



MESTRADO EM QUÍMICA EM CONTEXTO ESCOLAR

**TINTURARIA TRADICIONAL – UMA
ABORDAGEM EM CONTEXTO ESCOLAR**

Maria Helena Traquete Carvalho Botelho da Palma Alves

Orientadora: Professora Doutora Teresa Alexandra da Silva Ferreira

Coorientadora: Doutora Ana Cristina Cabaça Manhita

ÉVORA

2012

MESTRADO EM QUÍMICA EM CONTEXTO ESCOLAR

**TINTURARIA TRADICIONAL – UMA ABORDAGEM
EM CONTEXTO ESCOLAR**

Maria Helena Traquete Carvalho Botelho da Palma Alves

Orientadora: Professora Doutora Teresa Alexandra da Silva Ferreira

Coorientadora: Doutora Ana Cristina Cabaça Manhita

ÉVORA

2012

AGRADECIMENTOS

Como preâmbulo não posso deixar de dizer que este trabalho é o resultado de muitas orientações, sugestões e conselhos pertinentes, para além de estímulos, disponibilidades e cumplicidades que, no decurso de vários meses, foram, para mim, o motor desta empresa.

Tudo o que ela tiver de positivo a eles se deve, sendo apenas de minha responsabilidade as falhas e limitações a ela subjacente.

Sublinho de um modo muito especial o interesse, o entusiasmo e a densidade crítica, tanto científica como pedagógica, que a Professora Doutora Teresa Ferreira manifestou na orientação esclarecida e amadurecida desta dissertação, assim como a sua disponibilidade para me ouvir, aconselhar e incentivar, estímulos estes sem os quais este trabalho não teria chegado ao fim ou não seria aquilo que é.

Agradeço ainda à minha coorientadora, Doutora Ana Manhita, por todo o apoio, disponibilidade e conselhos oportunos que me transmitiu e que me ajudaram durante a realização do trabalho, sendo que os seus conhecimentos científicos e o seu acompanhamento no laboratório HERCULES foram fundamentais.

Realço ainda o papel determinante dos meus alunos, a quem expressei a minha gratidão pelo empenho e entusiasmo com que participaram nas atividades propostas, pois sem eles este trabalho seria impossível.

Lembro também todo o incentivo e disponibilidade prestados pela escola onde leciono, Escola Secundária Padre António Macedo, na pessoa do meu Diretor, Professor Luís Manuel Filipe.

Destaco o projeto REMATAR – À Redescoberta dos Materiais dos Tapetes de Arraiolos (PTDC/HAH/64045/2006), a Universidade de Évora e o Laboratório HERCULES por terem disponibilizado o laboratório e todos os materiais necessários para a realização do trabalho e assim testar todas as experiências antes de as realizar com os meus alunos.

Saliento ainda o papel da Intertek Portugal, na pessoa da sr^a D^a. Virgínia Pinto, por ter permitido que os meus alunos “invadissem” o seu laboratório.

Reconheço na solidariedade e atenção sincera demonstradas por todos os meus amigos e muitos colegas, de várias áreas disciplinares, um importante apoio e incentivo para a prossecução deste trabalho no meio de solicitações e desafios profissionais deveras exigentes.

Mas o meu grande reconhecimento vai para o meu pai, o meu marido e a minha filha pela paciência que tiveram e pelo estímulo e força que sempre me transmitiram.

Finalmente agradeço à pessoa que sempre me amou incondicionalmente, que sempre me apoiou em todas as decisões que tomei e a quem devo tudo o que consegui e tudo aquilo que sou: a minha **MÃE**.

Ela foi, no início e durante a maior parte deste trabalho, um dos meus maiores apoios e quanto não desejaria ela ter chegado ao fim dele juntamente comigo e estar presente neste momento!

É a ti, **MÃE**, que eu dedico este trabalho e a ele estará sempre ligada a tua recordação.

TINTURARIA TRADICIONAL: UMA ABORDAGEM EM CONTEXTO ESCOLAR

RESUMO

No ensino de Química fala-se na “abordagem do cotidiano” e pretende-se “mostrar” ao aluno fenômenos químicos com que ele possa estar familiarizado. Nesta perspectiva, e considerando que o Programa de Química do 10º ano do Ensino Secundário contempla o estudo do espectro eletromagnético, da ligação covalente e uma abordagem simples sobre os compostos orgânicos, propõem-se neste trabalho um conjunto de atividades no âmbito da tinturaria tradicional que permitem exemplificar a importância que estes conceitos assumem no dia a dia e que constituem uma maneira diferente de abordar estes temas no ensino de Química.

Os alunos efetuaram tingimento de fibra de lã com corantes naturais: índigo com e sem a presença de redutor em meio básico; garança, casca de cebola e pau campeche utilizando como mordentes alúmen e sulfato de cobre em concentrações diferentes e recorrendo a métodos de tingimento diferentes. Traçaram-se também os espectros de absorção molecular das soluções de mordentes e das soluções padrão de alguns dos cromóforos constituintes dos corantes utilizados, com e sem mordente, que foram relacionados com a cor da solução e, por fim, com a cor da lã tingida e o modo como se estabelece a ligação fibra de lã-mordente-cromóforo.

O impacto deste trabalho no processo de aprendizagem foi avaliado através de observação de aula, relatório, teste teórico-prático, e questionário fornecidos aos alunos.

Palavras-chave: Tinturaria; Corantes; Compostos orgânicos; Ligação Química; Espectro eletromagnético; Atividade experimental; Ensino de Química

TRADITIONAL DYEING – AN APPROACH WITHIN THE SCHOOL CONTEXT

ABSTRACT

An everyday life approach is promoted in Chemistry teaching and students are expected to be confronted with chemical phenomena that are familiar to them in their daily lives. Within this scope and taking into consideration that the 10th Form Chemistry Curriculum of Secondary Education includes studying the electromagnetic spectrum, covalent bonding and a simple focus on organic compounds, a set of activities on traditional dyeing are used to exemplify the importance of these concepts in daily life, which constitutes a different way of approaching these subjects in Chemical teaching.

The students applied natural dyes to wool fibre: indigo (both with and without the presence of reducing agents), madder (*Rubia tinctorum* L.), onion, yellow skin, (*Allium cepa* L.) and campeachy wood (*Haematoxylum campechianum* L.), using alum and copper sulfate as a mordant in different concentrations and in different dyeing processes. Molecular absorption spectra were also drawn both of mordant and pattern solutions of some chromophores of these dyes (with and without mordant), which were then compared both with the colour of the solution and with the colour of the dyed wool and eventually with the way how the wool fibre-mordant-chromophore bond is set.

The impact of the task on the students' learning process was assessed using direct observation, an activity report, a quiz and a theoretical and practical test.

Keywords: dyeing; dye; organic compounds; chemical bond; electromagnetic spectrum; experimental activity; Chemistry teaching

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice Geral	vii
Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas	xii
Lista de Abreviaturas	xiii

Capítulo 1 - INTRODUÇÃO 1

1.1.	Contextualização do tema	5
1.2.	Enquadramento nos programas de Física e Química A do Ensino Secundário	8
1.3.	Os corantes no ensino da Química	10
1.4.	Os corantes naturais	12
1.5.	Tingimento com corantes naturais e ligação química	19
1.5.1.	A fibra de lã	19
1.5.2.	Tingimento de lã com corantes naturais que necessitam de mordente	21
1.5.3.	Tingimento com índigo	25
1.6.	O fenómeno da cor	26

Capítulo 2 - OBJETIVOS, METODOLOGIA E RECURSOS UTILIZADOS 29

2.1.	Objetivos do trabalho	33
2.2.	Metodologia desenvolvida	34
2.2.1.	Elaboração de recursos a aplicar em sala de aula (1ª fase)	34
2.2.2.	Descrição da metodologia desenvolvida em sala de aula (2ª fase)	37
2.2.3.	Divulgação do trabalho desenvolvido com os alunos (3ª fase)	43

Capítulo 3 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	45
3.1. Resultados obtidos pelos alunos nas atividades realizadas	50
3.1.1. Tingimento de fibra de lã com índigo	50
3.1.2. Tingimento de lã com corantes naturais que necessitam de mordente: garança, casca de cebola e pau campeche	51
3.1.2.1. Tingimento com garança	52
3.1.2.2. Tingimento com casca de cebola	53
3.1.2.3. Tingimento com pau campeche	55
3.1.3. Espetros de absorção molecular no UV/Vis de soluções de padrões de cromóforos de garança, casca de cebola e pau campeche, de soluções de mordente (alúmen e sulfato de cobre) e de soluções de cromóforo+mordente	57
3.1.3.1. Espetro de absorção da molécula cromófora do índigo	58
3.1.3.2. Espetros de absorção de moléculas cromóforas da garança	59
3.1.3.3. Espetros de absorção de moléculas cromóforas da casca de cebola	61
3.1.3.4. Espetros de absorção de moléculas cromóforas do pau campeche - hemateína e hematoxilina	63
3.2. Resultados das componentes de avaliação	66
3.2.1. Teste teórico-prático	66
3.2.2. Aula experimental	70
3.2.3. Relatório sobre a atividade experimental e avaliação global	73
3.3. Questionário de Interesse pelas Atividades Experimentais	76
Capítulo 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS	85
4.1. Considerações finais	89
4.2. Perspetivas futuras	91
BIBLIOGRAFIA	93

ANEXOS

Anexo I - Protocolos Experimentais	I-1
Anexo II - Textos de Apoio	II-1
Anexo III - Diapositivos utilizados em sala de aula	III-1
Anexo IV - Instrumentos de avaliação	IV-1
Anexo V - Questionário de Interesse pelas Atividades Experimentais	V-1
Anexo VI - Divulgação da Atividade Experimental	VI-1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Corantes naturais	13
Figura 1.2 - (A) família das antraquinonas, (B) família dos flavonóides, (C) β - caroteno, (D) indigotina	14
Figura 1.3 - (A) Garança. Estrutura química dos cromóforos da garança: (B) alizarina, (C) purpurina e (D) pseudopurpurina	16
Figura 1.4 - (A) Pau-brasil. Cromóforos do pau-brasil: (B) forma reduzida (brasilina) e (C) forma oxidada (brasileína)	17
Figura 1.5 - (A) Pau campeche. Cromóforo do pau campeche: (B) forma reduzida (hematoxilina) e (C) forma oxidada (hemateína)	17
Figura 1.6 - (A) Cascas de cebola. Estrutura química (B) da quercetina e (C) do canferol	18
Figura 1.7 - (A) <i>Indigofera tinctoria</i> L. (B) Estrutura química da indigotina	18
Figura 1.8 - Fórmula geral de estrutura de um aminoácido	19
Figura 1.9 - Reação de formação da ligação peptídica com a perda de uma molécula de água	20
Figura 1.10 - Interações entre duas cadeias polipeptídicas da lã	21
Figura 1.11 - Ligação alizarina-fibra de lã por ligação de hidrogénio na ausência de mordente	22
Figura 1.12 - Tingimento com canferol, utilizando o método de pré-mordentagem: (A) Fibra de lã. (B) Catião metálico do mordente. (C) conjunto fibra-mordente-corante	22
Figura 1.13 - Propostas de formação do composto de coordenação de alumínio-quercetina	23
Figura 1.14 - Formação do composto de coordenação crómio-alizarina	23
Figura 1.15 - Formação do composto de coordenação cobre (II)-alizarina S	24

Figura 1.16 - Tingimento com canferol, utilizando o método de tingimento e mordentagem em simultâneo	24
Figura 1.17 - Tingimento com canferol, utilizando o método de pós-mordentagem	24
Figura 1.18 - Redução da molécula de indigotina (reação direta) e oxidação da forma <i>leuco</i> -índigo (reação inversa)	26
Figura 1.19 - Espectro eletromagnético	26
Figura 2.1 - (A) Tingimento de lã com índigo sem solução básica e sem espécie redutora, (B) Preparação do banho corante de índigo com NaHO e Na ₂ S ₂ O ₄ e (C) Tingimento da lã com o banho corante de índigo, NaHO e Na ₂ S ₂ O ₄ (1 ^a semana)	39
Figura 2.2 - (A) Banhos corantes de garança e banho de mordentagem da fibra de lã com alúmen, (B) Filtração dos banhos corantes de garança e (C) Tingimento da lã com garança pelos dois métodos, MDT e M+T usando como mordente o alúmen (2 ^a semana)	40
Figura 2.3 - (A) Banhos corantes de casca de cebola e banho de mordentagem da fibra de lã com alúmen, (B) Filtração dos banhos corantes de casca de cebola e (C) Tingimento da lã com casca de cebola pelos dois métodos, MDT e M+T usando como mordente o alúmen (2 ^a semana)	40
Figura 2.4 - (A) Banhos corantes de pau campeche e banho de mordentagem da fibra de lã com alúmen, (B) Filtração dos banhos corantes de pau campeche e (C) Tingimento da lã com pau campeche pelos dois métodos, MDT e M+T usando como mordente o alúmen (2 ^a semana)	40
Figura 2.5 - (A) Banhos corantes de garança e banho de mordentagem da fibra de lã com sulfato de cobre, (B) Filtração dos banhos corantes de garança e (C) Tingimento da lã com garança pelos dois métodos, MDT e M+T usando como mordente o sulfato de cobre (3 ^a semana)	41
Figura 2.6 - (A) Banhos corantes de casca de cebola e banho de mordentagem da fibra de lã com sulfato de cobre, (B) Filtração dos banhos corantes de casca de cebola e (C) Tingimento da lã com casca de cebola pelos dois métodos, MDT e M+T usando como mordente o sulfato de cobre (3 ^a semana)	42
Figura 2.7 - (A) Banhos corantes de pau campeche e banho de mordentagem da fibra de lã com sulfato de cobre, (B) Filtração dos banhos corantes de pau campeche e (C) Tingimento da lã com pau campeche pelos dois métodos, MDT e M+T usando como mordente	42

	o sulfato de cobre (3ª semana)	
Figura 2.8 -	Espetro de absorção do índigo na forma <i>cetónica</i> em dimetilformamida (4ª semana)	43
Figura 3.1 -	(A) Fibra de lã tingida com índigo na ausência de ditionito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) e hidróxido de sódio (NaHO); (B) Fibra de lã tingida em meio básico (NaHO) com índigo na presença de ditionito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)	50
Figura 3.2 -	Fibra de lã tingida com garança e mordida com alúmen: (A) concentração $0,0085 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método MDT; (B) concentração $0,0085 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método M+T; (C) concentração $0,0030 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método MDT; (D) concentração $0,0030 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método M+T	52
Figura 3.3 -	Fibra de lã tingida com garança e mordida com sulfato de cobre pentahidratado: (A) concentração $0,0400 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método MDT; (B) concentração $0,0400 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método M+T; (C) concentração $0,016 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método MDT; (D) concentração $0,0016 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método M+T	53
Figura 3.4 -	Fibra de lã tingida com casca de cebola e mordida com alúmen: (A) concentração $0,0085 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método MDT; (B) concentração $0,0085 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método M+T; (C) concentração $0,0030 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método MDT; (D) concentração $0,0030 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método M+T	54
Figura 3.5 -	Fibra de lã tingida com casca de cebola e mordida com sulfato de cobre pentahidratado: (A) concentração $0,0400 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método MDT; (B) concentração $0,0400 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método M+T; (C) concentração $0,0016 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método MDT; (D) concentração $0,0016 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método M+T	54
Figura 3.6 -	Fibra de lã tingida com pau campeche e mordida com alúmen: (A) concentração $0,0085 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método MDT; (B) concentração $0,0085 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método M+T; (C) concentração $0,0030 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método MDT; (D) concentração $0,0030 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método M+T	55
Figura 3.7 -	Fibra de lã tingida com pau campeche e mordida com sulfato de cobre pentahidratado: (A) concentração $0,0400 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método MDT; (B) concentração $0,0400 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método M+T; (C) concentração $0,0016 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método MDT; (D) concentração $0,0016 \text{ mol.dm}^{-3}$ e método M+T	56
Figura 3.8 -	Espetro de absorção da indigotina na região do UV/Vis	58
Figura 3.9 -	Espetro de absorção da alizarina na região do UV/Vis	59
Figura 3.10 -	Espetro de absorção da purpurina na região do UV/Vis	60

Figura 3.11 - Espectro de absorção da quercetina na região do UV/Vis	62
Figura 3.12 - Espectro de absorção da hemateína na região do UV/Vis	63
Figura 3.13 - Espectro de absorção da hematoxilina na região do UV/Vis	64
Figura 3.14 - Resultados obtidos na questão 1: “Relativamente às metodologias de ensino como considera aprender melhor?”	77
Figura 3.15 - Resultados obtidos na questão 2: “Gosta de atividades experimentais?”	77
Figura 3.16 - Resultados obtidos na questão 3: “Motivos que o/a levam a gostar de realizar atividades experimentais”	78
Figura 3.17 - Resultados obtidos nas questões: “5.1- A atividade foi fácil de executar?; 5.2 - A atividade foi interessante?; 5.3 - A atividade despertou a curiosidade sobre os fenômenos químicos no mundo que nos rodeia?”	79
Figura 3.18 - Resultados obtidos na questão 5.4: “Os objetivos do trabalho foram atingidos no que se refere a:”	79
Figura 3.19 - Resultados obtidos nas questões: “5.5 - A atividade experimental ajudou a compreender melhor a ligação química estudada nas aulas teóricas?; 5.6 - A atividade experimental ajudou a compreender melhor a relação entre a ligação química estudada nas aulas teóricas e a sua aplicação no dia a dia?”	80
Figura 3.20 - Resultados obtidos na questão 6: “Classifique as aprendizagens consolidadas nesta atividade no que diz respeito a outros temas contidos no programa de 10 ^o ano”	81

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Plano de desenvolvimento das atividades ao longo da 1 ^a semana	38
Tabela 2.2 - Plano de desenvolvimento das atividades ao longo da 2 ^a semana	39
Tabela 2.3 - Plano de desenvolvimento das atividades ao longo da 3 ^a semana	41
Tabela 2.4 - Plano de desenvolvimento das atividades ao longo da 4 ^a semana	42
Tabela 2.5 - Plano de desenvolvimento das atividades ao longo da 5 ^a semana	43
Tabela 2.6 - Plano de aplicação dos instrumentos de avaliação	43
Tabela 3.1 - Distribuição das classificações obtidas no teste teórico-prático	67
Tabela 3.2 - Resultados obtidos na avaliação individual de cada parâmetro do teste teórico-prático e percentagem de ponderação na avaliação	67

	final	
Tabela 3.3 -	Distribuição das classificações obtidas na avaliação da aula experimental	71
Tabela 3.4 -	Resultados obtidos na avaliação de cada parâmetro da aula experimental e respetiva ponderação na avaliação final	71
Tabela 3.5 -	Distribuição das classificações obtidas no relatório e na classificação final (relatório, aula experimental e teste teórico-prático)	73
Tabela 3.6 -	Resultados obtidos na avaliação de cada parâmetro do relatório e avaliação global (média ponderada da classificação do relatório, aula experimental e teste teórico-prático)	74

LISTA DE ABREVIATURAS

c.d.o.	Comprimento de onda
DL ₅₀	Dose letal
DNA	Ácido desoxirribonucleico
DMF	Dimetilformamida
ES	Ensino Secundário
FQA	Física e Química A
MDT	Método de pré mordentagem (“morde e depois tinge”)
ME	Ministério da Educação
M+T	Método de mordentagem e tingimento em simultâneo (“morde e tinge”)
T.P.	Tabela Periódica
UE	Universidade de Évora
UV/Vis	Ultravioleta /Visível

1

Introdução

"Se você sabe, não se prive de ensinar a quem não aprendeu. O ensino é como o sol a criar um novo dia: A mente clareia para quem ensina e ilumina-se para quem aprende."

Dantas, Inácio (2006)

in "Dicas Para Um Bom Relacionamento No Trabalho"

1.1. Contextualização do tema

Sendo a Química uma ciência experimental, verifica-se que a prática laboratorial tem um lugar de destaque nos novos programas da disciplina de Física e Química A (FQA) do Ensino Secundário (ES), adotados em 2001 e, um peso elevado na avaliação da mesma.

A articulação entre a teoria e a prática é fundamental para o desenvolvimento cognitivo dos alunos, permitindo-lhes fazer a ligação entre os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas e os obtidos ao longo das suas experiências de vida, do senso comum e, muitas vezes, também a partir da comunicação social e das redes sociais. Sem esta articulação, corre-se o risco de que os conteúdos abordados nas aulas não sejam muito relevantes e que se produza uma dicotomia entre a “escola” e a “vida prática” .

A dificuldade dos alunos em compreender os conteúdos em Química pode ser minimizada ou até mesmo superada através do recurso a aulas experimentais já que estas, em geral, facilitam a compreensão dos temas abordados bem como a sua aplicação no quotidiano (Solomon, 1994). A facilidade com que os alunos apreendem novas ideias é tanto mais significativa quanto mais entenderem a sua aplicação prática. Sendo assim, seria uma lacuna grave ignorar a prática das atividades laboratoriais no currículo das disciplinas de Química, pois como refere Solomon (1994), "o laboratório é o lugar onde se ensinam as Ciências. É tão natural que a Ciência se faça no laboratório como os cozinhados na cozinha e a jardinagem no jardim".

Embora o trabalho laboratorial seja muito importante para as aprendizagens efetuadas pelos alunos, segundo a visão construtivista do ensino de Gil Pérez e Martínez Torregrosa (1983), é necessário que seja desenvolvido de modo a que não sirva apenas para confirmar e/ou ilustrar os conhecimentos previamente apresentados. De acordo com Afonso e Leite (2000), deve contribuir para interpretar ou explicar problemas do dia a dia que interessam ao cidadão comum.

Para Hodson (1994) existem três aspetos essenciais que devem ser considerados no ensino de Ciências: a aprendizagem deve ser conduzida de forma a adquirir e desenvolver conhecimentos teóricos e conceptuais, deve-se aprender sobre a natureza das Ciências para a compreender melhor bem como aos seus métodos e, finalmente, aprender a fazer Ciência para desenvolver os conhecimentos teóricos e metodológicos próprios da investigação científica e da resolução de problemas.

Castro e Barberá (1996) procuraram salientar a importância do trabalho laboratorial referindo que:

- proporciona experiência direta dos fenómenos, fazendo com que os estudantes aumentem o seu conhecimento tácito e a sua confiança em relação aos eventos naturais;

- permite contrastar a abstração científica já estabelecida com a realidade que esta pretende descrever – habitualmente muito mais rica e complexa – enfatizando-se assim a condição problemática do processo de construção de conhecimentos e fazendo com que aflorem alguns dos obstáculos epistemológicos que foi necessário superar na História da Ciência e que, uma vez substituídos, frequentemente são omitidos na exposição escolar do conhecimento científico atual;

- produz a familiarização dos estudantes com importantes elementos de caráter tecnológico, desenvolvendo a sua competência técnica;

- desenvolve o raciocínio prático no sentido de um comportamento inerentemente social e interpretativo, próprio da condição humana e necessário para a *práxis*, um tipo de atividade na qual o desenvolvimento progressivo do entendimento dos objetivos que se persegue emerge durante o exercício da própria atividade.

Hodson (2000) encontra ainda cinco motivos pelos quais os alunos devem realizar trabalho experimental, a saber:

- motiva, estimulando o interesse e o prazer de investigar;
- treina destrezas laboratoriais;
- enfatiza a aprendizagem do conhecimento científico;
- perfecciona o método científico e permite adquirir perícia na sua utilização;
- desenvolve “atitudes científicas”, como a abertura de espírito e a objetividade.

Adicionalmente, Oliveira (1999) acrescenta ao trabalho experimental uma tripla dimensão cujas componentes se interpenetram. A primeira dimensão refere-se a atividades propostas para o desenvolvimento global do aluno permitindo-lhe observar, experimentar, selecionar e organizar informação e dados, manipular materiais, relacionar, fazer conjeturas, argumentar, inferir conclusões, comunicar e avaliar. Quanto à segunda dimensão, está relacionada com atividades para o desenvolvimento de conceitos científicos e sua aplicação além da aquisição e construção de novos significados do conhecimento científico factual e processual. A terceira e última dimensão contempla atividades concebidas para ajudar os alunos a compreender a natureza da Ciência e os objetivos da investigação em Ciência, o papel da experimentação e da evidência na construção do conhecimento, envolvendo-os em processos investigativos de modo a construírem um conhecimento alargado em Ciência.

