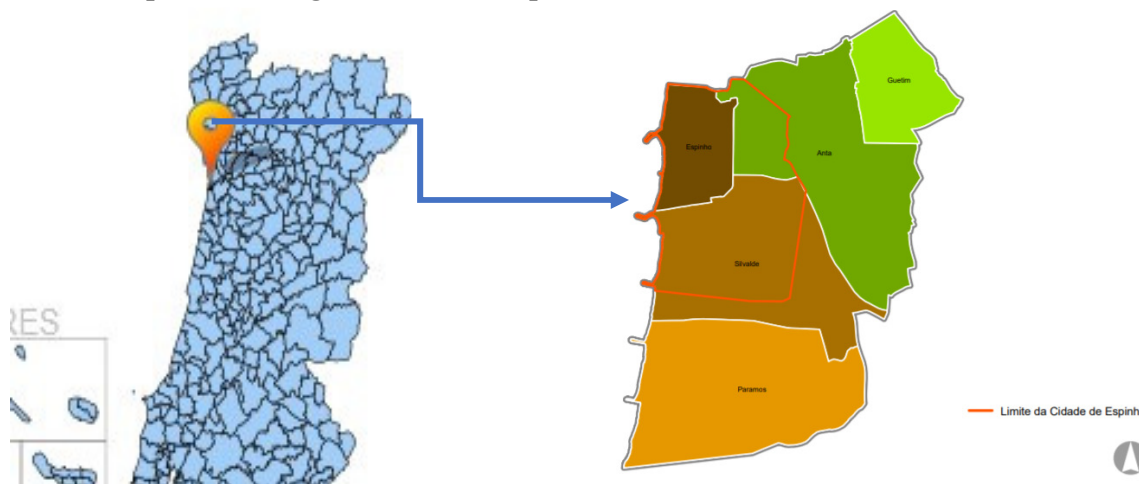
❖ Meio Envolverte: Descrição do Concelho de Espinho

“Espinho é um pequeno concelho urbano situado no extremo noroeste do Distrito de Aveiro e integrado na Área Metropolitana do Porto. O Concelho dispõe de uma área total de 21 km² e a sua população ronda atualmente os 32 mil habitantes, com um poder de compra equivalente a 105% da média nacional.

A história do Concelho de Espinho liga-se intimamente ao mar, no passado por via da pesca e atualmente devido ao turismo balnear, que assume um papel fulcral na economia do concelho. As atividades turísticas, associadas a características marcadamente urbanas, tornam o sector terciário preponderante na economia do concelho”

Fonte I.N.E., IEFP in <http://aida.pt/regiao/caracterizacao-dos-concelhos/espinho.html>
[consultado a 12 de outubro de 2017].

O município de Espinho é limitado a norte pelo município de Vila Nova de Gaia, a leste por Santa Maria da Feira, a sul por Ovar e a Oeste pelo Oceano Atlântico e é constituído por cinco freguesias: Anta, Espinho, Guetim, Paramos e Silvalde.

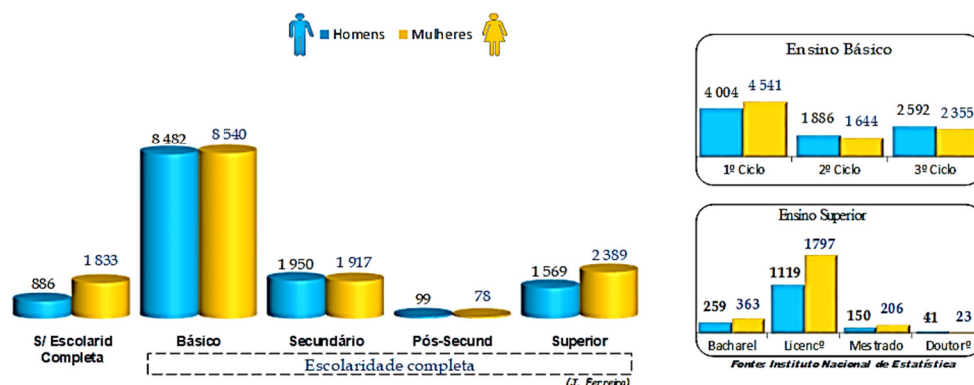


Espinho	2010	2018
População	31 983	29 509
Idosos por cada 100 jovens	143	223
População estrangeira (%)	2,1	2,1
Desempregados inscritos nos centros de emprego	3 441	1 794

Fonte: PORDATA, Base de Dados de Portugal Contemporâneo. [consultado a 14 de maio de 2020]

Índice de Alfabetização no Concelho de Espinho

População com 15 e + anos, por sexo, em 2011
27 743



Fonte: *Distrito de Aveiro: Evolução da População entre 1864 e 2011*
<https://populacaodistritodeaveiro.jimdofree.com/espinho-1/o-concelho/>
 [consultado a 10 de maio de 2020]

Comparando o município de **Espinho** com a **Área Metropolitana do Porto** (da qual é parte integrante). Dados obtidos da PORDATA. [consultado a 14 de maio de 2020].

Fatores socioeconómico:

Número de empresas não financeiras: total por setor de atividade económica.

Setores de atividade	Área Metropolitana do Porto	Espinho
Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca	7.090	42
Indústrias extrativas	39	0
Indústrias transformadoras	14.535	196
Eletricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio	438	6
Captação, tratamento e distribuição de água (...)	192	2
Construção	10.292	156

Setores de atividade	Área Metropolitana do Porto	Espinho
Comércio por grosso e a retalho (...)	40.291	764
Transporte e armazenagem	3.205	41
Alojamento, restauração e similares	13.372	301
Atividade de Informação e comunicação	2.693	32
Atividades imobiliárias	6.294	99

Ofertas de emprego (média anual) disponíveis nos centros de emprego e formação profissional por grandes setores de atividade económica – 2014.

Território	Setor de atividade		
	Primário	Secundário	Terciário
A.M.P.	62,2	993,1	2 142,3
Espinho	0,0	20,8	75,4

Rede escolar:

Número de estabelecimentos de ensino (privado e público) em 2017.

Território	Nível de Ensino				
	Pré-escolar	Básico - 1º Ciclo	Básico - 2º Ciclo	Básico - 3º Ciclo	Secundário
Área Metropolitana do Porto	899	608	179	225	156
Espinho	12	6	5	7	6

Alunos jovens matriculados no nível secundário, por modalidade de ensino em 2014.

Território	Modalidade de Ensino – Nº de matrículas				
	Total	Gerais	Tecnológicos	Profissionais	Aprendizagem
Área Metropolitana do Porto	65.407	33.484	3.398	18.993	9.532
Espinho	1.922	1.112	0	810	0

O Parque Escolar Público de Espinho divide-se em dois agrupamentos, o agrupamento de Escolas Dr. Manuel Laranjeira e o agrupamento de Escolas Dr. Manuel Gomes de Almeida.

❖ Descrição do Agrupamento de Escolas Dr. Manuel Laranjeira



O Agrupamento de Escolas Dr. Manuel Laranjeira está inserido na freguesia de Anta-Guetim do Concelho de Espinho e abrange seis unidades orgânicas (UO), sendo a escola sede do Agrupamento a Escola Básica e Secundária Dr. Manuel Laranjeira.

Nível de ensino	Estabelecimento de Ensino
2º /3º ciclo e Secundário	Escola Básica e Secundária Dr. Manuel Laranjeira
2º/ 3º ciclo	Escola Sá Couto
Pré-escolar e 1º ciclo	Escola Básica Anta
	Escola Básica Espinho 3
Pré-escolar	Jardim de Infância de Guetim
1º Ciclo	Eb1 Aldeia Nova

O agrupamento garante adequações de carácter organizativo e de funcionamento com vista a assegurar respostas diversificadas e adequadas a alunos com Necessidades Educativas Especiais (NEE) de carácter permanente, com vista a assegurar a sua maior participação nas atividades de cada grupo ou turma e da comunidade escolar em geral através de:

1.1 Unidade de ensino estruturado para a educação de alunos com perturbações do espectro do autismo, na escola Sá Couto;

1.2 Unidades de apoio especializado para a educação de alunos com multideficiência e surdez/cegueira congénita, uma na escola básica de Anta e outra na escola Sá Couto.

Oferta Formativa

A oferta formativa do agrupamento é variada de acordo com a seguinte tabela :

Nível de Ensino	Oferta Formativa
Pré-escolar	
1º ciclo	Golfe e Xadrez
2º ciclo	Oferta complementar: Educação para a Cidadania Ensino Articulado
3º ciclo	7º ano Oferta de Escola: Oficina de Software Livre e Oficina de Teatro Oferta complementar: Educação para a Cidadania 8º ano Oferta de Escola: Educação Financeira e Oficina de Artes Secção Europeia de Língua Francesa Ensino Articulado
Secundário	Cursos Científico-Humanísticos: - Ciências e Tecnologias, - Línguas e Humanidades, - Artes Visuais, - Ciências Socioeconómicas. Cursos Profissionais: - Animação Sociocultural, - Técnico de Análises Laboratoriais, - Técnico de Audiovisuais, - Técnico de Geriatria, - Técnico Multimédia, - Técnico de Restaurante-Bar, - Técnico de Comércio - Técnico de Vendas

Análise SWOT

Pontos Fortes	
<ul style="list-style-type: none"> • A baixa percentagem de abandono escolar no Agrupamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • O trabalho desenvolvido com os alunos de Educação Especial.
<ul style="list-style-type: none"> • O empenho dos agentes de ação educativa na criação de um ambiente escolar favorável à aprendizagem 	<ul style="list-style-type: none"> • A participação dos Pais e Encarregados de Educação na vida escolar.
<ul style="list-style-type: none"> • A proximidade das diferentes escolas do Agrupamento à escola sede. 	<ul style="list-style-type: none"> • O Papel das Bibliotecas Escolares na promoção de atividades diversificadas.
<ul style="list-style-type: none"> • As ações destinadas a apoiar, estimular e valorizar a aprendizagem e as potencialidades dos alunos. 	<ul style="list-style-type: none"> • A diversidade de protocolos, parcerias, participação em projetos dinamizados localmente ou a nível nacional e oferta cultural vasta.
<ul style="list-style-type: none"> • A autoavaliação. 	

Pontos Fracos	
<ul style="list-style-type: none"> • A articulação entre os diversos ciclos. 	<ul style="list-style-type: none"> • O trabalho interdisciplinar em sede de Conselho de Turma.
<ul style="list-style-type: none"> • A interação entre alunos de diferentes escolas do Agrupamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • A comunicação interna (promoção e divulgação das atividades do Agrupamento).
<ul style="list-style-type: none"> • Reduzido número de professores do quadro de Agrupamento em alguns grupos disciplinares. 	

Oportunidades	
<ul style="list-style-type: none"> • Agrupamento de escolas. 	<ul style="list-style-type: none"> • A continuação e alargamento das práticas de autoavaliação na organização escolar.
<ul style="list-style-type: none"> • A continuação das parcerias e redes com organização do meio local, a fim de colaborarem na educação e formação dos jovens. 	<ul style="list-style-type: none"> • A heterogeneidade (etária, desenvolvimental, de saberes, de competências...) dos alunos do Agrupamento.
<ul style="list-style-type: none"> • As competências específicas dos recursos humanos existentes. 	

Ameaças	
<ul style="list-style-type: none"> • A desvalorização social da Escola. 	<ul style="list-style-type: none"> • O número reduzido de pessoal operacional existente no Agrupamento.
<ul style="list-style-type: none"> • A dispersão de tarefas dos professores. 	<ul style="list-style-type: none"> • O aumento do número de alunos por turma.
<ul style="list-style-type: none"> • A gestão da multiplicidade de atividades extracurriculares, projetos e parcerias ao longo do ano letivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • A burocratização do trabalho docente.

Missão:

Construir um agrupamento de escolas de referência no desenvolvimento de valores cívicos e na promoção do sucesso escolar para todos.



AGRUPAMENTO DE ESCOLAS
DR. MANUEL LARANJEIRA

Metas de Transição

Quadriénio 2017 / 2021							
1º ciclo		2º ciclo		3º ciclo		Secundário	
1º ano	100%	5º ano	97%	7º ano	95%	10º ano	90%
2º ano	95%	6º ano	97%	8º ano	95%	11º ano	94% ^{a)}
3º ano	98%			9º ano	92% ^{a)}	12º ano	80% ^{a)}
4º ano	96%						

a) Este valor tem em conta as classificações obtidas em prova final de ciclo/exame

% de alunos com módulos concluídos no Ensino Profissional		% de anulação de matrícula
10º ano	90%	10%
11º ano	85%	5%
12º ano	92%	10%

No caso dos alunos com Currículo Específico Individual, a meta será encontrar respostas adequadas nos diferentes contextos com o objetivo de organizar o processo de transição para a vida pós-escolar.

Princípios Orientadores:

1. Melhorar os processos de ensino-aprendizagem.
2. Promover o desenvolvimento integral da criança/do aluno.
3. Promover a cooperação entre a escola, a família e a comunidade.

Apêndice 2 – Caracterização das turmas

❖ Turma I do 8.º ano - Ensino Regular (Escola Sá Couto)



Alunos
A turma tem 19 alunos: 11 rapazes e 8 raparigas. Média de idade da turma: 13 anos. Encarregado de Educação: Pai: 1 Mãe: 16 Outro: 2 SASE: Escalão A: 8 alunos Escalão B: 2 alunos
Família
Nº de irmãos: 0 <input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> Pessoas com quem vive: Pais <input checked="" type="checkbox"/> Pai/Mãe <input checked="" type="checkbox"/> Avós <input checked="" type="checkbox"/> outros <input checked="" type="checkbox"/>
Perfil da turma
N.º de retenções/alunos: 1 <input checked="" type="checkbox"/> - 1 aluno (1.º ciclo) 2 <input checked="" type="checkbox"/> - 1 aluno (1.º ciclo). Nº de alunos que transitaram com nível 2 a Português e Matemática: 3 alunos. Nº de alunos que transitaram com mais de 3 níveis 2: 3 alunos. Ensino Articulado: 2 alunos (música). Nº alunos com NEE: 3 alunos. Problemas de saúde: i)Alergias: 0 ii)Diabetes: 0 ii)Asma: 1 Outros: 3 Fazem medicação regular: 3 alunos.
Inquérito aos alunos (18 respostas)
Causas para o insucesso: i) Desinteresse pelo estudo:3 ii) Incompreensão dos conteúdos:2 iii) Incompreensão da aula/professor:2 iv) Falta de tempo para o estudo:6, v) Indisciplina: 0, vi) Falta de atenção:5 . Hábitos de Estudo: i) Diário:13 ii) Vésperas de testes:3 iii) Raramente:2 iv) Nunca: 0. Local de estudo: i) Casa:14 ii) Escola:0 iii) Explicações:4 iv) Não estuda:0. Ajuda no estudo: i) Sim:12 ii) Não:6. Aprende melhor: i) Sozinho:5 ii) Em grupo:4 iii) Com explicador: 4 iv) Nas aulas:5. Disciplinas preferidas: Português:6; Educação Física:6; CN:2; FQ:1; Geografia:1; Não responderam:2 . Passatempos: i) Ler:4 ii) Desporto:9 iii) Internet/videojogos:12 iv) Outros:5. Profissão desejada: Engenheiro: 2, Médico:1, Professor:1, Eletricista:1; Apresentou mais que uma profissão: 7, Não sabe ainda:6.

❖ **Turma C do 10.º ano do Curso Científico--Humanístico de Ciências e Tecnologia**
(Escola Dr. Manuel Laranjeira)



AGRUPAMENTO DE ESCOLAS
DR. MANUEL LARANJEIRA

Alunos
<p>A turma tem 24 alunos: 11 Rapazes e 13 Raparigas.</p> <p>Média de idade da turma: 15 anos.</p> <p>Encarregado de educação: Pai: 6 Mãe: 18 Outro: 0</p> <p>SASE: Escalão A: 1 aluno Escalão B: 2 alunos</p>
Família
<p>N.º de irmãos: 0 <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Pessoas com quem vive: Pais <input checked="" type="checkbox"/> Pai/Mãe <input checked="" type="checkbox"/> Avós <input type="checkbox"/> outros <input type="checkbox"/></p>
Perfil da turma
<p>N.º de retenções/alunos: 1 <input checked="" type="checkbox"/> - 1 aluno (3.º ciclo);</p> <p>N.º de alunos que transitaram no 9.º ano com nível 2 numa (ou mais) disciplinas de continuidade no Ensino Secundário (Mat, FQ, CN, Port, Inglês ou Ed. Física): 3 alunos.</p> <p>Problemas de saúde: i)Alergias:2 ii)Diabetes:1 ii)Asma:2 Outros: 0</p> <p>Fazem medicação regular: 2 alunos.</p>
Inquérito aos alunos (24 respostas)
<p>Hábitos de Estudo: i) Diário: 16 ii) Vésperas de testes: 8, iii) Raramente: 0 iv) Nunca: 0</p> <p>Local de estudo: i) Casa: 12; ii) Escola: 4, iii) Explicações: 8; iv) Não estuda: 0</p> <p>Ajuda no estudo: i) Sim: 14 ii) Não: 10</p> <p>Aprende melhor: i) Sozinho: 5 ii) Em grupo: 4 iii) Com explicador: 4 iv) Nas aulas: 5</p> <p>Disciplinas com mais dificuldade: Inglês:12, Português:5, FQ-A:3, Matemática-A:1, Não Reponderam:3</p> <p>Passatempos: i) Ler:8 ii) Desporto:10 iii) Internet/videojogos:8 iv) Outros:10</p> <p>Profissão desejada: Engenheiro:9, Médico:6, Outras Profissões relacionadas com a Saúde:5; Matemático:1; Piloto da Força Aérea:1, Artes:1; Não Sabe Ainda:1.</p>

Apêndice 3 - Planos de Aula de Física – 10.º ano



AGRUPAMENTO DE ESCOLAS
DR. MANUEL LARANJEIRA

Ano letivo 2017/2018



GOVERNO DE
PORTUGAL

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
E CIÊNCIA

Física e Química – A

Física -10.º ano

Domínio 1: Energia e sua conservação

Subdomínio: Energia e movimentos

Plano da aula

Data: 2017/12/05

Duração da aula: 100 min

Sumário (previsto)

- Trabalho das forças não conservativas.
- Dissipação de energia por ação da força de atrito.

Proposta de trabalho extra-aula (TPC)

- Ficha de consolidação (apêndice 4).

Material necessário para a aula	Bibliográfico	<ul style="list-style-type: none">• Manual• Ficha de trabalho
	Laboratório	<ul style="list-style-type: none">• Calha• Suportes universais com garra e noz• Digitímetro com fotocélula• Bloco com duas superfícies de rugosidades diferentes• Balança• Fita métrica
	Projeção	<ul style="list-style-type: none">• Data Show• Computador
	Outro	<ul style="list-style-type: none">• Quadro branco• Caneta de quadro branco• Apagador

Objeto de ensino	<ul style="list-style-type: none"> • Trabalho do peso, energia potencial gravítica, energia cinética e energia mecânica. • Atrito cinético entre duas superfícies de contacto. • Força de atrito como sendo uma força que se opõem ao movimento, ou seja, uma força resistente. • Dissipação de energia através do trabalho da força de atrito. • Dedução do teorema das forças não conservativas. • Determinação do valor médio da força de atrito num plano inclinado através do argumento energético. • Coeficiente de restituição como medida da fração da energia cinética restituída numa colisão inelástica.
-------------------------	--

<i>Estratégias</i> (atividades do professor, atividades práticas previstas para os alunos, questões a formular...)
<p><i>O professor inicia a aula relembrando o ponto de partida do subdomínio “Energia e Movimento”.</i></p> <p><i>- “Do ponto vista macroscópico existem duas formas de energia muito distintas que juntas constituem a energia mecânica de um corpo”.</i></p> <p>○ Questão: <i>“Quais são estas duas formas distintas em que a energia mecânica se pode manifestar?”</i></p> <p><i>Espera-se que os alunos relembrem os conteúdos abordados no módulo inicial e concluam, assim, que a energia mecânica pode manifestar-se na forma de energia cinética e/ou energia potencial.</i></p> <p><i>(O professor lembra que, apesar de o estudo incidir sobre a energia potencial gravítica, existem outras formas de energia que podem ser “armazenadas” sendo, por isso, energias potenciais, nomeadamente a energia potencial elétrica, a energia potencial magnética e a energia potencial elástica).</i></p> <p><i>Nesta altura, com o objetivo de reforçar os conteúdos já lecionados, o professor atira uma bola ao ar e analisa com os alunos o movimento da bola segundo o argumento energético.</i></p> <p>○ Questão: <i>“Que forças estão a atuar na bola após esta abandonar a minha mão?”</i></p> <p><i>Espera-se que os alunos indiquem as forças que atuam na bola após lançamento são o Peso (força gravítica) e, eventualmente, a força de resistência do ar.</i></p>

Caso os alunos enunciem esta última, o docente explora a situação de forma que os alunos percebam que, neste caso, esta força apresenta um efeito desprezável. Assim, em termos práticos podemos considerar neste caso que, após abandonar a mão, sobre a bola apenas atua a força de atração gravítica da Terra.