Esta importância atribuída ao trabalho experimental está de acordo com a teoria psicopedagógica de Piaget (1969) que considera que a componente experimental, associada à componente teórica, é importante para a concretização do ensino. Segundo Piaget (1969), a formação de indivíduos criativos e capazes de fazer progredir a sociedade do futuro tem de ter por base uma educação sustentada na descoberta ativa da verdade, preferencialmente a uma educação que se limita a transmitir verdades e conhecimentos acabados. Também Bruner (1973) admite que a aprendizagem deve ser feita com base na

experimentação, utilizando frequentemente o laboratório. Se queremos formar indivíduos capazes de contribuir para o desenvolvimento da sociedade e, ao mesmo tempo, serem criativos, o recurso ao laboratório é fundamental. Contudo, esse recurso só será uma mais valia se as atividades experimentais forem suportadas por uma teoria bem compreendida pelo aluno. As aulas experimentais não podem ser isoladas das aulas teóricas. De acordo com Almeida (2001) realça-se a importância da teorização prévia e exploração das ideias existentes como os precursores necessários ao trabalho experimental, ao nível da sua conceção, realização e exploração.

Verifica-se assim que o recurso ao trabalho experimental nas atividades letivas possibilita aos alunos uma maior facilidade na compreensão dos conteúdos e um maior incentivo e gosto pela pesquisa, promovendo ao mesmo tempo a autonomia e a cooperação. É também um bom promotor do trabalho de grupo.

Contudo, quando se analisa o programa do 10º ano de escolaridade verifica-se que não existem aulas experimentais sobre vários dos temas contemplados e as que estão previstas pouco se relacionam entre si e menos ainda com a experiência diária dos alunos. Um exemplo é o estudo da ligação química, particularizada nas moléculas na troposfera e com pouca relação com o dia a dia mais próximo dos alunos. Outro exemplo são os temas referentes ao espectro eletromagnético, radiação e energia e interação radiação-matéria, para os quais não está prevista nenhuma atividade prática e que são lecionados sem se estabelecer relação entre eles.

A extensão do programa da disciplina de FQA do 10º ano de escolaridade faz com que a pressão que assenta sobre os docentes para o seu cumprimento seja muito elevada, pois no final do 11º ano os alunos serão sujeitos a exame que ditará a classificação de uma disciplina considerada específica. A responsabilidade sentida pelos docentes é um fator de *stress* que lhes deixa pouco espaço de manobra para lecionar de uma forma mais criativa e mais virada para o ensino experimental limitando-se, por isso, a realizar com os seus alunos as atividades de laboratório previstas no programa. Porém, a certeza da importância do ensino laboratorial na formação científica e humana do aluno, como se referiu anteriormente, leva a que os docentes, por sua iniciativa, desenvolvam atividades experimentais extra-curriculares que permitem estabelecer a relação entre a teoria e a prática e, assim, proporcionar aos alunos uma maior compreensão dos temas abordados, da relação entre eles e das suas aplicações no dia a dia.

Neste contexto, o tema apresentado neste trabalho: “Tinturaria Tradicional: uma abordagem em Contexto Escolar” foi desenvolvido no âmbito do programa de FQA do 10º ano de escolaridade dos Cursos Científico-Humanísticos de Ciências e Tecnologias do ES e pretendeu propôr atividades laboratoriais que abordem algumas das temáticas do programa

e que complementem e integrem o ensino das mesmas. No seu quotidiano, os alunos lidam constantemente com corantes, os quais estão presentes em grande parte dos materiais que os rodeiam. As roupas, os alimentos e os produtos naturais são exemplos disso. A sua composição química e as diversas cores que apresentam podem ser usados para abordar vários capítulos do programa de Química do 10º ano de escolaridade, nomeadamente, a ligação química, o espetro eletromagnético, a radiação e energia e a interação radiação – matéria e relacioná-los entre si.

1.2. Enquadramento nos programas de Física e Química A do Ensino Secundário

O programa curricular de Química da disciplina de FQA do 10º ano de escolaridade, que entrou em funcionamento no ano letivo de 2003/2004 e que se mantém em vigor até hoje, é um programa abrangente, composto por duas unidades focadas, respetivamente, no ensino da Tabela Periódica (TP) e da ligação química. A primeira unidade centra-se nos átomos, elementos e partículas subatómicas e na forma como o conhecimento das propriedades dos elementos foi organizado na TP. Na segunda unidade, o objeto de estudo situa-se nas substâncias gasosas formadas por moléculas, no que respeita à sua estrutura, às ligações entre os seus átomos e a algumas das reações em que se envolvem. No conjunto, o capítulo **Espetros, radiações e energia**, dedicado ao estudo dos espetros e da radiação e energia, o capítulo **Interação radiação-matéria**, sobre a interação radiação-matéria, e o capítulo **Moléculas na troposfera - espécies maioritárias e espécies vestigiais**, referente à ligação covalente, são os capítulos objeto de estudo neste trabalho e nos quais as atividades propostas podem ser integradas. Por este motivo, estes capítulos são a seguir tratados em maior pormenor.

O capítulo **Espetros, radiações e energia** apresenta objetivos de aprendizagem que passam por caracterizar e interpretar tipos de espetros e associar a radiação a um determinado valor de energia, sem referir a frequência e o comprimento de onda. No capítulo **Interação radiação-matéria** os objetivos de aprendizagem relacionam-se com a atmosfera da Terra, salientando-se a atomização e a rutura de ligações. Quanto ao capítulo **Moléculas na troposfera - espécies maioritárias e espécies vestigiais**, os seus objetivos referem-se ao estudo da ligação covalente, fazendo-se a distinção entre ligação covalente simples, dupla e tripla, à representação da estrutura das moléculas na notação de Lewis e à relação da reatividade das mesmas com a energia de ligação.

No período compreendido entre os anos 1992 e 2003, quando o programa atual foi adotado, os conteúdos destes capítulos eram lecionados no 11º ano de escolaridade na disciplina de Ciências Físico-Químicas. Os objetivos de ensino eram semelhantes aos atuais. Contudo, no capítulo respeitante ao estudo da ligação química relacionava-se o efeito ligante e não-ligante dos eletrões na molécula com a sua distribuição espacial e com os conceitos de ligação simples e múltipla.

A análise do programa atual nos conteúdos referidos evidencia que não há uma inter-relação entre os temas referidos, os quais são apresentados de modo isolado e independente. Simultaneamente, verifica-se que o programa não sugere nenhuma atividade experimental para estes capítulos.

Uma das finalidades formativas do ES em relação à disciplina de FQA, constantes do programa, é a de que esta terá de ser encarada como uma via para o crescimento dos alunos e não como o espaço curricular onde se “empacotam” conhecimentos exclusivamente do domínio cognitivo. Além disso, a disciplina deve tornar os alunos conscientes do papel da Física e da Química na explicação de fenómenos do mundo que os rodeia. Para alcançar estas finalidades o programa define objetivos como a aquisição de competências práticas-laboratoriais-experimentais e o desenvolvimento de capacidades de trabalho em grupo e o gosto por aprender. Os alunos devem também ser capazes de desenvolver competências do tipo processual, conceptual e social, atitudinal e axiológico através da preparação, realização e avaliação de atividades práticas.

Apesar de o programa apresentar estas competências separadamente, não se podem dissociar umas das outras, pressupondo-se que os alunos ao adquirirem competências do tipo conceptual também estão a adquirir competências do tipo processual e atitudinal (Insausti e Merino, 2000). Ao definir estas finalidades e objetivos no programa do ES, o Ministério da Educação (ME) teve de proceder a alterações na legislação referente à carga horária e aos critérios de avaliação da componente experimental da disciplina. Quando o programa de 10º ano de escolaridade entrou em vigor, no ano letivo de 2003/2004, a carga horária semanal da disciplina de FQA estava organizada em três sessões de 90 minutos cada, sendo uma delas exclusivamente de carácter prático-laboratorial (Portaria nº 550-D/2004 de 21 de Maio). Em Outubro de 2007, o ME introduziu um reforço semanal de quarenta e cinco minutos a funcionar em associação com uma unidade letiva de noventa minutos, no sentido de viabilizar a componente prática e/ou experimental (Portaria nº 1322/2007 de 4 de Outubro).

Em relação à avaliação da componente prática e/ou experimental, à entrada em funcionamento do programa, competia ao Conselho Pedagógico da escola, de acordo com as orientações do currículo nacional, definir os critérios de avaliação, sendo obrigatória a

existência de momentos formais de avaliação da dimensão prática e experimental. Em 2007 o ME introduziu a obrigatoriedade de a componente prática e/ou experimental ter um peso mínimo de 30 % no cálculo da classificação a atribuir em cada momento formal de avaliação (Portaria nº 1322/2007 de 4 de Outubro). Ao introduzir estas alterações, o ME veio reforçar a existência de um ensino ainda mais experimental, realçando a sua importância como facilitador das aprendizagens teóricas (Ministério da Educação, 2003).

Apesar da intenção do programa de FQA do ES pretender associar a parte experimental e a parte teórica verifica-se que, relativamente aos conteúdos abordados no presente trabalho, nunca foi proposto nenhum trabalho experimental que os unificasse e que permitisse complementar as aquisições teóricas efetuadas pelos alunos.

1.3. Os corantes no ensino da Química

O tema da cor e, particularmente, a utilização de corantes naturais ou sintéticos, tem sido recorrente no ensino da Química. O *state-of-the-art* que se faz a seguir sobre a utilização de corantes em contexto escolar evidencia a vasta aplicação que lhes tem sido dada, sobretudo a partir da década de 90 do século XX, numa articulação constante entre a teoria e a prática, de modo a facilitar aos alunos a compreensão dos conteúdos programáticos e o seu relacionamento com o quotidiano.

Vários trabalhos experimentais têm sido propostos com o intuito de estimular nos alunos o gosto pela química e pela aprendizagem de conceitos químicos e sensibilizá-los para aspetos sociais, políticos, económicos e ambientais. A maior parte dos trabalhos teve como objetivo a introdução de conceitos contemplados nos programas do ensino básico, secundário e superior em diferentes países, tais como o de pH, equilíbrio ácido-base, concentração, estrutura química e espectrofotometria. Os conceitos de pH e equilíbrio ácido-base são, provavelmente, dos mais trabalhados.

Neste âmbito, está documentada a utilização de extratos de frutos ricos em antocianinas (Terci e Rossi, 2002) e de corantes naturais em frutos e legumes (Dias *et al.*, 2003; Calder, 2003) como indicadores de pH. Também Soares e colaboradores (2001) usaram corantes naturais obtidos a partir de flores em atividades experimentais com alunos do ES para a identificação de substâncias ácidas e básicas e introdução do conceito de indicador. Os extratos de couve roxa (Marconato *et al.*, 2004) e de frutos de *Solanum nigrum L.* (Ramos *et al.*, 2000) foram também usados como indicadores em titulações ácido-base no estudo do equilíbrio químico e de indicadores de pH.

Silva e colaboradores (2008) abordaram a relação entre o tema da cor, do espectro eletromagnético e da estrutura química de corantes através do tingimento de tecidos com soluções corantes.

Uma atividade desenvolvida por editores JCE (1999) refere o uso de corantes naturais como a casca de cebola (*Allium cepa* L.) e mirtilo (*Vaccinium myrtillus* L.), com e sem recurso à adição de mordente (alúmen), para ilustrar a influência da estrutura química do corante e do uso de mordente na cor final. Este tipo de estudo foi também realizado por Mihalick e Donnelly (2006, 2007) que tingiram fibras naturais e sintéticas com folhas de chá e pétalas de flores. O uso de diferentes fibras permitiu ainda observar que também a estrutura da fibra, do corante e do metal influenciam a cor final dos tecidos tingidos. Em estudos mais completos sobre a relação entre os espectros de absorção molecular e as cores observadas, foram utilizados extratos de corantes naturais de quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), unha de vaca (*Bauhinia variegata*), azálea (*Rhododendron simsii* L.), beijo-turco (*Impatiens walleriana* L.) e azeitona (*Olea europaea* L.) no tingimento de tecidos, recorrendo à utilização de diferentes mordentes (Couto *et al.*, 1998; Paixão *et al.*, 2006; Ekrami *et al.*, 2011).

Ramos e colaboradores (2006) apresentaram ainda um trabalho experimental em que é utilizado extrato de flores na determinação de nitritos adicionados artificialmente em águas minerais.

O índigo, o corante azul mais famoso, também tem sido utilizado em atividades laboratoriais. Melo e Barroso (2001) procederam à identificação das suas formas *ceto* e *leuco*, reduzindo a primeira com ditionito de sódio em meio básico e oxidando a segunda através do oxigénio atmosférico. Numa outra atividade apresentada pela Universidade de Sidney (2012) faz-se a comparação entre o tingimento com índigo e com alizarina.

Técnicas de separação cromatográfica foram também usadas na separação de corantes naturais. Nomeadamente, atividades usando a cromatografia em papel para a separação e identificação de pigmentos naturais em extratos de espécies vegetais ricas em antocianinas (Okumura *et al.*, 2002), de corantes alimentares (Fraceto e Lima, 2003) e para a análise de carotenóides (Ribeiro e Nunes, 2008). Também foi efetuada a separação de pigmentos naturais por cromatografia em coluna com diferentes fases estacionárias (Fonseca e Gonçalves, 2004; Silva *et al.*, 2006).

A utilização de corantes naturais para a produção e caracterização de células solares como uma opção para produzir energia de forma limpa e sustentável é também abordada do ponto de vista pedagógico. De acordo com Brites (2010), as células solares de Grätzel consistem em células fotovoltaicas de dióxido de titânio, TiO₂ nanocristalinas sensibilizadas por corantes e são consideradas como uma das possibilidades mais promissoras de aproveitar a energia solar para a obtenção de energia elétrica. Para estudar a eficiência de

conversão destas células foram realizadas atividades experimentais onde se utilizaram extratos de frutos ricos em antocianinas (Patrocínio e Ilha, 2010; Calogero e Di Marco, 2008) e corantes naturais existentes no chá e no vinho (Agnaldo *et al.*, 2006).

Os corantes sintéticos também têm sido utilizados no ensino da Química. Allan (1990) sugeriu a utilização de uma mistura comercial de três corantes (Shirlastain-A) para estudar as diferenças estruturais entre fibras têxteis naturais e sintéticas. Moura (2003) documentou uma atividade experimental de tingimento com corantes azóicos e outra com corantes diretos que permitiram estudar as forças de ligação entre os corantes e as fibras e classificar os corantes de acordo com a sua estrutura química ou o método de aplicação à fibra.

1.4. Os corantes naturais

Os corantes são substâncias orgânicas coradas responsáveis pela cor em muitos materiais como têxteis, alimentos e cosméticos. Devem apresentar uniformidade na coloração e a cor resultante deve ser resistente a agentes responsáveis pelo desbotamento, como a radiação solar e os processos de lavagem (Guaratini e Zanoni, 2000). Uma das características dos corantes é o facto de serem solúveis no meio aplicativo, geralmente água, em algum momento durante o processo de tingimento (Araújo, 2005; Broadbent, 2001; Cruz, 2007).

Os corantes podem ser de dois tipos: sintéticos ou naturais. Apesar de os primeiros apresentarem menor custo de produção, os segundos vão sendo cada vez mais utilizados porque não são cancerígenos nem tóxicos, sendo considerados “amigos do ambiente” (Samanta e Agarwal, 2009).

Os corantes naturais são encontrados em flores, sementes, frutos, cascas e raízes de plantas, madeiras, insetos e moluscos (Figura 1.1) e são extraídos através de processos físico-químicos, tais como a maceração, a destilação, a fermentação, a decantação, a precipitação e a filtração (Candeias, 2007) ou bioquímicos como a fermentação (Araújo, 2005). Em algumas situações, a cor do corante é logo visível na planta viva, como é o caso do açafrão.

A utilização de corantes naturais pelo Homem é muito antiga, havendo evidências de que entre 3000 e 4000 a.C. já os antigos egípcios usavam henna e carmim, entre outros, na pele e nos cabelos. Cerca de 1500 a.C. começaram a ser usados em alimentos na China, Índia e Egito (Araújo, 2005). Uma das principais aplicações dos corantes é na tinturaria têxtil. Pensa-se que ainda antes de 3000 a.C. já se procedia a tingimentos de têxteis nos países referidos anteriormente assim como na América do Sul (Candeias, 2007). A gama de cores era limitada e os tecidos tingidos apresentavam pouca solidez à lavagem e à

exposição à radiação solar. A solidez de um tingimento é uma medida da sua resistência à degradação da cor quando em exposição a um determinado agente ou tratamento. Também apresentavam pouca substantividade para fibras como lã e algodão. A substantividade implica alguma atração do corante para a fibra para que o corante se esgote gradualmente na solução e seja absorvido pela fibra (Broadbent, 2001).



Figura 1.1 – Corantes naturais (ModaSpot.com, 2010)

A pouca substantividade e solidez dos corantes naturais foi muitas vezes melhorada quando o tecido era tratado com uma solução contendo um sal de alumínio, ferro ou cobre. Estes sais metálicos são chamados mordentes. Quando o tecido pré-mordentado é mergulhado num banho de um corante natural, este último penetra na fibra e reage com os íons do metal presentes no banho. Esta reação diminui a solubilidade do corante em água e, assim, a cor não se desvanece tão facilmente com a lavagem. A palavra “mordente” é originária do verbo francês “mordre” que significa “morder” (Broadbent, 2001). A utilização de diferentes mordentes permite, além de ajudar a fixar o corante à fibra, manipular a cor dos corantes. O alúmen, um sulfato duplo de alumínio e potássio é provavelmente o mordente mais usado desde a antiguidade (Candeias, 2007).

A classificação de corantes naturais pode ser feita segundo diferentes abordagens: estrutura química, cor, forma de aplicação à fibra e origem (Rodríguez *et al.*, 2010; Rosenberg, 2008). No que diz respeito à estrutura química, os corantes são constituídos por dois grupos principais: os grupos cromóforos e os auxócromos. Os grupos cromóforos são os responsáveis pela cor devido à absorção seletiva de radiação eletromagnética na região do visível. A maioria dos corantes contém um ou mais anéis aromáticos, unidos num sistema conjugado, numa sequência de ligações duplas e simples alternadas entre átomos de carbono ou átomos de carbono e outros átomos. Exemplos deste tipo de ligações

insaturadas são as dos grupos $-C=C-$, $=C=O$, $-C=S$, $-C=N-$, $-N=N-$, $-N=O$ e $-NO_2$. O sistema conjugado permite deslocalizações extensas de electrões π e resulta em pequenas diferenças de energia entre as orbitais moleculares ocupadas e desocupadas por estes electrões. São necessárias pelo menos cinco ou seis ligações duplas na estrutura molecular do composto para que apresente coloração (Broadbent, 2001; Candeias, 2007).

Os grupos auxóchromos são grupos saturados que, quando ligados ao cromóforo, podem mudar a cor ou intensificá-la por alteração da energia do sistema eletrónico ao deslocarem os picos de absorção para maiores ou menores valores de comprimento de onda. Estes grupos substituintes são doadores ou aceitadores de electrões, sendo exemplos os grupos $-OH$, $-NH_2$, $-NH-$, $-COOH$, $-CONH_2$, $-SO_3H$, $-Cl$, $-Br$, $-I$ (Candeias, 2007; Shore, 2002; Kimura *et al.*, 1999).

Ainda no que diz respeito à estrutura química, consoante o cromóforo principal presente no corante natural podem classificar-se, entre outros, em antraquinonas (Figura 1.2A), flavonóides (Figura 1.2B), carotenóides, dos quais o β -caroteno é o principal exemplo (Figura 1.2C), e indigóides, sendo a indigotina o cromóforo mais importante (Figura 1.2D) (Vankar, 2000):

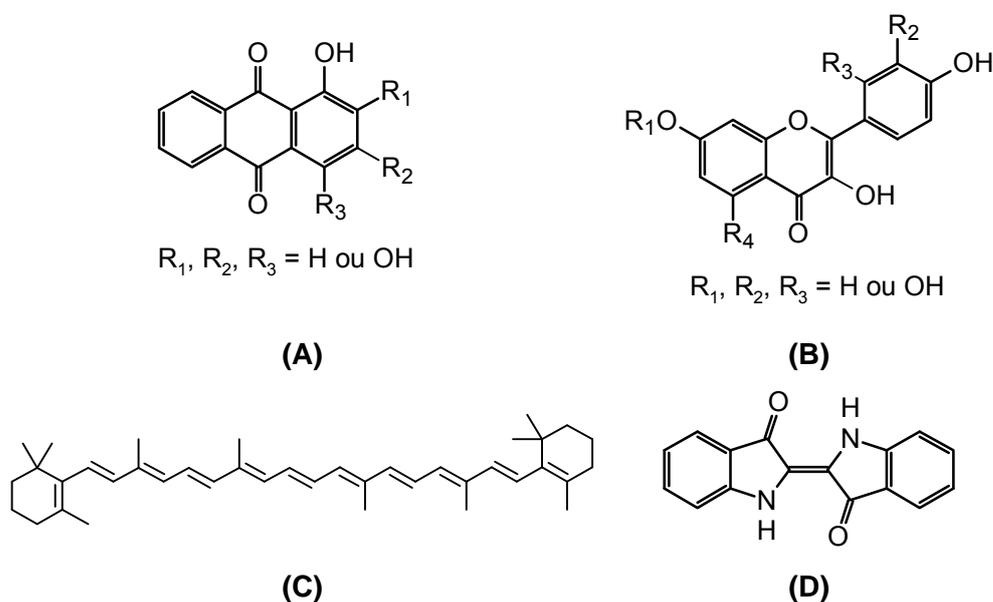


Figura 1.2 – (A) Família das antraquinonas, (B) família dos flavonóides, (C) β -caroteno, (D) indigotina

O modo como o corante é aplicado na fibra depende da natureza química do corante. De acordo com o método de tingimento, os corantes naturais podem ser classificados em

corantes diretos, corantes de tina e corantes que necessitam de mordente (Candeias, 2007; Ferreira *et al.*, 2004).

Os corantes diretos são caracterizados por serem solúveis em água (Guaratini e Zanoni, 2000), sendo por isso aplicados diretamente na fibra sem necessitarem de tratamento especial. São utilizados essencialmente no tingimento de fibras de celulose, como o algodão e linho, podendo também ser aplicados a materiais de origem proteica como a lã, pelo facto de as suas moléculas poderem estabelecer ligações iónicas com os resíduos de proteína (Araújo, 2005). Exemplos deste tipo de corantes são o açafrão (*Crocus sativus* L.) e o açafrão-da-índia (*Curcuma longa* L.) (Candeias, 2007; Ferreira *et al.*, 2004).

Os corantes de tina são insolúveis em água e utilizam-se principalmente no tingimento de fibras de algodão, podendo também ser aplicados à lã. O índigo e o pastel são os mais importantes exemplos deste tipo de corantes. No tingimento de tecido, as moléculas de cromóforo do corante são primeiro reduzidas a uma forma solúvel e incolor, a forma *leuco*, que penetram na fibra quando esta é mergulhada nessa solução. Por exposição posterior ao ar ou a agentes oxidantes, a forma *leuco* é oxidada, voltando a apresentar a cor original do corante e fixando-se como finas partículas entre as fibras do tecido (Candeias, 2007; Ferreira *et al.*, 2004).

A grande maioria dos corantes naturais necessita que a fibra têxtil à qual vão ser aplicados seja tratada com uma solução de mordente. Esta solução de um sal de alumínio ou de um metal de transição é absorvida pela fibra, ligando-se o ião metálico a grupos funcionais desta (Wood, 1986). Durante o processo de tingimento as moléculas de cromóforos do corante interagem com o conjunto mordente-fibra. A ligação estabelecida entre o corante e a fibra com o auxílio de mordente é mais forte e produz têxteis de cores mais resistentes às lavagens e mais brilhantes (Araújo, 2005; Candeias, 2007; Ferreira *et al.*, 2004). A utilização de diferentes mordentes com o mesmo corante pode alterar o tom, escurecendo ou clareando a cor final das fibras tingidas (Manhita, 2011).

Quanto à origem e à cor, os corantes naturais podem ser de origem animal, vegetal ou mineral e apresentar cor vermelha, amarela, azul, castanha ou preta (Candeias, 2007). Em seguida são referidos alguns exemplos onde se enquadram os corantes utilizados neste trabalho.

A garança (*Rubia tinctorum* L.) é uma planta muito utilizada em tinturaria desde a Antiguidade, com uma particular popularidade no Médio Oriente (Figura 1.3A). É classificada nos corantes vermelhos e o tingimento com esta planta permite obter tecidos de um vermelho muito intenso e brilhante (Ferreira *et al.*, 2004; Serrano *et al.*, 2008). As substâncias cromóforas, uma mistura das antraquinonas alizarina, purpurina e pseudopurpurina cujas estruturas estão representadas na Figura 1.3B, 1.3C e 1.3D,

encontram-se nas raízes da planta. Este corante pertence ao grupo de corantes que necessitam de mordente. A utilização de diferentes mordentes no tingimento com garança permite obter cores que podem variar do vermelho, rosa, laranja, lilás ao castanho. Com o alúmen podem obter-se tons avermelhados, com mordente de cobre, vermelho alaranjado-escuro e com o de estanho e alúmen, laranja-amarelado (Candeias, 2007; Serrano *et al.*, 2008).