○ **Questão:** “Durante este processo o trabalho do peso foi sempre potente?”

Com isto, o docente pretende que os alunos compreendam que, durante a subida, o Peso da bola realiza um trabalho negativo ou resistente, pois esta força tem o sentido contrário ao do movimento ($\theta = 180^\circ$) mas, durante a descida, o Peso da bola realiza um trabalho positivo ou motor ($\theta = 0^\circ$) pois tem o sentido igual ao do movimento.

Seguidamente, o professor informa a turma de que vai efetuar um estudo do movimento da bola (segundo o ponto de vista energético) em duas partes distintas:

- 1.ª parte durante o movimento ascendente da bola.
- 2.ª parte durante o movimento descendente da bola.

Movimento ascendente da bola.

O docente convida um aluno a medir a massa da bola na balança. Depois, lança a bola e estima a altura máxima atingida pela bola.

Seguidamente, com ajuda da turma, determina-se o trabalho realizado por esta força no percurso ascendente.

○ **Questão:** “De acordo com o que estudámos na aula anterior, o que podemos concluir sobre o trabalho realizado por esta Força?”

Espera-se que os alunos relacionem a situação apresentada com os teoremas estudados na aula anterior. Assim, o docente explora a variação da energia cinética verificada durante a subida, uma vez que o peso, por ser a única força a atuar, irá corresponder à força resultante.

$$W_{\vec{F}_R} = \Delta E_c$$

Assim, a energia cinética do corpo diminui devido ao trabalho resistente do Peso, sendo que o valor do trabalho do Peso corresponde exatamente à variação da energia cinética.

Seguidamente, recorda que o peso é uma força conservativa.

○ **Questão:** “O que são forças conservativas?”

Espera-se que os alunos recordem que as forças conservativas não alteram o valor da energia mecânica de um corpo e o seu trabalho só depende da posição inicial e final do corpo (independentemente do seu trajeto).

De acordo com o teorema das forças conservativas:

$$W_{\vec{F}_c} = - \Delta E_p$$

Assim sendo, verifica-se que o peso como força conservativa terá um trabalho simétrico à variação da energia potencial durante a subida.

Posto isto, podemos concluir que a variação da energia cinética é simétrica à variação da energia potencial gravítica.

$$\Delta E_c = - \Delta E_p$$

Por outras palavras, a energia mecânica conserva-se, como era de prever, uma vez que só atuam forças conservativas.

$$\Delta E_m = 0$$

Seguidamente, o professor apresenta uma simulação de um “skate park” para estudar esses princípios energéticos.

https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_pt.html

Com isto, argumenta que uma das vantagens da simulação em Física é permitir observar a simulação do movimento e simultaneamente visualizar a interpretação gráfica das variáveis energéticas.

(Nota: o docente deve selecionar “Introdução” usar opções: “gráficos”; “camara lenta” “grelha” e largar o “skate” a 6 m).

Note-se que a simulação corresponde à formulação, em linguagem matemática, dos princípios físicos intervenientes no fenómeno real, pelo que está sujeito às aproximações consideradas no modelo teórico (sistema conservativo).

Assim, considera-se que não há dissipação de energia (energia térmica).

- **Questão:** “Qual é o valor do trabalho do peso do ponto mais alto da rampa à esquerda até ao ponto mais alto da rampa à direita?”

Espera-se que de acordo com os teoremas estudados concluam que o trabalho do peso é nulo uma vez que a variação da energia potencial também é nula.

- **Questão:** “Relacionem a velocidade do skater quando passa na posição a 2 m de altura do lado esquerdo e do lado direito?”

De acordo com as respostas dos alunos, o professor explica que, devido ao facto de atuarem apenas forças conservativas, a energia mecânica conserva-se pelo que deverá alcançar a mesma posição com a mesma energia cinética, isto é, com a mesmo valor da velocidade, apenas muda o sentido desta.

Posteriormente efetua uma abordagem mais realista, isto é, com atrito.

Para tal abre a simulação na página “Atrito” nas mesmas condições anteriores e fazendo variar o valor do atrito.

- **Questão:** “O que observamos no movimento do Skater à medida que aumentamos o atrito?”

Espera-se que os alunos relacionem que quanto maior for atrito mais rapidamente o skater chega ao estado de repouso.

- **Questão:** “A energia mecânica conserva-se?”

Tal como observado nos gráficos, as energias potencial e cinética vão diminuindo, logo a energia mecânica não se conserva.

Nesta abordagem, o docente informa os alunos que no Universo a energia conserva-se (tema que será explorado nos próximos subdomínios da Física do 10.º ano). Nesta situação, a energia mecânica é transformada em térmica que, por não ser útil, designa-se por energia dissipada. A força de atrito do solo no skate é a força responsável por esta transformação, sendo o seu trabalho igual em módulo à energia térmica (desprezando a resistência do ar).

Seguidamente, para que os alunos compreendam melhor estes conceitos, o docente propõe uma atividade experimental demonstrativa. Para tal, faz uso de um plano

inclinado onde coloca estrategicamente uma fotocélula para medir, no digitímetro, a velocidade com que se atinge uma região final da rampa.

Primeiramente, explora do ponto de vista energético a situação real com os alunos, supondo um caso ideal (sem atrito). Assim, pede aos alunos para preverem o valor da velocidade quando o corpo passa na fotocélula em função da diferença de altura (entre a posição de lançamento e a posição da fotocélula).

Em seguida, convida um aluno a colaborar na concretização desta experiência:

Passo 1 – Fixar e registrar a altura de lançamento e a altura onde vai medir a velocidade do corpo (fotocélula).

Passo 2 – Medir e registrar a distância entre o ponto de lançamento e o ponto onde se vai medir a velocidade (fotocélula).

Passo 3 – Largar o objeto, medir e registrar a velocidade com que atinge a fotocélula.

Passo 4 – Repetir o passo anterior três vezes.

Posteriormente, calcula-se o valor mais provável para a velocidade e compara-se com o caso ideal (sistema conservativo).

○ **Questão:** “Por que razão o valor da velocidade foi inferior ao valor previsto?”

Espera-se que os alunos constatem que neste movimento atua uma força de atrito que, sendo uma força dissipativa, apresenta um trabalho resistente e, portanto, vai alcançar a fotocélula com menor energia cinética (logo menor valor da velocidade) do que previsto num caso ideal.

○ **Questão:** “Será a Força de atrito uma força conservativa?”

Espera-se que os alunos interpretem que a Força de atrito faz variar a energia mecânica do corpo, logo é uma força não conservativa.

○ **Questão:** “Como poderei estimar o valor mais provável desta força nesta situação?”

Para ajudar a responder a esta questão, o docente deduz o Teorema das Forças não conservativas.

Nesta exploração, deve efetuar-se a seguinte dedução:

O trabalho da força resultante é igual à soma dos trabalhos das forças conservativas e não conservativas:

$$W_{\vec{F}_R} = W_{\vec{F}_c} + W_{\vec{F}_{nc}}$$

Pelos teoremas estudados:

Teorema da energia cinética e teorema das forças conservativas:

$$W_{\vec{F}_R} = \Delta E_c \quad e \quad W_{\vec{F}_c} = -\Delta E_p$$

Logo, substituindo:

$$\Delta E_c = -\Delta E_p + W_{\vec{F}_{nc}}$$

Conclui-se que:

$$\Delta E_m = W_{\vec{F}_{nc}}$$

O trabalho das forças não conservativas é igual à variação da energia mecânica.

Nesta abordagem, o docente realça a ideia de que forças não conservativas são todas as forças que fazem variar a energia mecânica do sistema; não somente as forças que resultam numa dissipação de energia mecânica, mas também as forças que fazem aumentar o valor desta energia.

Posteriormente, voltando ao plano inclinado, o docente convida os alunos a estimar a força de atrito média (entre a superfície do bloco e do plano inclinado) que atua ao longo da descida.

Após esta análise, o docente repete a experiência anterior com alteração da face do bloco para uma rugosidade diferente. Convida então, um aluno a ir ao quadro para efetuar a determinação da força de atrito média desta nova situação.

Finalizado este estudo, o professor promove uma reflexão sobre o conceito de atrito, verificando situações em que este se torna indesejável, devendo por isso ser reduzido e outras situações em que ele se torna útil e devendo assim ser maximizado.

Num contexto CTSA (Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente) convida os alunos a colocarem-se no papel de “futuros engenheiros” e a equacionarem possíveis soluções técnicas para a seguinte situação:

- **Questão-Problema:** “Imaginem que são engenheiros civis e vão projetar um troço de estrada com relevo acidentado, como é o caso da A25 (zonas entre Aveiro e Viseu). Como é que poderias imobilizar um camião que, por descompressão, ficou sem possibilidade de utilizar os travões?”

O docente explora com os alunos formas para reduzir a energia cinética do camião.

Neste contexto, seria possível convertê-la em energia potencial gravítica e/ou dissipá-la através do atrito entre os pneus e o solo. Desta forma, o engenheiro poderia projetar uma “rampa” com declive positivo e ainda acrescentar um piso de atrito acrescido de forma a dissipar a energia cinética do camião.

Esta técnica é utilizada nas escapatórias das autoestradas.

Nesta fase da aula, é então consciencializado que em todos os fenómenos o atrito está presente, sendo por vezes apreciável e outras vezes desprezável o seu efeito.

Na aula seguinte vamos estudar o caso da bola saltitona.

Para isso apresenta à turma uma bola saltitona e deixa-a cair.

- **Questão:** “Durante o ressalto a bola conserva a sua energia cinética?”

Espera-se que os alunos concluem que não é possível conservar a energia porque a altura inicial da bola, após o ressalto, é menor que a altura de lançamento, pelo que existiu dissipação de energia durante a colisão.

Assim, o docente indica que existe uma grandeza física que permite estimar a fração da energia dissipada designada por “coeficiente de restituição”. Convida os alunos a investigarem em casa o caso da bola saltitona para preparação da Atividade Laboratorial 1.2 - “Movimento vertical de queda e ressalto de uma bola: transformações e transferências de energia”.

No final da aula efetua um resumo da matéria lecionada e resolvem-se alguns exercícios de consolidação de conhecimentos.

Análise crítica à aula

Os alunos apresentaram dificuldades em relacionar alguns conceitos físicos.

A transposição dos conhecimentos científico para situações concretas revelou-se um processo complexo para os alunos, uma vez que envolve o relacionamento simultâneo de várias abordagens e de vários conceitos, requerendo um pensamento mais abrangente da situação-problema apresentada. Contudo, este é um dos objetivos das aprendizagens essenciais no contexto das ciências previstas no perfil dos alunos à saída da escolaridade obrigatória.

A diversificação de estratégias e de recursos didáticos, embora exijam mais tempo, foram instrumentos facilitadores e motivadores das aprendizagens dos alunos.



Bibliografia

- Bueche, Frederick (2001). *Física Geral*. S. Paulo, McGraw-Hill.
- Cachapuz, A., Praia J. & Jorge, M. (2004). Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. *Ciência & Educação*, Vol. 10, n.º 3, pp. 363-381.
- Lopes, B (2004). *Aprender e Ensinar Física*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- Rodrigues, C.; Miguelote, L. & Santos, P. (2017). *Física 10*. Porto, Areal Editores.
- Serway, R & Jewett, J. (2004). *Physics for Scientists and Engineers* (6th edition). California State Polytechnic University. Brooks, Cole Publishing Co.

@ Webgrafia

- Energia do parque de Skate – versão 1.1.19; PhET™ Interactive Simulations
Copyright © 2004-2016 University of Colorado, Boulder.

https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_pt.html

Consultado a 02 de dezembro de 2017.

**Física e Química - A****Física -10º ano****Domínio 1:** Energia e sua conservação**Subdomínio:** Energia, fenómenos térmicos e radiação**Plano da aula****Data:** 2018/01/03**Duração da aula:** 100 minutos**Sumário (previsto)**

- Coletor solar: constituição, funcionamento e aplicações.
- Condutividade térmica de um dado material.
- Aplicação tecnológica dos materiais com diferentes condutividades térmicas de acordo com a sua finalidade.

Proposta de trabalho extra-aula (TPC)

- Ficha de consolidação de conhecimentos (apêndice 5).

Material necessário para a aula	Bibliográfico	<ul style="list-style-type: none"> • Manual adotado • Ficha de trabalho
	Laboratório	<ul style="list-style-type: none"> • Termopar ou termómetro • Material isolante (esferovite ou cortiça) e material bom condutor (metal). • Barras metálicas de diferentes espessuras. • Papel multiuso
	Projeção	<ul style="list-style-type: none"> • Data Show • Computador • Retroprojektor e acetatos (alternativa ao computador e data show em caso de recurso)
	Outro	<ul style="list-style-type: none"> • Quadro branco/ canetas/ apagador

Objeto de ensino	<ul style="list-style-type: none"> • Vantagens do aproveitamento da energia solar (uma energia renovável e não poluente). • Otimização tecnológica do equipamento solar para uma maior eficácia no aproveitamento dessa fonte de energia. • Condutividade térmica como medida da capacidade de um dado material em transmitir energia térmica por condução. • Vantagens económicas e de conforto no isolamento térmico de uma casa. • Dedução e aplicação da 1ª Lei de Fourier para um fluxo térmico estacionário entre dois corpos a temperaturas diferentes e constantes.
-------------------------	--

Competências a desenvolverem

- *Prestar atenção a situações e problemas, manifestando envolvimento e curiosidade.*
- *Identificar as suas dúvidas e recorrer aos meios disponíveis para as ultrapassar.*
- *Resolver autonomamente os exercícios propostos pelo professor.*
- *Empenhar-se e interessar-se pelos conteúdos lecionados.*
- *Aplicar os conhecimentos adquiridos à resolução de novos problemas.*
- *Propor formas de rentabilizar e maximizar o aproveitamento da energia Solar.*
- *Refletir sobre a utilização inteligente dos conhecimentos científicos com vista à melhoria das condições de vida humana e ambiental do planeta.*
- *Correlacionar e acomodar os novos conhecimentos aos conhecimentos já adquiridos numa perspetiva construtivista do conhecimento.*

Objetivos de aprendizagem (espera-se que o aluno seja capaz de...)

- *Distinguir as diferentes formas de aproveitamento da energia solar (coletor versus painel fotovoltaico).*
- *Interpretar o funcionamento de um coletor solar.*
- *Explicar a constituição de um coletor solar plano com cobertura do ponto vista técnico.*
- *Interpretar o significado físico de condutividade térmica de um material.*
- *Aplicar a Lei de Fourier na transferência de energia sob a forma de calor por condução térmica.*
- *Selecionar diferentes materiais de acordo com a sua condutividade térmica e os fins a que se destinam.*
- *Propor formas de reduzir as perdas de energia térmica numa habitação.*

Estratégias

(atividades do professor, atividades práticas previstas para os alunos, questões a formular...)

O professor inicia a aula relembrando o ponto de partida deste subdomínio “Energia, Fenómenos Térmicos e Radiação” e recorrendo a um esquema sobre o “Albedo Terrestre” (anexo 1) de forma a realizar uma abordagem mais completa e elucidativa.

- ***Questão:** “Qual é a fração da radiação solar que é absorvida na superfície terrestre face àquela que atinge o planeta na alta atmosfera?”*

Espera-se que os alunos recordem a matéria lecionada anteriormente e refiram que apenas 51% da radiação solar é absorvida na superfície da Terra.

- **Questão:** “E de que forma o ser humano pode aproveitar diretamente essa energia?”

Espera-se que os alunos concluam que essa energia, do ponto vista tecnológico, pode ser usada diretamente para aquecimento ou para produção de energia elétrica.

Nisto, o professor explora algumas imagens (e esquemas) da apresentação “Coletores Solares” (apêndice 6) de forma que os alunos verifiquem as diferenças entre um coletor solar e um painel fotovoltaico (estudado anteriormente).

Neste contexto, reforça a ideia de que Portugal é dos países da Europa com maior disponibilidade solar - cerca de 2600 horas por ano e que um sistema de coletores solares térmicos pode fornecer até 75% das necessidades de água quente.

Numa perspetiva evolucionista e realçando o carácter dinâmico da ciência e do conhecimento científico, o docente faz uma breve alusão à história do coletor solar que inicialmente se designava por “caixa quente”.

Seguidamente, apresenta alguns modelos de coletores solares presentes no mercado.

Posteriormente, com auxílio de um vídeo “coletor solar” do projeto “aula digital”, da plataforma digital Leya®), o docente apresenta a instalação do coletor solar plano com cobertura por ser o modelo mais comum no aproveitamento térmico da energia solar.

Com auxílio do vídeo e da apresentação “Coletores Solares” (apêndice 6), explora e apresenta a constituição do coletor solar plano com cobertura.

- **Questão:** “Porque será que a placa coletora apresenta normalmente uma superfície negra?”

O professor conduzirá as respostas de forma que os alunos concluam que as superfícies negras absorvem melhor a luz visível e a convertem em energia térmica, aproveitando assim, esta zona do espectro solar para produzir energia térmica.

- **Questão:** “Quais serão as vantagens deste coletor apresentar uma cobertura de vidro?”

O professor explorará as respostas dos alunos de forma a que conclua que a transparência do vidro à luz visível e o efeito de estufa gerado no interior da caixa contribuem para aumentar a eficiência do equipamento, pois impede a emissão da radiação térmica. Além disso serve para proteger o coletor.

- **Questão:** “Por que razão os tubos onde circula o fluido térmico são de cobre e o revestimento pode ser de poliuretano expandido ou lã de vidro?”

*Para responder a essa questão o professor propõe uma pequena atividade com vista a despistar eventuais conceções alternativas sobre os conceitos de **calor e temperatura**.*

Assim, convida um aluno a vir à sua mesa onde estão presentes dois materiais um metálico e outro de cortiça (ou outro isolante).

Convida-o a tocar nos objetos e a comparar as suas temperaturas.

Se o aluno indicar que o objeto metálico está a menor temperatura que o objeto de cortiça o docente propõe ao aluno que registre a temperatura de ambos os corpos com o termopar.

Depois, explora com a turma a razão da afirmação do aluno promovendo um ensino por mudança conceptual. Para isso, introduz o conceito de bom condutor térmico e mau condutor térmico (ou isolante térmico), indicando que os metais são bons condutores de energia térmica e a cortiça constitui um dos melhores isolantes térmicos.

Neste contexto, explora a afirmação do aluno com base na taxa temporal (fluxo) de transferência de energia térmica da mão do aluno para os objetos que causa a sensação de frio. A mão está a uma temperatura superior à temperatura dos objetos, logo ao tocar nestes vai ocorrer uma transferência de energia por condução no sentido dos objetos. O metal como bom condutor vai efetuar transferência de energia mais célere, pelo que, a mão irá ceder energia térmica mais rapidamente causando, assim, a sensação de frio.

Recordando que ambos os corpos (cortiça e metal) se encontraram em equilíbrio térmico com a sala de aula, teriam (pela Lei Zero da Termodinâmica) de estar em equilíbrio entre si, ou seja, à mesma temperatura.

- **Questão:** *“Mas será que o fluxo de energia térmica só depende do tipo material ou irá depender de outras grandezas físicas?”*

Para que respondam a esta pergunta, o professor explora com os alunos algumas situações para que eles compreendam a dependência da área, do comprimento e da diferença de temperatura entre os corpos, nomeadamente, situações em que se verifique a proporcionalidade direta com a secção do material e a proporcionalidade inversa do comprimento, auxiliando os alunos a induzir a 1.ª Lei de Fourier (apêndice 7 - “Condutividade Térmica”).

Por fim, explora situações físicas análogas, excetuando o tipo de material. O professor leva os alunos a concluírem que a constante que expressa a lei de Fourier é específica de um material e mede a capacidade que ele tem para transmitir a energia térmica: a condutividade térmica (k).

Posteriormente, explora a condutividade térmica de alguns materiais e interpreta o significado físico desse valor (apêndice 7- “Condutividade Térmica”).

Seguidamente, explica do ponto vista CTSA (Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente) as vantagens na construção de uma casa tendo em atenção a certificação energética (exigida por Lei) com base na seleção de materiais isolantes que permitem uma maior eficácia na climatização de um edifício e uma redução da fatura energética para regular a temperatura no interior de uma casa ao longo das estações do ano (apêndice 7 - “Condutividade Térmica”).

Concluída esta tarefa retoma-se o assunto do coletor solar plano com cobertura.

- **Questão:** *“Qual a razão dos tubos serem constituídos por cobre e o revestimento por lã de vidro?”*
- *Espera-se que os alunos relacionem as finalidades com as características destes materiais, uma vez que os tubos de cobre são os responsáveis pelo transporte da*

energia térmica da placa coletora para o fluido térmico, assim devem ser constituídos por um material com uma condutividade elevada para aumentar a eficácia e rapidez do aquecimento, enquanto que o revestimento de lã de vidro tem uma baixa condutividade térmica para minimizar as perdas de energia para o exterior.

- *Seguidamente, apresenta dois tipos de circuitos de aquecimento **Circulação de fluido por termossifão e Circulação de fluido forçada** aproveitando para rever o conceito de transferência de calor por convecção.*
- *Por fim resolve-se uma questão problema sobre a condutividade térmica para consolidação da Lei de Fourier.*
- *No final da aula distribui-se uma ficha de consolidação de conhecimentos para conclusão em casa (apêndice 5).*

Análise crítica à aula

Alguns alunos apresentaram dificuldades nas relações matemáticas de proporcionalidade direta e inversa das grandezas físicas envolvidas.

O recurso à contextualização CTSA requer mais tempo de aula e alicia a curiosidade de alguns alunos, que por vezes colocam questões divergentes do foco central da aprendizagem essencial pretendida. O docente ao disponibilizar algum tempo extra-aula para explicar essas situações quotidianas (que suplantavam as metas curriculares) conseguiu balizar a abordagem pretendida para esta aula dentro dos conteúdos programáticos desta disciplina.

A realização da atividade experimental envolvendo a “sensação de quente e frio versus temperatura” propiciou um conflito cognitivo e facilitou a mudança concetual com vista a irradicação da conceção alternativa identificada em alguns alunos.




Bibliografia

- Bueche, Frederick (2001). *Física Geral*. S. Paulo, McGraw-Hill.
- Cachapuz, A., Praia J., & Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. : Lisboa. Ministério da Educação – Instituto de Inovação Educacional.
- Catiajo, S. (2012). *Metodologia de Manutenção de Edifícios - Sistemas Solares Térmicos* (Dissertação Mestrado). FEUP, Porto.
- Lopes, B. (2004). *Aprender e Ensinar Física*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.
- Rodrigues, C.; Miguelote, L. & Santos, P. (2017). *Física 10*. Porto, Areal Editores.
- Rodrigues, M. & Dias, F. (2007). *Física na nossa vida*. Porto, Porto Editora.
- Thomaz, M., Malaquias, I., Valente, M. & Antunes, M. (1994). Uma tentativa para ultrapassar concepções alternativas sobre calor e temperatura. *Gazeta da Física*, Vol.17, n.º 3, pp.10-16.
- Zabala, A. (2001). Os Pontos de Vista Didáticos *in: O Construtivismo na Sala de Aula*. Porto, Asa Editores.

@ Webgrafia

- Coletor Solar. Recurso Multimédia: 10F; Texto Editora; Plataforma Leya Educação. https://auladigital.leya.com/catalogs/index.html#product_catalogs/38de3e76-46af-46f2-9f64-0010f8a15908/entries/d4f48dc5-fb87-4473-8de1-0ad0a4548898/resources/cf1173dc-f891-414b-9279-27e4f1a07450/collection
Consultado a 02 de dezembro de 2017.
- Energia Solar: Coletores solares térmicos; <https://pt.solar-energia.net/solar-termica/componentes/coletores-solares-termicos>
Consultado a 05 de dezembro de 2017.
- Sistemas Solares Térmicos Junkers, Bosch Termotecnologia, S.A. https://junkers-pt.resource.bosch.com/media/junkers_pt/rea_profissional/documenta_o_comercial/catalogos_comerciais/cat_sistemas_solares_junkers_jun2016.pdf
Consultado a 07 de dezembro de 2017.
- Guia da Energia Solar: Coletores solares térmicos. Concurso Padre Himalya. <http://www.cienciaviva.pt/rede/himalaya/home/guia6.pdf>
Consultado a 06 de dezembro de 2017.

Apêndice 4 - Ficha de Trabalho: Energia Mecânica e Teoremas - 10.º ano

 <p>AGRUPAMENTO DE ESCOLAS DR. MANUEL LARANJEIRA</p>	Física -10.º ano Domínio 1: Energia e sua conservação Subdomínio: Energia e movimentos	
	Ficha de Trabalho: Energia mecânica Teoremas	Ano letivo 2017/18

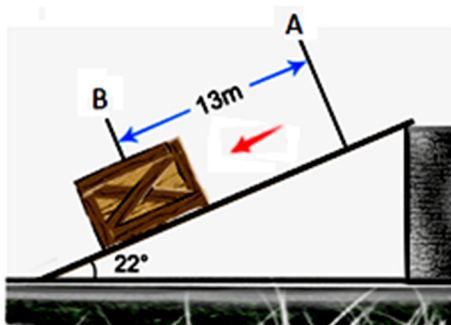
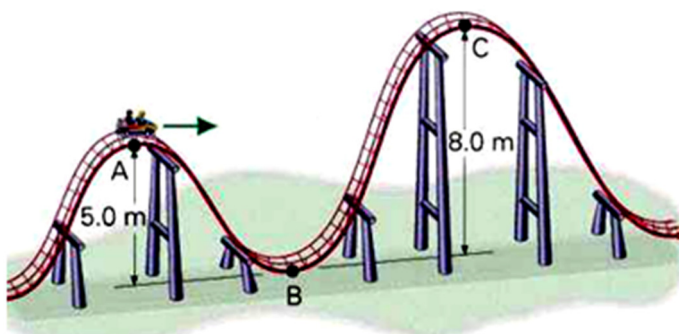
Nome: _____ nº _____ Data: ____/____/____

- Consulte o formulário na última página
- Considere o valor da aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$

1. O carrinho está em movimento sobre uma montanha russa, como indica a figura ao lado. **Despreze os atritos entre A e C.**

1.1. Na situação descrita, qual seria o módulo da velocidade mínima do carrinho no ponto A para alcançar o ponto C?

1.2. Considerando a situação da alínea anterior, determine o módulo da velocidade do carrinho quando passa no ponto B.

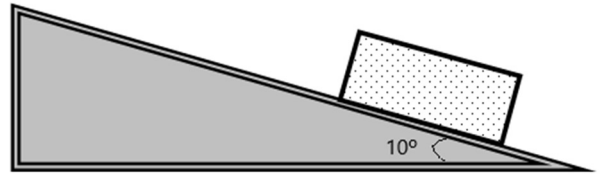


2. Um bloco com a massa $m=120 \text{ kg}$ desliza a velocidade constante sobre uma rampa, desde a posição A até à posição B.

2.1. Determine a variação de energia potencial gravítica experimentada pelo bloco no deslocamento sobre a rampa de A até B.

2.2. Calcule a intensidade da força de atrito (assumindo que o seu valor é constante).

3. Um corpo de massa 50,0 kg é empurrado, para cima, ao longo de uma rampa, por ação de uma força paralela ao plano (\vec{F}) de intensidade 400 N. O corpo percorre 12,0 m ao longo do plano. Considere a intensidade da força de atrito $F_a=50$ N.



3.1. Represente o plano inclinado e as forças que atuam no corpo.

3.2. Calcule:

- a) O trabalho realizado pela força \vec{F} .
- b) O trabalho realizado pelo peso do corpo.
- c) O trabalho realizado pela força resultante.
- d) A variação de energia cinética sofrida pelo corpo.
- e) A variação de energia potencial gravítica sofrida pelo corpo.

4. Um praticante de Snowboard ($m = 70$ kg) encontra-se parado numa pista de neve a 50 m de altura do sopé de uma montanha com 10% de inclinação (significa que por cada 100 m de percurso tem uma variação de 10 m de altura).

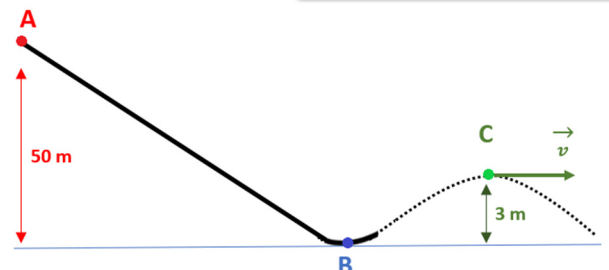


No final da descida, o desportista desloca-se com uma velocidade de módulo suficiente para efetuar um salto (numa pequena rampa). No ponto mais alto desse salto, o desportista atinge 3 m de altura a uma velocidade de 6 m/s.

Considere desprezável o efeito da resistência do ar.

Determine:

- a) A intensidade da força de atrito durante a descida (assumindo que o seu valor é constante).
- b) O valor da velocidade com que atinge o sopé da montanha.
- c) O trabalho da força resultante durante a descida até ao sopé da montanha.
- d) Supondo que a força de atrito cinético se mantém constante, calcule a distância (na horizontal) que o desportista terá de percorrer, após atingir o sopé da montanha, até parar. (considere que o desportista não efetua o salto em B).



Bom trabalho! 😊

Formulário

- **Energia cinética de translação** $E_c = \frac{1}{2} m v^2$
 m – massa
 v – módulo da velocidade


- **Energia potencial gravítica em relação a um nível de referência** $E_{pg} = m g h$
 m – massa
 g – módulo da aceleração gravítica junto à superfície da Terra
 h – altura em relação ao nível de referência considerado

- **Energia mecânica** $E_m = E_c + E_p$

- **Trabalho realizado por uma força constante, \vec{F} , que atua sobre um corpo em movimento retilíneo** $W = F d \cos \alpha$
 d – módulo do deslocamento do ponto de aplicação da força
 α – ângulo definido pela força e pelo deslocamento

- **Teorema da energia cinética** $W = \Delta E_c$
 W – soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam num corpo em movimento de translação
 ΔE_c – variação da energia cinética do centro de massa do corpo

- **Trabalho realizado pela força gravítica** $W = -\Delta E_{pg}$
 ΔE_{pg} – variação da energia potencial gravítica

 <p style="margin: 0;">AGRUPAMENTO DE ESCOLAS DR. MANUEL LARANJEIRA</p>	<p>Física -10.º ano</p> <p>Domínio 1: Energia e sua conservação</p> <p>Subdomínio: Energia e movimentos</p>	
	<p>Resolução da FT</p> <p>Energia mecânica Teoremas</p>	<p>Ano letivo</p> <p>2017/18</p>

1.1. Velocidade mínima do carrinho no ponto A para alcançar o ponto C.

$$v_{(C)} = 0 \text{ m/s}$$

O sistema é conservativo : $\Delta E_m = 0 \Leftrightarrow$

$$E_{m(A)} = E_{m(C)} \Leftrightarrow E_{pg(A)} + E_{c(A)} = E_{pg(C)} + E_{c(C)} \Leftrightarrow$$

$$m \cdot g \cdot h_{(A)} + \frac{1}{2} m \cdot v_{(A)}^2 = m \cdot g \cdot h_{(C)} + \frac{1}{2} m \cdot v_{(C)}^2 \Leftrightarrow$$

$v_{(C)} = 0 \text{ m/s} \wedge m_{(constante)}$ – Dividindo todos os termos por m , elimina-se a massa

$$g \cdot h_{(A)} + \frac{1}{2} v_{(A)}^2 = g \cdot h_{(C)} \Leftrightarrow v_{(A)}^2 = 2g \cdot (h_{(C)} - h_{(A)}) \Leftrightarrow v_{(A)} = \sqrt{2 \times 10 \times (8 - 5)} \Leftrightarrow$$

$$v_{(A)} = 2\sqrt{15} \text{ m/s}$$

1.2. Velocidade do carrinho no ponto B.

$$E_{m(A)} = E_{m(B)} \Leftrightarrow E_{pg(A)} + E_{c(A)} = E_{pg(B)} + E_{c(B)} \Leftrightarrow$$

$$m \cdot g \cdot h_{(A)} + \frac{1}{2} m \cdot v_{(A)}^2 = m \cdot g \cdot h_{(B)} + \frac{1}{2} m \cdot v_{(B)}^2 \Leftrightarrow$$

$h_{(B)} = 0 \text{ m} \wedge m_{(\text{constante})}$ – Dividindo todos os termos por m , elimina-se a massa

$$g \cdot h_{(A)} + \frac{1}{2} v_{(A)}^2 = \frac{1}{2} v_{(B)}^2 \Leftrightarrow v_{(B)}^2 = v_{(A)}^2 + 2g \cdot h_{(A)} \Leftrightarrow v_{(B)} = \sqrt{60 + (2 \times 10 \times 5)} \Leftrightarrow$$

$$v_{(B)} = 4\sqrt{10} \text{ m/s}$$

2.1. Determinação da variação de energia potencial gravítica.

$$\Delta E_{pg} = \Delta E_{p(f)} - \Delta E_{p(i)} \Leftrightarrow \Delta E_{pg} = m \cdot g \cdot h_{(f)} - m \cdot g \cdot h_{(i)} \Leftrightarrow$$

$$\Delta E_{pg} = m \cdot g \cdot \Delta h \Leftrightarrow \Delta E_{pg} \cong 120 \times 10 \times (-4,87) \Leftrightarrow$$

$$\Delta E_{pg} \cong -5844 \text{ J ou } \Delta E_{pg} \cong -5,8 \times 10^3 \text{ J}$$

Cálculo auxiliar

$$\sin \theta = \frac{|\Delta h|}{\Delta x} \Leftrightarrow \sin 22 = \frac{|\Delta h|}{13} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow |\Delta h| \cong 4,87 \text{ m}$$

Nota: sentido descendente

$$\Delta h \cong -4,87 \text{ m}$$

2.2. Determinação da intensidade da força de atrito.

Teorema das forças não conservativas: $W_{Fnc} = \Delta E_m$

$$W_{\vec{F}_a} + W_{\vec{R}_N} = \Delta E_{pg} + \Delta E_c \Leftrightarrow$$

$$\Delta E_c = 0 \text{ J (velocidade é constante)} \wedge W_{\vec{R}_N} = 0$$

$$F_a \cdot \Delta x \cdot \cos \theta = \Delta E_{pg} \Leftrightarrow F_a \times 13 \times \cos(180^\circ) = -5844 \Leftrightarrow F_a \cong 450 \text{ N}$$

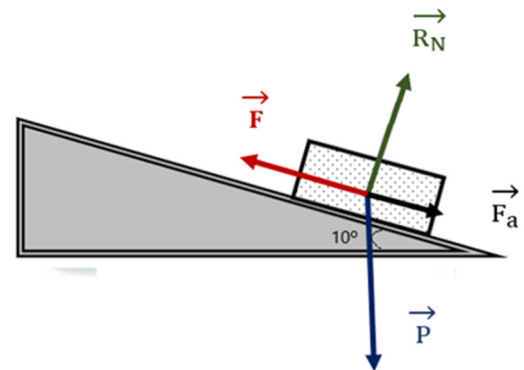
3.1. As forças que atuam no corpo são:

\vec{F} : Força aplicada no corpo;

\vec{F}_a : Força de atrito;

\vec{R}_N : Reação normal do plano sobre no corpo;

\vec{P} : Força gravítica ou peso do corpo.



3.2.

a) Determinação do trabalho realizado

pela força \vec{F} .

$$W_{\vec{F}} = F \cdot \Delta x \cdot \cos \theta \Leftrightarrow W_{\vec{F}} = 400 \times 12 \times \cos 0^\circ \Leftrightarrow$$

$$W_{\vec{F}} = 4800 \text{ J}$$

b) Determinação do trabalho realizado pelo peso do corpo.

$$W_{\vec{p}} = mg \cdot \Delta x \cdot \cos \theta \Leftrightarrow W_{\vec{p}} = 50 \times 10 \times 12 \times \cos(100^\circ) \Leftrightarrow W_{\vec{p}} \cong -1042 \text{ J}$$

c) Determinação do trabalho realizado pela força resultante.

$$W_{\vec{F}_R} = W_{\vec{F}} + W_{\vec{F}_a} + W_{\vec{R}_N} + W_{\vec{p}} \Leftrightarrow$$

$$W_{\vec{F}_R} = 4800 - 600 + 0 - 1042 \Leftrightarrow W_{\vec{F}_R} = 3158 J$$

Cálculo auxiliar

$$W_{\vec{F}_a} = F_a \cdot \Delta x \cdot \cos \theta \Leftrightarrow$$

$$W_{\vec{F}_a} = 50 \times 12 \times \cos 180^\circ \Leftrightarrow$$

$$W_{\vec{F}_a} = -600 J$$

d) Determinação da variação de energia cinética sofrida pelo corpo.

Pelo teorema da energia cinética:

$$\Delta E_C = W_{\vec{F}_R} \Leftrightarrow \Delta E_C = 3158 J$$

e) Determinação da variação de energia potencial gravítica sofrida pelo corpo.

Pelo teorema das forças conservativas:

$$W_{\vec{p}} = -\Delta E_{pg} \Leftrightarrow \Delta E_{pg} = 1042 J$$

4. Considerando:

Ponto A: Ponto de partida

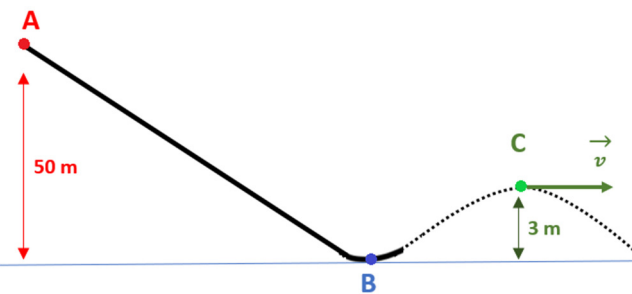
$$v = 0 \text{ m/s}$$

Ponto B: sopé da montanha

$$h = 0 \text{ m}$$

Ponto C: altura máxima do salto

$$h = 3 \text{ m e } v = 6 \text{ m/s}$$



Percurso AB: Sistema não conservativo ($W_{\vec{F}_a} \neq 0$)

Percurso BC: Sistema conservativo ($W_{\vec{R}_{ar}} = 0$)

a) Determinação da intensidade da força de atrito cinético durante a descida.

$$(1) \left\{ \begin{array}{l} E_{m(A)} = E_{pg(A)} \\ E_{m(B)} = E_{m(C)} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{Parte repouso: } v_{(A)} = 0 \text{ m/s} \\ W_{\vec{R}_{ar}} = 0 \end{array}$$

No trajeto AB: $W_{F_{nc}} = \Delta E_m \Leftrightarrow$

$$W_{\vec{F}_a} + W_{\vec{R}_N} = E_{m(B)} - E_{m(A)} \Leftrightarrow [\text{substituindo (2)} \wedge W_{\vec{R}_N} = 0]$$

$$F_a \cdot \Delta x \cdot \cos \theta = E_{m(C)} - E_{m(A)} \Leftrightarrow [\text{substituindo (1)}]$$

$$\Leftrightarrow F_a \times 500 \times \cos(180^\circ) = E_{pg(C)} + E_{c(C)} - E_{pg(A)} \Leftrightarrow$$

Cálculo auxiliar

$$\frac{10}{100} = \frac{h}{\Delta x} \Leftrightarrow$$

$$\frac{10}{100} = \frac{50}{\Delta x} \Leftrightarrow$$

$$\Delta x = 500 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
-500F_a &= m \cdot g \cdot h_{(C)} + \frac{1}{2}m \cdot v_{(C)}^2 - m \cdot g \cdot h_{(A)} \Leftrightarrow -500F_a = m \cdot [g(h_{(C)} - h_{(A)}) + \frac{1}{2}v_{(C)}^2] \\
\Leftrightarrow -500F_a &= 70 \times [10 \times (3 - 50) + \frac{1}{2} \times 6^2] \Leftrightarrow -500F_a = 70 \times (-470 + 18) \\
\Leftrightarrow -500F_a &= -31640 \Leftrightarrow F_a \cong 63 \text{ N}
\end{aligned}$$

b) Determinação do módulo da velocidade com que atinge o sopé da montanha.

$$E_{m(B)} = E_{m(C)}$$

$$E_{pg(B)} + E_{c(B)} = E_{pg(C)} + E_{c(C)} \Leftrightarrow m \cdot g \cdot h_{(B)} + \frac{1}{2}m \cdot v_{(B)}^2 = m \cdot g \cdot h_{(C)} + \frac{1}{2}m \cdot v_{(C)}^2 \Leftrightarrow$$