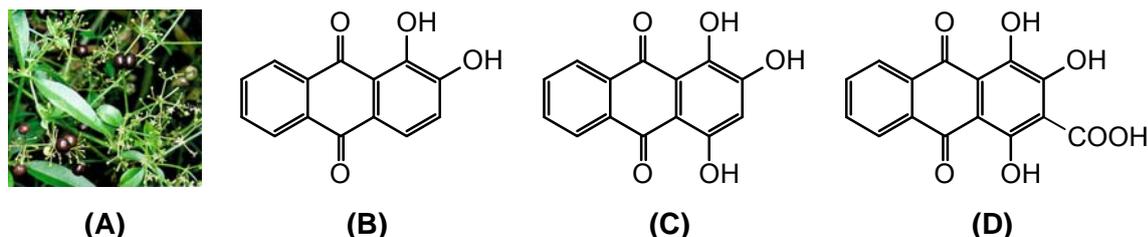


Figura 1.3 – (A) Garança (Madhurakavi, 2010). Estrutura química dos cromóforos da garança: (B) alizarina, (C) purpurina e (D) pseudopurpurina

O pau-brasil e o pau campeche fazem parte do grupo das madeiras corantes solúveis. As substâncias corantes são obtidas a partir do tronco de árvores do género *Caesalpinia*.

O pau-brasil encontra-se também entre os corantes vermelhos enquanto o pau campeche é classificado como um corante preto/tons escuros. No que se refere ao pau-brasil, *Caesalpinia echinata* L. (Figura 1.4A), embora não tenha sido usado neste trabalho, é aqui brevemente referido pelo seu comportamento semelhante ao do pau campeche e pela sua vasta utilização. O seu uso como corante na Europa remonta ao século XIII, embora as árvores de onde era obtido tivessem a sua origem na Ásia (Candeias, 2007). Classifica-se como um corante que necessita de mordente e é usado no tingimento de lã, seda e algodão produzindo tons alaranjados com o alúmen e o estanho e tons acastanhados com o crómio e o cobre. O pau-brasil contém como principal cromóforo a brasileína (Figura 1.4C). A brasilina (Figura 1.4B) é um composto neoflavonóide que ao ser oxidado por exposição ao oxigénio do ar e à luz dá origem à brasileína, substância responsável pela cor vermelha do corante (Melo *et al.*, 2006; Serrano *et al.*, 2008).

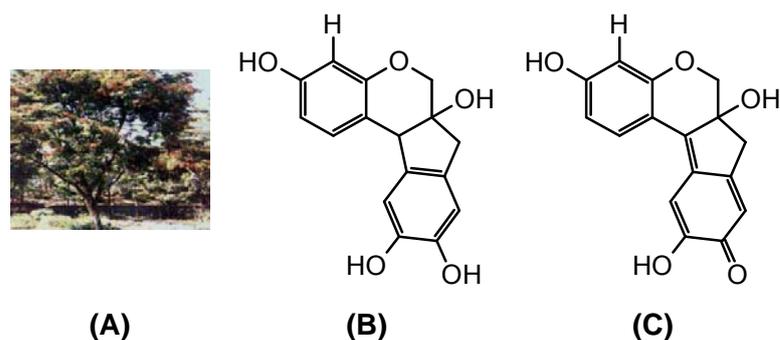


Figura 1.4 – (A) Pau-brasil (Santana, 2007). Cromóforos do pau-brasil: (B) forma reduzida (brasilina) e (C) forma oxidada (brasileína)

O pau campeche (*Haematoxylum campechianum* L.) representado na Figura 1.5A, é uma árvore da América Central de onde se obtém uma madeira dura, pesada e incolor mas que por exposição ao ar pode tomar cores desde o laranja escuro ao vermelho púrpura (Wallis, 1967). A substância corante é a hemateína (Figura 1.5C), obtida por oxidação da hematoxilina (Figura 1.5B), localizada essencialmente no caule e nas raízes (Ferreira *et al.*, 2004). Apresenta uma gama de cores variada quando usado com mordentes diferentes. Estas incluem o preto quando o mordente usado é o cobre ou o crómio, os tons de cinza são obtidos com o ferro e o azul ou roxo com o alumínio ou o estanho (Ferreira *et al.*, 2004; Lillie, 1974). Pelo facto de as cores obtidas no tingimento serem maioritariamente escuras é considerado um corante preto ou castanho (Candeias, 2007).

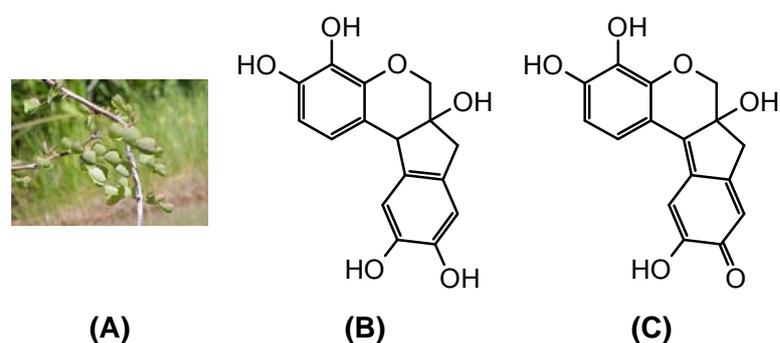


Figura 1.5 – (A) Pau campeche (PlantaSonya, 2010). Cromóforo do pau campeche: (B) forma reduzida (hematoxilina) e (C) forma oxidada (hemateína)

A cebola (*Allium cepa* L.), usada como corante de tons amarelos, teve origem na Ásia central, tendo sido depois trazida para a Europa e, posteriormente, para a América. É cultivada há mais de 5000 anos. O termo cebola refere-se ao bolbo cujas cascas (Figura 1.6A) possuem várias moléculas cromóforas da família dos flavonóides e entre eles estão a

quercetina e o canferol (Figuras 1.6B e 1.6C). A molécula que dá cor e que existe em maior quantidade na casca do que na parte comestível é a quercetina (Fossen *et al.*, 1998). Esta, proporciona uma gama de cores desde o amarelo dourado ao cobre, consoante o mordente utilizado (Brunello, 1973).

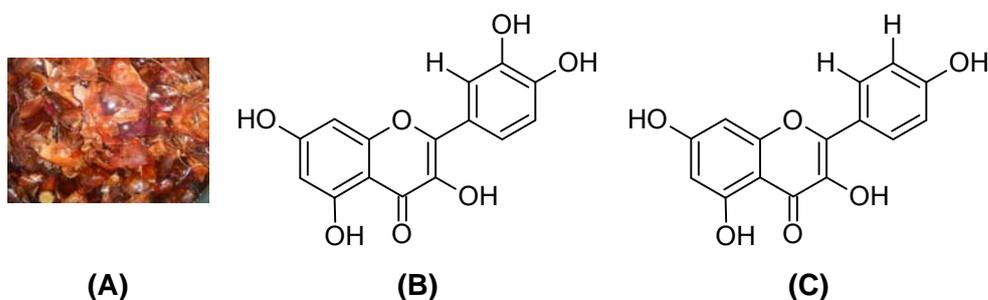


Figura 1.6 – (A) Cascas de cebola (Abreu, 2010). Estrutura química (B) da quercetina e (C) do canferol

No que respeita aos corantes azuis, o principal corante natural é o índigo, que teve a sua origem na Índia (Melo e Barroso, 2001). O principal constituinte do índigo é a indigotina (Figura 1.7B), extraída das folhas e de ramos de várias espécies de *Indigofera* (*Indigofera tinctoria* L.) (Figura 1.7A), natural da Ásia. O extrato, ao ser hidrolisado por fermentação, produz um licor que seguidamente é oxidado ao ar, obtendo-se o corante (Ferreira *et al.*, 2004; Melo e Barroso, 2001; Serrano *et al.*, 2008).

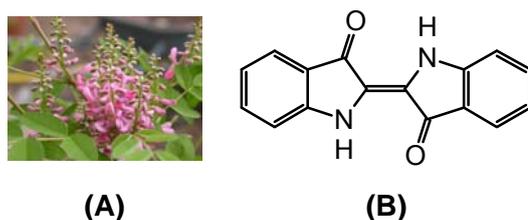


Figura 1.7 – (A) *Indigofera tinctoria* L. (Learn NC, 2008). (B) Estrutura química da indigotina

Na Idade Média, o índigo foi importado da Índia para a Europa e foi usado principalmente no fabrico de tintas. Com a descoberta do caminho marítimo para a Índia por Vasco da Gama, em 1498, abriu-se uma nova rota de comércio e o índigo tornou-se um dos principais bens importados (Ferreira *et al.*, 2004). A produção de índigo natural sofreu uma diminuição no final do século XIX quando em 1865 o químico alemão Adolf von Bayer iniciou

o seu trabalho de síntese laboratorial deste corante. Em 1897 a firma BASF investiu largamente na sua produção à escala industrial e em 1913 o índigo natural foi quase totalmente substituído pelo sintético por ser mais vantajoso economicamente. Na atualidade este corante é muito utilizado no tingimento das calças de ganga conferindo-lhes uma cor característica e pela qual se tornou famoso (Ferreira *et al.*, 2004; Melo *et al.*, 2006; Trindade *et al.*, 2007).

1.5. Tingimento com corantes naturais e ligação química

Em solução aquosa, consoante a sua natureza, as moléculas de cromóforos do corante, natural ou sintético, podem interagir com a fibra através de diferentes tipos de ligação. A própria fibra de lã apresenta também diferentes modos de ligação entre os aminoácidos que fazem parte das suas cadeias, nomeadamente, ligações covalentes, ligações de van der Waals, ligações iónicas e ligações de hidrogénio (Broadbent, 2001).

1.5.1. A fibra de lã

A lã é uma fibra de origem natural obtida do pêlo de ovelha e constituída por proteínas complexas, como a queratina, cujas unidades constituintes fundamentais são os aminoácidos (Broadbent, 2001).

Os aminoácidos que compõem a lã podem ser representados pela fórmula de estrutura geral apresentada na Figura 1.8. Contém uma parte central comum e cadeias laterais, R, que diferem, nomeadamente, na natureza do grupo funcional, dimensão, carga e solubilidade em água (Ingamells, 1993). Nas cadeias laterais existem grupos terminais α -amina (-NH₂) e α -carboxilo (-COOH).

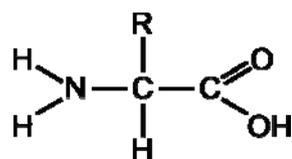


Figura 1.8 — Fórmula geral de estrutura de um aminoácido (Ingamells, 1993)

Os aminoácidos presentes nas moléculas de proteínas ligam-se entre si através de uma ligação covalente denominada ligação peptídica formando cadeias polipeptídicas. Essa ligação é formada por uma reação de condensação entre um grupo carboxílico de um aminoácido e um grupo amina de outro aminoácido (Ingamells, 1993), como se pode ver na Figura 1.9.

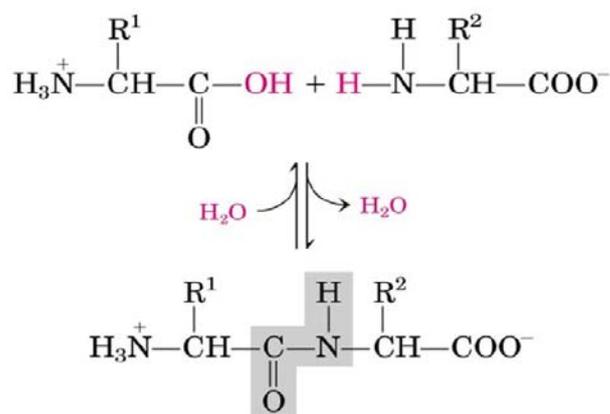


Figura 1.9 – Reação de formação da ligação peptídica com a perda de uma molécula de água (Lehninger *et al.*, 2004)

Em solução aquosa e a pH neutro, o grupo básico, α -amina (C-NH₂), está protonado e o grupo ácido, α -carboxilo (C-COOH), está dissociado possuindo cargas de sinal oposto -NH₃⁺ e -COO⁻, respetivamente. Devido à presença destes grupos ionizáveis na molécula, a forma iónica predominante em solução depende do pH. O ponto isoelétrico da lâ situa-se entre valores de pH 4,6 e 4,8. Para valores de pH inferiores, a lâ fica carregada positivamente (-NH₃⁺) e para valores superiores, fica carregada negativamente (-COO⁻) podendo estabelecer ligações com substâncias com carga de sinais contrários (Voet e Voet, 2004; Motta, 2004).

Quanto à sua estrutura, a lâ apresenta uma conformação α -hélice (α -queratina). Neste tipo de estrutura, a molécula apresenta-se com uma hélice orientada para a direita, sustentada por ligações de hidrogénio entre os grupos C=O e H-N das ligações peptídicas. As cadeias laterais, R, dos aminoácidos projetam-se para fora da hélice (Berg *et al.*, 2002). Para além das ligações de hidrogénio referidas, as cadeias encontram-se ligadas por ligações iónicas ou interações eletrostáticas que ocorrem entre os grupos carregados positivamente como os grupos α -amina, (-NH₃⁺), e os grupos com carga negativa como o grupo carboxilo (-COO⁻), nas cadeias laterais; por ligações covalentes, ligações dissulfureto, que se estabelecem entre os dois átomos de enxofre de cadeias laterais de dois

aminoácidos cisteína formando uma cistina; e, finalmente, por interações do tipo forças de van der Waals existentes entre a cadeia lateral polar ou apolar dos aminoácidos e que, sendo forças de atração, ocorrem quando dois átomos quaisquer estão próximos (Broadbent, 2001; Voet e Voet, 2004; Berg *et al.*, 2002; Motta, 2004). A Figura 1.10 representa um diagrama esquemático onde se exemplificam as ligações entre as cadeias laterais dos aminoácidos, referidas anteriormente.

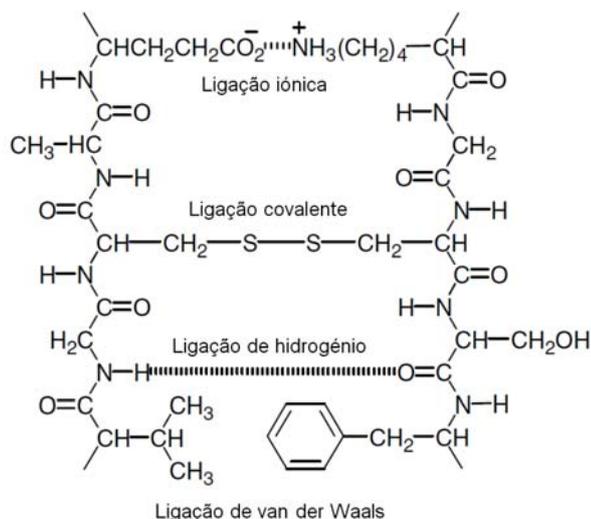


Figura 1.10 – Interações entre duas cadeias polipeptídicas da lã (Broadbent, 2001)

1.5.2. Tingimento de lã com corantes naturais que necessitam de mordente

A maioria dos corantes naturais estabelece a ligação com a fibra de lã através de um mordente, aumentando a estabilidade da ligação entre o corante e fibra e, portanto, a durabilidade do tingimento. No entanto, muitas tintureiras aplicavam o mordente de modo variado: antes, durante ou após o tingimento e a maioria dos corantes naturais dá origem a cores finais de tingimento diferentes dependendo do mordente e do processo seguido (Broadbent, 2001; Manhita *et al.*, 2011; Moiz *et al.*, 2010).

Na ausência de mordente o corante liga-se por ligações de hidrogênio às cadeias polipeptídicas da lã (Vankar, 2000), como se exemplifica na Figura 1.11.

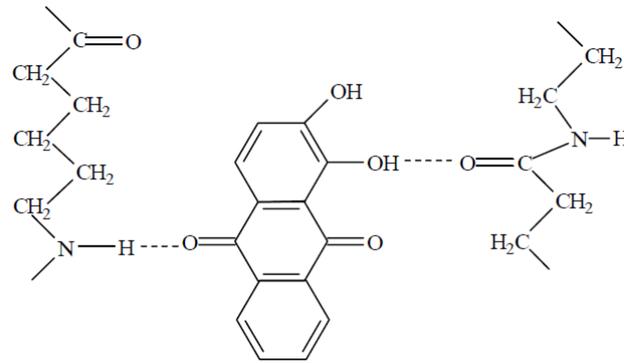


Figura 1.11 – Ligação alizarina-fibra de lã por ligação de hidrogénio na ausência de mordente (Vankar, 2000)

O modo como o catião do mordente se liga à lã ou ao corante não está ainda completamente clarificado devido à complexidade química quer da estrutura da lã quer das moléculas de cromóforos do corante (Septum, 2007). Vários estudos têm sido desenvolvidos no sentido de clarificar o processo. Önal (1996) apresentou um modelo para o conjunto fibra-mordente-corante no qual a fibra sofre primeiro um processo de mordentagem (pré-mordentagem) com um catião metálico de um mordente, representado por Me^{n+} e, posteriormente, é sujeita a tingimento com canferol, um dos cromóforos da casca da cebola (Figura 1.12).

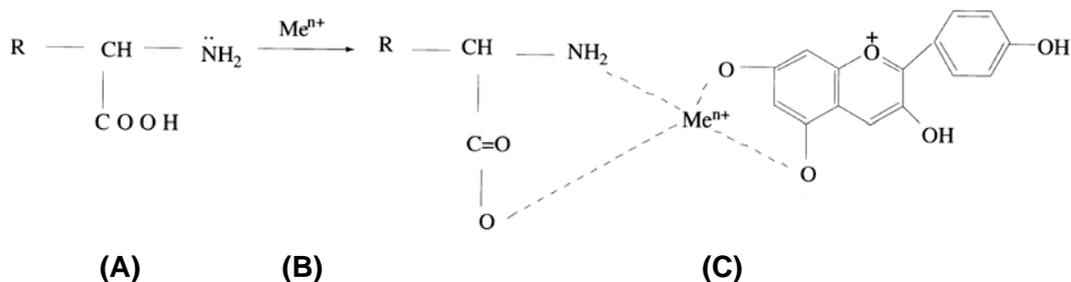


Figura 1.12 – Tingimento com canferol, utilizando o método de pré-mordentagem: (A) Fibra de lã. (B) Catião metálico do mordente. (C) conjunto fibra-mordente-corante (Önal, 1996)

Septum (2007) propôs para a molécula de quercetina, outro cromóforo da casca de cebola, duas possibilidades de ligação entre esta e o ião Al^{3+} proveniente do mordente alúmen (Figura 1.13) quando o proceso de tingimento e mordentagem ocorrem em simultâneo:

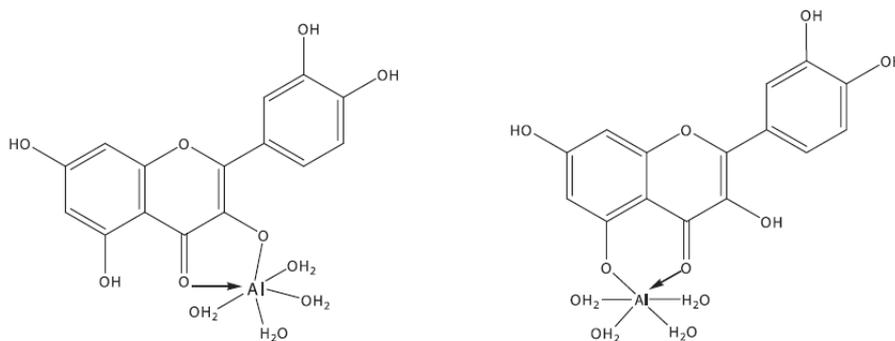


Figura 1.13 – Propostas de formação do composto de coordenação de alumínio-quercetina (Septum, 2007)

No tingimento com alizarina, um dos cromóforos da garança, e crómio, Vankar (2000) sugeriu o estabelecimento de um composto de coordenação como o apresentado na Figura 1.14 quando o processo de tingimento e mordentagem também ocorrem em simultâneo:

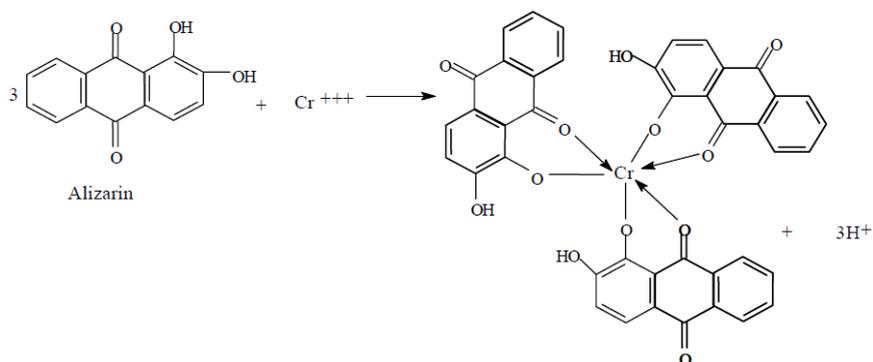


Figura 1.14 – Formação do composto de coordenação crómio-alizarina (Vankar, 2000)

Ainda para o processo de tingimento e mordentagem em simultâneo, Filho *et al.* (1999) também apresentaram uma proposta de formação do complexo de cobre(II) com alizarina S (Figura 1.15):

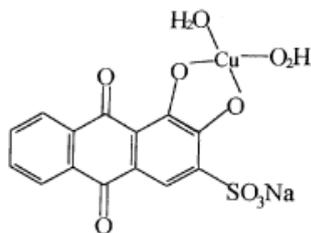


Figura 1.15 – Formação do composto de coordenação cobre(II)-alizarina S (Filho *et al.*, 1999)

Önal (1996) apresentou ainda uma proposta de formação de um composto de coordenação que difere do apresentado na figura 1.12 pelo facto de a adição do corante e mordente à fibra de lã, neste caso, ser feita em simultâneo (Figura 1.16).

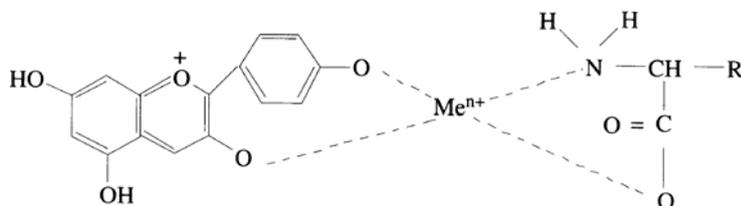


Figura 1.16 – Tingimento com canferol, utilizando o método de tingimento e mordentagem em simultâneo (Önal,1996)

Para o processo menos comum de pós-mordentagem, Önal (1996) sugeriu o tingimento com cascas de cebola, realizado na ausência de mordente, onde se estabelece a ligação entre os grupos carboxilo dos aminoácidos da lã e a molécula de cromóforos do corante. Posteriormente, este conjunto irá estabelecer ligações covalentes com o mordente (Figura 1.17):

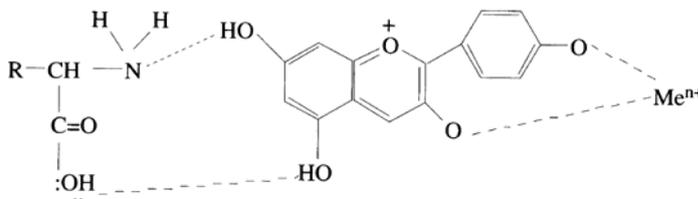


Figura 1.17 – Tingimento com canferol, utilizando o método de pós-mordentagem (Önal,1996)

1.5.3. Tingimento com índigo

O índigo é um corante de tina que não necessita de mordente. A indigotina, o cromóforo responsável pela cor, inclui a ligação dupla central entre os dois anéis juntamente com os átomos de azoto e os grupos carbonilo. A forte coloração apresentada pelo índigo deve-se ao arranjo espacial conferido pelos grupos doador (-NH-) e aceitador (-C=O), o que corresponde a comprimentos de onda elevados na região do visível do espectro eletromagnético (Melo *et al.*, 2006). No processo de tingimento de uma fibra têxtil o índigo possui duas formas, uma que o torna solúvel em água (forma reduzida ou *leuco*) e outra na qual se manifesta a cor azul (a forma *ceto*) (Ferreira *et al.*, 2004; Melo *et al.*, 2006).