$h_{(B)} = 0 \text{ m} \wedge m$ (constante) – Dividindo todos os termos por m , elimina-se a massa

$$\frac{1}{2}v_{(B)}^2 = g \cdot h_{(C)} + \frac{1}{2}v_{(C)}^2 \Leftrightarrow v_{(B)}^2 = 2g \cdot h_{(C)} + v_{(C)}^2 \Leftrightarrow v_{(B)} = \sqrt{(2 \times 10 \times 3) + 6^2}$$

$$\Leftrightarrow v_{(B)} = 4\sqrt{6} \text{ m/s}$$

c) Determinação do trabalho da força resultante durante a descida até ao sopé da montanha.

$$\Delta E_c = W_{\vec{F}_R} \Leftrightarrow W_{\vec{F}_R} = E_{c(B)} - E_{c(A)} \Leftrightarrow \text{Parte repouso: } v_{(A)} = 0 \text{ m/s}$$

$$W_{\vec{F}_R} = \frac{1}{2}m \cdot v_{(B)}^2 \Leftrightarrow W_{\vec{F}_R} = \frac{1}{2} \times 70 \times 96 \Leftrightarrow W_{\vec{F}_R} = 3360 \text{ J}$$

d) Determinação da distância percorrida pelo desportista (na horizontal) do ponto B até parar.


$$W_{Fnc} = \Delta E_m \Leftrightarrow W_{\vec{F}_a} + W_{\vec{R}_N} = E_{m(f)} - E_{m(i)} \Leftrightarrow (W_{\vec{R}_N} = 0)$$

$$F_a \cdot \Delta x \cdot \cos \theta = E_{m(C)} - E_{m(A)} \Leftrightarrow$$

$$63 \times \Delta x \times \cos(180^\circ) = \Delta E_{pg} + \Delta E_c \Leftrightarrow (v_{(f)} = 0 \text{ m/s} \wedge \Delta E_{pg} = 0 : h_{(f)} = h_{(i)})$$

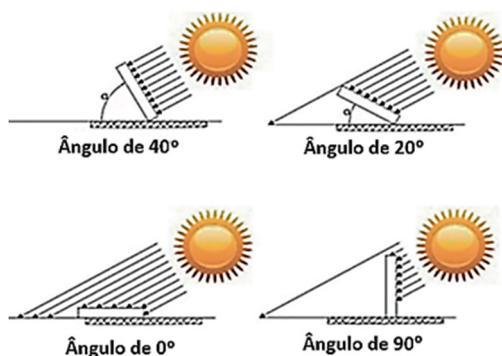
$$-63\Delta x = 0 - \frac{1}{2}m \cdot v_{(i)}^2 \Leftrightarrow -63 \times \Delta x = -\frac{1}{2} \times 70 \times 96 \Leftrightarrow \Delta x = \frac{-3360}{-63} \cong 53 \text{ m}$$

Apêndice 5 -Ficha de Trabalho: Coletor Solar e Condutividade Térmica - 10.º ano

 <p>AGRUPAMENTO DE ESCOLAS DR. MANUEL LARANJEIRA</p>	<p>Física -10.º ano Domínio 1: Energia e sua conservação Subdomínio: Energia, fenómenos térmicos e radiação</p>	
	<p>Ficha de Trabalho: Coletor Solar e Condutividade Térmica</p>	<p>Ano letivo 2017/18</p>

Nome: _____ nº ____ Data: ____/____/____

• Consulte na última página o formulário e a tabela de condutividade térmica.



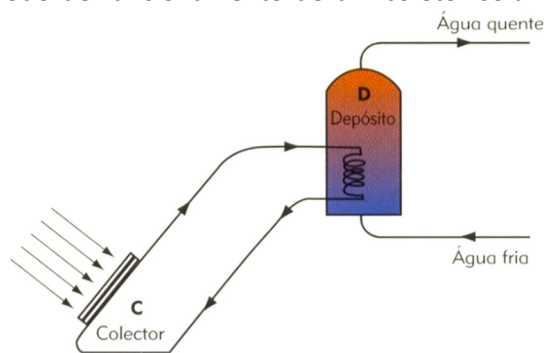
1. O coletor solar é geralmente colocado inclinado e não horizontalmente.

Explique por que motivo, em Portugal continental, os coletores solares são instalados com um ângulo de inclinação de cerca de 40° (em relação à horizontal) e orientados para Sul. Fundamente a sua resposta atendendo à latitude do país e ao movimento aparente do Sol a esta latitude.

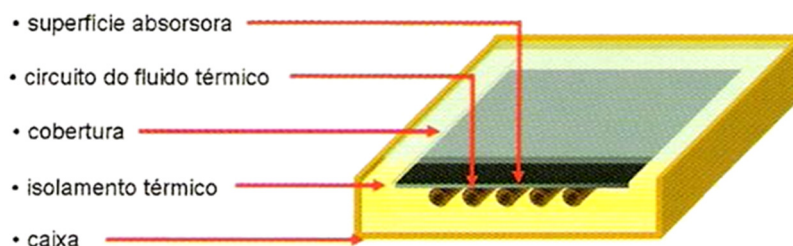
2. O esquema seguinte representa o modo de funcionamento de um coletor solar termosifão.

2.1. Descreva a forma como a energia, sob a forma de calor, é transferida pelo fluido térmico do coletor solar para a água do depósito.

2.2. O coletor solar plano com cobertura é o mais vulgar. Na figura abaixo está representado um corte transversal de um coletor plano com cobertura.



2.2.1. Qua é a função da cobertura transparente no coletor solar.



2.2.2. Os tubos do circuito térmico são construídos em cobre e a caixa do coletor solar é revestida com lã de vidro. De acordo com a função do tubo e do revestimento da caixa do coletor, explique as escolhas destes materiais. **(Consulte a tabela da última página para fundamentar a sua resposta)**

2.2.3. Apresente a razão pela qual a superfície absorvedora do coletor solar é negra.

3. A D. Maria, para mexer os seus cozinhados, só utiliza colheres de metal e, portanto, queima-se com muita frequência.

3.1. Explique o processo de transferência de energia que ocorre entre as extremidades da colher de metal.

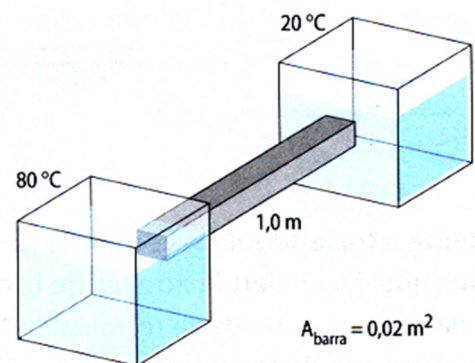
3.2. Explique a razão pela qual as pegas das panelas são de madeira ou de plástico especial em vez de metal.



4. Na figura abaixo, representam-se dois recipientes com água, ligados entre si por uma barra de metal (revestida por um material isolante).

4.1. Considerando uma barra de aço inoxidável, determine a quantidade de calor que atravessa a barra por unidade de tempo, nas condições da figura.

Considere que não existe energia dissipada da barra para o meio envolvente.



4.2. Relacione a quantidade de calor transferido por segundo, anteriormente determinada, com a quantidade de calor por segundo, caso a barra tivesse:

4.2.1. O dobro da área.

4.2.2. O dobro do comprimento.

4.2. Substituiu-se a barra de aço inoxidável por outra de alumínio. Indique, justificando, em que situação se atinge mais rapidamente o equilíbrio térmico entre os dois recipientes com água.

Bom trabalho! 😊

Formulário

Tabela de condutividade térmica

- Taxa temporal de transmissão de energia como calor.

$$\frac{Q}{\Delta t} = k A \frac{\Delta T}{L}$$

Q – Energia transferida através de uma barra como calor, no intervalo de tempo Δt

k – Condutividade térmica do material de que é constituída a barra

A – Área da secção reta da barra

L – Comprimento da barra


ΔT – Diferença de temperatura entre as extremidades da barra

Materiais	k (W/(m °C))
Cobre	401 ^[1,2]
Alumínio	235 ^[1,2]
Chumbo	35 ^[2]
Aço Inoxidável	14 ^[1,2]
Vidro de janela	1,0 ^[2]
Tijolo de barro	0,66 ^[1]
Madeira	0,11 ^[2]
Lã de vidro	0,048 ^[2]

Bibliografia:

[1] M. T. F. M. Sá, "Física 10º ano", Texto Editora, 1999.

[2] D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, "Fundamentos de Física – Volume 1: Mecânica", Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, Brasil, 2009.

 <p>AGRUPAMENTO DE ESCOLAS DR. MANUEL LARANJEIRA</p>	Física -10.º ano	
	Domínio 1: Energia e sua conservação Subdomínio: Energia e movimentos	
	Resolução da FT Coletor Solar e Condutividade Térmica	Ano letivo 2017/18

1. O coletor solar deve ser instalado de forma a maximizar o seu rendimento, ou seja, a absorver o máximo de radiação solar possível. No hemisfério Norte, o movimento aparente do Sol (de Este para Oeste) ocorre sempre a Sul do observador, pelo que o coletor deve estar orientado para esse ponto cardeal.

Nas latitudes de Portugal continental (37°N – 41°N), uma inclinação perto dos 40° face à horizontal permite colocar a superfície da placa coletora numa posição próxima da perpendicular aos raios solares, absorvendo assim maior quantidade de energia solar.

2.1. No coletor solar (ou na placa absorvedora do coletor solar), a energia térmica é transferida por condução para o fluido térmico (do circuito fechado); este, ao expandir-se, vai ascender e, assim, por convecção, alcança o depósito de água. Aí chegado, transfere energia, por condução, para água do depósito (a temperatura inferior).

2.2.1. A cobertura transparente no coletor solar tem a dupla função de proteger a placa absorvedora do coletor solar e, sendo transparente à radiação visível, permite ser atravessada por esta. Por outro lado, ao refletir o infravermelho gera um efeito de estufa no interior do coletor solar, aumentando o seu rendimento.

2.2.2. Nos tubos do circuito térmico têm de ocorrer transferências de energia térmica por condução; consultando a tabela verificamos que o cobre possui a maior condutividade térmica, sendo, portanto, o melhor material para a condução de calor.

Na caixa do coletor pretende-se reduzir as transferências de energia térmica por condução para o exterior (dissipação de energia); consultando a tabela verificamos que a lã de vidro possui a menor condutividade térmica, sendo, portanto, o melhor isolante térmico, motivo pelo qual é usada no revestimento da caixa do coletor solar.

2.2.3. A superfície absorvedora do coletor é negra para absorver toda radiação visível.

3.1. As partículas da colher junto ao cozinhado (a uma temperatura superior) adquirem maior agitação térmica e vão colidir com as partículas vizinhas da colher, transmitindo-lhes maior agitação térmica. Este processo, designado por condução térmica, ocorre partícula a partícula até alcançar a outra extremidade da colher.

3.2. As pegas das painelas são de madeira ou de plástico especial, em vez de metal, para reduzir a condução térmica entre a painela e as mãos, reduzindo assim o risco de queimaduras.

4.1. Considerando uma barra de aço inoxidável, determine a quantidade de calor que atravessa a barra por unidade de tempo nas condições da figura.

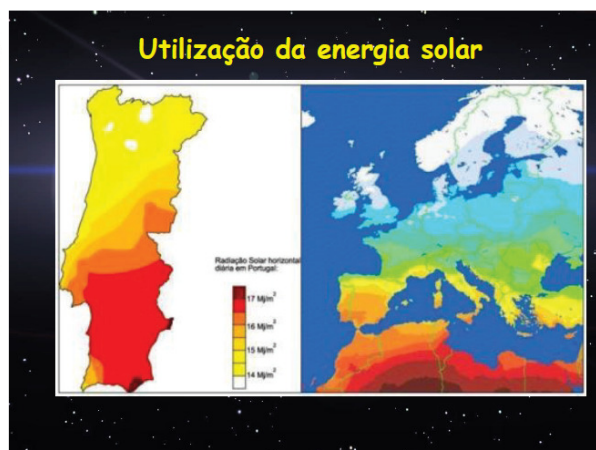
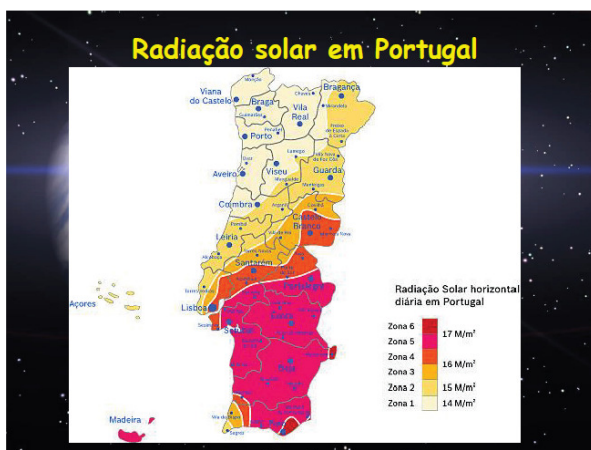
$$\frac{Q}{\Delta t} = k A \frac{\Delta T}{L} \Leftrightarrow \frac{Q}{\Delta t} = 14 \times 0,02 \times \frac{(80-20)}{1} \Leftrightarrow \frac{Q}{\Delta t} = 16,8 \text{ W}$$

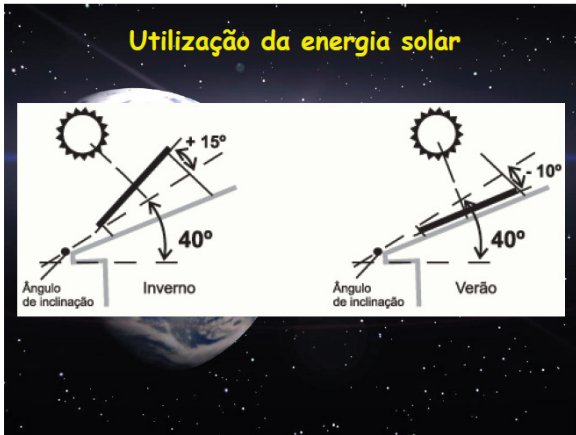
4.2.1. Com o dobro da área: como $\frac{Q}{\Delta t} \propto A$, então, ao duplicar a área, duplica-se a quantidade de calor transferido por segundo. (k ; ΔT e L são constantes)

4.2.2. Com o dobro do comprimento: $\frac{Q}{\Delta t} = \propto \frac{1}{L}$ então, ao duplicar o comprimento, reduz-se para metade a quantidade de calor transferido por segundo. (k ; ΔT e A são constantes)

4.3. Com a barra de alumínio atinge-se mais rapidamente o equilíbrio térmico entre os dois recipientes com água. Como o aço inoxidável tem uma condutividade térmica de $k = 14 \text{ W/(m } ^\circ\text{C)}$ e o alumínio tem uma condutividade térmica de $k = 235 \text{ W/(m } ^\circ\text{C)}$, então o alumínio vai permitir um maior fluxo térmico reduzindo o tempo para se atingir o equilíbrio térmico entre os dois recipientes com água.

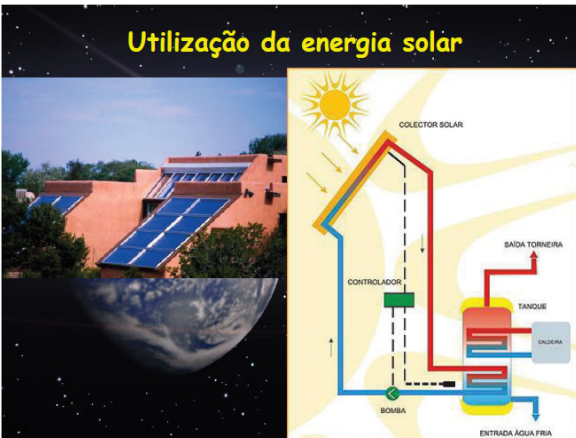
Apêndice 6 - Apresentação: Coletor Solar





Exemplos de Coletores Solares

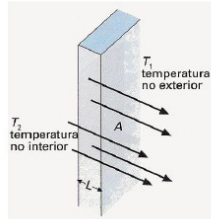
- coletores **concentradores parabólicos** (aquecimento de águas e produção de vapor)
- coletores **de tubo de vácuo** (aquecimento de águas e produção de vapor)
- coletores **concentradores com cobertura** (aquecimento de águas e produção de vapor)
- coletores **planos com cobertura** (aquecimento de águas sanitárias)
- coletores **planos sem cobertura** (aquecimento de piscinas)



Apêndice 7 - Apresentação: Condutividade Térmica

Materiais Condutores e Isoladores de energia térmica.

- A energia térmica não se transfere com a mesma facilidade através de todos os materiais.
- Existem materiais, como os metais, que recebem ou cedem energia térmica, muito rapidamente (bons condutores térmicos), ao passo que outros, como a madeira (isolantes térmicos), o fazem de um modo muito mais lento.



Materiais bons e maus condutores de calor

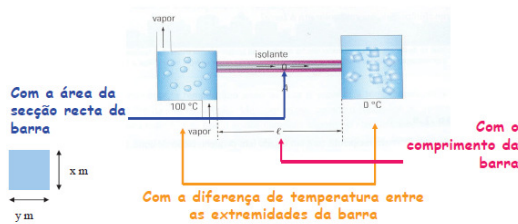
Aumenta o isolamento térmico

- diamante
- prata e cobre
- alumínio, aço
- chumbo
- gelo, mármore, vidro
- polietileno, nylon
- borracha, madeira
- poliestireno
- lã de vidro
- espuma de poliuretano

Aumenta a condutibilidade térmica

Experiência de Fourier

Como variará a taxa de transmissão de energia como calor?



A experiência mostra que o fluxo térmico:

- É directamente proporcional à área da secção recta da barra.
- É inversamente proporcional ao comprimento da barra.
- É directamente proporcional à diferença de temperatura entre as extremidades da barra.
- Depende da condutividade térmica do material, k , que é característica do material

$$\phi = \frac{k \times A \times \Delta \theta}{l}$$

Condutividade térmica

Condutividade térmica de alguns materiais

$$\frac{Q}{\Delta t} = k \times A \times \frac{(T_2 - T_1)}{l}$$

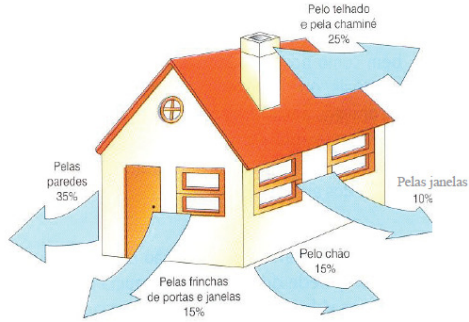
- $\frac{Q}{\Delta t}$ Energia transferida, como calor, por segundo → joule por segundo (J/s ou W)
- k Condutividade térmica → watt por metro e por kelvin ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)
- A Área → metro quadrado (m^2)
- $T_2 - T_1$... Diferença de temperaturas entre as extremidades → kelvin (K) ou °C
- l Espessura → metro (m)

→ Define-se condutividade térmica k , no Sistema Internacional, como a quantidade de calor que atravessa, por segundo, a espessura de 1 m entre duas superfícies paralelas de área igual a 1 m^2 , quando a diferença de temperatura entre essas superfícies é 1°C.
 → A unidade SI de condutividade térmica é $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$.

Materiais	k	W/(m.K)
Cobre	401	
Alumínio	235	
Chumbo	35,0	
Ferro	53,0	
Aço	14,0	
Cimento	1,4	
Betão	1,28	
Vidro	0,80	
Tijolo	0,66	

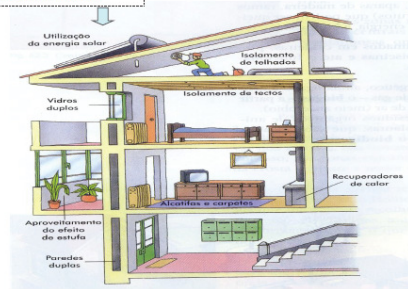
Materiais	k	W/(m.K)
Água líquida	0,570	
Glicerina	0,260	
Madeira	0,080	
Lã de vidro	0,048	
Cortiça	0,044	
Ar (seco)	0,026	
Espuma de poliuretano	0,024	

Perdas de energia de uma casa sem isolamento



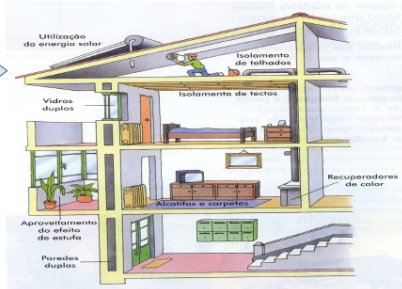
"Habitação ideal"

Um telhado com 15 cm de isolamento pode ter um coeficiente de condutividade térmica cerca de **9x** inferior a um telhado não isolado

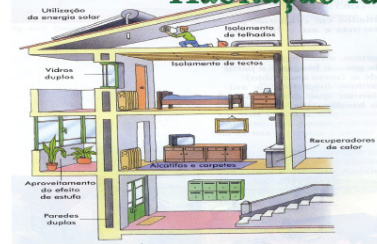


"Habitação ideal"

O coeficiente de condutividade térmica de uma janela de vidro simples é cerca de **2 vezes** superior ao de uma janela de vidro duplo com caixa-de-ar.