O tingimento com índigo ocorre em várias etapas:

- i) Redução da indigotina por ação do ditionito de sódio em meio básico à sua forma *leuco*, reduzida (Figura 1.18). A ligação central entre os dois anéis passou de ligação dupla (*ceto*) para a ligação simples (*leuco*). O grupo responsável pela cor (ligação dupla central, os átomos de azoto e grupos carbonilo) deixou de existir e conseqüentemente a molécula de cromóforo do índigo na forma *leuco* absorve a valores mais baixos de comprimento de onda na zona do visível do espectro eletromagnético do que a molécula na forma *ceto* (Melo *et al.*, 2006).
- ii) Tingimento da lã pelo corante na sua forma *leuco*:
 - aumento de volume da fibra devido à penetração da água;
 - adsorção das moléculas na superfície da fibra;
 - difusão das moléculas no interior da fibra;
 - fixação das moléculas de cromóforo do corante na forma reduzida à fibra (Broadbent, 2001).
- iii) Oxidação da molécula de *leuco*-índigo: o corante volta à sua fórmula química original, cuja característica é ser insolúvel em água. Estabelece-se novamente a ligação dupla (forma *ceto*) manifestando-se a cor azul. Esta reação de oxidação dá-se por exposição ao oxigénio do ar (Figura 1.18) e ocorre com o corante no interior da fibra, estabelecendo-se entre a molécula de cromóforo do corante insolúvel e a fibra ligações de hidrogénio ou do tipo forças de van der Waals, ligações mais fracas do que a ligação covalente (Broadbent, 2001; Melo *et al.*, 2006).

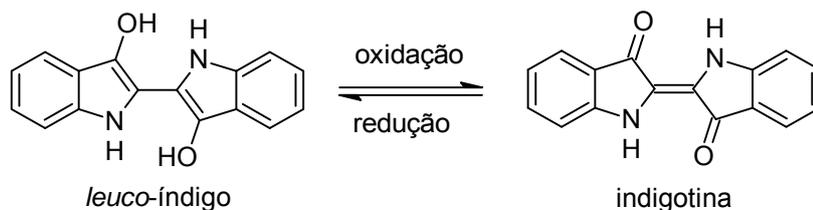


Figura 1.18 – Oxidação da forma *leuco-índigo* (reação direta) e redução da molécula de indigotina (reação inversa) (adaptado de Ferreira *et al.*, 2004)

1.6. O fenómeno da cor

A Química tem permitido ao homem compreender as variadas cores e os diversos tons criados pela natureza assim como reproduzir esses magníficos tons e cores. Também tem facilitado a criação de uma infinidade de tonalidades diferentes. Sem a Química, provavelmente não existiriam génios da pintura como van Gogh e Rembrandt nem estilistas famosos como Dior e Chanel que fazem despertar para as cores e formas que nos rodeiam.

A radiação é uma forma de energia que se propaga a elevada velocidade sob a forma de ondas eletromagnéticas, e que na faixa de 400 a 750 nm constitui a radiação visível para os seres humanos e faz parte de um largo espectro de radiação denominado espectro eletromagnético (Broadbent, 2001), representado na Figura 1.19.

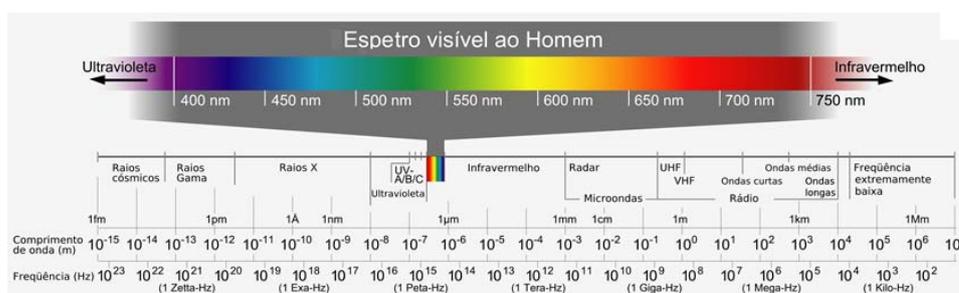


Figura 1.19 – Espectro eletromagnético (Anghinoni, 2010)

Quando radiação de determinado comprimento de onda e, portanto com determinada frequência e energia, entra em contacto com a matéria podem ocorrer diferentes fenómenos. A radiação que incide num material pode ser imediatamente refletida em qualquer face do mesmo, enquanto a que passar através dele pode ser dispersa ou absorvida. Se parte da radiação absorvida for reemitida a valores de energia inferiores dá-se o fenómeno de luminescência - fluorescência ou fosforescência. A radiação que atravessa o

material denomina-se radiação transmitida. Outro fenómeno que ainda pode ocorrer é a refração, o qual é responsável pelo desvio na transmissão de luz com um determinado ângulo a que corresponde uma frequência e um comprimento de onda, observando-se uma cor definida. (Melo *et al.*, 2006).

Nos corantes naturais, a cor está relacionada com a absorção seletiva de radiação visível (400-750 nm) pelas moléculas, ocorrendo a excitação de um eletrão que ocupa uma orbital de mais baixa energia para uma de maior energia. A energia absorvida é quantizada e característica de cada corante. A cor exibida é a que se obtém ao subtrair-se à luz branca, composta por todas as radiações visíveis desde o violeta ao vermelho, as radiações que são absorvidas. A cor observada é geralmente a complementar à da radiação absorvida (Melo *et al.*, 2006).

Quando uma amostra absorve praticamente toda a gama de radiações visíveis, não transmitindo nem refletindo radiação a nenhum comprimento de onda, apresenta-se negra. Se, pelo contrário, praticamente nada absorve de radiação incidente, transmitindo ou refletindo tudo, então trata-se de uma substância incolor (se essencialmente transmite radiação recebida) ou branca (se essencialmente a reflete). Entre estes dois casos extremos situam-se as substâncias coradas (Broadbent, 2001; Melo *et al.*, 2006).

2

Objetivos, Metodologia e Recursos Utilizados

***“A arte mais importante do professor
é a de despertar a alegria pelo trabalho e pelo conhecimento.”***

***Albert Einstein, (1879 – 1955)
in “Como Vejo o Mundo”***

2.1. Objetivos do trabalho

O trabalho desenvolvido pretendeu atingir objetivos de âmbito geral e específico. Os primeiros relacionam-se com a aquisição por parte dos alunos de competências, atitudes e valores enquanto os segundos versam sobre a aquisição de saberes e aprendizagens específicas da disciplina de Química referidas no programa de FQA do 10^o ano de escolaridade.

Os principais objetivos gerais a atingir foram:

- relacionar a teoria com a prática;
- contribuir para uma melhor compreensão da teoria;
- relacionar o que vê no dia a dia com as matérias lecionadas;
- motivar para assuntos científicos;
- desenvolver capacidades de manuseamento de equipamento de laboratório;
- tornar as aulas mais interessantes e motivadoras;
- promover hábitos de cooperação.

E os principais objetivos específicos, enquadrados nos objetivos programáticos da disciplina de FQA do primeiro ano do Ensino Secundário, foram:

- vivenciar o processo de tinturaria tradicional;
- reconhecer a possibilidade de extrair substâncias corantes a partir de fontes naturais;
- compreender a ligação química covalente;
- explicar o fenómeno da cor através da absorção de energia na região do visível do espectro eletromagnético;
- relacionar o comprimento de onda (c.d.o.) da cor absorvida com a cor observada (cor complementar);
- compreender as diferentes tonalidades da mesma cor em soluções de concentração diferente;
- distinguir entre materiais orgânicos e inorgânicos;
- preparar soluções;
- aplicar regras e normas de segurança num laboratório;
- efetuar cálculos de concentração.

2.2. Metodologia desenvolvida

Após a análise e o enquadramento do trabalho a realizar no programa de FQA do 10º ano de escolaridade passou-se à sua consecução que decorreu em três fases.

Na primeira fase, na qual se elaboraram os recursos a usar em sala de aula, foram preparados protocolos para as atividades experimentais que foram testados na Universidade de Évora (UE) (Laboratório HERCULES). Foram também elaborados textos de apoio e apresentações de diapositivos como recurso para a introdução e desenvolvimento do tema de trabalho a abordar nas aulas práticas com os alunos. De modo a verificar se os objetivos específicos foram atingidos, após a realização das atividades experimentais os alunos foram sujeitos a avaliação formativa: elaboraram um relatório sobre a atividade experimental, foram avaliados pelas competências desenvolvidas durante essa atividade e realizaram um teste teórico-prático. Para essa avaliação foram construídos instrumentos de avaliação tais como uma grelha de avaliação de relatórios, um teste teórico prático e respetivos critérios de classificação e uma grelha de avaliação de aula experimental. Para a verificação dos objetivos gerais aplicou-se um questionário de opinião e de grau de satisfação sobre o interesse pelas atividades experimentais.

Na segunda fase implementaram-se em sala de aula as atividades experimentais, a avaliação das competências desenvolvidas durante a realização das atividades, o teste teórico-prático e o questionário de opinião e de grau de satisfação. O relatório foi elaborado ao longo das aulas e concluído como trabalho de casa.

Na terceira e última fase procedeu-se à divulgação do trabalho desenvolvido com os alunos e dos resultados obtidos nos meios científico-pedagógicos da especialidade, nomeadamente, através de uma comunicação oral intitulada “Tinturaria Tradicional: uma Abordagem em Contexto Escolar” no XI Congresso da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação que teve lugar na Guarda (30/06/2011 a 02/07/2011) e elaboração de um artigo científico a submeter a uma revista internacional com arbitragem científica (em curso).

2.2.1. Elaboração de recursos a aplicar em sala de aula (1ª fase)

Os protocolos experimentais foram elaborados a partir de trabalho de investigação de índole teórica e prática já desenvolvido por investigadores da UE. Semanalmente e até à sua aplicação em sala de aula foram testados e aperfeiçoados na UE (Laboratório HERCULES).

Os protocolos elaborados encontram-se no Anexo I e abordam os seguintes temas:

- **Trabalho nº 1 - Tingimento com índigo**, com o qual se pretendeu que os alunos efetuassem tingimento de fibra de lã na presença e ausência de solução básica e espécie redutora.

- **Trabalho nº 2 – Tingimento com Garança/Casca de Cebola/Pau Campeche**. Neste trabalho propôs-se aos alunos que procedessem ao tingimento de lã por dois métodos diferentes. Para cada método utilizaram dois mordentes, aplicados em duas concentrações diferentes. O primeiro método, “MDT - Morde e Depois Tinge”, corresponde a uma pré-mordentagem da lã num banho de mordente e em seguida a um tingimento num banho de corante (duas etapas). O segundo método, “M+T - Morde e Tinge”, corresponde à mordentagem e ao tingimento em simultâneo (uma única etapa). Os mordentes utilizados foram o alúmen ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) em soluções de concentração $0,0085 \text{ mol dm}^{-3}$ e $0,0030$ (20% e 7% (m/m) em mordente) mol dm^{-3} e o sulfato de cobre (II) pentahidratado ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) em soluções de concentração $0,0400 \text{ mol dm}^{-3}$ e $0,0016 \text{ mol dm}^{-3}$ (50% e 2% (m/m) em mordente). Estes valores de concentração foram escolhidos por mimetizarem os banhos geralmente usados em processos de tingimento com corantes naturais em tinturaria tradicional. O banho mais concentrado em $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ($0,0400 \text{ mol dm}^{-3}$) foi usado para comparação.

- **Trabalho nº 3 – Espectrofotometria**, onde os alunos traçaram espectros de absorção molecular de soluções de padrões de cromóforos das plantas utilizadas nos trabalhos nº1 e 2, de soluções de mordente e de soluções de cromóforo+mordente.

Os textos de apoio criados para servir de suporte à introdução dos trabalhos práticos e que permitiram elucidar os conteúdos a que estes se referiam e consolidar a atividade experimental encontram-se no Anexo II e tiveram como temas:

- **Texto de apoio nº 1 – Os corantes**. Neste texto faz-se referência às classes de corantes e à sua origem e dão-se exemplos. Faz-se também alusão ao facto dos corantes naturais serem muito utilizados no tingimento de fibras têxteis.

- **Texto de apoio nº 2 – Interação radiação–matéria**, que tem como objetivo fazer uma revisão sobre o tema da radiação e espectros e relacionar, nas moléculas orgânicas, a cor com as transições eletrónicas, a estrutura química, o tipo de átomos presente e o modo como se estabelecem as ligações.

- **Texto de apoio nº 3 – Classificação dos corantes**, onde se faz a classificação de corantes de acordo com a sua estrutura química e processo de tingimento. Segundo esta última classificação faz-se referência aos corantes diretos, de tina e aos que necessitam de mordente. Para estes últimos indicam-se duas formas diferentes de aplicação do mordente:

antes do tingimento, ou seja, antes do corante (processo “MDT – Morde e Depois Tinge”), ou em simultâneo com o corante (processo “M+T – Morde e Tinge”).

- **Texto de apoio nº 4 – As fibras têxteis.** Neste texto são mencionados os vários tipos de fibras: naturais, sintéticas ou artificiais e dentro das fibras naturais referem-se as de origem vegetal, mineral e animal. Como exemplo de fibra natural muito utilizada na tinturaria, surge a lã e o seu principal componente, a queratina.

- **Texto de apoio nº 5 – A ligação química,** no qual se faz referência às várias formas de interação entre as moléculas de cromóforo do corante e a fibra de lã e as diferentes interações na própria fibra de lã, nomeadamente, a ligação covalente, a ligação de van der Waals, a ligação iónica e a ligação de hidrogénio. Neste texto também se apresentam propostas que procuram explicar como se estabelece a ligação entre o corante (a molécula de cromóforo mais propriamente) e a fibra têxtil com o auxílio de mordente e o modo como se estabelecem as ligações quando o tingimento é feito com recurso a outros métodos diferentes.

- **Texto de apoio nº 6 – Aspectos Toxicológicos e Ecológicos,** onde se chama a atenção para o facto de alguns corantes sintéticos poderem apresentar potencialidade mutagénica ou carcinogénica em contraste com os corantes naturais, os quais também praticamente não são poluentes, motivos que fazem com que sejam cada vez mais usados na tinturaria têxtil.

As apresentações de diapositivos elaboradas encontram-se no Anexo III e destinaram-se a três momentos diferentes: a primeira, **Interação entre fibra e corante: Ligação Química**, às aulas onde se abordou o estabelecimento das ligações entre a molécula de cromóforo do corante índigo e a fibra, a ligação química entre o ião metálico do mordente, a fibra e o corante e onde se analisou como o modo de tingimento seguido no trabalho laboratorial pode afetar o estabelecimento das ligações químicas; a segunda, **Metodologia**, que consta de um organograma, teve como intuito apoiar os alunos no seguimento da metodologia indicada nos protocolos das atividades experimentais de tingimento; e a terceira, **Espetrofotómetro**, foi criada para apoiar a introdução à atividade experimental sobre espectrofotometria.

Para avaliar se os objetivos específicos foram atingidos elaboraram-se como instrumentos de avaliação um teste teórico-prático e respetivos critérios de classificação, uma grelha de avaliação de aula experimental e uma grelha de avaliação de relatórios que se encontram no Anexo IV.

No **teste teórico-prático** foram contemplados conteúdos programáticos tais como espectrofotometria, distribuição eletrónica, ligação química, parâmetros da ligação, forças intermoleculares, identificação de compostos orgânicos e questões relacionadas com a

execução laboratorial e a atividade de tingimento com corantes naturais. Quer o teste quer os critérios de classificação foram elaborados de acordo com a formulação dos testes intermédios e dos exames de FQA.

Na **grelha de avaliação de aula** são avaliadas competências do tipo processual e do tipo atitudinal tais como autonomia, cooperação com os colegas, manuseio do material, cumprimento das regras de segurança, conhecimento dos objetivos do trabalho, registo de observações e resultados. Nesta grelha é contemplada também a auto e a heteroavaliação.

A **grelha de avaliação de relatórios** permite fazer uma avaliação do relatório da atividade experimental elaborado pelos alunos. Neste é avaliada a apresentação, a definição dos objetivos, os cálculos que foram efetuados para a preparação das soluções, a apresentação e análise dos resultados e as conclusões.

O conjunto destas três avaliações determinou a avaliação final obtida pelos alunos na consecução da atividade experimental. Cada uma destas avaliações contribuiu com uma percentagem, respetivamente, de 25% para o teste teórico-prático, 15% para a avaliação de aula e 60% para a avaliação do relatório (critérios definidos pelo grupo disciplinar de Física e Química).

Para avaliar se os objetivos gerais foram atingidos elaborou-se um **Questionário de Interesse pelas Atividades Experimentais** apresentado no Anexo V. Com este questionário pretendeu-se recolher informação sobre o interesse dos alunos na realização de atividades experimentais e sobre a relação que estes estabelecem entre a teoria e a prática. Envolveu questões relativas às metodologias de ensino, ao gosto pelas atividades experimentais e se a atividade experimental realizada permitiu atingir os objetivos específicos no que se refere aos conteúdos programáticos contidos nesta atividade e em relação a outros conteúdos do programa de FQA do 10º ano de escolaridade. Após a recolha dos dados, procedeu-se à sua organização e respetivo tratamento. Como a população alvo é pequena (15 alunos) fez-se apenas um estudo qualitativo, não tendo os dados sido tratados estatisticamente.

2.2.2. Descrição da metodologia desenvolvida em sala de aula (2ª fase)

Na planificação das atividades experimentais foram tidos em conta diversos aspetos:

→ População alvo: uma turma de quinze alunos do 10º ano de escolaridade da Escola Secundária Padre António Macedo.

→ Momentos de realização das atividades experimentais: as atividades de tingimento de têxteis foram realizadas em aulas de três tempos letivos de 45 min, em regime de turnos. Ao primeiro turno pertenciam 9 alunos e ao segundo, 6, distribuídos por grupos de três

alunos. A atividade experimental de espectrofotometria foi realizada no laboratório de uma empresa da zona, a Intertek, o que possibilitou uma visita de estudo à referida empresa, tendo constituído uma oportunidade para o contacto dos alunos com a atividade industrial e o mundo do trabalho e realçar a relação entre a aprendizagem da química nas aulas e a química industrial. As aulas de leitura e discussão dos textos de apoio foram realizadas nas horas supervenientes que corresponderam a dois tempos letivos de 45 min. Nas Tabelas 2.1 a 2.5 apresenta-se o cronograma respeitante aos momentos de realização e desenvolvimento das atividades e as figuras 2.1 a 2.8 ilustram alguns momentos dessas atividades, sendo as fotografias obtidas pelos alunos.

Tabela 2.1 – Plano de desenvolvimento das atividades ao longo da 1ª semana

Aula	Tempo (min)	Desenvolvimento da Aula
1 e 2 (superveniente)	90	<p>Explicou-se aos alunos qual o trabalho a desenvolver nas aulas seguintes e quais os objetivos específicos que se pretendia que atingissem com a sua realização. Nesse contexto, fez-se a leitura e discussão dos textos de apoio nº 1 a 4 e iniciou-se o texto nº 5. Como apoio a este último recorreu-se a uma apresentação de diapositivos (Anexo III). Durante a leitura dos textos fez-se uma breve resenha sobre os corantes naturais e sintéticos e o modo como podem ser classificados, de acordo com a sua estrutura química ou com o processo de tingimento. No seguimento, fez-se alusão às várias fibras têxteis, mais especificamente, à lã.</p> <p>Recordaram-se os conhecimentos adquiridos anteriormente sobre o espectro eletromagnético, a absorção de radiação na região do visível do espectro eletromagnético pelas moléculas, a ligação covalente e os compostos orgânicos. Como preparação da atividade experimental a realizar no dia seguinte, o tingimento com o índigo, procedeu-se à leitura do protocolo experimental.</p>
1 a 3 (letivas)	135	Os alunos realizaram a primeira atividade experimental “Trabalho nº1: Tingimento com índigo”.

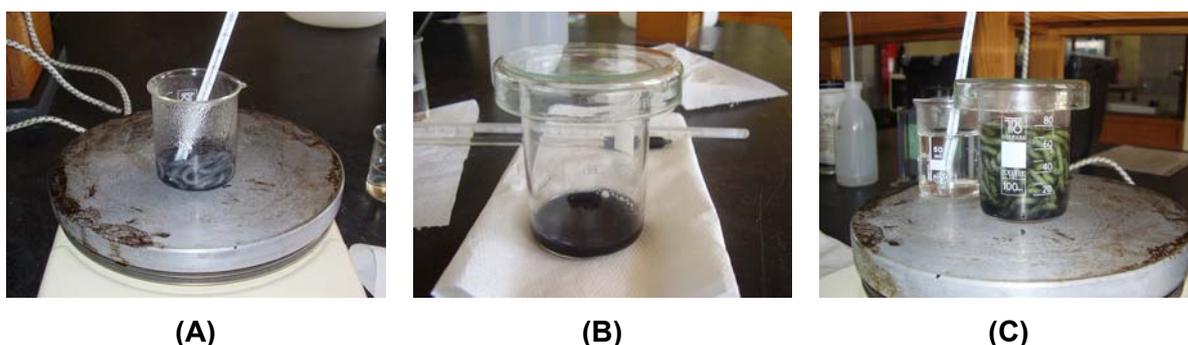
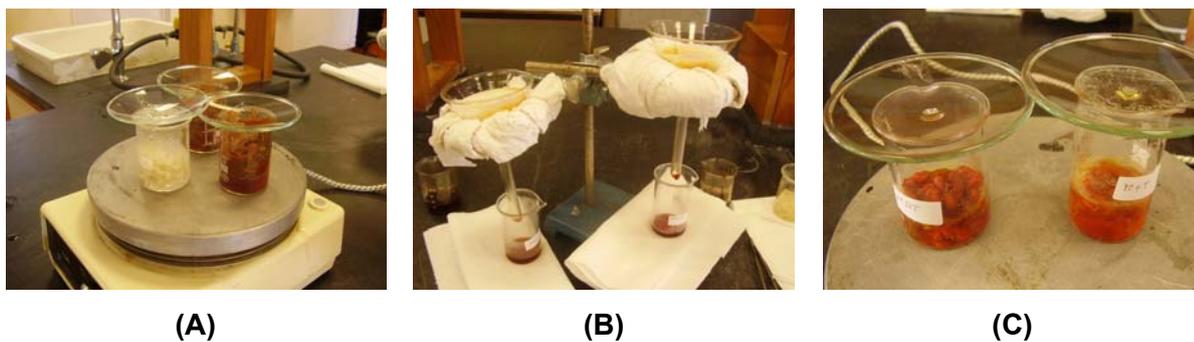


Figura 2.1 – (A) Tingimento de lã com índigo sem solução básica e sem espécie redutora, (B) Preparação do banho corante de índigo com NaHO e Na₂S₂O₄ e (C) Tingimento da lã com o banho corante de índigo, NaHO e Na₂S₂O₄ (1^a semana)

Tabela 2.2 – Plano de desenvolvimento das atividades ao longo da 2^a semana

Aula	Tempo (min)	Desenvolvimento da Aula
3 e 4 (superveniente)	90	<p>Procedeu-se à análise dos resultados obtidos pelos alunos na atividade prática realizada anteriormente podendo estes concluir acerca da necessidade da adição de hidróxido de sódio e de ditionito de sódio. Foram explicadas as várias etapas ocorridas durante o tingimento e as ligações estabelecidas entre a molécula de cromóforo do corante e a fibra recorrendo ao texto de apoio nº 5. Como apoio recorreu-se a uma apresentação de diapositivos (AnexoIII).</p> <p>Como preparação da atividade experimental seguinte construíram um organograma (Anexo III) onde fizeram constar todos os passos a seguir durante os processos de tingimento e identificaram para cada planta, a partir do protocolo da atividade experimental, as moléculas cromóforas.</p>
4 a 6 (letivas)	135	<p>Os alunos procederam à segunda atividade experimental “Trabalho nº 2: Tingimento com garança/ casca de cebola/ pau campeche” na qual dois grupos tingiram a lã com garança, dois grupos tingiram com casca de cebola e um grupo tingiu com pau campeche. Efetuaram o tingimento de lã utilizando mordentes, por dois processos diferentes: o método MDT e o método M+T. Para cada método procederam ao tingimento utilizando como mordente o alúmen em duas concentrações de banho de mordentagem diferentes: 0,0085 mol dm⁻³ e 0,0030 mol dm⁻³.</p> <p>O organograma construído esteve exposto durante a atividade para consulta dos alunos.</p>