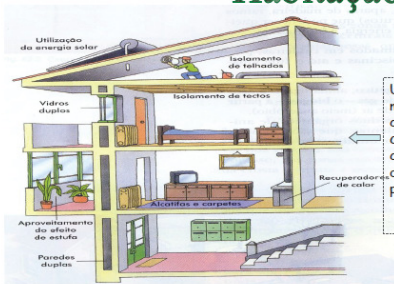


"Habitação ideal"



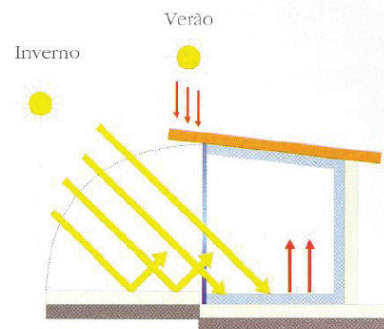
Uma parede com isolamento tem uma condutividade térmica cerca de **4 vezes** inferior ao de uma parede sem isolamento

"Habitação ideal"



Um pavimento de madeira tem um coeficiente de condutividade térmica cerca de **20 vezes** maior do que o de um pavimento isolado.

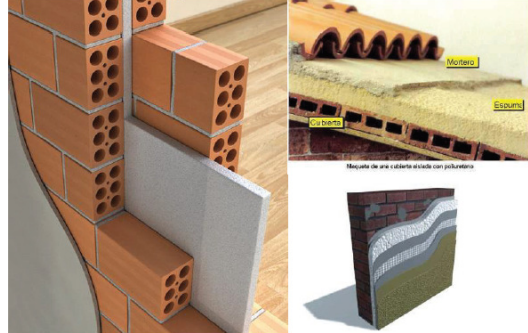
Arquitectura solar passiva



Materiais usados para isolamento térmico e acústico



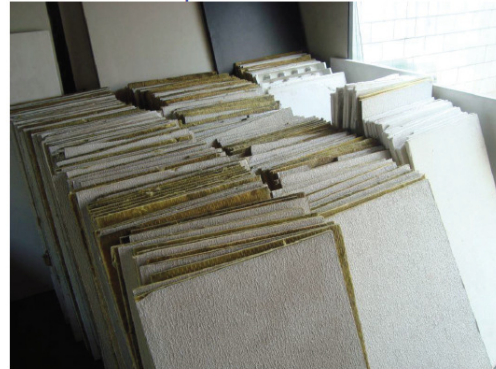
Materiais usados para isolamento térmico e acústico



isolamento térmico em poliuretano expandido



Materiais usados para isolamento térmico e acústico



Teto com isolamento de lã de vidro



Para criticar.....
Analisa um edifício sob o ponto de vista da utilização de medidas passivas de poupança de energia e de isolamento térmico. Atribui-lhe uma nota de 1 a 5, indicando todas as alterações a fazer com vista ao seu melhoramento.

Questão-problema:

Um snowboarder tem área exterior de 1,8 m² e veste roupa adequada com 1,0 cm de espessura e condutividade térmica 0,040 Js⁻¹m⁻¹K⁻¹. A temperatura da sua pele é de 33 °C e a temperatura do ar 1,0 °C. Qual a energia transferida sob a forma de calor por unidade de tempo, através da sua roupa?

Apêndice 8 - Planos de Aula de Química – 8.º ano



AGRUPAMENTO DE ESCOLAS
DR. MANUEL LARANJEIRA

Ano letivo 2017/2018



GOVERNO DE
PORTUGAL

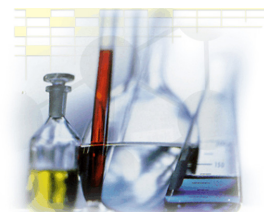
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
E CIÊNCIA

3.º Ciclo do Ensino Básico - 8.º ano

Físico-Química

Domínio: Reações químicas

Subdomínio: Tipos de reações químicas.



Data: 2018/01/05

Duração da aula: 100 minuto

Sumário (previsto)

Solubilidade do carbonato de cálcio.

Dureza de uma água.

Consequências da precipitação do carbonato de cálcio (calcário) nas condutas de águas e nas resistências das máquinas de lavar.

Efeito das chuvas ácidas na corrosão dos monumentos calcários.

Caráter químico de uma solução (ácida, alcalina e neutra).

Escala de pH e caráter químico de uma solução a 25°C.

Indicadores químicos de pH e medidores de pH.

Proposta de trabalho extra-aula (TPC)

- Cópia da página 14 do Guia de Estudo do Aluno.
- Resolução das páginas 28 e 29 do Caderno de Atividades.

Material necessário para a aula	Bibliográfico	<ul style="list-style-type: none">• Manual adotado• Caderno de atividades• Fichas de registo do trabalho experimental.
	Laboratório	<p>Material:</p> <ul style="list-style-type: none">• 20 Tubos de ensaio• 3 Suportes de tubos de ensaio• Pipetas de Pasteur• Medidor de pH de bolso• Gobelé de 250 mL• 3 Balões de Erlenmeyer

		<p><u>Reagentes:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Carbonato de cálcio em pó • Água destilada • Ácido nítrico (concentrado e diluído) • Solução de NaOH (diluída). • Solução alcoólica de Fenolftaleína • Solução de Tornesol • Indicador Universal (papel e solução) <p><u>Outros materiais:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pedra de Calcário • Hidrângeas rosas e azuis • Soluções domésticas (detergente amoniacal, vinagre, soro fisiológico, tira gorduras, sumo de limão) • Conchas de bivalves ou casca de ovo. • Luvas de látex
	Projeção	<ul style="list-style-type: none"> • Computador • Projetor multimédia
	Outros	<ul style="list-style-type: none"> • Quadro • Canetas de cores • Apagador

Objeto de ensino	<p>Solubilidade do carbonato de cálcio e sua importância no quotidiano.</p> <p>Dureza das águas e consequências tecnológicas.</p> <p>Efeito das chuvas ácidas na deterioração dos monumentos calcários.</p> <p>Caráter químico de uma solução (ácida, básica ou neutra) e sua determinação.</p> <p>Indicadores colorimétricos convencionais para determinação do caráter químico de uma solução (fenolftaleína e tornesol).</p> <p>Escala de pH e indicador universal de pH.</p> <p>Medidores eletrónicos de pH.</p>
-------------------------	--

Competências a desenvolverem

- *Relacionar a teoria com o mundo real e aplicações no cotidiano;*
- *Compreender a necessidade de recorrer a uma técnica específica para concepção de um estudo qualitativo e quantitativo de uma propriedade química;*
- *Estabelecer um plano racional de trabalho que relacione as operações a realizar com os meios técnicos disponíveis e as técnicas a utilizar;*
- *Analisar de uma forma crítica dados fornecidos pela experiência e relacioná-los com a teoria vigente;*
- *Desenvolver o espírito crítico;*
- *Compreender o importante contributo da ciência para o desenvolvimento tecnológico;*
- *Consciencializar-se da responsabilidade do conhecimento científico para a sustentabilidade do planeta;*
- *Expressar-se de uma forma correta do ponto de vista linguístico e científico;*
- *Desenvolver capacidades de comunicação de ideias oralmente e por escrito.*

Objetivos de aprendizagem (espera-se que o aluno seja capaz de...)

- Compreender a importância da solubilidade do carbonato de cálcio e a problemática associada ao nível da deposição indesejada do calcário e da deterioração dos monumentos calcários;
- Consciencializar-se sobre as consequências das chuvas ácidas no ambiente, nos monumentos e na saúde humana, bem como a responsabilidade do ser humano na acidificação artificial da chuva;
- Classificar uma solução quanto ao seu carácter químico (ácido, básico ou neutro) a partir de indicadores químicos convencionais (fenolftaleína e tornesol);
- Interpretar o princípio de funcionamento de um indicador químico;
- Compreender a necessidade de estabelecer uma escala de pH para relacionar a acidez (ou basicidade) relativa de uma solução;
- Determinar o pH de uma solução a partir de um indicador universal ou de um medidor de pH;
- Comparar a acidez (ou basicidade) relativa de várias soluções do quotidiano.

Estratégias

(atividades do professor, atividades práticas previstas para os alunos, questões a formular)

O professor inicia a aula escrevendo/ditando o sumário e, posteriormente, verifica e regista a realização do trabalho de casa.

Em seguida, o docente, relembrando o conceito de solubilidade adquirido na aula anterior, adiciona carbonato de cálcio em pó a um Erlenmeyer com um pouco de água.

○ **Questão: “O que podemos concluir quanto à solubilidade deste sal?”**

Espera-se que os alunos concluam que o carbonato de cálcio é insolúvel em água uma vez que a solução ficou turva com depósito sólido no fundo.

O professor revela à turma que o carbonato de cálcio é o principal constituinte do calcário responsável por alguns efeitos indesejados nas canalizações e nas resistências de máquinas de lavar.

○ **Questão: “Porque é que há formação de calcário nas resistências das máquinas de lavar roupa?”**

Para responder a esta questão, o docente começa por referir que a água das regiões calcárias arrasta consigo bicarbonato de cálcio dissolvido; quando essa água é aquecida, o bicarbonato de cálcio solúvel transforma-se em carbonato de cálcio (calcário) insolúvel que vai precipitar.

É por esse motivo que se formam depósitos de carbonato de cálcio nas resistências das máquinas de lavar roupa ou num chuveiro.

Para melhor compreenderem a resposta, o docente projeta o documento “Reações de Precipitação” (apêndice 10). Explorando assim o conceito de dureza de uma água e a classificação do tipo de água no território português. Caso seja necessário, usa-se a tabela 1 do documento “Explora 8: Reações de precipitação” (anexo 3) para explorar os critérios da dureza da água.

○ **Questão: “Porque é que se deve adicionar mais detergente no caso das águas duras?”**

Adicionar mais detergente no caso das águas duras prende-se com o facto de uma parte do detergente provocar precipitação dos iões Ca^{2+} presentes na água, enquanto que a outra parte restante servirá para lavar a roupa.

Nas canalizações (anexo 3) a variação da temperatura ou de pH pode fazer precipitar o carbonato de cálcio pois, como se trata de um sal com propriedades básicas, a sua solubilidade depende do pH da solução.

Assim, o professor adiciona uma dada quantidade de uma solução de HNO_3 diluído.

○ **Questão: "O que observaram?"**

Espera-se que os alunos concluam que o sal se dissolveu por ação do ácido nítrico adicionado.

Neste momento, o professor explora com os alunos as razões pelas quais o sal se dissolveu, levando os alunos a refletirem sobre a relação entre o caráter químico da solução e a solubilidade do sal.

(Se necessário adiciona-se NaOH (aq) diluído para que os alunos verifiquem que o sal precipita quando a solução se torna mais alcalina).

Nesse momento, o professor apresenta alguns materiais constituídos por CaCO_3 (s) – rocha calcária da calçada portuguesa, conchas de bivalves (ou casca de ovo). Posteriormente adiciona ácido nítrico concentrado aos diversos materiais.

○ **Questão: "O que aconteceu?"**

O ácido reage com o carbonato de cálcio, deteriorando o material calcário.

Num contexto CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), o docente, recordando as reações de combustão já abordadas anteriormente, correlaciona a utilização de recursos energéticos fósseis com a acidificação artificial chuva, abordando a problemática das chuvas ácidas, nomeadamente os seus efeitos nos ecossistemas, na saúde humana e nos monumentos de calcários. Os alunos visualizarão depois o vídeo "Reações de combustão: problemas ambientais" da plataforma "Escola Virtual®".



Figura 1- Ação das chuvas ácidas nos monumentos.

Na exploração do vídeo, o docente apresenta por curiosidade as reações de formação de alguns ácidos responsáveis pela acidificação das chuvas (H_2SO_4 e H_2SO_3), realçando as fontes naturais e antropogénicas dos gases responsáveis pela formação das chuvas ácidas.

○ **Questão: "Quais as consequências da chuva ácida?"**

Espera-se que os alunos indiquem os seus efeitos no ecossistema.

Com auxílio das imagens do apêndice 11 – "Consequências das Chuvas Ácidas" alerta para as consequências das chuvas ácidas no ambiente e nos monumentos de calcário.

(Se necessário adiciona HNO_3 à pedra calcária para se observar a sua deterioração).

○ **Questão: "Como se pode verificar a acidez de uma chuva?"**

O docente pretende que os alunos concluam que é necessário um aparelho ou uma técnica que permita avaliar a acidez de uma solução.

Um pouco de História...

Alguns dos termos que se utilizam ainda hoje têm sua origem na Antiguidade:

ÁCIDO: do latim *acidus*, -a, -um, significando *azedo*, *ácido*

ÁLCALI: do árabe *al qaliy*, significando cinzas vegetais.

BASE: termo mais recente, introduzido pelo francês Duhamel du Monceau em 1736, sendo depois adotado e popularizado por G. F. Rouelle (1754).

O uso de indicadores de pH é uma prática bem antiga que foi introduzida no século XVII por Robert Boyle. Boyle preparou um licor de violeta e observou que o extrato desta flor se tornava vermelho em solução ácida e verde em solução básica. Colocando uma gota do licor de violeta sobre um papel branco e, em seguida, algumas gotas de vinagre, observou que o papel se tornava vermelho. Assim foram obtidos os primeiros indicadores de pH em ambas as formas: solução e papel.

Entretanto, apresenta as flores de hortensias ou hidrângeas (figura 2), uma planta proveniente do Japão, que pode funcionar como indicador ácido/base, pois as suas pétalas apresentam a cor azul em solos ácidos e a cor rosa em solos neutros e alcalinos.

(Caso seja necessário, o professor refere que, de facto, é o carácter químico da seiva que determina a cor da flor e esta, por sua vez, é suscetível ao tipo de solo onde cresce).

Assim, escreve no quadro a origem da palavra ácido e base e alcalino, bem como a origem da utilização de extrato de flores iniciado por Boyle para classificar as soluções em ácidas, básicas e neutras.



Figura 2- Hortensias ou hidrângeas

Com esta explicação, o professor pretende elucidar os alunos para a evolução histórica da ciência e a epistemologia do conhecimento científico.

Seguidamente, o professor realiza uma atividade experimental demonstrativa para que os alunos afirmem as mudanças de cor nos indicadores convencionais de pH, solicitando-lhes que preencham a primeira tabela da folha de registo experimental (atividade 1 - apêndice 13).

Atividade Experimental-Ácido/Base

Passo 1- Colocar em 3 tubos de ensaio: uma solução ácida (HNO_3 diluído); uma solução neutra (água destilada) e uma solução alcalina (NaOH diluído).

Passo 2- Adicionar umas gotas de solução alcoólica de fenolftaleína a cada tubo.

Passo 3- Observar e registar na tabela 1

Repetir o procedimento, substituindo a fenolftaleína pelo Tornesol.

Após esta experiência, inferir que podemos identificar o carácter químico das soluções recorrendo a estes indicadores colorimétricos de acordo com conclusões (figura 3)









Indicador utilizado	Cor adquirida pelo indicador		
	Soluções ácidas	Soluções básicas	Soluções neutras
 Solução alcoólica de fenolftaleína	 Incolor	 Carmim	 Incolor
 Solução azul de tornesol	 Vermelho	 Azul	 Roxo

Figura 3
Indicadores de pH

Posteriormente, usando o mesmo procedimento, investiga com os alunos o carácter químico (ácido, básico ou neutro) de algumas soluções do dia a dia (Sonasol®, tira gorduras, soro fisiológico, vinagre e sumo de limão).

Efetuada a experiência pelo docente, os alunos observam e efetuam o registo na ficha de registo da atividade experimental (atividade 2 - apêndice 13).

Após esta abordagem, o professor utiliza duas soluções ácidas (sumo de limão e vinagre por exemplo).

- **Questão:** Ambas as soluções são ácidas. No entanto, uma pode ter um carácter químico mais ácido que a outra. Como podemos quantificar a acidez relativa destes dois produtos?

Pretende-se que os alunos concluem que é necessária uma medida quantitativa para mensurar o carácter químico das soluções em termos de acidez e basicidade.

Nesse momento, o professor apresenta a escala de pH de Sørensen, bem como o valor de pH de alguns produtos, realçando para a relação entre o carácter químico da solução e o valor do pH (a 25°C) – apresentação “Escala de pH” (apêndice 12).

O docente informa os alunos que, para ter um indicador universal, é necessária a junção de vários pigmentos com zonas de viragens a diferentes pH (sendo a cor final observada a fusão de todas as cores presentes pelos vários pigmentos num dado valor de pH).

De seguida, convida um aluno a introduzir uma gota de indicador universal em cada tubo de ensaio com uma porção das soluções (Sonasol®, Tira gorduras, soro fisiológico, Vinagre e Sumo de limão). Efetua-se o registo da cor e depois, por comparação do espectro de cores indicado no rótulo, determina o valor de pH da solução (atividade 3- apêndice 13).

Neste momento, o professor apresenta o medidor de pH, um instrumento eletrónico digital que permite fazer diretamente medições do valor de pH das soluções.

Convida um aluno a medir o pH das soluções anteriores com este instrumento e efetua-se o seu registo (atividade 3 - apêndice 13).

Para finalizar a aula, o professor apresenta mais alguns exemplos de substâncias ácidas e alcalinas do dia a dia.

No fim, propõe um desafio aos alunos para concretizarem em casa:

A preparação de um indicador colorimétrico de couve roxa para determinar o carácter químico de alguns produtos do dia a dia (apêndice 14 “Atividade Experimental em Casa”).

Finalmente, como medida de consolidação dos conhecimentos, o professor escreve no quadro o trabalho extra-aula e sua data de entrega/correção.

Análise Crítica à aula

Apesar do ritmo de aula ter sido na sua globalidade bom, a planificação foi ambiciosa na abordagem de múltiplos conteúdos. Existem alunos com ritmos de aprendizagem diferenciados, pelo que o docente teve de prestar um apoio mais personalizado a estes alunos, de forma a acompanharem o decurso da aula.

Em certa medida, existe um ténue equilíbrio entre manter motivados e ativos os alunos que possuem ritmos de aquisição de conhecimento mais acelerados, enquanto se apoia os alunos com maiores dificuldades na aprendizagem. Estes últimos frequentam a “Sala de Estudo”, podendo usufruir de um apoio extra por parte do docente para ultrapassar as suas dificuldades e alcançarem as Aprendizagens Essenciais.

A incorporação de materiais do quotidiano permitiu a captação da atenção dos alunos, mesmo daqueles que mais frequentemente estão desconcentrados. A química está no nosso dia a dia: ao incorporar exemplos concretos na sala de aula, exala-se um apelo forte à relevância dos conteúdos canónicos que os discentes estão a estudar.

Para realizar esta atividade foi necessário articular com a colega de “Ciências Naturais” de forma a ter disponíveis 2 tempos letivos para realização da atividade experimental.

O Ensino Experimental das Ciências, especialmente aquelas aulas em que o aluno tem um papel mais ativo na realização da parte experimental, carece de uma carga temporal superior àquela que é disponibilizada no currículo do Ensino Básico a Físico-Química do 3.º ciclo.



Bibliografia

- Bachelard, G. (1984). *A Epistemologia*; Lisboa, Edições 70.
- Beleza, M. & Cavaleiro, M. (2017). *Novo FQ8*, (1.ª edição). Porto; Edições Asa.
- Couto, B.; Ramos, L. & Cavalheiro, É. (1998). Aplicação de pigmentos de flores no Ensino de Química, *Química Nova*, Vol. 21, n.º 2 . São Paulo.
- Figueiredo, Teresa (2003). *Eureka! CFQ* (1.ª edição). Porto, Areal Editores.
- Januário, D.; Correia, E. & Brás, C. (2014). Manual do aluno - *Explora 8 - Físico-Química – 8.º ano* (1.ª edição). Porto, Porto Editora.
- Januário, D.; Correia, E. & Brás, C. (2014). *Caderno de Atividades-Explora 8 - Físico-Química – 8.º ano* (1.ª edição). Porto, Porto Editora.
- Januário, D.; Correia, E. & Brás, C. (2014). *Guia de Estudo do Aluno - Explora 8 - Físico-Química – 8.º ano* (1.ª edição). Porto, Porto Editora.
- Martins, M. (2000). *Facilitando a construção do Conhecimento Científico: o Tema Ácido-base no 10.º Ano de Escolaridade* (Tese de Mestrado). Universidade do Minho, Braga.
- Matos, J.(1999). Mudanças nas cores dos extratos de flores e do repolho roxo. *Química Nova na Escola*, n.º 10, pp.1-10. Belo Horizonte.
- Nakhleh, M. (1994). Students' Models of Matter in the Context of Acid-Base Chemistry. *Journal of Chemical Education*, Vol. 71 n.º 6, pp. 495-499.
DOI: 10.1021/ed071p495.
- Rancke-Madsen, E. *The History of Indicators* in Bishop E. (1972). *Indicators*. Oxford, Pergamon Press.
- Valadares, J. (2001). *Estratégias Construtivistas e Investigativas no Ensino das Ciências*. Comunicação proferida no Encontro «O Ensino das Ciências no Âmbito dos Novos Programas». FEUP, Porto.