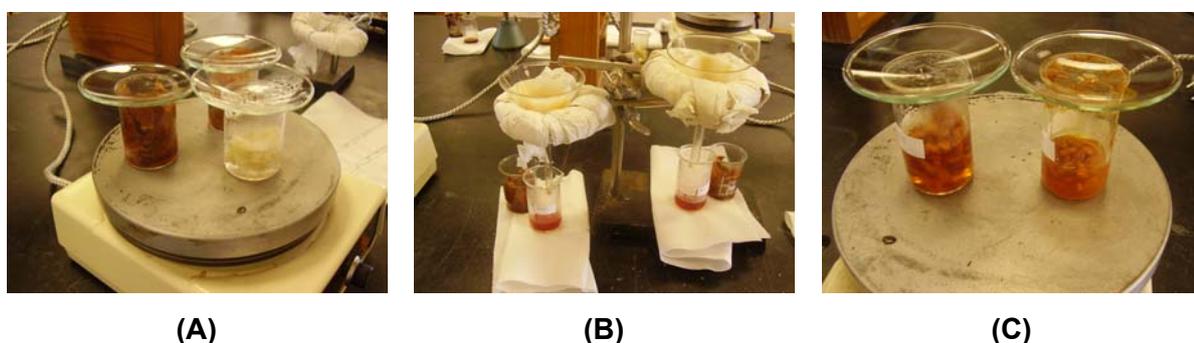


(A)

(B)

(C)

Figura 2.2 – (A) Banhos corantes de garança e banho de mordentagem da fibra de lã com alúmen, (B) Filtração dos banhos corantes de garança e (C) Tingimento da lã com garança pelos dois métodos, MDT e M+T usando como mordente o alúmen (2ª semana)

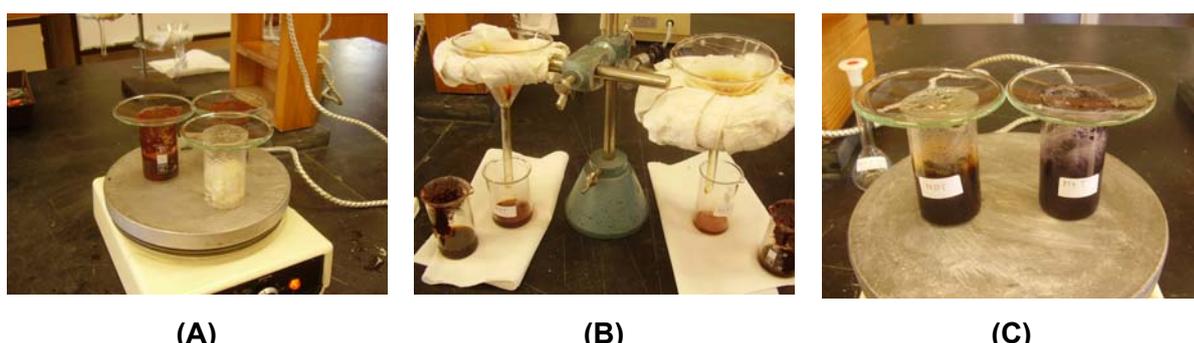


(A)

(B)

(C)

Figura 2.3 – (A) Banhos corantes de casca de cebola e banho de mordentagem da fibra de lã com alúmen, (B) Filtração dos banhos corantes de casca de cebola e (C) Tingimento da lã com casca de cebola pelos dois métodos, MDT e M+T usando como mordente o alúmen (2ª semana)



(A)

(B)

(C)

Figura 2.4 – (A) Banhos corantes de pau campeche e banho de mordentagem da fibra de lã com alúmen, (B) Filtração dos banhos corantes de pau campeche e (C) Tingimento da lã com pau campeche pelos dois métodos, MDT e M+T usando como mordente o alúmen (2ª semana)

Tabela 2.3 – Plano de desenvolvimento das atividades ao longo da 3ª semana

Aula	Tempo (min)	Desenvolvimento da Aula
5 e 6 (superveniente)	90	Compararam-se os tons obtidos pelos dois métodos de tingimento e com as duas concentrações de banho de mordente utilizadas. Tendo como recurso o texto de apoio nº 5 e a apresentação de diapositivos, exemplificou-se para uma das moléculas cromóforas de cada corante como pode ocorrer a ligação química entre o ião metálico do mordente, a fibra e o corante e analisou-se a diferença no modo como essas mesmas ligações químicas se estabelecem segundo os dois métodos de tingimento seguidos. Fez-se também referência ao tingimento com corantes sintéticos.
7 a 9 (letivas)	135	Os alunos continuaram com a atividade experimental “Trabalho nº 2: Tingimento com garança/ casca de cebola/ pau campeche” com os mesmos grupos de trabalho, repetindo os procedimentos já efetuados anteriormente. Efetuaram o tingimento para cada método utilizando como mordente o sulfato de cobre em concentração de banho de mordentagem de $0,0400 \text{ mol dm}^{-3}$ e $0,0016 \text{ mol dm}^{-3}$. O organograma construído continuou exposto durante a atividade para consulta dos alunos.

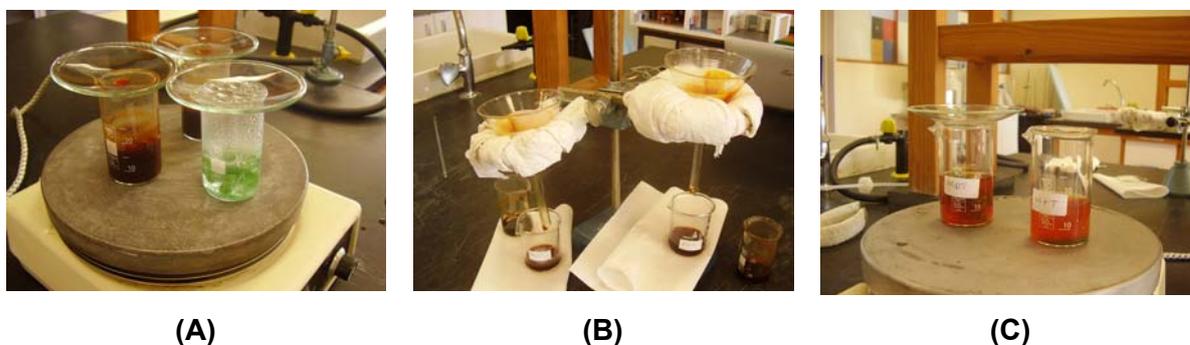


Figura 2.5 – (A) Banhos corantes de garança e banho de mordentagem da fibra de lã com sulfato de cobre, (B) Filtração dos banhos corantes de garança e (C) Tingimento da lã com garança pelos dois métodos, MDT e M+T usando como mordente o sulfato de cobre (3ª semana)

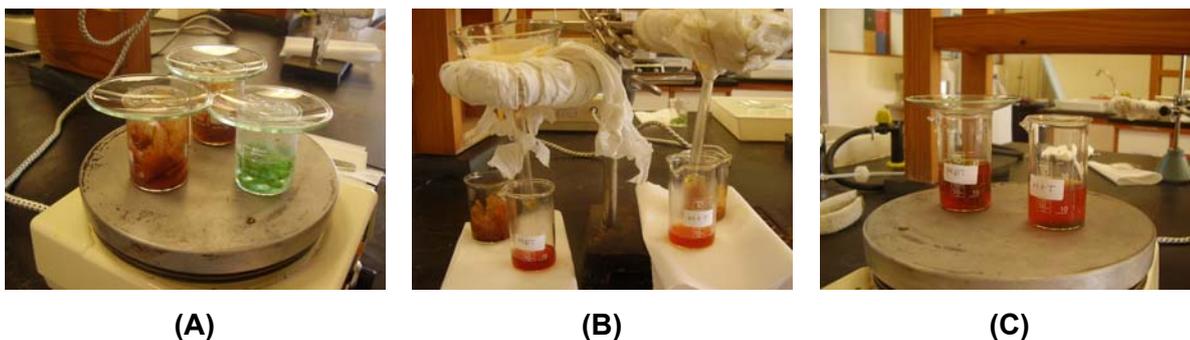


Figura 2.6 – (A) Banhos corantes de casca de cebola e banho de mordentagem da fibra de lã com sulfato de cobre, (B) Filtração dos banhos corantes de casca de cebola e (C) Tingimento da lã com casca de cebola pelos dois métodos, MDT e M+T usando como mordente o sulfato de cobre (3ª semana)

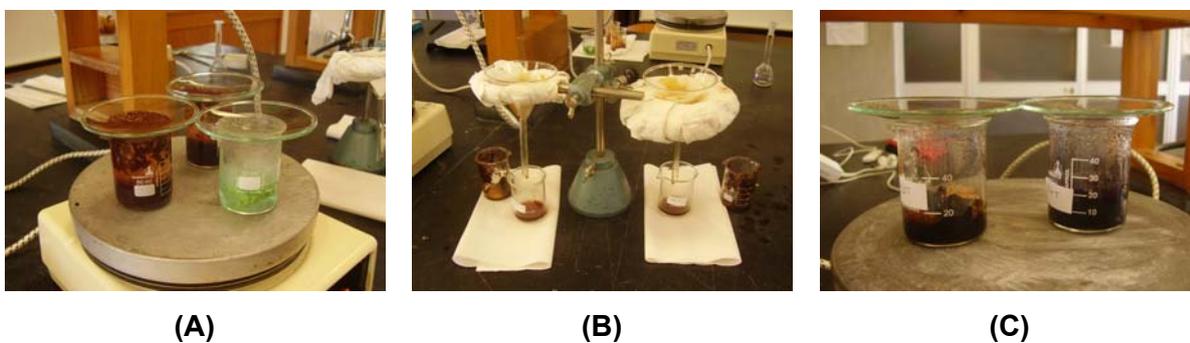


Figura 2.7 – (A) Banhos corantes de pau campeche e banho de mordentagem da fibra de lã com sulfato de cobre, (B) Filtração dos banhos corantes de pau campeche e (C) Tingimento da lã com pau campeche pelos dois métodos, MDT e M+T usando como mordente o sulfato de cobre (3ª semana)

Tabela 2.4 – Plano de desenvolvimento das atividades ao longo da 4ª semana

Aula	Tempo (min)	Desenvolvimento da Aula
7 e 8 (superveniente)	90	Compararam-se as diferenças entre os tons obtidos com os dois métodos de tingimento, as duas concentrações de banho para o mesmo mordente e as diferentes cores obtidas com os dois mordentes. Fez-se também a preparação da atividade experimental “Trabalho nº 3 – Espectrofotometria” recorrendo a uma apresentação de diapositivos (Anexo III) e ao protocolo elaborado.
10 a 12 (letivas)	135	Esta atividade foi realizada no laboratório da empresa Intertek onde os alunos puderam utilizar o espectrofotómetro de feixe duplo de modo a obterem os espectros de absorção molecular no UV/Vis das soluções de padrões de alguns dos cromóforos componentes dos corantes utilizados e das soluções de mordentes.

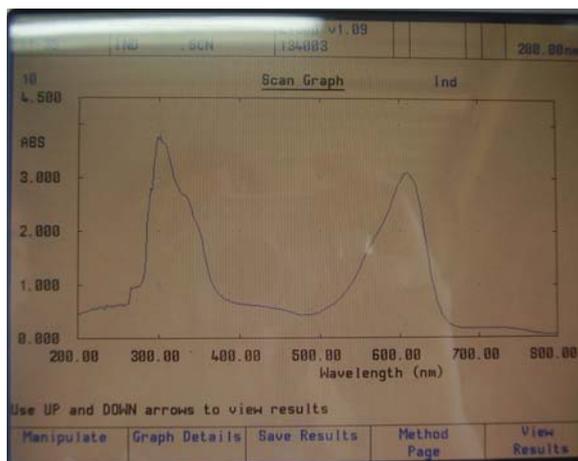


Figura 2.8 – Espectro de absorção do índigo na forma *cetónica* em dimetilformamida (4ª semana)

Tabela 2.5 – Plano de desenvolvimento das atividades ao longo da 5ª semana

Aula	Tempo (min)	Desenvolvimento da Aula
9 e 10 (superveniente)	90	Procedeu-se à análise dos espectros obtidos e foram referidos alguns dos aspetos toxicológicos e ecológicos devidos à utilização de corantes naturais e sintéticos, de acordo com o texto de apoio nº 6. Finalmente, concluiu-se a atividade experimental com uma discussão apoiada nos resultados obtidos por cada grupo de trabalho ao longo de todo o trabalho desenvolvido.

Tabela 2.6 – Plano de aplicação dos instrumentos de avaliação

Instrumento de avaliação	Momento de aplicação
Competências desenvolvidas durante a atividade experimental	No decurso das aulas
Teste teórico-prático	Na 6ª semana, durante uma aula letiva de 90 min
Relatório	Final da 6ª semana
Questionário de opinião e de grau de satisfação	7ª semana

2.2.3. Divulgação do trabalho desenvolvido com os alunos (3ª fase)

A divulgação da atividade experimental foi feita no XI Congresso da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação que se realizou na Guarda entre os dias 30 de junho e 2 de julho de 2011. O resumo e a comunicação oral encontram-se no Anexo VI.

A comunicação versou sobre os motivos que levaram à escolha do tema e dos conteúdos programáticos contemplados na atividade, os objetivos específicos, a metodologia aplicada em sala de aula, os resultados obtidos pelos alunos, a proposta do modo como se estabelece a ligação química nos dois métodos de tingimento, a avaliação do impacto da atividade na aprendizagem e algumas hipóteses de trabalho futuras com recurso a corantes.

Encontra-se ainda em fase de elaboração um artigo científico que será posteriormente submetido a uma revista internacional com arbitragem científica (revista Química Nova).

3

Análise e Discussão de Resultados

***"Os progressos obtidos por meio do ensino são lentos;
já os obtidos por meio de exemplos
são mais imediatos e eficazes."***

***Sêneca, Lucius Annaneus (4 a.C. - 65)
in Cartas a Lucílio***

Este capítulo destina-se à apresentação, análise e discussão dos resultados obtidos na consecução do trabalho e inclui os resultados que os alunos obtiveram nas atividades experimentais realizadas, a avaliação das competências desenvolvidas durante a realização dessas atividades e a avaliação do interesse manifestado pelos alunos no trabalho laboratorial desenvolvido. Os resultados permitem ainda verificar se, quer os objetivos gerais quer os específicos foram atingidos.

Assim sendo, são apresentados:

→ os resultados obtidos pelos alunos nas atividades realizadas referentes a:

- tingimento de fibra de lã com índigo;
- tingimento de fibra de lã com corantes naturais que necessitam de mordente: garança, casca de cebola e pau campeche;
- obtenção de espectros de absorção molecular no UV/Vis de soluções de padrões de cromóforos de garança, casca de cebola e pau campeche, de soluções de mordentes (alúmen e sulfato de cobre pentahidratado) e de soluções de cromóforo+mordente.

→ os resultados obtidos nos instrumentos de avaliação quantitativa aplicados aos alunos:

- teste teórico-prático;
- aula experimental que corresponde às observações diárias realizadas ao longo da execução das atividades experimentais;
- relatório sobre as atividades experimentais.

→ os resultados obtidos no questionário de opinião e satisfação aplicado aos alunos, referente à avaliação qualitativa: Questionário de Interesse pelas Atividades Experimentais.

3.1. Resultados obtidos pelos alunos nas atividades realizadas

3.1.1. Tingimento de fibra de lã com índigo

Nesta atividade experimental pretendeu-se que os alunos verificassem que:

- o índigo é insolúvel em água e que, por esse motivo, a fibra depois de tingida não apresenta uma cor uniforme observando-se à sua superfície partículas do corante;
- para haver uniformidade na cor final é necessário tornar o corante solúvel em água;
- a solubilidade ocorre à custa da adição de uma substância redutora que participa numa reação de oxidação-redução com a indigotina, em meio básico, a qual se reduz à sua forma leuco, solúvel;
- por exposição ao oxigénio do ar, a forma leuco da indigotina sofre oxidação, voltando o corante à sua forma insolúvel (forma ceto) e obtendo-se desta forma a cor azul, uniforme, da lã tingida;
- a ligação corante-fibra só se estabelece quando o tingimento se dá num meio básico, redutor.

Assim, o tingimento de fibra de lã com índigo foi feito com recurso a dois processos diferentes: na presença de solução básica (NaHO) e espécie redutora ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) e na ausência de ambas (Anexo I, protocolo do trabalho nº 1). A Figura 3.1 ilustra os resultados obtidos por um grupo de alunos para as fibras tingidas com índigo através dos dois processos.

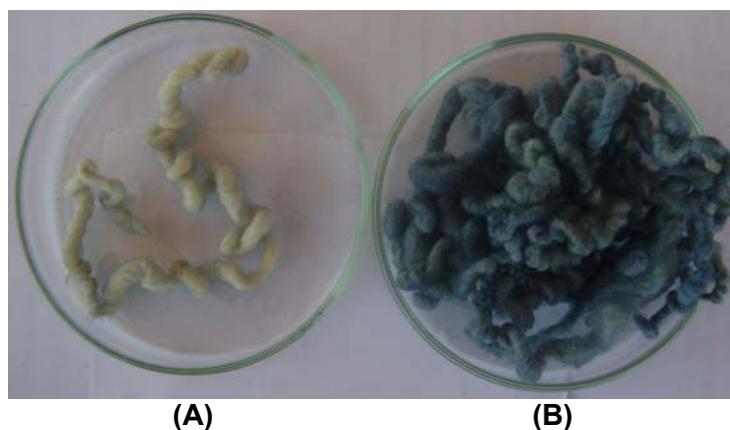


Figura 3.1 – (A) Fibra de lã tingida com índigo na ausência de ditionito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) e hidróxido de sódio (NaHO); (B) Fibra de lã tingida em meio básico (NaHO) com índigo na presença de ditionito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)

Os alunos puderam observar que na ausência de NaHO e Na₂S₂O₄ as partículas do corante ficam adsorvidas à superfície da lã, concluindo que estas têm dificuldade em penetrar na mesma, uma vez que a molécula de cromóforo da indigotina é insolúvel em água. Quando o tingimento é feito em meio básico e redutor a cor obtida é uniforme. Os alunos verificaram que o corante é solúvel neste meio e que penetra assim facilmente na fibra de lã. Observaram também que, durante o processo de redução, a cor apresentada pelo corante é amarelo-esverdeada e após exposição ao ar da lã tingida, o corante volta a apresentar a sua cor original, concluindo assim, acerca da necessidade de utilizar agente redutor com este tipo de corante – corante de tina – e da existência de um processo de oxidação-redução responsável pelos fenómenos de solubilidade e cor da molécula cromófora no processo de tingimento, como foi referido no primeiro capítulo (cf. 1.5.3).

3.1.2. Tingimento de fibra de lã com corantes naturais que necessitam de mordente: garança, casca de cebola e pau campeche

Com a realização desta atividade experimental pretendeu-se que os alunos verificassem que:

- os corantes utilizados no tingimento são corantes que necessitam de mordente;
- a cor final da lã tingida depende do corante utilizado;
- para o mesmo corante, a cor final depende da natureza do mordente usado, da concentração de mordente e do método de tingimento (MDT ou M+T);
- a ligação corante-fibra-mordente estabelece-se de forma diferente consoante o método de tingimento;

As lãs foram tingidas utilizando dois métodos diferentes: um método de pré-mordentagem (método MDT) em que a lã foi primeiro mordentada e só depois tingida e um método de mordentagem e tingimento em simultâneo (método M+T). Foram utilizados dois mordentes diferentes em duas concentrações distintas. Nas Figuras 3.2 a 3.7 apresentam-se fotografias, obtidas pelos grupos de alunos, das lãs tingidas seguindo os dois métodos de tingimento e tendo usado como mordente o sulfato duplo de alumínio e potássio dodecahidratado (alúmen), KAl(SO₄)₂·12H₂O, em soluções de concentração 0,0085 mol dm⁻³ e 0,0030 mol dm⁻³ e sulfato de cobre pentahidratado, CuSO₄·5H₂O, em soluções de concentração 0,0400 mol dm⁻³ e 0,0016 mol dm⁻³. Os corantes usados foram a garança, a casca de cebola e o pau campeche (Anexo I, protocolo do trabalho nº2).

3.1.2.1. Tingimento com garança

Nas amostras tingidas com garança e alúmen observa-se que com o método MDT obtêm-se, em geral, amostras mais avermelhadas e mais escuras, de tom carmim, enquanto com o método M+T as amostras são mais alaranjadas. Nas amostras tingidas com garança e sulfato de cobre observa-se que o método MDT produz, em geral, amostras mais acastanhadas e mais escuras enquanto com o método M+T as amostras são mais castanho-alaranjadas. Assim, quando o mordente é de cobre as amostras exibem tons mais acastanhados enquanto que com o alúmen os tons obtidos são mais avermelhados.

Verifica-se ainda que quanto maior a concentração do banho de mordentagem em alumínio mais clara é a tonalidade apresentada pela lã tingida. Contrariamente ao que se observou para o alumínio, as amostras preparadas em banhos mais concentrados de cobre são mais escuras.

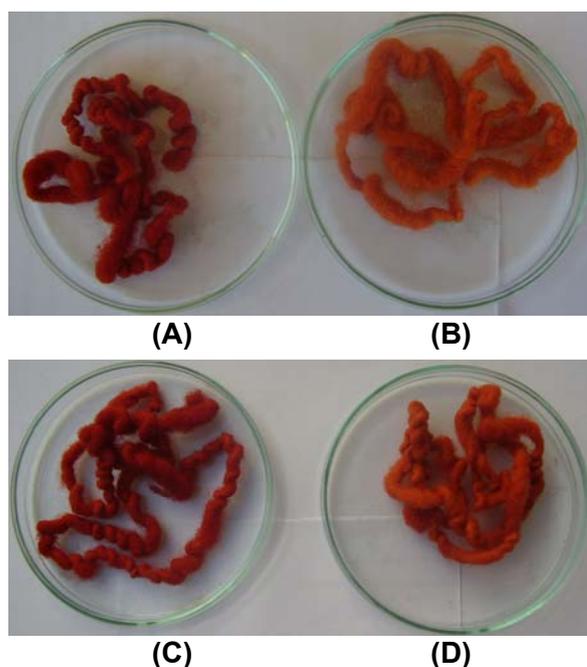


Figura 3.2 – Fibra de lã tingida com garança e mordida com alúmen: (A) concentração $0,0085 \text{ mol dm}^{-3}$ e método MDT; (B) concentração $0,0085 \text{ mol dm}^{-3}$ e método M+T; (C) concentração $0,0030 \text{ mol dm}^{-3}$ e método MDT; (D) concentração $0,0030 \text{ mol dm}^{-3}$ e método M+T

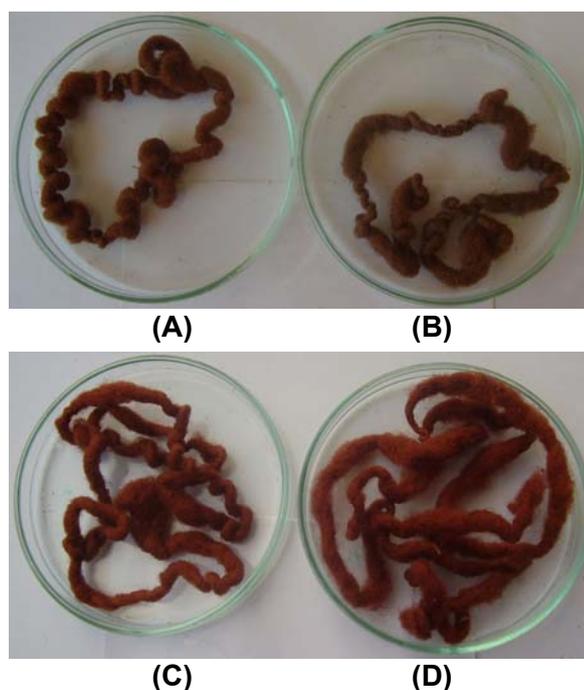


Figura 3.3 – Fibra de lã tingida com garança e mordida com sulfato de cobre pentahidratado: (A) concentração $0,0400 \text{ mol dm}^{-3}$ e método MDT; (B) concentração $0,0400 \text{ mol dm}^{-3}$ e método M+T; (C) concentração $0,0016 \text{ mol dm}^{-3}$ e método MDT; (D) concentração $0,0016 \text{ mol dm}^{-3}$ e método M+T

3.1.2.2. Tingimento com casca de cebola

As amostras tingidas com casca de cebola e alúmen apresentam, em geral, uma tonalidade mais alaranjada e mais escura quando o método utilizado é o MDT. As que são tingidas pelo método M+T apresentam-se, em geral, mais amareladas. Quando o tingimento é efetuado com casca de cebola e sulfato de cobre as amostras apresentam, em geral, um tom castanho avermelhado e mais escuro se o método usado é o MDT, enquanto com o método M+T as amostras apresentam um tom mais castanho esverdeado. Assim, as amostras mordidas com alúmen, apresentam tonalidades mais claras do que as mordidas com cobre.