@ Webgrafia

- Biografia de Soren Peter Lauritz Sorensen
<http://www.explicatorium.com/biografias/soren-sorensen.html>
[https://www.infopedia.pt/\\$soren-sorensen](https://www.infopedia.pt/$soren-sorensen)
Consultado a 17 de dezembro de 2017
- Protocolo experimental: “Ácido ou alcalino?”
<http://www.ciimar.up.pt/oCIIMARnaEscola/images/ph.pdf?termosCondicoes>
Consultado a 18 de dezembro de 2017
- Reações de combustão: problemas ambientais. Recurso Multimédia; 8.º ano-FQ; Porto Editora; Plataforma Escola Virtual.
<https://lmsev.escolavirtual.pt/subjectteacher/detail/2402>
Consultado a 2 de janeiro de 2018

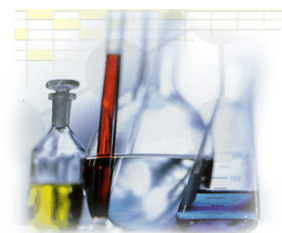


3.º Ciclo do Ensino Básico - 8.º ano

Físico-Química

Domínio: Reações químicas

Subdomínio: Velocidade das reações químicas



Data: 2018/01/19

Duração da aula: 100 minutos

Sumário (previsto)

Velocidade das reações químicas.

Fatores que afetam a velocidade de uma reação química: temperatura, concentração do reagente em solução, estado de divisão do reagente sólido, utilização de catalisadores ou de inibidores.

Proposta de trabalho extra-aula (TPC)

- Cópia para caderno diário dos diagramas do Guia de Estudo do Aluno (páginas 19- 21).
- Resolução da Ficha de consolidação (apêndice 9).

Material necessário para a aula	Bibliográfico	<ul style="list-style-type: none"> • Manual adotado • Fichas de trabalho.
	Laboratório	<p>Material:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balança • 6 Balões de Erlenmeyer • 2 Kitasatos • 2 Rolhas • Balões de borracha • Medidor de pH de bolso. • Placa de aquecimento; <p>Reagentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fita de Magnésio • Ácido clorídrico (diluído) • Peróxido de hidrogénio (10 volumes) • Óxido de manganês ou catalase (batata) • Água destilada <p>Outros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alicate • Tesoura • Gelo
	Projeção	<ul style="list-style-type: none"> • Computador • Projetor multimédia
	Outro	<ul style="list-style-type: none"> • Quadro branco • Canetas de cores • Apagador • Modelos moleculares

Objeto de ensino

- Reações químicas rápidas, lentas e violentas.
- Velocidade da reação química como a taxa de “consumo” de reagente ou taxa de formação de produto da reação.
- Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química: temperatura, concentração do reagente em solução, estado de divisão / área de contacto do reagente sólido e utilização de um catalisador ou de um inibidor químico.
- Interpretação da velocidade da reação à luz da teoria cinético-corpúscular da matéria, nomeadamente das colisões eficazes entre os reagentes para originar produto.

Competências a desenvolverem

- *Manifestar respeito por normas de segurança pessoal e coletiva.*
- *Aplicar os conhecimentos adquiridos à resolução de problemas.*
- *Identificar as suas dúvidas e recorrer aos meios disponíveis para as ultrapassar.*
- *Resolver autonomamente os exercícios propostos pelo professor.*
- *Empenhar-se e interessar-se pelos conteúdos já lecionados.*
- *Prestar atenção a situações e problemas manifestando envolvimento e curiosidade.*
- *Desenvolver o espírito crítico.*
- *Reconhecer que a ciência promove a segurança e a qualidade de vida.*

Objetivos de aprendizagem (espera-se que o aluno seja capaz de...)

- *Reconhecer que as reações ocorrem com diferentes velocidades.*
- *Depreender a velocidade das reações como a taxa temporal de formação de produto ou a taxa de consumo de reagente.*
- *Relacionar a velocidade de uma reação química com:*
 - *a variação da temperatura;*
 - *o estado de divisão do reagente sólido;*
 - *a concentração do reagente em solução;*
 - *a utilização de um catalisador ou inibidor.*

- Compreender a forma como estes fatores afetam a velocidade de uma reação química à luz da teoria cinético-corpúscular da matéria.
- Depreender que, para ocorrer uma reação química, é necessário ocorrer um choque eficaz entre os reagentes para originar produto.
- Identificar situações quotidianas em que se aumenta ou diminui a velocidade das reações químicas.

Estratégias

(atividades do professor, atividades práticas previstas para os alunos, questões a formular...)

- O professor inicia a aula escrevendo ou ditando o sumário.

Seguidamente, recordando a aula anterior, o professor prepara duas soluções em dois kitsatos com ácido clorídrico (uma solução concentrada e outra diluída) e regista o pH de cada uma das soluções com o medidor de pH.

- **Questão:** “Qual das soluções apresenta maior concentração de ácido clorídrico?”

Pretende-se que os alunos indiquem que é a solução com menor pH, pois quanto menor for o valor de pH maior é a acidez da solução devido à maior concentração de ácido em solução. (Se necessário, recordar a escala de pH e acidez relativa das soluções apêndice 12).

Posteriormente, realiza a seguinte atividade experimental demonstrativa, cujas observações serão meramente qualitativas.

Experiência 1

1. Colocar ácido clorídrico em dois kitsatos.

Medir o pH de cada solução (com o medidor de bolso) para verificar que têm concentrações diferentes.

2. Cortar dois pedaços de fita de magnésio aproximadamente iguais.

3. Introduzir em simultâneo a fita de magnésio nos kitsatos.

- **Questão:** “Em qual das situações a reação química foi mais rápida?”

Pretende-se que os alunos indiquem que a reação entre o magnésio e o ácido clorídrico foi mais rápida na solução com menor pH (mais concentrado).

- **Questão:** “Como constataram que a reação foi mais rápida nesse kitsato?”

Pretende-se que os alunos aleguem que verificaram a velocidade da reação através do tempo necessário para a fita de magnésio “desaparecer” na solução ácida.

Seguidamente, o professor repete a **experiência 1** com os kitsatos envolvidos em papel de alumínio, com um balão de borracha na tubuladura lateral e tapando com uma rolha cada um dos kitsatos (**experiência 2**).

- **Questão:** “E agora como se pode verificar em qual das situações a velocidade de reação foi superior?”

Espera-se que os alunos indiquem que na situação em que o balão enche mais rapidamente. Assim, o professor regista no quadro a seguinte conclusão obtida com os alunos.

A velocidade de uma reação química pode ser observada através da:

- taxa temporal de consumo de um dos reagentes (**experiência 1**).
- taxa temporal de formação de um dos produtos (**experiência 2**).

Neste momento, o professor com recurso à apresentação “Velocidade das Reações Químicas” explora situações onde ocorrem reações muito lentas, lentas, rápidas e violentas (apêndice 15).

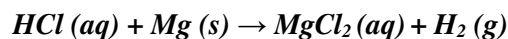
Neste contexto, faz referência a Cato Maximilian Guldberg (1836-1902) e Peter Waage (1833-1900), cientistas que contribuíram para o estabelecimento das bases de um novo domínio da Química – a Cinética Química.

No fim da apresentação, os alunos deverão copiar para o caderno diário o resumo e o mapa de conceitos.

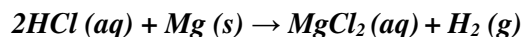
Posto isto, o professor escreve no quadro os reagentes e produtos da reação, lembrando os conteúdos já lecionados.

Ácido Clorídrico (aq) + Fita de Magnésio (s) → Nitrato de Magnésio (aq) + Hidrogénio (g)

Posteriormente escreve o seguinte esquema químico:



Solicitando a um aluno que efetue o seu acerto para obter seguinte a equação química:



Neste contexto, o professor explica, à luz da Teoria Cinético-Corpuscular, a reação química com ajuda dos modelos moleculares.

Choque eficaz – colisão entre as partículas dos reagentes com **energia suficiente e orientação correta para clivar as ligações químicas dos reagentes e originar novas ligações dos produtos de reação.**

- **Questão:** “Porque é que com a solução de HCl concentrado a velocidade foi superior?” (a temperatura constante).

Espera-se que os alunos concluam que se existir maior quantidade de partículas em solução, maior é o número de colisões, logo será maior o número de choques eficazes e assim a velocidade da reação química aumenta.

- **Questão:** “Será a concentração o único fator que influencia a velocidade das reações químicas?”

Para responder a essa questão, o professor realiza a experiência 3

Experiência 3:

1. Colocar ácido clorídrico com igual concentração em dois balões de Erlenmeyer
2. Cortar dois pedaços de fita de magnésio aproximadamente iguais.
3. Colocar balão n.º 1 em banho-maria (80°C) e o balão n.º 2 num banho de gelo (0°C).
4. Introduzir em simultâneo as fitas de magnésio nos balões.

- **Questão:** “Em qual das situações a velocidade foi superior? Porquê?”

Espera-se que os alunos indiquem que foi o balão que se encontrava em banho-maria a 80°C e refiram que a agitação das partículas, neste caso, é superior.

Para concluir, o professor realça o facto de que, quanto maior for a agitação das partículas, maior será o número de partículas com energia suficiente para promover choques eficazes entre as moléculas dos reagentes.

- **Questão:** “À mesma temperatura, a velocidade da reação só dependerá do reagente em solução?”

Para responder a essa questão, o professor realiza a experiência 4

Experiência 4:

1. Colocar ácido clorídrico com igual concentração em dois balões de Erlenmeyer.
2. Cortar dois pedaços de fita de magnésio aproximadamente iguais.
3. Dividir em vários pedaços uma das fitas de magnésio.
4. Enrolar a outra fita de magnésio sobre si mesma e prensá-la com ajuda de um alicate.
5. Introduzir em simultâneo as fitas de magnésio nos balões de Erlenmeyer.

- **Questão:** “Em qual das situações se verificou que a reação química foi mais rápida? Porquê?”

Espera-se que os alunos indiquem que foi a situação em que a fita está dividida, pois a fita “desapareceu” mais rapidamente.

Assim, o professor orienta os alunos (esquematizando no quadro se necessário) no sentido de compreenderem que aumentando a área de contacto de um reagente sólido, se aumenta o número de choques e, conseqüentemente, o número de choques eficazes.

Para gerar uma tempestade de ideias, o professor realiza a experiência 5

Experiência 5:

1. Colocar ácido clorídrico com igual concentração em dois balões de Erlenmeyer.
2. Cortar dois pedaços de fita de magnésio aproximadamente iguais.
3. Dissolver no balão n.º 2 cloreto de sódio (NaCl) até à saturação da solução.
4. Introduzir em simultâneo as fitas de magnésio nos dois balões de Erlenmeyer.

- **Questão:** “Em qual das situações a velocidade foi superior? Porquê?”

Espera-se que os alunos concluam que foi no caso em que não tinha o cloreto de sódio.

Assim, os alunos em conjunto com o professor, concluirão que essa substância reduz a velocidade da reação.

Neste contexto, o professor indica que na Natureza existem substâncias que fazem variar a velocidade da reação (catalisadores ou inibidores) sem se consumirem na reação.

Neste momento, o professor regista no quadro as seguintes definições.

Catalisador: substância que aumenta a velocidade de uma reação química sem se consumir durante a reação.

Inibidor: substância que diminui a velocidade de uma reação química sem se consumir durante a reação.

Assim, utilizando um balão de Erlenmeyer com peróxido de hidrogénio (H_2O_2), o professor introduz um pouco de óxido de manganês (MnO) ou de catálase (batata).

- **Questão:** “O MnO é um catalisador ou inibidor? Porquê?”

Espera-se que os alunos indiquem que é o MnO é um catalisador porque aumentou a velocidade sem se consumir na reação química.

Para consolidar as aprendizagens destas experiências, o professor recorda à luz da teoria corpuscular da matéria os fatores que influenciam a velocidade da reação química, através da apresentação “Fatores que Afetam a Velocidade Reações Químicas” (apêndice 16), ajudando os alunos a elaborar um mapa de conceitos sobre este tema.

No fim, o professor mostra algumas situações do quotidiano em que a velocidade da reação varia pelos fatores acima estudados (refrigeração dos alimentos; conservantes alimentares; corte da lenha para lareiras, enzimas nos detergentes para a roupa, etc.).

Para consolidação do conhecimento, propõe a realização de um trabalho extra-aula que será verificado e corrigido na semana seguinte.

Análise Crítica à aula

A diversificação das estratégias de ensino revelou-se um elemento positivo na motivação, principalmente na atenção dos alunos, quebrando com a monotonia mais expressa em aulas mais expositivas e de correção de exercícios.

O ensino das ciências com recurso à via experimental, ainda que demonstrativo, é um fator mobilizador para as aprendizagens, promovendo o interesse e despertando a curiosidade nos alunos, especialmente naqueles que têm maiores dificuldades de concentração.

Assim, lentamente, o docente vai revelando alguns passos elementares do método científico, (hipótese, teste, observação e conclusão), fazendo variar um único parâmetro de cada vez.

Contudo a montagem (e posterior desmontagem) do aparato experimental envolve um dispêndio de tempo anterior e posterior à aula. Este facto pode ser facilmente contornado se for atribuído um tempo específico, integrado na componente não letiva, aos docentes de ciências para a preparação destas aulas e para manutenção do próprio laboratório.



Bibliografia

- Atkins, P. W. Paula J.(2012). *Fundamentos de Físico-Química* (Vol. 2 – 6.ª edição). Rio de Janeiro, LTC - Livros Técnicos e Científicos Ed. S.A.
- Baccan, N.; Andrade, J.; Godinho, O.; Barone, J.(1979). *Química Analítica Quantitativa Elementar*, (2.ª edição). p. 46. Campinas, Ed. Unicamp.
- Brooks, J. & Brooks, M. (1997). *Construtivismo em sala de aula*. Porto Alegre: Editora Artes Médicas.
- Cachapuz, A., Praia, J., Paixão, F. & Martins, I. (2000). Uma Visão sobre o Ensino das Ciências no Pós-Mudança conceptual. *Inovação*, Vol.13, n.º 2-3, pp.117-137.

- Chagas, A. P. (2001.). *Como se faz Química - Uma reflexão sobre a Química e a atividade do químico* (3ª edição, 2010). Campinas, Editora da Unicamp.
- Januário, D.; Correia, E. & Brás, C. (2014). *Manual do aluno- Explora 8 - Físico-Química – 8.º ano* (1.ª edição). Porto, Porto Editora.
- Figueiredo, Teresa (2003). *Eureka! CFQ* (1.ª edição). Porto, Areal Editores.
- Januário, D.; Correia, E. & Brás, C. (2014). *Caderno de Atividades-Explora 8 - Físico-Química – 8.º ano* (1.ª edição). Porto, Porto Editora.
- Januário, D.; Correia, E. & Brás, C. (2014). *Guia de Estudo do Aluno - Explora 8 - Físico-Química – 8.º ano* (1.ª edição). Porto, Porto Editora.
- Santos, M.(1998). *Mudança conceptual na Sala de Aula*. Lisboa, Livros Horizonte.
- Solé, I. (2001) Disponibilidade para a Aprendizagem e Sentido da Aprendizagem. *O Construtivismo na Sala de Aula*. Porto; Asa Editores.
- Vogel, A.(2002). *Análise Química Quantitativa*, (6.ª. edição). Rio de Janeiro, LTC - Livros Técnicos e Científicos Ed. S.A.

Apêndice 9 -Ficha de Trabalho 8.º ano: *Velocidade* *Reações químicas (com correção)*



AGRUPAMENTO DE ESCOLAS
DR. MANUEL LARANJEIRA

Ano letivo 2017/2018



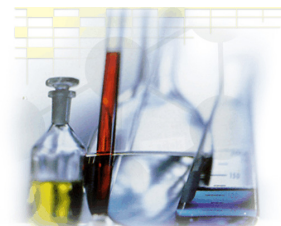
GOVERNO DE
PORTUGAL

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
E CIÊNCIA

3.º Ciclo do Ensino Básico - 8.º ano

Ciências Físico-Químicas

Domínio: Reações químicas
Subdomínio: Velocidade das reações químicas



Nome _____ N.º ____ Turma: ____ **Data:** 2018/01/____

Tema: Fatores que influenciam a velocidade de uma reação química

Aplica os conhecimentos!

1- Faz-se reagir a mesma quantidade de carbonato de sódio com duas soluções de ácido clorídrico (HCl) com concentrações diferentes.

Nesta reação química liberta-se dióxido de carbono que é recolhido em balões de borracha. Ao fim de 20 segundos de reação observou-se a seguinte situação (figura 1).

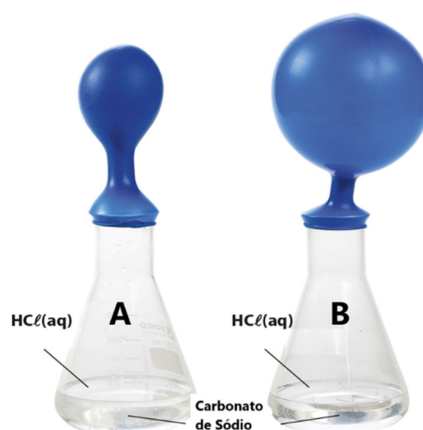


Figura 1

1.1. Associa as soluções **A** e **B** relativamente à concentração do reagente ácido clorídrico (HCl).

- I. _____ Solução aquosa de HCl **mais concentrada**.
- II. _____ Solução aquosa de HCl **menos concentrada**.

I. – B II. – A

1.2. Em qual das soluções a velocidade da reação química é maior? Justifica a tua resposta.

A velocidade da reação química é maior na solução (B), uma vez que, ao fim de 20 segundos de reação química, originou-se maior quantidade de dióxido de carbono, sendo este um produto da reação.

5. Alguns **ácidos** atuam como **inibidores** da decomposição do peróxido de hidrogénio (H_2O_2) em oxigénio (O_2) e água (H_2O), ao passo que o **iodeto de potássio** (KI) é um **catalisador** dessa reação química.

O que significa esta afirmação?

Esta afirmação significa que alguns ácidos reduzem a velocidade da reação de decomposição do peróxido de hidrogénio (H_2O_2) e que o iodeto de potássio (KI) aumenta a velocidade dessa reação química (sem que estes intervenientes se consumam na reação química).

6. Classifica em verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmações.

- A- Quanto maior é o tempo que os reagentes demoram a transformar-se em produtos, maior é a velocidade da reação.
- B-Todas as colisões entre as partículas de reagente originam forçosamente produtos de reação.
- C-Um catalisador ou um inibidor são substâncias que podem ser reutilizadas, uma vez que participam na reação química sem serem consumidos.
- D- Quanto mais produto de reação se obtém no mesmo intervalo de tempo, maior será a velocidade dessa reação química.

A – F B – F C – V D – V

7. -Dos fatores que alteram a velocidade de uma reação química que estudaste diz aquele que está em evidência nas seguintes descrições:

- A- Ao longo do tempo um prego de ferro reage com oxigénio formando um óxido de ferro, a ferrugem, enquanto que a limalha de ferro oxida mais rapidamente sendo possível a sua combustão.
- B- Ao deixar cair sumo de um limão sobre uma pedra de calcário observa-se a sua corrosão, o mesmo não se constata quando nele cai refresco de limão.
- C- A vitamina C (ácido ascórbico) reduz a oxidação dos sumos de fruta, sendo usada na conservação dos sumos de pacote.
- D- Os alimentos fora do frigorífico conservam-se muito mais tempo no inverno do que no verão.

A – Estado de divisão do reagente sólido. B – Concentração do reagente em solução.
C – Catalisador negativo/Inibidor. D – Temperatura.

8. De acordo com a teoria das colisões, explica como o fator evidenciado em **D** altera a velocidade de uma reação química.