Quanto maior a concentração do banho de mordentagem, quer em alumínio quer em cobre, mais clara é a tonalidade obtida para a lã tingida.

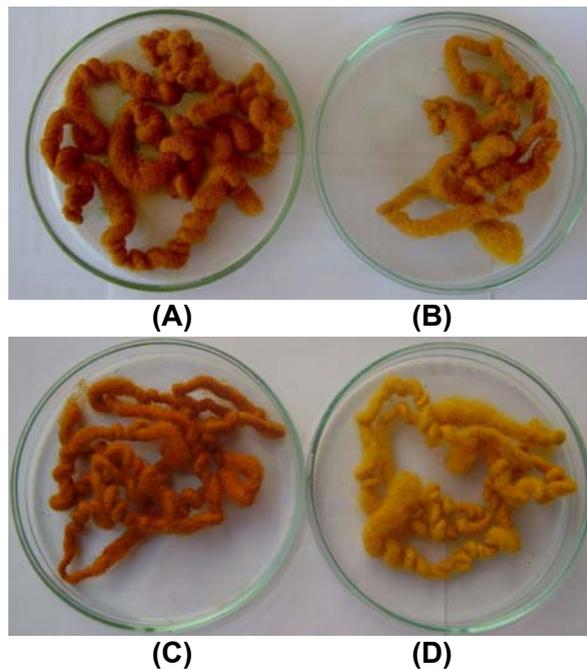


Figura 3.4 – Fibra de lã tingida com casca de cebola e mordida com alumínio: (A) concentração $0,0085 \text{ mol dm}^{-3}$ e método MDT; (B) concentração $0,0085 \text{ mol dm}^{-3}$ e método M+T; (C) concentração $0,0030 \text{ mol dm}^{-3}$ e método MDT; (D) concentração $0,0030 \text{ mol dm}^{-3}$ e método M+T

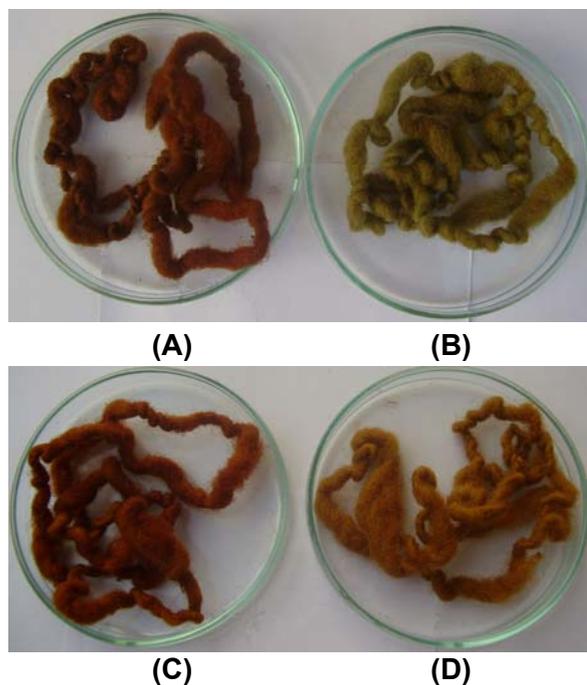


Figura 3.5 – Fibra de lã tingida com casca de cebola e mordida com sulfato de cobre pentahidratado: (A) concentração $0,0400 \text{ mol dm}^{-3}$ e método MDT; (B) concentração $0,0400 \text{ mol dm}^{-3}$ e método M+T; (C) concentração $0,0016 \text{ mol dm}^{-3}$ e método MDT; (D) concentração $0,0016 \text{ mol dm}^{-3}$ e método M+T

3.1.2.3. Tingimento com pau campeche

Nas amostras tingidas com pau campeche e alúmen observa-se que com o método MDT obtêm-se, em geral, amostras mais escuras apresentando tom castanho muito escuro enquanto com o método M+T as amostras são mais arroxeadas. O método MDT produz, em geral, amostras com um tom negro mais escuro do que o método M+T, e com a utilização de alúmen obtêm-se tonalidades mais claras do que as obtidas com mordente de cobre.

Verifica-se também que quanto maior a concentração do banho de mordentagem, mais clara é a tonalidade observada.

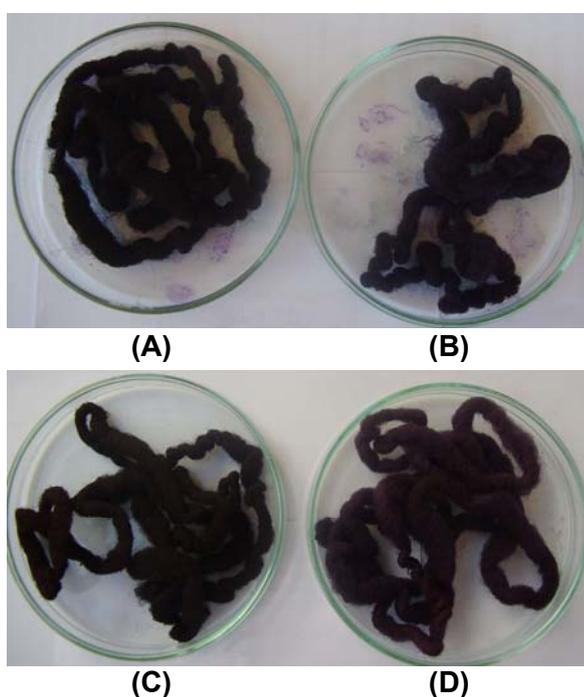


Figura 3.6 – Fibra de lã tingida com pau campeche e mordida com alúmen: (A) concentração $0,0085 \text{ mol dm}^{-3}$ e método MDT; (B) concentração $0,0085 \text{ mol dm}^{-3}$ e método M+T; (C) concentração $0,0030 \text{ mol dm}^{-3}$ e método MDT; (D) concentração $0,0030 \text{ mol dm}^{-3}$ e método M+T

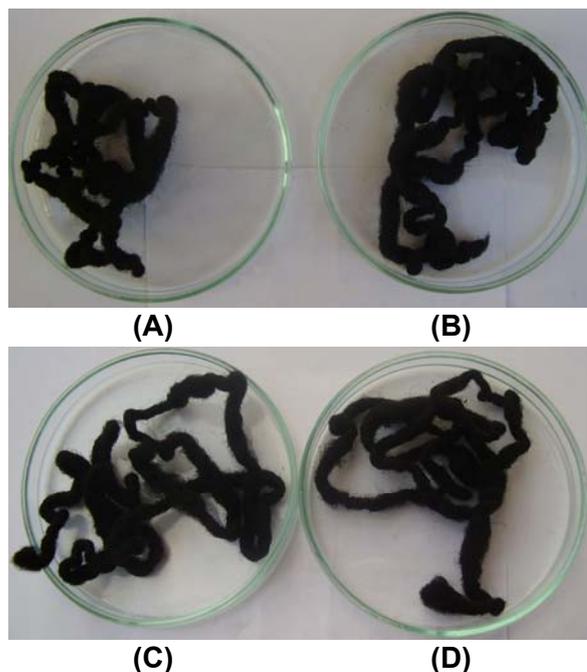


Figura 3.7 – Fibra de lã tingida com pau campeche e mordida com sulfato de cobre pentahidratado: (A) concentração $0,0400 \text{ mol dm}^{-3}$ e método MDT; (B) concentração $0,0400 \text{ mol dm}^{-3}$ e método M+T; (C) concentração $0,0016 \text{ mol dm}^{-3}$ e método MDT; (D) concentração $0,0016 \text{ mol dm}^{-3}$ e método M+T.

Em resumo, no que se refere ao tingimento usando corantes naturais e mordentes, os alunos avaliaram as cores obtidas de acordo com a natureza química do mordente, a concentração dos banhos de mordentagem utilizados e o método de tingimento, tendo retirado as seguintes conclusões:

- as amostras tingidas com pau campeche são as mais escuras e apresentam cores que variam entre o preto, castanho e roxo; as tingidas com garança são mais claras e com tons variados de carmim, laranja e castanho; as tingidas com casca de cebola variam entre o amarelo, o castanho e o verde;
- o alúmen é o mordente que dá origem a cores mais vivas e brilhantes. Quanto maior a concentração de mordente mais escura a cor obtida;
- as tonalidades obtidas são mais claras quando o método de tingimento utilizado é o M+T, quando comparadas com o MDT;
- as propostas apresentadas por Onal (1996), Septhum (2007) e Vankar (2000) no primeiro capítulo sobre a forma como se estabelece a ligação química fibra de lã-mordente-cromóforo e a sequência seguida podem ser usadas para explicar a diferença observada na coloração final da lã tingida pelos dois métodos de tingimento usados no trabalho (cf. Anexo II, texto de apoio nº 5);

- a natureza do catião metálico e da molécula de cromóforo do corante e a sequência pela qual se ligam à fibra de lã têm impacto na cor final da lã tingida.

3.1.3. Espectros de absorção molecular no UV/Vis de soluções de padrões de cromóforos de garança, casca de cebola e pau campeche, de soluções de mordente (alúmen e sulfato de cobre) e de soluções de cromóforo+mordente

Após as atividades de tingimento os alunos utilizaram o espectrofotómetro de feixe duplo de modo a traçarem os espectros de absorção molecular no UV/Vis das soluções de padrões de alguns dos cromóforos componentes dos corantes utilizados e das soluções de mordentes para poderem verificar que:

- os espectros de absorção das soluções de cromóforo, mordente e das soluções mistura cromóforo-mordente são diferentes entre si;
- cada solução referida apresenta máximos de absorção a c.d.o. diferentes;
- os valores de c.d.o. correspondentes aos máximos de absorção das soluções mistura cromóforo-mordente, para o mesmo cromóforo ocorrem a valores diferentes consoante a natureza do mordente;
- os valores de c.d.o. dos máximos de absorção estão relacionados com as cores observadas nas soluções – cor complementar *versus* cor observada;
- é possível relacionar as cores das soluções de cromóforo e as cores das lãs tingidas com corantes contendo esses cromóforos.

Assim, nesta atividade, traçaram-se os espectros de absorção na região do UV/Vis do espectro eletromagnético das seguintes moléculas cromóforas: indigotina (solução de índigo em dimetilformamida), alizarina, purpurina, quercetina, hemateína e hematoxilina (soluções aquosas dos cromóforos), em concentração de $0,00005 \text{ mol dm}^{-3}$, que são os cromóforos principais dos corantes usados nas atividades de tingimento descritas na secção anterior (Anexo I, protocolo do trabalho nº 3). Traçaram-se também os espectros dos mesmos cromóforos em banhos dos mordentes alúmen e sulfato de cobre em concentração $0,0002 \text{ mol dm}^{-3}$, simulando um banho de tingimento M+T.

Analisando os espectros de absorção obtidos foi possível identificar os máximos de absorção na região do visível e relacioná-los com a cor da solução e com a ligação estabelecida entre o mordente e a molécula de cromóforo recorrendo à roda de cores

apresentada no protocolo do trabalho nº3 (Anexo I). A partir dos máximos de absorção, os alunos verificaram que a cor observada na solução da molécula de cromóforo é a complementar da absorvida (avaliada pelo c.d.o. a que ocorre o máximo de absorção)

De um modo simplificado, tentou-se posteriormente relacionar a cor das soluções de cromóforos, com a cor das lãs tingidas pelo corante contendo esse(s) cromóforo(s). Esta extrapolação foi feita com algum cuidado atendendo a que cada corante é constituído por várias moléculas cromóforas, em proporções variáveis, a cor da lã tingida varia também com a concentração de mordente e com o método de tingimento seguido e pode dever-se a vários fenómenos além da simples absorção. Além disso, na lã tingida, há ainda a considerar que o conjunto da molécula de cromóforo+mordente, no caso do método M+T, o mordente e posteriormente a molécula de cromóforo liga-se ao mordente, no caso do método MDT, ligam-se aos grupos disponíveis nos aminoácidos das cadeias laterais da fibra de lã e que, portanto, o conjunto cromóforo+mordente não se encontra livre em solução.

Porém, para alunos a este nível de conhecimento esta abordagem simplificada da relação entre a cor da lã tingida e o espectro de absorção dos cromóforos permite estabelecer um primeiro contacto prático com estes conceitos.

3.1.3.1. Espectro de absorção da molécula cromófora do índigo

Na figura 3.8 é apresentado o espectro de absorção do corante índigo, contendo o cromóforo indigotina, em solução de dimetilformamida, obtido pelos alunos:

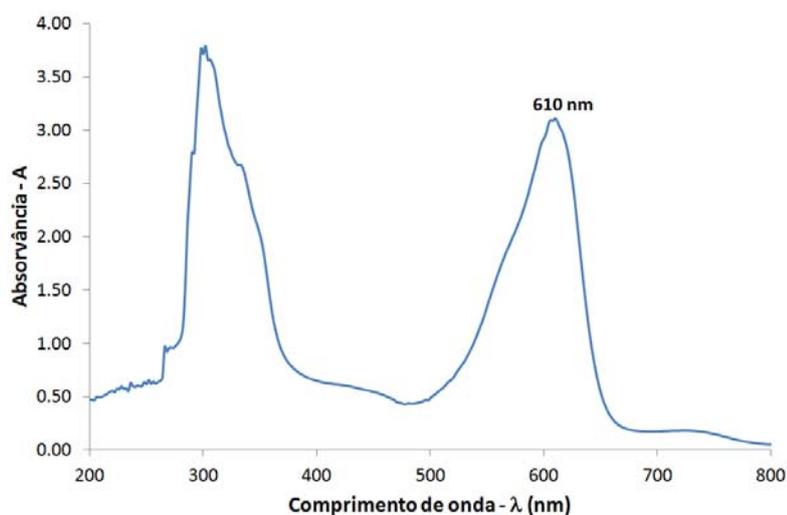


Figura 3.8 – Espectro de absorção da indigotina na região do UV/Vis

De acordo com a análise espectrofotométrica efetuada pelos alunos e relacionando o máximo de absorção na zona do visível com a cor da solução de tingimento e da lã tingida e recorrendo ainda à roda de cores (Chang, 1994), concluiu-se que a cor obtida no tingimento da fibra de lã estava de acordo com o esperado. O pico de absorção máxima corresponde à radiação eletromagnética absorvida na zona do laranja, sendo observada na solução e na fibra de lã após o tingimento com índigo a cor azul, cor complementar do laranja, e que resulta da ausência do laranja na radiação branca na região do visível.

3.1.3.2. Espectros de absorção de moléculas cromóforas da garança

Nas figuras 3.9 e 3.10 são apresentados, respetivamente, os espectros de absorção dos cromóforos principais da garança: a alizarina e a purpurina, em solução aquosa com e sem mordentes.

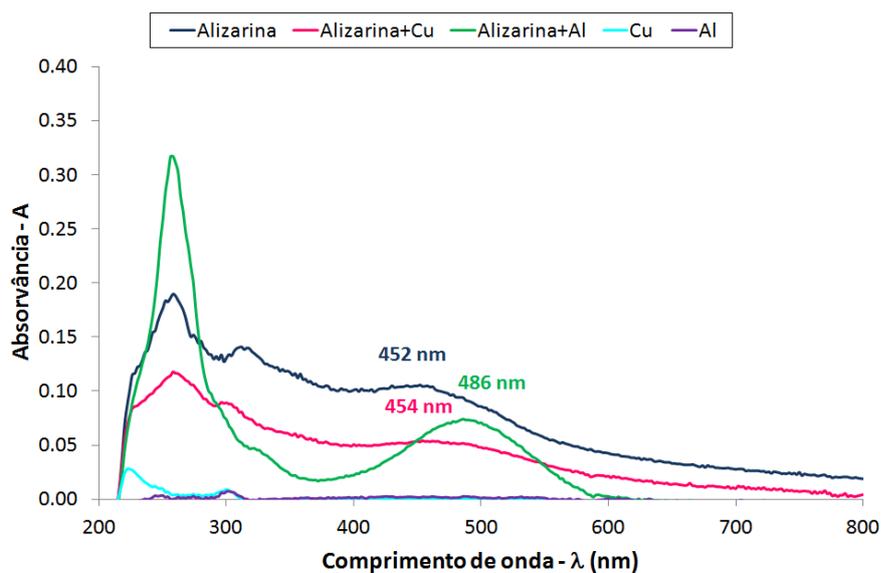


Figura 3.9 – Espectro de absorção da alizarina na região do UV/Vis

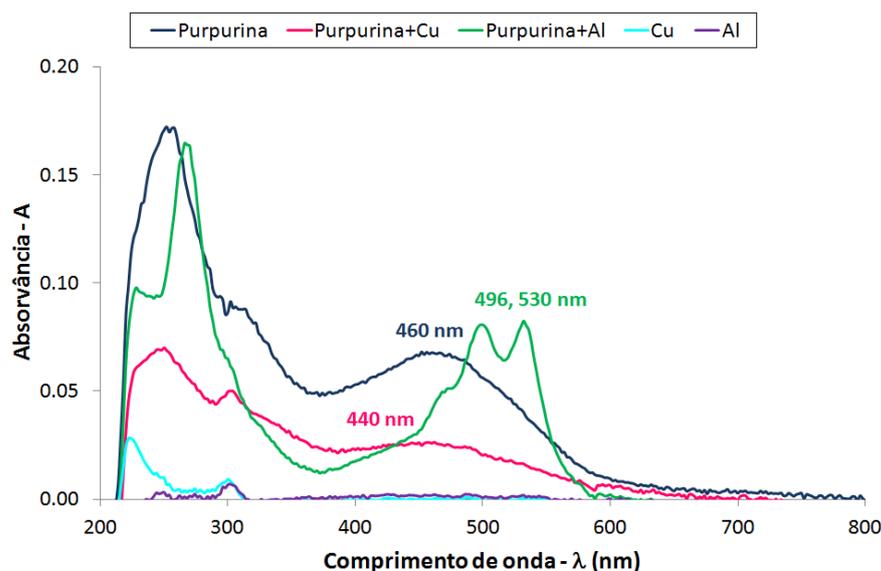


Figura 3.10 – Espectro de absorção da purpurina na região do UV/Vis

Relativamente aos espectros traçados com soluções de alizarina, a adição de mordente faz com que o máximo de absorção na zona do visível do espectro eletromagnético se desloque para valores de maior c.d.o. e esse deslocamento é mais pronunciado quando o mordente usado é o alumínio. No caso da purpurina observa-se o mesmo efeito quando se compara a solução de cromóforo isolado e a solução de cromóforo e alumínio. Porém com o mordente de cobre, o máximo de absorção desloca-se para valores mais baixos de c.d.o.

Os alunos verificaram que tanto no espectro da alizarina como da purpurina o máximo de absorção ocorre a valores de c.d.o. que correspondem à cor azul (452 nm e 460, nm respetivamente) e que, portanto, a cor complementar desta, a cor transmitida, é a cor laranja. Efetivamente as cores das soluções padrão de alizarina e de purpurina, observadas pelos alunos são muito idênticas e apresentam cor laranja o que está de acordo com o espectro obtido para cada um dos cromóforos (Anexo I, protocolo do trabalho nº 3).

Quando a soluções destas moléculas se adiciona um mordente como o alumínio, contendo Al, o composto de coordenação alizarina-Al absorve radiação eletromagnética correspondente à cor azul esverdeada (486 nm) enquanto o composto de coordenação purpurina-Al absorve radiação eletromagnética de cor azul esverdeada e verde amarelada (496 nm e 530 nm, respetivamente). Os máximos de absorção passam de 452 nm para 486 nm para a alizarina e 460 nm para 496, 530 nm para a purpurina. Quando compararam as cores das soluções aquosas de padrão com mordente de Al os alunos observaram que ambas apresentavam coloração rosa, sendo esta mais intensa no caso da solução de purpurina + Al, o que está de acordo com o esperado teoricamente pelos alunos por análise

direta dos espectros de absorção para a solução de alizarina-Al que deve transmitir a cor vermelha e a de purpurina-Al a cor vermelho-violeta.

Tendo em conta que o corante garança contém moléculas de alizarina e de purpurina (em proporções não determinadas nesta fase de estudo) e como tal, na fibra de lã tingida existem as duas moléculas cromóforas (e não só), a cor final da lã é determinada pelas cores transmitidas pelos diferentes cromóforos quando ligados ao catião de mordente. Para além deste fator a cor obtida também é determinada pela concentração de mordente e pelo método de tingimento seguido. Assim, os alunos observaram que a cor das fibras de lã tingidas com garança e usando mordente Al apresentavam cor avermelhada quando o método seguido foi o MDT e cor laranja com o método M+T.

Quando se adiciona mordente de cobre, a alteração observada nas bandas de absorção máxima é menos acentuada, especialmente no caso da alizarina (o máximo encontra-se a 454 nm) e no caso da purpurina o máximo desloca-se de 460 nm para 440 nm. Quer o composto de coordenação alizarina-Cu quer a purpurina-Cu absorvem radiação eletromagnética correspondente à cor azul, embora o máximo de absorção para esta última espécie esteja próximo do violeta. Esta ligeira diferença poderá fazer esperar que a solução de purpurina-Cu seja mais amarelada do que a alizarina, provavelmente de tom laranja mais marcado. Efetivamente, as cores apresentadas pelas soluções de padrão dos dois cromóforos com o mordente de Cu e observadas pelos alunos foram o laranja claro e o laranja amarelado, respetivamente, para a alizarina e para a purpurina.

No que se refere às cores das lãs tingidas, as diferenças são notórias relativamente às das soluções. Foi claramente constatado pelos alunos que aquelas dependem de vários fatores, já referidos, e que assumem um papel muito mais importante no tingimento com cobre do que com alumínio. As cores das lãs observadas pelos alunos variaram desde o castanho alaranjado, quando a concentração do banho de mordente é mais baixa, ao castanho, para concentrações de banho mais elevada. O método M+T produziu tons mais escuros.

3.1.3.3. Espectros de absorção de moléculas cromóforas da casca de cebola

Na figura 3.11 apresenta-se o espectro de absorção de um dos cromóforos principais da casca de cebola: a quercetina, em solução aquosa com e sem mordentes:

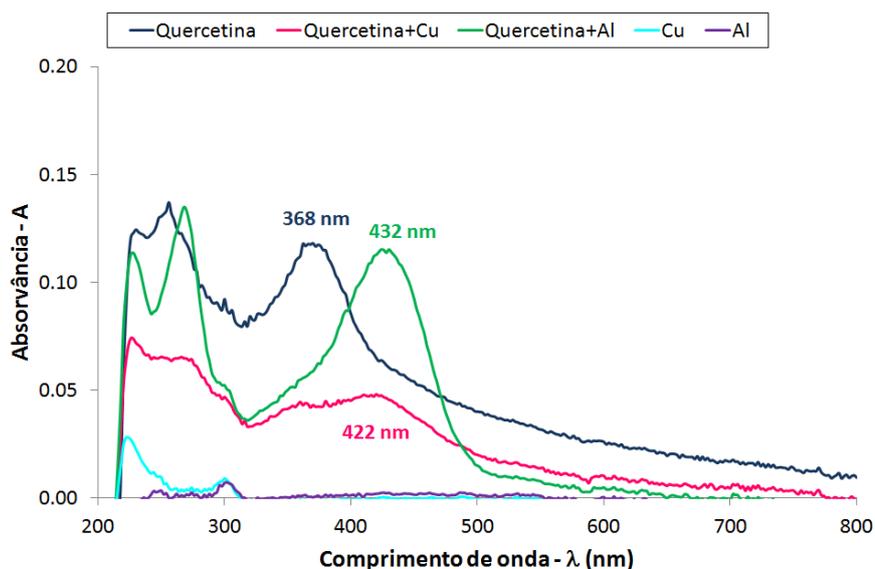


Figura 3.11 – Espectro de absorção da quercetina na região do UV/Vis

Pela análise dos espectros de absorção de quercetina, os alunos puderam concluir que com a adição de mordente o máximo de absorção na zona do visível do espectro eletromagnético desloca-se para valores de maior c.d.o. e que esse deslocamento é mais acentuado quando o mordente usado é o alumínio.

Os alunos verificaram que a quercetina absorve radiação eletromagnética correspondente à cor violeta (380 nm) e a cor complementar desta, a cor transmitida, é a cor verde amarelada. A cor observada pelos alunos, na solução de padrão deste cromóforo, foi a amarela.