Quanto menor for a temperatura, menor é a agitação das partículas e menor será o número de choques com energia suficiente para quebrar as ligações químicas dos reagentes a fim de originar produtos. Assim, a reação química será mais lenta. Um alimento no inverno conserva-se mais tempo, pois a velocidade da reação de decomposição do alimento no inverno é menor do que no verão.

Bom trabalho.

Apêndice 10 - Reações de Precipitação

Os seus Inconvenientes

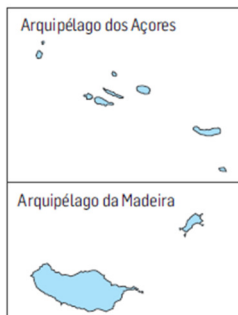


Resistência de uma máquina de lavar roupa

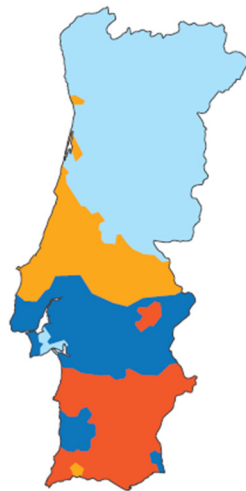
Nas regiões de águas duras (águas calcárias) formam-se depósitos de calcário que danificam os eletrodomésticos e as canalizações.

A sua importância no dia-a-dia

Grau de dureza da água em Portugal



Água macia
Água de dureza média
Água dura
Água muito dura



Em Portugal as águas mais duras estão nas regiões de Leiria, Baixo Alentejo e Algarve.

(50ml)			
Água Macia	45ml	60ml	80ml
Água Média	53ml	80ml	120ml
Água Dura	80ml	100ml	140ml

Máquinas+7Kg: acrescentar 30ml à dose recomendada

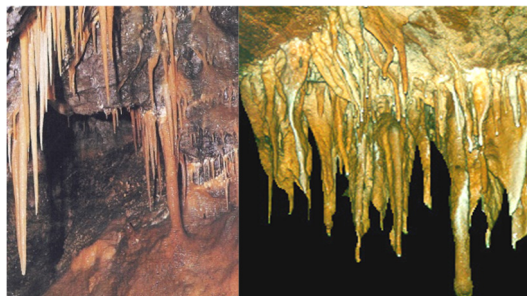
- As águas duras fazem pouca espuma com o sabão ou detergente.

- A uma água com elevada concentração de iões de cálcio (e magnésio) deve adicionar-se uma maior quantidade de detergente.

A sua importância na Geologia e na Biologia:

O carbonato de cálcio precipita e forma colunas nas grutas. Umas pendem do teto – as estalactites. Outras formam-se a partir do chão – as estalagmites.

As estalactites e as estalagmites aumentam, em média, um centímetro por século e têm formas muito variadas.



A precipitação do carbonato de cálcio também origina a formação de conchas, búzios e corais.



Apêndice 11 - Consequências das Chuvas Ácidas

No ambiente



- A acidificação dos solos e rios causa danos na flora e na fauna.

Nos monumentos de calcário



**Sé velha de Coimbra
janeiro de 2017**

- Os monumentos e estátuas de calcário são afetados pela chuva ácida.
- Nas regiões com maior emissão de poluentes atmosférico, a corrosão é mais evidente.

Apêndice 12-Apresentação: Escala de pH

Ácido / Base

A Escala de pH de Sørensen

A Escala de pH

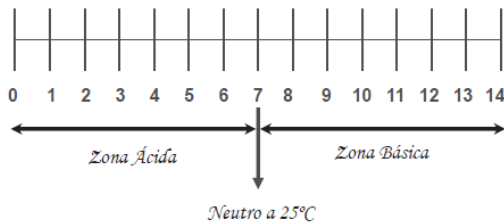
Para diferenciar todas as soluções existentes o químico dinamarquês Sørensen criou uma escala:

A escala de pH



Soren Sorensen (1868 - 1939)
Foi o inventor da escala de pH

A Escala de pH



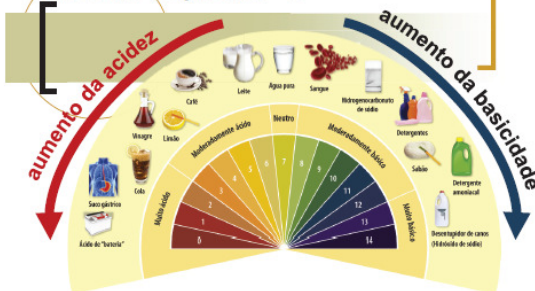
A Escala de pH

O pH das soluções vulgares varia entre 0 e 14
A escala de pH encontra-se definida para a temperatura de 25 °C

Assim, as soluções classificam-se:

- Soluções ácidas - $\text{pH} < 7$
- Soluções neutras - $\text{pH} = 7$
- Soluções básicas - $\text{pH} > 7$

A escala de pH a 25 °C



EXEMPLOS DE ÁCIDOS



EXEMPLOS DE BASES



Apêndice 13 - Atividade Experimental em Sala de Aula

Folha de registo: Atividade 1

As soluções aquosas e o seu carácter ácido, básico ou neutro

Soluções	Cores dos indicadores	
	Fenolftaleína	Tornesol
Soluções ácidas		
Soluções neutras		
Soluções básicas		

Conclusão:

Folha de registo: Atividade 2

Solução / Indicador	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3	Tubo 4	Tubo 5
Fenolftaleína					
Tornesol					
<u>Carácter químico da solução.</u>					

Folha de registo: Atividade 3

O pH das soluções aquosas

Solução	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3	Tubo 4	Tubo 5
pH					
Cor do indicador Universal					
pH estimado (comparação da cor com a indicação no rótulo)					
Medidor de pH					

Apêndice 14 - Atividade Experimental em Casa

Preparação de um indicador colorimétrico com extrato de couve-roxa

Procedimento

1. Colocar um pouco de água numa panela ou numa cafeteira e levar a aquecer no fogão.
2. Introduzir algumas folhas de couve-roxa e deixa ferver durante 5 minutos.
3. Deixar arrefecer e decantar o extrato para um frasco (ou recipiente).
4. Transferir pequenas quantidades de cada uma das soluções de uso comum para pequenos frascos ou copos de plástico transparente.
Por ex: detergentes (de preferência transparentes), água da torneira, solução aquosa de bicarbonato de sódio, vinagre, sumo de limão, etc...
5. Verter algumas gotas de indicador de couve-roxa (com ajuda de um conta-gotas ou uma palhinha) sobre cada uma das soluções.
6. Observar e registar.
7. Estimar o valor de pH por comparação com o espectro de cores da figura no final da página.

Folha de registo

As soluções aquosas e o seu carácter ácido, básico ou neutro

Solução / pH	Frasco 1	Frasco 2	Frasco 3	Frasco 4	Frasco 5
Cor do indicador couve-roxa					
Caráter químico da solução					
pH estimado (comparação da cor)					



Apêndice 15 - Apresentação: Velocidade das reações químicas

Reações químicas

A velocidade das reações químicas

A velocidade das reações químicas

As reações químicas ocorrem todas com a mesma velocidade?

Formação de estalactites

Compostagem

Amadurecimento do queijo

Fogo de artifício

REAÇÕES RÁPIDAS E REAÇÕES LENTAS

A velocidade das reações químicas

Cato Maximilian **Guldberg** (1836-1902) e Peter **Waage** (1833-1900) foram cientistas que contribuíram para o estabelecimento das bases de um novo domínio da Química – a Cinética química. Definiram neste ramo o conceito de velocidade de uma reação química.

As reações ocorrem durante um determinado intervalo de tempo. Quanto menor for esse intervalo de tempo maior é a velocidade da reação química.

Reações rápidas e lentas

As reações químicas podem ser rápidas ou lentas.

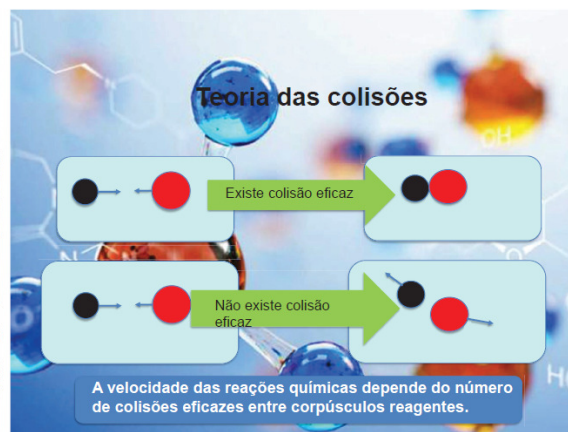
- A combustão de um fósforo ou de um pedaço de papel são exemplos de reações rápidas.
- A oxidação de um metal (por exemplo, a formação de ferrugem) pode ser considerada uma reação lenta.

A velocidade das reações químicas

Velocidade da reação = $\frac{\text{"Quantidade" de reagente consumido ou produto formado}}{\text{Intervalo de tempo de transformação}}$

A velocidade de uma reação química é tanto maior:

- quanto mais rapidamente se consumirem os reagentes;
- quanto mais rapidamente se formarem os produtos.



- ### Resumindo
- As reações podem ser classificadas de acordo com o tempo que levam a ocorrer: muito lentas, lentas, rápidas e muito rápidas.
 - A velocidade das reações químicas relaciona-se com o tempo necessário para obter uma certa "quantidade" de um produto da reação ou para consumir uma certa "quantidade" de um reagente.
 - Quanto **menor** for o intervalo de tempo necessário para consumir determinada(o) massa ou volume de reagente ou formar produto, maior é a velocidade da reação.
 - A rapidez de uma reação depende do número de colisões eficazes entre corpúsculos reagentes.
 - A velocidade das reações químicas depende da natureza dos reagentes.



Apêndice 16 - Apresentação: Fatores que afetam a velocidade reações químicas

Reações químicas

Fatores que afetam a velocidade das reações químicas

A velocidade das reações químicas

Existem reações químicas com velocidades muito diferentes. Por vezes, queremos tornar uma reação química mais rápida ou mais lenta.

Fatores que afetam a velocidade das reações químicas

- Concentração dos reagentes (solução)
- Estado de divisão dos reagentes (sólidos/liquídos)
- Presença de catalisadores
- Temperatura

Como se controla a velocidade das reações químicas

Efeito do estado de divisão de reagentes sólidos

Maior divisão dos reagentes (sólido ou líquido) → Maior superfície de contacto → Mais choques → Maior velocidade da reação

A madeira muito dividida (A) arde mais facilmente do que um tronco de madeira inteiro (B).

Como se controla a velocidade das reações químicas

Efeito dos catalisadores

- Os catalisadores são substâncias que se adicionam aos reagentes com a finalidade de alterarem a velocidade das reações.
- Estas substâncias não se consomem nas reações. Assim, a massa dos catalisadores é a mesma no início e no fim das reações.

Como se controla a velocidade das reações químicas

Efeito da temperatura

Maior temperatura → Maior agitação dos corpúsculos → Choques mais energéticos → Maior velocidade da reação

A maçã (A) mantida à temperatura ambiente apodrece mais rapidamente do que a maçã (B) mantida no frigorífico, onde a temperatura é mais baixa.

Como se controla a velocidade das reações químicas

Efeito da concentração dos reagentes

Maior concentração (do reagente em solução) → Mais corpúsculos → Mais choques → Maior velocidade da reação


Quando se deixa cair umas gotas ácido concentrado no calcário observa-se uma grande efervescência (A), mas quando se deixa cair umas gotas de ácido muito diluído não se observa praticamente efervescência (B).

Como se controla a velocidade das reações químicas

Catalisadores

- Positivos ou Catalisadores: Substâncias que aumentam a velocidade das reações. Ex.: Os conversores catalíticos nos veículos a diesel e as enzimas na bioquímica.
- Negativos ou Inibidores: Substâncias que diminuem a velocidade das reações. Ex.: Os conservantes e os antioxidantes usados para preservar os alimentos.

Apêndice 17 -Protocolo Laboratorial para os Alunos

 <p>FACULDADE CIÊNCIAS Departamento de Química</p>	<p>Química -12.º ano Subdomínio: Metais, ambiente e vida Capítulo: 3.4. Os metais como catalisadores</p>
	<p>Ensaio Piloto A.L. Catálise Enzimática</p> <p>Ano letivo 2019/20</p>

HIDRÓLISE QUÍMICA E ENZIMÁTICA DA SACAROSE

Efeito da enzima invertase na velocidade na energia de ativação e na velocidade da reação química

Enquadramento programático da atividade laboratorial nas metas de aprendizagem da disciplina de Química do 12.º ano:

Metais, ambiente e vida: 3.4 - Os metais como catalisadores

“1. Associar a importância dos catalisadores em química, bioquímica ou na atividade industrial com a necessidade de acelerar reações que se dão em condições de temperatura e/ou concentrações comparativamente baixas.

2. Identificar as enzimas como catalisadores bioquímicos indispensáveis para que as reações químicas em sistemas biológicos ocorram em tempo útil.

3. Associar a ação de um catalisador numa reação química à alteração da velocidade da reação sem alterar a sua extensão.”

In: Metas Curriculares de Química, 12.º ano. MEC ,2014, p.10.

Introdução Teórica

Invertase e sacarase são nomes triviais da enzima de nome sistemático β -D- frutofuranósido fruto-hidrolase de nome recomendado β -D-frutofuranosidase. A invertase catalisa a hidrólise da sacarose, um dissacarídeo (não redutor), vulgarmente conhecido por “açúcar de cana” designação atribuída ao açúcar refinado a partir do melaço da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*).

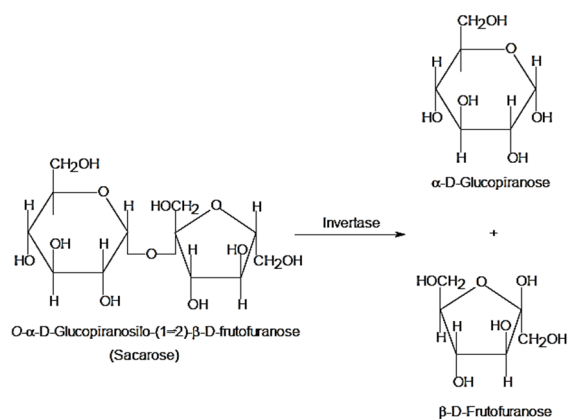


Figura 1. Reacção de hidrólise da sacarose catalisada pela enzima invertase.

Da hidrólise da sacarose resultam dois monossacarídeos (reduzores), açúcares “mais simples” e com um efeito “adoçante” mais intenso: a glucose e a frutose (figura 1).

O centro ativo das enzimas favorece o fator orientação (colisão eficaz) entre o(s) reagente(s) ao mesmo tempo que estabiliza os processos intermediários (complexo enzima-substrato “ES”), reduzindo, assim, a “barreira energética” da reação. Assim sendo, a velocidade da reação é afetada, obtendo-se uma cinética química diferente (sem alterar o estado de equilíbrio).

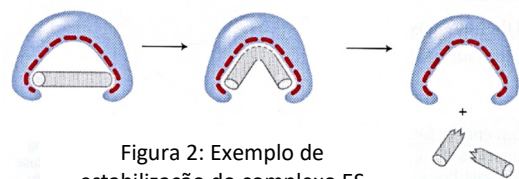


Figura 2: Exemplo de estabilização do complexo ES

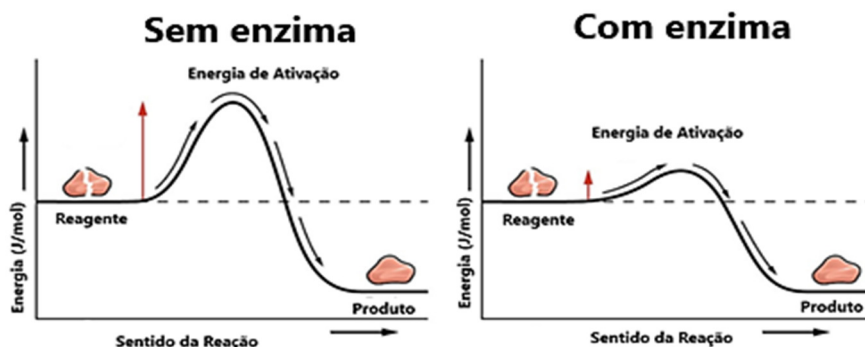


Figura 3: Efeito do biocatalisador na energia de ativação (E_a).

Este trabalho laboratorial pretende averiguar experimentalmente a ação da invertase na hidrólise da sacarose em comparação com a hidrólise não enzimática mantendo as mesmas condições do meio reacional, com exceção da temperatura, uma vez que, para obter valores mensuráveis em tempo útil, ajustar-se-á a temperatura à cinética de cada uma das reações.

Como todas as enzimas são proteínas, o valor do pH e da temperatura condicionam a sua atividade, podendo provocar a sua desnaturação. A invertase apresenta uma atividade relativamente alta na gama de pH entre 3,5 a 5,5, com um valor de pH ótimo perto de 4,5. A temperatura ótima da invertase é cerca de 55°C.

Com o aumento da temperatura, as reações químicas aumentam a sua velocidade; no entanto, nas reações catalisadas por enzimas existe uma temperatura máxima, a partir da qual ocorre a desnaturação, por isso todas as temperaturas deste procedimento experimental são abaixo desse valor.

Na gama de temperaturas em que a atividade enzimática (ae), aumenta, o efeito da temperatura na atividade é descrito em termos matemáticos, pela chamada lei de Arrhenius; o mesmo acontece para a velocidade (v) da reação não enzimática.

$$v = A e^{\frac{-E_a}{RT}} \quad \text{ou} \quad ae = A e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

Em que,

- **v** - Velocidade da reação não enzimática;
- **ae** - Atividade enzimática, isto é, velocidade da reação catalisada pela enzima;
- **A**- Fator pré-exponencial de Arrhenius que depende da concentração de substrato (reagente);
- **E_a** - Energia de ativação (ou energia livre de ativação de Gibbs - ΔG^\ddagger);
- **R** - Valor da constante dos gases ideais;
- **T**: Valor da temperatura absoluta.

Linearizando a equação anterior (logaritmo neperiano), obtemos a seguinte equação da reta

$$\ln(ae|v) = \ln(A) - \frac{E_a}{RT} \Leftrightarrow \underbrace{\ln(ae|v)}_y = \underbrace{\ln(A)}_b - \underbrace{E_a}_{m} \times \underbrace{\frac{1}{RT}}_x$$

Estes dados podem ser tratados com recurso a calculadora gráfica e/ou folha de cálculo EXCEL®.

Notas importantes:

- O reagente DNS reage apenas com açúcares redutores (glucose e frutose).
- A reta de calibração permite quantificar os produtos de reação(rever a AL 1.5).
- A atividade enzimática (**ae**) ou da velocidade da reação (**v**) será determinada pelo método do ponto final da reação.
- A **ae|v** calcula-se através da quantidade de produto formado (Δ Produto) num dado intervalo de tempo (Δt), expresso, neste caso em $\mu\text{mol}/\text{min}$.

$$ea|v = \frac{\Delta\text{Produto}}{\Delta t}$$

PROCEDIMENTO LABORATORIAL

Material	Reagentes
<ul style="list-style-type: none">• Espectrofotómetro e respetivas cuvetes• Cronómetros (podem usar os telemóveis em <i>modo avião</i>)• Suporte e tubos de ensaio• Micropipetas e respetivas pontas• Banhos termostatizados• Pipetas de Pasteur• Placas de aquecimento• Gobelés (500mL, 150mL e 50mL)• Termómetros• Vortex	<ul style="list-style-type: none">• Extrato de invertase do “fermento de padeiro”• 250 mL de solução tampão acetato 20 mmol/L (pH 4,5)• 100 mL de solução de sacarose 0,25 mol/L• 50 mL de solução equimolar de glucose/frutose 2,5 mmol/L (solução de açúcar invertido)• 250 mL de reagente de DNS• Água destilada

ATENÇÃO

- 1- Etiquetar todos os tubos de ensaio, gobelés e pontas de micropipeta com caneta de acetato.
- 2- As temperaturas consideradas para os banhos são as registadas nos termómetros.
- 3- O tempo de reação é o intervalo de tempo EFETIVO entre a adição da sacarose e a adição do reagente DNS.
- 4- A micropipeta tem dois pontos de pressão na aspiração usa-se o primeiro ponto.