Quando se adiciona à quercetina mordente de alumínio, o composto de coordenação quercetina-Al absorve radiação eletromagnética correspondente à cor violeta azulada (432 nm) e a cor transmitida é a cor amarela, o que efetivamente foi confirmado pelos alunos na análise da cor da solução de padrão deste cromóforo com alumínio..

A comparação com a cor final das lãs tingidas evidenciou que tanto para o método M+T como MDT as cores obtidas variam entre o amarelo alaranjado e o laranja claro, respetivamente, o que está de acordo com o esperado pela análise da solução deste cromóforo (o único estudado neste trabalho), apesar de todos os fatores já anteriormente referidos e que contribuem para a cor final da lã tingida.

Quando à solução de quercetina se adiciona sulfato de cobre, o máximo de absorção sofre um deslocamento mais pequeno (de 368 nm para 422 nm). A solução de quercetina mordentada com cobre absorve radiação eletromagnética correspondente à cor violeta,

sendo a cor transmitida o amarelo esverdeado, o que foi confirmado experimentalmente pelos alunos ao observar um tom amarelo esverdeado nesta solução.

No que se refere às lãs tingidas com casca de cebola+Cu as cores finais variaram desde a cor esverdeada a castanha, passando por castanho-amarelado. Tal como no tingimento com garança, os tons obtidos são mais escuros e para os quais contribuem certamente outros fatores além da presença da quercetina.

3.1.3.4. Espectros de absorção de moléculas cromóforas do pau campeche

Nas Figuras 3.12 e 3.13 são apresentados, respetivamente, os espectros de absorção da forma oxidada (hemateína) e da forma reduzida (hematoxilina) do cromóforo do pau campeche, em solução aquosa com e sem mordentes. Embora a cor do corante seja devida à forma oxidada, a forma reduzida também se encontra frequentemente presente em solução, e por isso, foi aqui analisada.

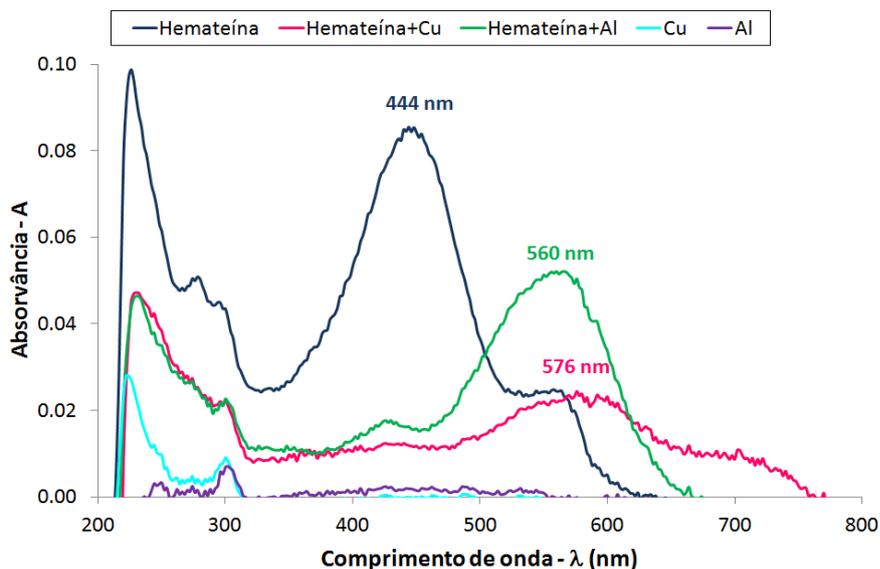


Figura 3.12 – Espectro de absorção da hemateína na região do UV/Vis

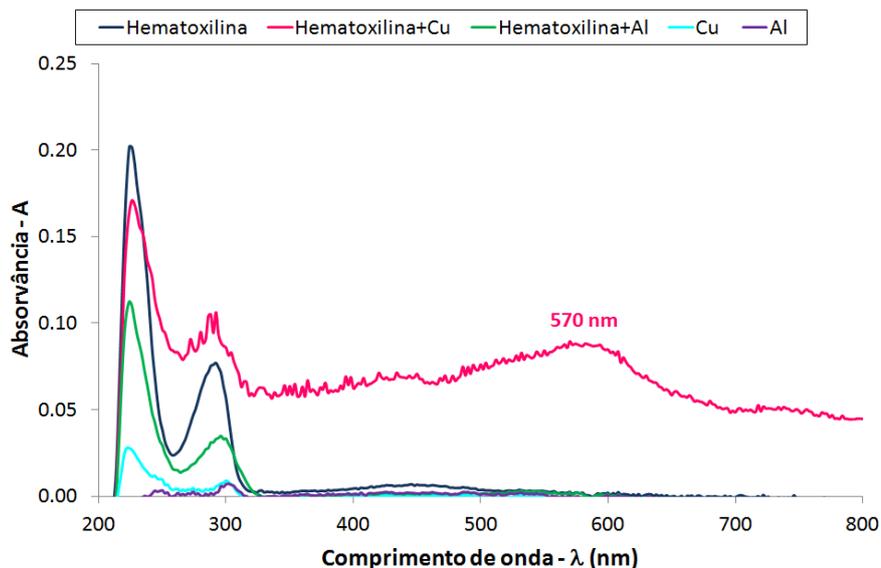


Figura 3.13 – Espectro de absorção da hematoxilina na região do UV/Vis

A partir da análise dos espectros de absorção traçados com soluções de hemateína os alunos verificaram que a adição de mordente levou a uma alteração nos máximos de absorção na zona do visível, deslocando-os para maiores valores de c.d.o. e o deslocamento foi mais acentuado quando o mordente é o cobre. Os alunos verificaram que a hemateína absorve radiação eletromagnética correspondente à cor azul (444 nm) e a cor complementar desta, a cor transmitida, é a cor laranja. Efetivamente, a cor da solução padrão deste cromóforo, preparada pelos, foi a cor amarelo alaranjada.

Quando se adiciona à hemateína mordente alumínio, os máximos de absorção ocorrem a valores de c.d.o. superiores (de 444 nm passam para 560 nm). A cor absorvida é neste caso a amarela, sendo a cor transmitida, a cor violeta azulada. A cor apresentada pela solução padrão era violeta (lilás claro).

Quanto às fibras de lã tingidas com pau campeche +Al apresentam tonalidade violeta escura a negro.

Quando se adiciona à hemateína o mordente de sulfato de cobre, as bandas de absorção máxima ocorrem a valores de c.d.o. superiores (de 444 nm passam para 576 nm). O conjunto mordente e cromóforo absorve radiação eletromagnética correspondente à cor amarela e a cor transmitida é a cor violeta azulada e a solução padrão apresentava cor violeta (lilás). Quanto à cor das fibras tingidas com pau campeche e mordente de Cu os alunos observaram que as cores das fibras de lã tingidas apresentaram cor violeta escuro, quase negro, em todas as situações.

No que se refere à hematoxilina, tal como seria de esperar uma vez que esta molécula não é cromófora, praticamente não há absorção de radiação na zona do visível do espectro eletromagnético, o mesmo se observando quando o mordente adicionado é alumínio. Quando se analisou o espectro de absorção de hematoxilina+Cu, verificou-se a existência de um máximo de absorção a 570 nm, semelhante ao observado na solução de hemateína e Cu, além da alteração da forma das bandas na zona do UV, relativamente ao espectro da hematoxilina pura. Os alunos concluíram que este facto deve ter ocorrido devido à exposição solar desta solução que, efetivamente, deveria ser incolor e apresentava uma coloração rosada. De facto, os alunos concluíram que a solução de hemaxotilina deve ter sido parcialmente oxidada a hemateína, o que está de acordo com o espectro de absorção obtido.

Em suma, os alunos puderam concluir que:

- a cada solução padrão de cromóforo, corresponde um espectro de absorção diferente na forma e nos valores de c.d.o, a que ocorre(m) o(s) máximo(s) de absorção, uma vez que os cromóforos estudados pertencem a famílias de moléculas orgânicas diferentes;
- para o mesmo cromóforo, a adição de mordente desloca o máximo de absorção de modo diferente se o mordente é de Al ou de Cu, o que se deve à ligação química estabelecida entre a molécula de cromóforo e o catião metálico;
- que a cor das substâncias está relacionada com a absorção seletiva de energia na região do visível do espectro eletromagnético pelas moléculas e, neste caso concreto, a cor das soluções sofre alteração consoante se trate de uma solução de cromóforo isolado ou contendo mordente, uma vez que a espécie absorvente deixa de ser a molécula de cromóforo e passa a ser a molécula de cromóforo ligada ao catião metálico do mordente, formando um composto de coordenação;
- a cor observada nas soluções padrão é a complementar da absorvida;
- para o mesmo mordente, a cor das lãs tingidas é distinta consoante os corantes utilizados, uma vez que os cromóforos existentes em cada corante também são diferentes. Além disso, a tonalidade da lã tingida pode também variar da cor da solução do cromóforo respetivo, o que se deve a vários fatores já referidos, como a existência de vários cromóforos no mesmo corante. Porém a comparação entre a cor da solução de cromóforo e mordente e a cor da lã tingida é válida, permitindo chamar a atenção dos alunos ainda para o estabelecimento da ligação fibra de lã-mordente-cromóforo que certamente tem consequências importantes na cor final do tingimento.

3.2. Resultados das componentes de avaliação

Através da análise dos resultados obtidos na aplicação dos instrumentos de avaliação elaborados na segunda fase deste trabalho, fez-se a avaliação quantitativa do impacto da atividade realizada na aprendizagem efetuada pelos alunos. Assim, apresentam-se os resultados obtidos nos seguintes instrumentos de avaliação e a respetiva análise:

- Teste teórico-prático
- Aula experimental
- Relatório sobre a atividade experimental

3.2.1. Teste teórico-prático

Tal como foi referido no segundo capítulo, o teste teórico-prático é um dos instrumentos de avaliação elaborado com o intuito de avaliar se os objetivos específicos foram atingidos. Para tal, foram introduzidas questões relacionadas com os conteúdos programáticos, a execução laboratorial e a atividade de tingimento com corantes naturais. Estas questões podem ser consultadas no teste teórico-prático que consta do Anexo IV e que foi elaborado de acordo com o modelo aplicado nos testes intermédios e nos exames de FQA.

Na Tabela 3.1. apresenta-se a distribuição das classificações obtidas pelos alunos no teste teórico-prático e na Tabela 3.2 os resultados obtidos individualmente para cada parâmetro. A média da turma foi de 11,1 valores. Este teste foi realizado pelos alunos após terem terminado todos os trabalhos experimentais. Faz-se ainda a leitura em pormenor sobre a relação entre a pontuação atribuída e o universo de respostas em cada questão. As classificações obtidas estão de acordo com os critérios de classificação elaborados para este teste teórico-prático e com o modelo aplicado nos testes intermédios e nos exames de FQA. Estes critérios podem ser consultados igualmente no Anexo IV. A ponderação do teste na avaliação final da atividade é de 25%.

Tabela 3.1 – Distribuição das classificações obtidas no teste teórico-prático

Intervalo de classificação (valores)	Percentagem (%)
$x \leq a 10$	40,0
$10 \leq x \leq 13$	33,0
$14 \leq x \leq 16$	20,0
$17 \leq x \leq 20$	7,0

Tabela 3.2 – Resultados obtidos na avaliação individual de cada parâmetro do teste teórico-prático e percentagem de ponderação na avaliação final

Escola Secundária Padre António Macedo																			
Grelha de Avaliação de Teste Teórico-Prático																			
Disciplina: <u>Física e Química A</u> Ano: <u>10º</u> Turma: <u>A</u>																		 2010-2011	
Atividade: Tingimento com Corantes Naturais																		Data: ____/____/____	
Questão	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	5.1	5.2	6	7	8	9	Total	25,0%
Cotação	10	10	15	10	10	15	10	10	10	10	10	10	15	15	10	18	12	200	50,0
Nome																			
Adriana	10	10	10	10	5	10	0	10	5	0	10	0	10	10	10	12	6	128	32,0
Ana Mendes	10	10	5	10	5	10	0	0	5	0	0	10	10	10	10	12	6	113	28,3
Carolina	10	10	5	10	5	5	10	0	5	10	10	10	10	10	10	12	6	138	34,5
Catarina	10	10	10	10	10	15	10	10	5	10	10	10	15	10	10	18	12	185	46,3
Cláudio	5	5	5	10	5	5	0	0	5	0	0	0	10	5	10	6	6	77	19,3
João	5	5	5	10	5	5	10	0	0	0	0	0	10	5	10	12	6	88	22,0
Mário	5	5	0	10	5	5	0	0	0	0	0	0	5	5	10	6	6	62	15,5
Marta F.	5	10	10	10	0	10	10	0	0	0	10	0	10	15	10	12	6	118	29,5
Marta R.	10	5	10	10	10	10	10	10	5	0	10	10	10	15	10	18	6	159	39,8
Mikaelly	5	5	10	10	0	5	5	0	0	0	0	0	10	0	10	0	6	66	16,5
Pedro	5	5	5	10	5	10	5	10	5	10	0	10	10	5	10	12	6	123	30,8
Rafael	5	0	5	10	0	0	10	0	0	0	0	0	5	0	10	6	6	57	14,3
Ricardo M.	5	5	10	10	10	10	5	0	0	10	10	10	5	10	10	12	6	128	32,0
Ricardo E.	0	0	5	10	0	0	5	0	0	0	0	0	5	5	10	12	6	58	14,5
Sara	10	10	10	10	10	10	10	0	5	10	10	10	10	10	10	18	6	159	39,8

• Na questão 1.1, referente à distinção e diferença entre compostos orgânicos e inorgânicos, apenas 40,0% respondeu corretamente e 53,3% apesar de distinguir entre os dois tipos de compostos, identifica os orgânicos como sendo formados por carbono e não refere o hidrogénio;

- na questão 1.2, quando questionados sobre qual o principal grupo funcional da indigotina e que tipo de ligações se estabelecem entre os átomos que fazem parte desse grupo representando-o recorrendo à notação de Lewis, responderam corretamente 40% mas 46,7%, apesar de identificar a ligação covalente dupla e representar a notação de Lewis, apenas o fez para esta mesma ligação, sem identificar o grupo funcional;

- à questão 1.3, sobre o efeito da adição de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ no tingimento com índigo, não foi atribuída a classificação máxima a nenhum aluno mas 46,7% respondeu aos dois primeiros tópicos de resposta que se referem à existência de rutura de ligações entre o oxigénio e o carbono com formação da carga negativa no oxigénio e ao aumento das interações intermoleculares com implicação no aumento da solubilidade do índigo. Igual percentagem de alunos respondeu a apenas um dos tópicos de resposta o que lhes conferiu um terço da classificação atribuída a esta questão;

- à questão 2.1, respeitante à TP dos elementos e à identificação do catião metálico do mordente de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, todos os alunos responderam corretamente identificando o elemento, a família e o bloco da Tabela Periódica (T.P.). a que este pertence;

- na questão 2.2 onde era pedido que indicassem qual a principal característica dos metais e que justificassem recorrendo ao diagrama de energias e à respetiva distribuição eletrónica, apenas a 26,7% dos alunos foi atribuída a classificação total. 46,7% dos alunos expõe corretamente o primeiro tópico de resposta, referindo a existência de poucos eletrões de valência que podem mover-se facilmente pelo metal (eletrões livres), mas quanto ao segundo tópico, apesar de indicarem que esse facto permite estabelecer mais ligações entre a fibra e o corante, não referem a existência de níveis e subníveis energéticos incompletos;

- à questão 2.3, na qual deviam explicar como, de acordo com o método de tingimento M+T, se processa a ligação entre cromóforo do corante – fibra-mordente, apenas 6,7% (uma aluna) responde corretamente tendo-lhe sido atribuída a cotação máxima. Referem dois dos tópicos 46,7% dos alunos: identificam o método, a formação do composto de coordenação e a hidratação do catião metálico; mencionam a ligação entre o composto de coordenação, o mordente e o corante, as ligações covalentes que se formam entre os grupos $-\text{COO}^-$ das cadeias laterais dos aminoácidos e o composto de coordenação e a libertação das moléculas de água. Falham no terceiro tópico de resposta porque apesar de fazerem referência à estabilidade da ligação composto de coordenação-fibra não indicam o que acontece às moléculas de água. 33% dos alunos teve apenas classificação no primeiro tópico de resposta;

- na questão 3.1, a partir de duas estruturas de compostos diferentes pedia-se aos alunos que identificassem as formas colorida e incolor do corante artificial azobenzeno e justificassem a sua escolha. Responderam corretamente 46,7% dos alunos e 26,7% apenas obteve a classificação em um tópico visto ter identificado corretamente as duas formas mas ter trocado o tipo de ligação correspondente a cada uma;

- à questão 3.2 apenas 26,7% respondeu corretamente indicando que, para passar da forma colorida do corante para a incolor, bastava adicionar uma substância que rompesse a ligação covalente dupla. Os restantes não deram qualquer resposta;

- em relação à questão 3.3, onde se pedia que explicassem a nível eletrónico a coloração dos compostos orgânicos, nenhum aluno respondeu aos dois tópicos de resposta. Em relação ao primeiro tópico, não referiram quais os níveis energéticos envolvidos na transição eletrónica. Por este motivo a maioria dos alunos, 53,3%, respondeu corretamente apenas ao segundo tópico de resposta, identificando a existência de ligações covalentes duplas conjugadas;

- nas questões 4.1 e 4.2 que se referiam à identificação do tipo de forças intermoleculares responderam corretamente 33,3% e 46,7% respetivamente, ao identificarem ligações de Hidrogénio e ligação de van der Waals;

- a questão 5.1 que diz respeito à identificação de eletrões ligantes na molécula da quercetina foi respondida corretamente por 46,7% dos alunos;

- na questão 5.2, respeitante ao parâmetro de ligação energia de ligação, os alunos tinham que identificar de entre duas moléculas, qual apresentava maior energia de ligação, justificando a sua escolha. Responderam de acordo com os três tópicos de resposta 6,7% dos alunos, os quais identificaram corretamente qual a que apresentava maior energia de ligação, em qual o número de eletrões partilhados é maior e relacionaram esse número com as forças de atração entre os núcleos e com a dificuldade em quebrar a ligação e 66,7% respondeu de acordo com os dois primeiros tópicos não tendo feito referência, em relação ao terceiro tópico, à diferença entre as forças de atração entre os núcleos;

- na questão 6, a partir de um espetro de absorção cujo máximo de absorção ocorre a um valor de c.d.o. da região do visível, os alunos tinham de identificar a cor da substância recorrendo à roda de cores. Responderam de acordo com os três tópicos de resposta, ou seja, identificaram a cor absorvida, relacionaram a cor observada com a cor complementar da absorvida e identificaram a cor da substância, 13,3% dos alunos. 40% dos alunos

responde indicando o primeiro e o terceiro tópicos. 33,3% dos alunos limita-se a dizer qual a cor da substância;

- à questão 7, referente aos passos necessários para preparar uma solução a partir de um soluto no estado sólido, todos os alunos responderam corretamente;

- na questão 8, onde se pedia para determinar a massa de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ necessária para a preparação de um determinado volume de uma solução com uma concentração conhecida em ião Cu^{2+} , foi atribuída a classificação total a 20% dos alunos que calcularam corretamente o número de moles do ião, explicaram que o número de moles do ião era igual ao da substância e calcularam a respetiva massa. A 53,3% dos alunos foi atribuída a classificação de apenas dois tópicos de resposta, o primeiro e o terceiro, pelo facto de não referirem a igualdade existente entre o número de moles da substância e o número de moles dos iões (segundo tópico). 20% dos alunos obteve classificação referente a apenas um tópico, o primeiro;

- na questão 9, relativa à segurança em laboratórios de química, os alunos tinham que escolher de uma lista de frases sobre esse tema as que não estavam totalmente corretas e corrigi-las. Apenas 6,7% dos alunos responde corretamente. Aos restantes 93,3% foi atribuída metade da classificação.

Depois de efetuada esta análise verificou-se que a média das classificações atribuídas aos alunos foi de 11,1 valores. Apesar desta média final ser relativamente baixa, a análise feita anteriormente permite concluir que as classificações atribuídas são baixas devido aos critérios de classificação aplicados que, como foi já referido anteriormente, estão de acordo com os indicados pelo ME. Contudo se se analisar as classificações individuais verifica-se que 60% dos alunos tem classificação entre 11,3 e 18,5 valores.

3.2.2. - Aula experimental

Durante o decurso das atividades experimentais os alunos foram avaliados no que diz respeito, como referido no segundo capítulo e de acordo com os objetivos definidos pelo ME mencionados no primeiro capítulo, às competências processuais e atitudinais como autonomia, cooperação com os colegas, manuseio do material, cumprimento das regras de segurança, conhecimento dos objetivos do trabalho, registo de observações e resultados, e quanto à forma como fazem a auto e a heteroavaliação.

A ponderação desta avaliação, nomeadamente no que se refere ao trabalho de aula proveniente das observações realizadas ao longo da execução dos trabalhos experimentais em laboratório, na avaliação final é de 15%. A distribuição das classificações nesta componente obtidas pelos alunos encontra-se na Tabela 3.3. e na Tabela 3.4 podem-se consultar os resultados obtidos individualmente para cada parâmetro. A média da turma foi de 16,6 valores.

Tabela 3.3 – Distribuição das classificações obtidas na avaliação da aula experimental

Intervalo de classificação (valores)	Percentagem (%)
$x \leq a 10$	0
$10 \leq x \leq 13$	20,0
$14 \leq x \leq 16$	6,7
$17 \leq x \leq 20$	73,3

Tabela 3.4 – Resultados obtidos na avaliação de cada parâmetro da aula experimental e respetiva ponderação na avaliação final

Escola Secundária Padre António Macedo																				 2010-2011									
Grelha de Avaliação de Aula Experimental																													
Disciplina: Física e Química A Ano : 10º Turma: A																													
Atividade: Tingimento com Corantes Naturais																				Data: ____/____/____									
Nome	É autónomo / Segue o protocolo (3)				Coopera com os colegas/ Discute a evolução do trabalho (3)				Seleciona e manuseia corretamente o material (3)				Cumpre regras de segurança e segue as instruções (3)				Conhece os objetivos do trabalho (3)				Regista as observações e resultados (3)				Faz auto e heteroavaliação (2)		Total (x10)	15%	
	S	F	PV	N	S	F	PV	N	S	F	PV	N	S	F	PV	N	S	F	PV	N	S	F	PV	N	S	F			PV
Ana	3						1			2			3			3			3			2					170	25,5	
Catarina	3						2			3			3			3			3			2					190	28,5	
João	3						3			2			3			3			3			2					190	28,5	
Marta F.			1				1			2			2			1			2			2					110	16,5	
Rafael			1				2			2			2			1			2			2					120	18	
Ricardo E.			1				2					1				1			1			2					100	15	
Adriana		2					3			3			3			3			3			2					190	28,5	
Carolina		2					3			2			3			3			3			2					180	27	
MiKaely	3						2			2			3			2			3			2					170	25,5	
Cláudio	3						3			2			3			2			3			2					180	27	
Mário	3						3			2			3			2			3			2					180	27	
Sara	3						2			2			3			3			3			2					180	27	
Marta R.	3						3			3			3			3			3			2					200	30	
Ricardo M.		2					3			2			2			2			2			2					150	22,5	
Pedro	3						3			3			3			2			2			2					180	27	

Ao longo das aulas os alunos foram melhorando as suas competências laboratoriais e de trabalho em grupo e, em simultâneo, aumentando o gosto por aprender. A partir da análise dos resultados obtidos verifica-se que os alunos foram desenvolvendo e aperfeiçoando competências definidas no programa da disciplina de FQA. Em relação às competências do tipo processual os alunos foram sempre responsáveis pela:

- seleção e organização dos materiais adequados às atividades experimentais;
- manipulação correta do equipamento e dos materiais respeitando as normas de segurança;
- organização sequencial das várias operações laboratoriais;
- anotação de dados relacionados com a utilização de material graduado, leitura de escalas e medição de grandezas;
- gestão correta do tempo na realização das tarefas.

Quanto às competências do tipo conceptual, verificou-se que ao longo da realização das atividades os alunos foram manifestando cada vez menos dificuldades e, conseqüentemente, maior eficácia no que se refere a:

- executar o trabalho experimental;
- registar as observações e medições efetuadas;
- analisar e interpretar os resultados obtidos;
- estabelecer comparações realizando inferências e a discutir resultados obtidos;
- interpretar representações gráficas;
- usar corretamente linguagem científica;
- aplicar e relacionar conteúdos do programa com as atividades experimentais realizadas.