Grupo 1: Curva de calibração

Realizar em duplicado: 2 tubos de ensaio (t_1 e t_2)

1. De acordo com os volumes apresentados na tabela abaixo pipetar para uma série de tubos de ensaio as seguintes soluções (em duplicado):

- a) Solução equimolar de glucose/frutose 2.5 mmol/L;
- b) Água destilada;
- c) Tampão de acetato 20 mmol/L, (pH=4,5)
- d) A solução de sacarose 0,25 mol/L
- e) Reagente de DNS

Tubos	V (Glc/Frt) mL	V (H ₂ O) mL	V (T. de acetato) mL	V (Sacarose) mL	V (DNS) mL
A (branco)	0	1,0	2,0	1,0	2,0
B	0,2	0,8	2,0	1,0	2,0
C	0,5	0,5	2,0	1,0	2,0
D	0,8	0,2	2,0	1,0	2,0
E	1,0	0,0	2,0	1,0	2,0

2. Homogeneizar no vortex e aquecer os tubos num banho de água em ebulição durante 5 minutos.

3. Deixar arrefecer e diluir a solução adicionando 4 mL água destilada ($V_{total} = 10\text{mL}$).
4. Homogeneizar no vortex e ler a absorvância a 540 nm .
5. Construir a reta de calibração (subtraindo o *branco*).

Determinação da energia de ativação da reação de hidrólise da sacarose.

❖ Grupo 2: Reação Catalisada pela Invertase

Realizar em duplicado: 2 tubos de ensaio (t_1 e t_2)

Ponto 1 : O extrato de invertase (diluição apropriada).

Pontos 3 e 4: A temperatura é de $T= 25^{\circ}\text{C}$.

Colocar previamente a aquecer os gobelés com água na placa em aquecimento e etiquetar os tubos.

1. Pipetar para 2 tubos de ensaio 1 mL de solução diluída de enzima.
2. A cada tubo adicionar 2 mL de solução tampão acetato 20 mmol/L .
3. Incubar os tubos num banho termostaticado a 25°C durante cerca 5 minutos.
4. Adicionar, iniciando a contagem do tempo, 1 mL de solução de sacarose 0,25 mol/L, agitar e deixar a reagir a 25°C .
5. Parar a reação após **20^(*) minutos** por adição de 2 mL de reagente DNS.
6. Aquecer os tubos num banho de água **em ebulição** durante 5 minutos e deixar arrefecer.
7. Diluir a solução adicionando 4 mL água destilada ($V_{\text{Total}}= 10\text{mL}$) e homogeneizar no vortex.
8. Ler os valores da absorvância para cada tubo a 540 nm (tomando o "**branco**" como zero).

Repetir o protocolo anterior com as seguintes alterações:

- a) Nos pontos **3 e 4** a temperatura será $T= 30^{\circ}\text{C}$ e no ponto 5 parar a reação ao fim de **15^(*) minutos**.
- b) Nos pontos **3 e 4** a temperatura será $T= 35^{\circ}\text{C}$ e no ponto 5 parar a reação ao fim de **10^(*) minutos**.
- c) Nos pontos **3 e 4** a temperatura será $T= 40^{\circ}\text{C}$ e no ponto 5 parar a reação ao fim de **6^(*) minutos**.

(*) Os valores poderão ser ajustados em função da diluição da enzima

❖ Grupo 3: Reação Não Enzimática

O procedimento é idêntico ao anterior substituindo 1 mL da solução de enzima (diluição apropriada), por 1 mL de água destilada. Como a reação da hidrólise não enzimática da sacarose é significativamente mais lenta obriga a usar temperaturas superiores a fim de alcançar dados mensuráveis (dentro dos valores da reta de calibração) no tempo de aula disponível.

Realizar em duplicado: 2 tubos de ensaio (t_1 e t_2)

Ponto 1 : Usar água destilada.

Pontos 3 e 4: A temperatura é de T= 70°C.

Colocar previamente aquecer o gobelé com água na placa em aquecimento.

1. Pipetar para 2 tubos de ensaio 1 mL de água destilada.
2. A cada tubo adicionar 2 mL de solução tampão acetato 20 mmol/L.
3. Incubar os tubos num banho termostatizados a 70°C durante cerca 5 minutos.
4. Adicionar, anotando o tempo, 1 mL de solução de sacarose 0,25 mol/L, agitar bem e deixar a reagir a 70°C.
5. Parar a reacção após **60^(†) minutos** por adição de 2 mL de reagente DNS.
6. Aquecer os tubos num banho de água **em ebulição** durante 5 minutos e deixar arrefecer.
7. Diluir a solução adicionando 4 mL água destilada ($V_{\text{Total}} = 10\text{mL}$) e homogeneizar no vortex.
8. Ler os valores da absorvência para cada tubo a 540 nm (tomando o "**branco**" como zero).

Repetir o protocolo anterior com as seguintes alterações:

1. Nos pontos **3 e 4** a temperatura será T= 75° C e no ponto parar a reacção ao fim de **40^(†) minutos**.
2. Nos pontos **3 e 4** a temperatura será T= 80° C e no ponto 5 parar a reacção ao fim de **20^(†) minutos**.
3. Nos pontos **3 e 4** a temperatura será T= 85° C e no ponto 5 parar a reacção ao fim de **10^(†) minutos**.

(†) Os valores poderão ser ajustados em função dos ajustes na temperatura dos banhos.

Registos de dados

❖ Reta de calibração

Tubo	Branco	A	B	C	D
V (Glc/Frt)	0,0 mL	0,2 mL	0,5 mL	0,8mL	1,0 mL
Abs_{540 nm} t₁					
Abs_{540 nm} t₂					
<Abs_{540 nm}>					

❖ **Hidrólise da Sacarose Catalisada pela Invertase**

Temperatura (°C)				
Tempo de reação (min)				
Abs_{540 nm} t₁				
Abs_{540 nm} t₂				
<Abs_{540 nm}>				

❖ **Hidrólise Não Enzimática da Sacarose**

Temperatura (°C)				
Tempo de reação (min)				
Abs_{540 nm} t₁				
Abs_{540 nm} t₂				
<Abs_{540 nm}>				

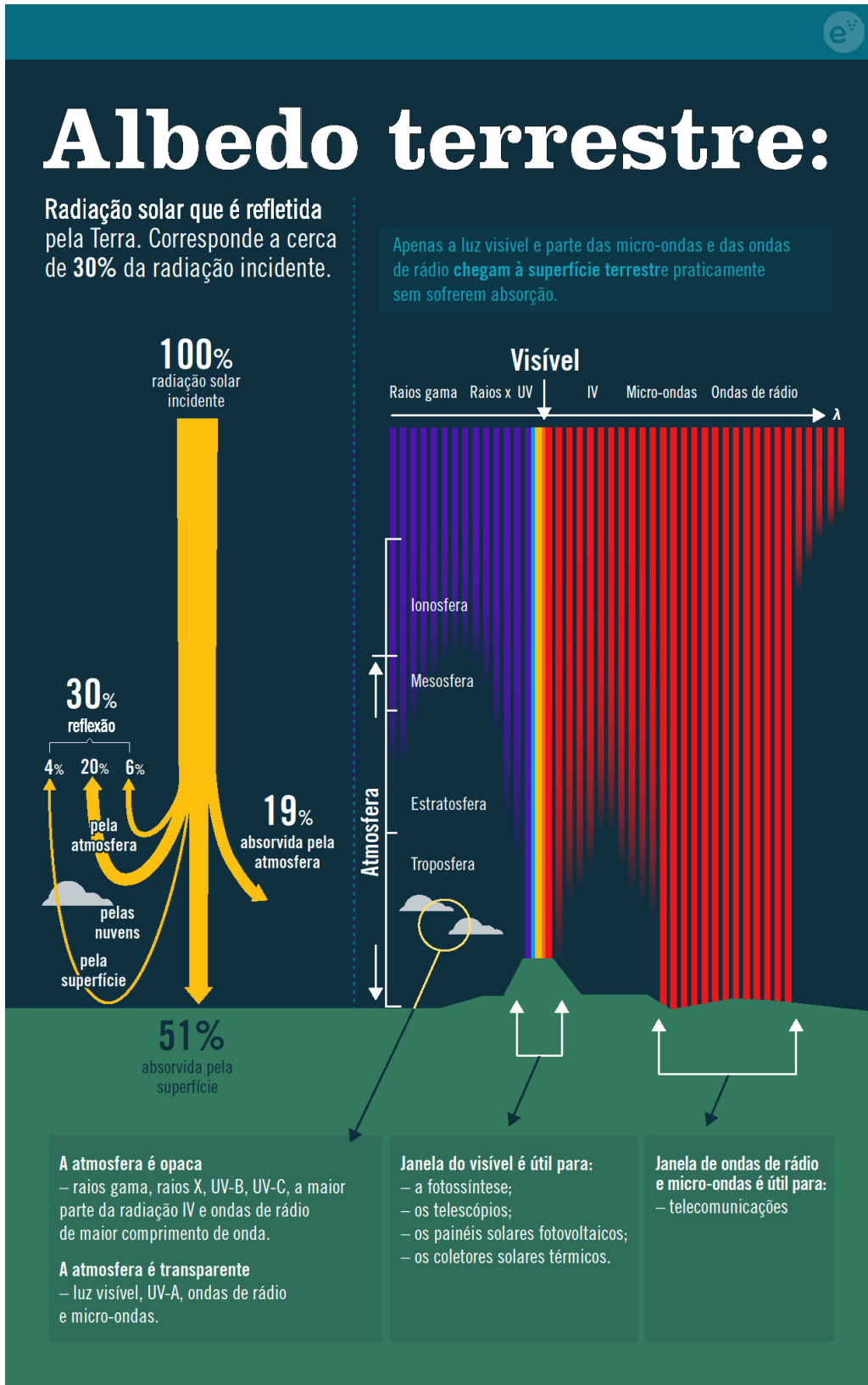
Observações:

Bibliografia:

- Campos, Luís (2002). *Entender a Bioquímica* (3ª Edição). Lisboa, Escolar Editora.
- Cândido, Ricardo; Teixeira, Artur (1983). *Enzimas* (4.ª Edição). Lisboa, Didática Editora.
- Chang, Raymond (1994). *Química* (5.ª Edição), Lisboa, McGraw-Hill.
- Ferreira, João Paulo, Boletim de Biotecnologia nº 72, abril 2002, *Segredos da catálise enzimática*.
- Garret, Reginald H.; Grisham, Charles (1999). *Biochemistry* (2nd Edition). USA, Saunders College Publishing.
- Guia de trabalhos práticos de Princípios de Bioquímica (2004). Departamento de Química da Universidade de Aveiro.
- Nelson, David L.; Cox, Michael M. (2000). *Lehninger Principles of Biochemistry* (Third Edition). New York, Worth Publishers.
- Sotomayor, João (2003) *Cinética Química*. Lisboa, Lidel – Edições Técnicas, Lda.
- Stryer, Lubert (1999). *Biochemistry* (Fourth Edition). New York, W.H. Freeman and Company.
- Wang, N. (2004). *Enzyme Kinetics of Invertase Rate Determination*. Department of Chemical Engineering. USA, University of Maryland.
- Whitaker, Jonh R.; Voragem, Alphons G. J.; Wong, Dominic W. S. (2003). *Handbook of food enzymology*. New York, Marcel Dekker, Inc.

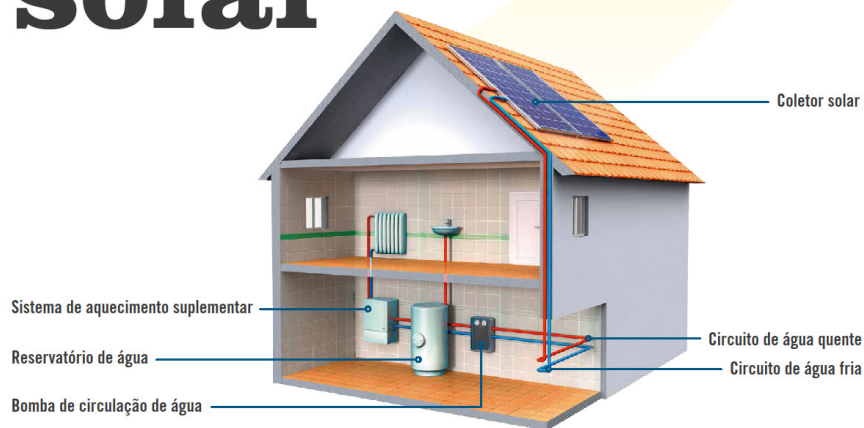
Anexos

Anexo 1 – Albedo Terrestre



Anexo 2 – Coletor Solar

Coletor solar



Coletor solar

Radiação solar aquece um fluido.

Sistema de aquecimento suplementar

Permite o aquecimento da água quando não existe radiação solar ou quando esta é insuficiente.

Circuito de água quente

Serve as instalações sanitárias, aquecimento central, etc.

Reservatório de água

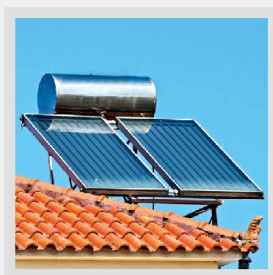
Onde é aquecida e armazenada a água que serve as instalações, aquecimento central, etc.

Circuito de água fria

Água que poderá ser aquecida.

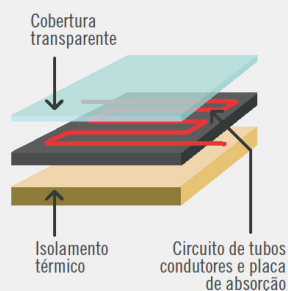
Bomba de circulação de água

Faz circular a água pelo circuito.



O que é um coletor solar?

O coletor solar é um dispositivo que transforma energia solar em energia térmica e onde ocorrem transferência de energia por condução e por convecção. A sua principal aplicação é o aquecimento de água nas mais diversas instalações (águas sanitárias, piscinas, sistemas de aquecimento central, etc.).



Como é constituído um coletor solar?

Num coletor solar, a radiação é absorvida por uma placa, geralmente pintada de preto fosco, que transfere energia para um circuito de tubos. Nestes tubos circula um fluido que é assim aquecido.

Anexo 3 – Explora: Reações de Precipitação



Explora

Diário Nuno Jacinto
Breno do Carmo Correia
Carlos Brito

2013

Ano Internacional de Cooperação pela Água

Público-alvo
Alunos do Físico-Química do 8º ano, podendo ser aplicado a alunos de outros anos de escolaridade do ensino básico.

Recursos
Ficha de trabalho

Duração
90 minutos

Bibliografia e sites
Agência Portuguesa do Ambiente
<http://snlamb.apambiente.pt/atlas/>, consultado em janeiro de 2013.

EPAL
<http://www.epal.pt/>, consultado em janeiro 2013.

Metas de aprendizagem a atingir

- Associa águas duras a soluções aquosas com elevada concentração, essencialmente, em íons cálcio e magnésio e indica métodos de tratamento de água para diminuir a sua dureza.
- Explica consequências da utilização, na indústria e a nível doméstico, de águas naturais de diferente dureza e relaciona a dureza da água com a região do subsolo de onde brota ou percorre.
- Caracteriza reações de precipitação como reações em que se formam sais pouco solúveis em água (precipitados) e identifica-as, em demonstrações laboratoriais e em contextos reais (formação de estalactites e de estalagmites, de conchas e de corais).
- Indica, após pesquisa e sistematização de informação, tratamentos físico-químicos simples usados no tratamento de águas de abastecimento público.



Analisa e reflete

A presença de sais de cátions cálcio e magnésio que se dissolvem na água através do contacto com os solos dificulta a dissolução dos detergentes e sabões, fazendo com que estes originem pouca espuma. Esta dissolução é responsável pelo sabor desagradável da água e provoca a deposição de calcário nas canalizações, máquinas de lavar, louças, ferros de engomar a vapor e até nas torretas e chuveiros. Aqueles cátions reagem com os sabões, provocando a formação de escuma, um precipitado que impede a sua ação de limpeza.

Os íons cálcio e magnésio dissolvidos em água não colocam problemas do ponto de vista da saúde pública, podendo até contribuir para suprir as nossas necessidades de sais minerais. A dureza da água tem também um efeito positivo na vida aquática, baixando a toxicidade de outros íons metálicos, nomeadamente os íons chumbo, cádmio, cromo e zinco. Os carbonatos e bicarbonatos são os responsáveis pela dureza dita temporária. Já a dureza devida aos cloretos, sulfatos e nitratos designa-se por dureza permanente. A dureza total de uma água resulta da soma dos dois tipos de dureza. A dureza temporária pode ser eliminada elevando a temperatura da água até à ebulição, o que provoca a precipitação do carbonato de cálcio e do carbonato de magnésio. A dureza permanente é aquela que não pode ser eliminada por ebulição, contudo, pode ser eliminada, por exemplo, por adição de substâncias que impedem a reação dos íons cálcio e magnésio com os sabões: os anticalcários. A dureza da água pode ser classificada consoante a sua concentração em carbonato de cálcio (CaCO₃) de acordo com a tabela 1.




Figura 1 – Depósito de calcário num chuveiro.

No mapa da figura 2 encontra-se representada a dureza da água em Portugal continental. Verifica-se genericamente que as águas do Norte do país são menos duras que as do Sul.

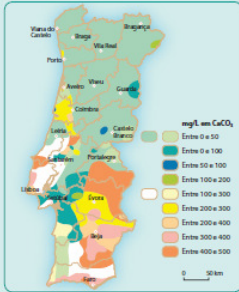



Figura 2 – Dureza das águas em Portugal continental. Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente.

A origem mais comum da dureza das águas são as rochas de calcário, formadas essencialmente por CaCO₃. Os solos no Sul de Portugal são calcários ou dolomíticos, provocando uma maior dureza à água.

Grau de dureza	Concentração de carbonato de cálcio (mg/L)
Macia	0-60
Média	60-150
Dura	150-300
Muito dura	> 300

Tabela 1 – Classificação da dureza da água.



As zonas graníticas caracterizam-se por produzirem águas mais macias (Norte de Portugal). Uma outra característica importante das águas é a sua alcalinidade. Esta relaciona-se de forma bastante estreita com a sua dureza. Quanto mais alcalina for uma determinada água, maior é a probabilidade de se apresentar com dureza elevada.

A mineralização ocorre quando a água, ao atravessar os solos e em contacto com estes, dissolve alguns dos seus constituintes, primariamente sais e compostos moleculares. O processo de mineralização que ocorre é facilitado pela dissolução de dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera, que ocorre durante a precipitação, e que facilita a dissolução do CaCO₃, que de outra forma é muito pouco solúvel em água.

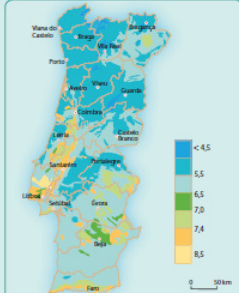


Figura 3 – pH das águas em Portugal continental. Fonte: Agência Portuguesa do Ambiente.

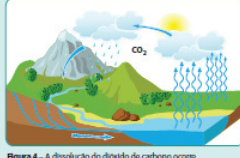


Figura 4 – A dissolução do dióxido de carbono ocorre naturalmente no ciclo da água.

Neste processo, a grandes profundidades, a elevada concentração de CO₂ provoca a dissolução do calcário e leva à formação de grutas. Durante o processo de infiltração das águas nessas grutas, o CaCO₃ pode voltar a depositar-se, com a evaporação da água, formando-se as estalactites (no teto) e as estalagmites (no chão).





Figura 5 – Estalactites e estalagmites.



Questões

- A partir do texto identifica:
 - os agentes responsáveis pela dureza da água.
 - de que forma poderias verificar se uma água é dura.
 - alguns inconvenientes associados à dureza da água.
 - alguns aspetos positivos associados à dureza da água.
- No Sul de Portugal continental, a água apresenta uma dureza significativa.
 - Elabora um texto explicativo das razões subjacentes a esta dureza, referindo formas de a minimizar.
 - Os gráficos 1 e 2 apresentam a solubilidade, respetivamente, do carbonato de cálcio e do sulfato de cálcio em função da temperatura.

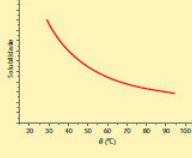


Gráfico 1 – Solubilidade do carbonato de cálcio.

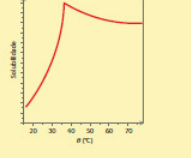


Gráfico 2 – Solubilidade do sulfato de cálcio.

- Explica por que motivo ferver a água diminui a sua dureza temporária.
- Justifica por que razão ferver a água não resolve o problema da dureza permanente.

- A concentração de CaCO₃ nas águas portuguesas pode atingir valores de 400 mg/L, sendo essa água considerada como muito dura. Sabendo que uma família de quatro pessoas consome uma média de 22 m³ de água muito dura por mês, determina a massa de CaCO₃ transportada.
- Analisa os mapas das figuras 2 e 3. Identifica a região onde vives e caracteriza a sua água quanto à dureza e à alcalinidade.