No que se refere às competências do tipo social, atitudinal e axiológico, observou-se que as atitudes demonstradas pelos alunos em relação ao trabalho laboratorial foram de manifesto interesse, entusiasmo, responsabilidade, autoconfiança e autonomia. Durante todo o trabalho laboratorial foi sempre visível:

- o respeito pelo cumprimento de normas de segurança;
- a forma como rentabilizaram o trabalho em equipa;
- a preocupação na adequação do ritmo de trabalho aos objetivos das atividades;
- a participação ativa em todas as tarefas individuais e de grupo;
- a cooperação com os colegas;
- a assunção de responsabilidade nas suas posições e atitudes, nomeadamente, na auto e heteroavaliação.

A análise efetuada permite concluir que as atividades experimentais realizadas foram motivadoras e estimulantes para os alunos e que, para além de desenvolverem capacidades de manipulação também auxiliaram na compreensão dos conteúdos teóricos que fazem parte do programa da disciplina. Permitiu-lhes entender cientificamente a atividade de tingimento ao relacionarem a aquisição de cor com os conteúdos de Química.

3.2.3. Relatório sobre a atividade experimental e avaliação global

O relatório elaborado pelos alunos corresponde ao terceiro instrumento de avaliação que, em conjunto com os outros dois anteriores, permite verificar se os objetivos deste trabalho foram atingidos. A ponderação da avaliação atribuída ao relatório na avaliação final desta atividade, é de 60 %. Na Tabela 3.5 apresenta-se a distribuição das classificações obtidas no relatório cuja média foi de 16,4 valores e das classificações finais, sendo a média igualmente de 16,4 valores. Esta classificação final representa a avaliação global referente à média ponderada das classificações obtidas nas três componentes de avaliação: teste teórico-prático, aula experimental e relatório. Na Tabela 3.6 apresentam-se os resultados obtidos na avaliação individual de cada parâmetro do relatório e, simultaneamente, a classificação final atribuída aos alunos.

Tabela 3.5 – Distribuição das classificações obtidas no relatório e na classificação final (relatório, aula experimental e teste teórico-prático)

Intervalo de classificação (valores)	Relatório (%)	Final (%)
$x \leq 10$	0	0
$10 \leq x \leq 13$	20,0	20,0
$14 \leq x \leq 16$	0	13,0
$17 \leq x \leq 20$	80,0	67,0

- na terceira parte do relatório não foi necessário indicar a lista de material e reagentes nem o procedimento experimental seguido uma vez que estes fazem parte do protocolo experimental fornecido aos alunos e do organograma elaborado pelos mesmos e que constam respetivamente nos Anexos I e III. Contudo, os alunos efetuaram os cálculos necessários para a preparação das soluções a utilizar. De acordo com as classificações obtidas verifica-se que só a um grupo é que foi atribuída a cotação máxima. Dois grupos calcularam corretamente a concentração das soluções apesar de apresentarem falhas na apresentação dos resultados no que se refere ao número de algarismos significativos e um grupo não conseguiu efetuar os cálculos sem recorrer ao auxílio dos outros grupos. Os resultados obtidos nos cálculos foram apresentados, em tabela;

- em relação aos resultados, cada grupo devia apresentar as fotografias das lãs tingidas com os corantes utilizados usando diferentes métodos e concentração e os espectros de absorção de moléculas cromóforas desses corantes, devidamente identificados. Três grupos apresentaram o que era pedido embora com falhas na identificação e dois grupos apresentaram todos os espectros obtidos mas faltaram fotografias das lãs tingidas;

- quanto à análise de resultados que os alunos efetuaram, foi atribuída classificação máxima a dois grupos: compararam as cores obtidas nos dois processos de tingimento com índigo e fizeram referência ao facto de, quando o tingimento é feito em meio básico e redutor a cor da fibra de lã tingida é azul e tem um aspeto uniforme, não acontecendo o mesmo quando o tingimento é feito só em meio aquoso. Concluíram que no primeiro caso o processo de tingimento é antecedido por uma reação de oxidação-redução fundamental para que o corante se torne solúvel e se disperse facilmente na lã. No tingimento de lã com corantes que necessitam de mordente compararam as cores obtidas em função dos métodos de tingimento, as cores obtidas em função das concentrações de mordentes, relacionaram as cores com a forma como se estabelece a ligação, fibra-mordente-corante. Interpretaram o espectro de absorção de cromóforos existentes no corante utilizado e relacionaram o c.d.o. máximo da cor absorvida com a cor observada. Nesta análise utilizaram sempre linguagem cientificamente correta. Dois grupos apresentaram algumas falhas nomeadamente no que se refere à explicação das ligações estabelecidas e, um grupo, não procedeu a uma análise tão rigorosa, falhando algumas comparações, ainda que tenha utilizado linguagem cientificamente correta.

- no que respeita às conclusões, os dois grupos cuja análise de resultados obteve cotação máxima também foram os que apresentaram conclusões mais bem estruturadas e concordantes com o trabalho realizado. Um dos grupos a quem tinha sido atribuída a

segunda melhor cotação na análise de resultados foi coerente com essa análise efetuada anteriormente e, por isso, nesta parte do relatório também lhe foi atribuída a segunda cotação. O outro grupo praticamente não apresentou conclusões. O grupo a quem tinha sido atribuída classificação mais baixa na análise de resultados apresentou conclusões com base em resultados que obteve mas que não foram referidos anteriormente, tendo sido atribuída mais cotação nesta última parte. Na conclusão final todos os grupos consideraram que os objetivos definidos no início das atividades experimentais eram bastante claros e que foram atingidos. Quanto à realização dessas atividades nunca sentiram qualquer dificuldade.

Quanto à **avaliação global** que, como foi referido anteriormente, corresponde à média ponderada da três componentes de avaliação, resultou numa média de turma de 16,4 valores. A classificação mais baixa foi de 11,2 valores e a mais elevada foi de 19,8 valores.

Analisando estes dados pode-se concluir que as atividades experimentais realizadas pelos alunos permitiram vivenciar e apreender os conteúdos teóricos trabalhados em sala de aula e desenvolver competências práticas só possíveis de adquirir em laboratório.

3.3. Questionário de Interesse pelas Atividades Experimentais

Para complementar a avaliação do impacto da atividade experimental realizada, “Tinturaria Tradicional: Tingimento de lã com corantes naturais”, na aprendizagem dos alunos, procedeu-se a uma avaliação qualitativa através da aplicação do questionário de opinião e de grau de satisfação sobre o interesse pelas atividades experimentais e que se encontra no Anexo V.

As questões abordadas neste questionário tiveram como objetivo avaliar diversos aspetos relacionados com as atividades experimentais em geral e com a atividade proposta como uma nova metodologia para o ensino dos temas específicos do programa de FQA, para os quais não estão contempladas atividades laboratoriais como foi referido no primeiro capítulo. Assim, as questões que constam do questionário, permitem fazer uma análise acerca do grau de satisfação dos alunos em relação às metodologias de ensino com as quais consideram aprender melhor e aos motivos que os levam a gostar de realizar atividades experimentais; possibilitam verificar se consideraram a atividade de fácil execução, se foi interessante e se despertou a curiosidade dos alunos sobre os fenómenos químicos no mundo que os rodeia; permitem também verificar se os objetivos do trabalho foram atingidos no que se refere a melhorar a compreensão da ligação química estudada nas aulas teóricas, a relação entre a ligação química e a sua aplicação no dia a dia e

verificar se houve consolidação de outros temas que fazem parte do programa de 10º ano de escolaridade de FQA.

As Figuras 3.14. a 3.20 representam de modo gráfico as respostas obtidas para cada questão e permitem fazer uma análise acerca da importância da utilização de atividades experimentais na disciplina de FQA:

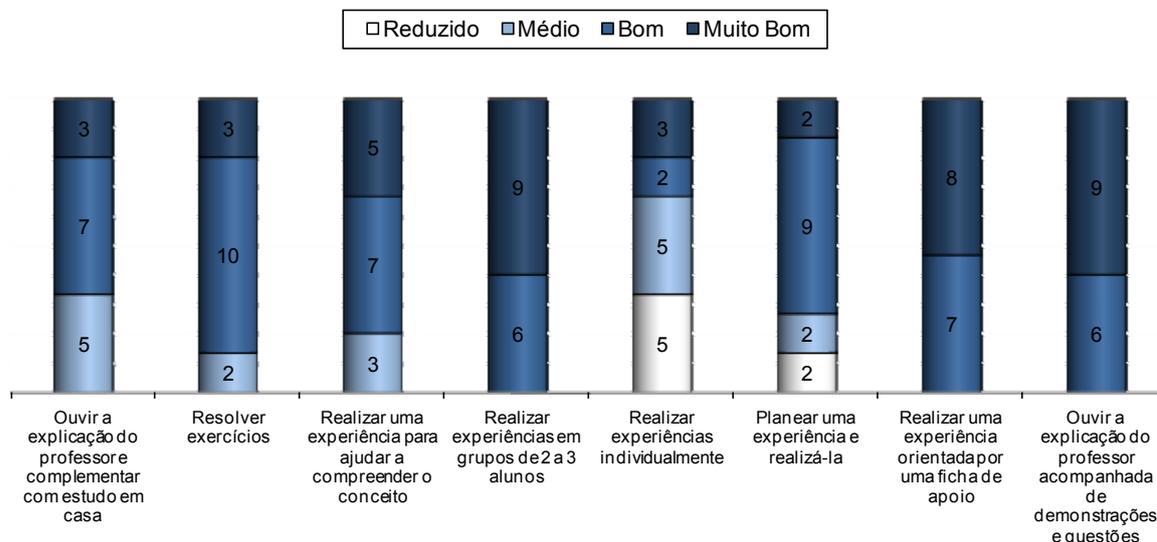


Figura 3.14 – Resultados obtidos na questão 1: "Relativamente às metodologias de ensino como considera aprender melhor?"

• todos os alunos consideram que as atividades experimentais são uma boa metodologia de ensino visto que a realização de experiências ajuda a compreender melhor os conceitos teóricos. Contudo a maioria (66,7%) prefere não as realizar individualmente e só 73,3 % é que considera ser interessante planear a experiência e realizá-la.

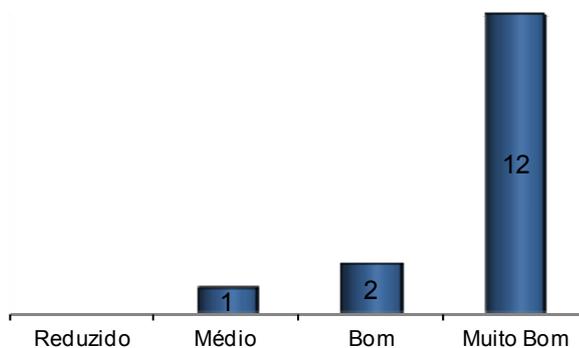


Figura 3.15 – Resultados obtidos na questão 2: "Gosta de atividades experimentais?"

- 93,3% dos alunos gosta bastante de realizar atividades experimentais. Nenhum aluno referiu não gostar de as realizar. Por esse motivo, todos os alunos responderam à questão 3 e nenhum respondeu à questão 4 onde se pedia que indicassem os motivos que os levava a não gostar de realizar atividades experimentais.

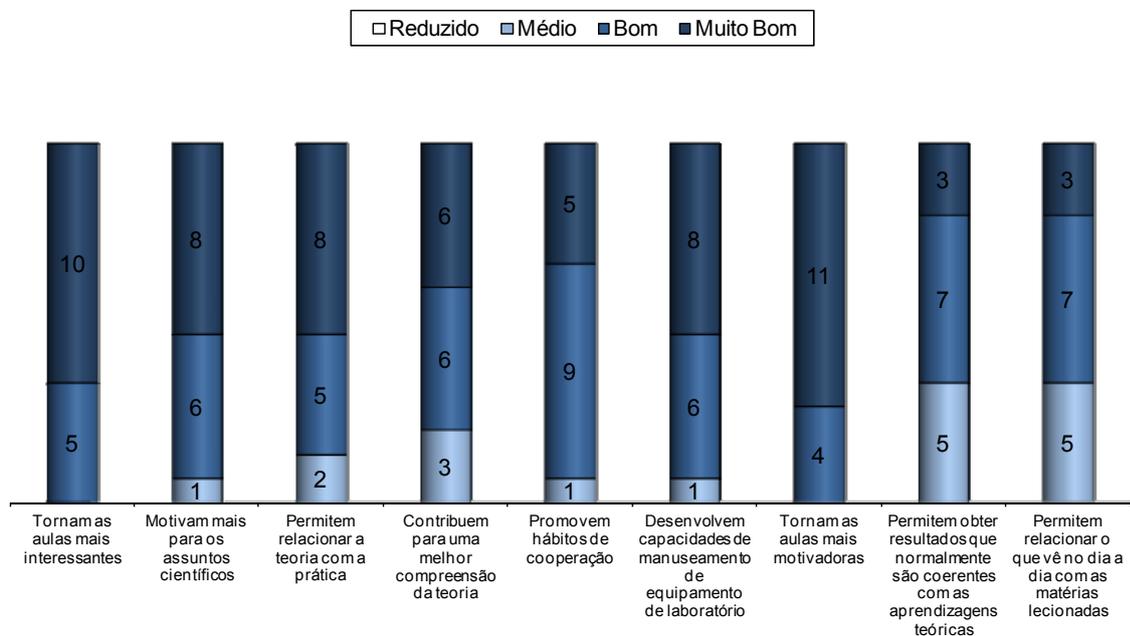


Figura 3.16 – Resultados obtidos na questão 3: “Motivos que o/a levam a gostar de realizar atividades experimentais”

- todos os alunos consideram que as atividades experimentais tornam as aulas mais interessantes e motivadoras e a maioria (93,3 %), refere que motivam mais para os assuntos científicos, promovem hábitos de cooperação e desenvolvem capacidades de manuseamento de equipamento de laboratório. Apesar de mais de 80 % mencionarem que estas atividades permitem relacionar a teoria com a prática e contribuem para uma melhor compreensão da teoria, apenas 66,7% refere que permitem obter resultados que normalmente são coerentes com as aprendizagens teóricas e relacionar o que vêem no dia a dia com as matérias lecionadas.

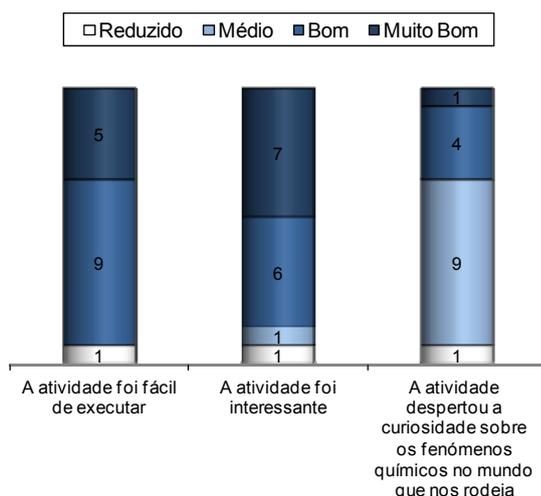


Figura 3.17 – Resultados obtidos nas questões: “5.1 - A atividade foi fácil de executar?; 5.2 - A atividade foi interessante?; 5.3 - A atividade despertou a curiosidade sobre os fenômenos químicos no mundo que nos rodeia?”

- no que se refere à atividade experimental realizada, 86,7% dos alunos gostaram de a realizar, 93,3% consideraram-na fácil de executar mas, mesmo assim, 66,7% não ficaram ainda muito curiosos acerca dos fenômenos químicos existentes no mundo que os rodeia.

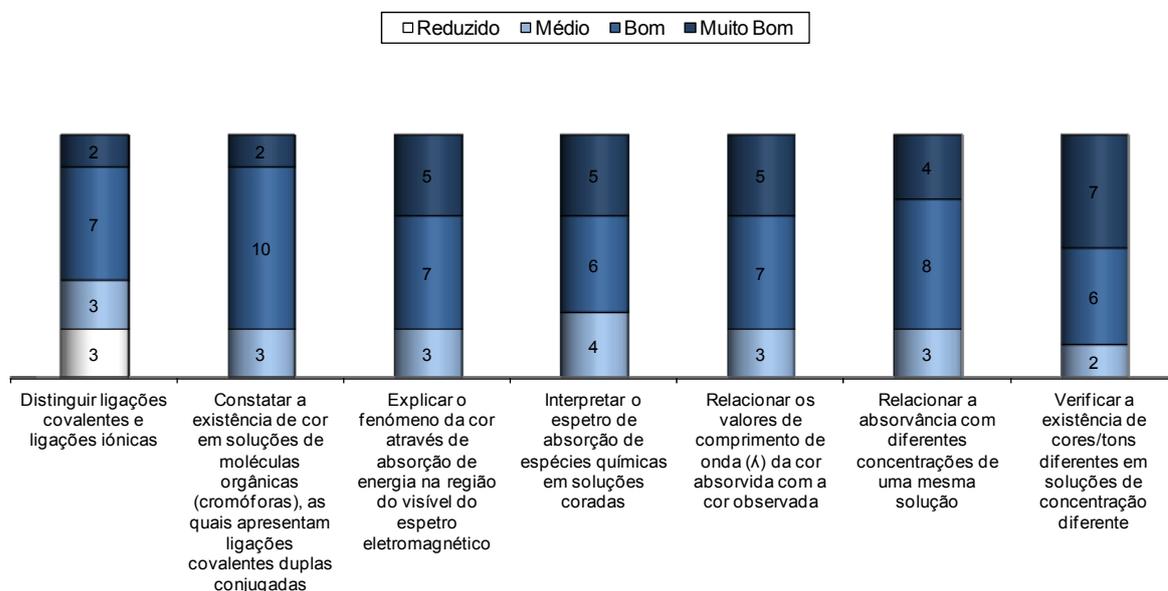


Figura 3.18 – Resultados obtidos na questão 5.4: “Os objetivos do trabalho foram atingidos no que se refere a:”

- quando questionados sobre os objetivos específicos do trabalho, apenas 60% dos alunos consegue fazer a distinção entre ligações covalentes e ligações iônicas mas, em contrapartida, 73,3% dos alunos consegue interpretar o espectro de absorção de espécies químicas em soluções coradas. Todos os outros objetivos são atingidos por, pelo menos, 80% dos alunos.

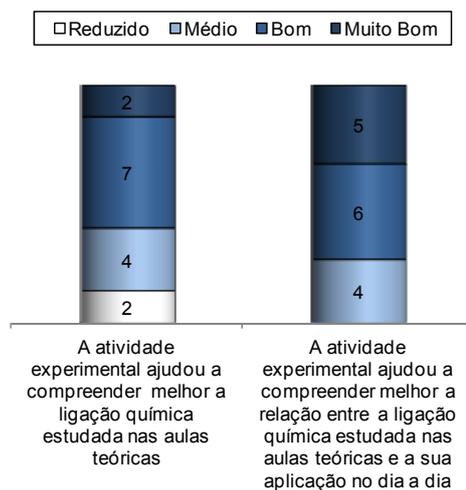


Figura 3.19 – Resultados obtidos nas questões: “5.5 - A atividade experimental ajudou a compreender melhor a ligação química estudada nas aulas teóricas?; 5.6 - A atividade experimental ajudou a compreender melhor a relação entre a ligação química estudada nas aulas teóricas e a sua aplicação no dia a dia?”

- nas relações atividade experimental/compreensão da ligação química e atividade experimental/aplicação no dia a dia, os alunos consideram que foi mais favorecida a segunda (73,3%) embora reconheçam a influência na primeira (60%).

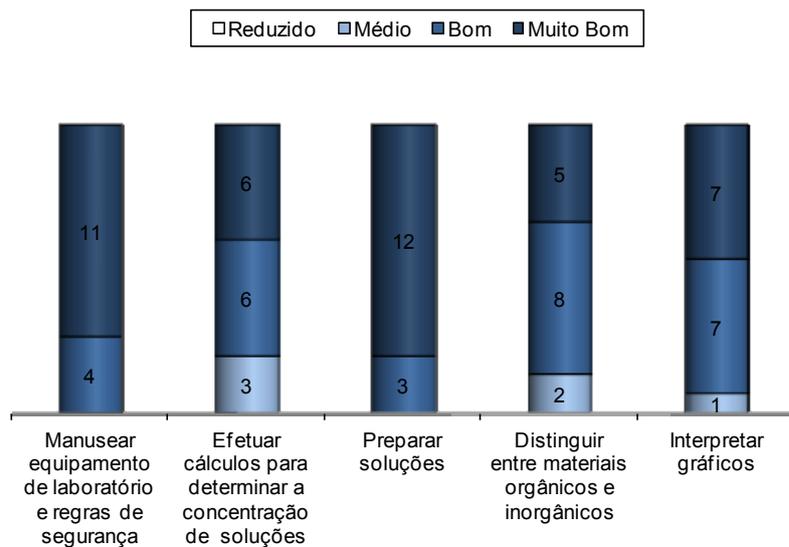


Figura 3.20 – Resultados obtidos na questão 6: “Classifique as aprendizagens consolidadas nesta atividade no que diz respeito a outros temas contidos no programa de 10º ano”

- em relação a outras aprendizagens pode verificar-se que mais de 80% dos alunos considera que estas foram consolidadas com esta atividade e, em algumas situações como manusear equipamento de laboratório e aquisição de regras de segurança e preparação de soluções, a totalidade dos alunos refere a consolidação de aprendizagens. Salienta-se que 93,3% dos alunos deixou de ter dificuldade na interpretação de gráficos.

Em suma, atendendo aos objetivos gerais e específicos definidos no segundo capítulo e, ao que foi referido no primeiro sobre a importância da realização de atividades experimentais nas aprendizagens dos alunos visto permitirem a associação entre a parte experimental e a teórica e colaborarem para a tomada de consciência do papel da Física e da Química na explicação de fenómenos do mundo que os rodeia, pode-se constatar que:

→ A partir da análise dos resultados obtidos na componente de avaliação referente à observação de aula e no questionário de opinião e grau de satisfação:

- todos os alunos consideram que as atividades experimentais são uma boa metodologia de ensino visto que a realização de experiências ajuda a compreender melhor os conceitos teóricos;

- todos os alunos consideram que as atividades experimentais tornam as aulas mais interessantes e motivadoras, promovem hábitos de cooperação e desenvolvem capacidades de manuseamento de equipamento de laboratório;

- a maioria refere que motivam mais para os assuntos científicos, mas pouco menos de metade sente curiosidade acerca dos fenómenos químicos existentes no mundo que os rodeia;

- a maioria dos alunos considerou que as atividades experimentais ajudam à compreensão da teoria e aos fenómenos do dia a dia;

- no que se refere à consecução das atividades experimentais, gostaram de as realizar, e consideraram-nas de fácil execução;

- nas relações atividade experimental/compreensão da ligação química e atividade experimental/aplicação no dia a dia consideraram que foi mais favorecida a segunda embora tenham reconhecido a influência na primeira;

- a maioria dos alunos adquiriu competências de laboratório a um nível Bom/Muito Bom e evidenciou ter compreendido a relação entre a atividade desenvolvida e conceitos teóricos que fazem parte do programa da disciplina: “atividade do dia a dia/cor/concentração/ligação química/espectrofotometria”.

→ A partir da análise efetuada aos resultados obtidos na componente de avaliação referente ao teste teórico-prático, ao relatório elaborado e ao questionário de opinião e grau de satisfação:

- quando questionados sobre se os objetivos específicos do trabalho, quer em relação aos que estão diretamente relacionados com o tema e a ligação química quer com os relacionados com outras aprendizagens, foram atingidos os alunos consideraram ter feito aquisições a um nível Bom /Muito Bom;

- em relação ao teste teórico-prático, a média das classificações apesar de ser relativamente baixa, situa-se num nível Médio. Contudo, as classificações obtidas nas várias questões permitem concluir que a maior parte dos alunos conseguiu compreender melhor conceitos como o de ligação química e espectrofotometria e efetuar cálculos de concentração;

- o relatório elaborado também demonstrou que a atividade experimental permitiu aos alunos estabelecer relações entre a atividade desenvolvida e conceitos teóricos que fazem parte do programa da disciplina:

- observaram e explicaram a diferença obtida na cor final da fibra de lã quando o tingimento com índigo é efetuado em solução aquosa e, quando ocorre em meio básico e na presença de espécie redutora;

- relacionaram, no que se refere ao tingimento usando corantes naturais e mordentes, as cores obtidas com a natureza química do mordente, a concentração dos banhos de mordentagem utilizados e o método de tingimento, destacando a importância, do ponto

de vista colorimétrico, da natureza do catião metálico e da molécula de cromóforo do corante e a sequência pela qual se ligam à fibra de lã, na cor final da lã tingida;

- relacionaram, de acordo com a análise espectrofotométrica efetuada, os máximos de absorção na zona do visível com a cor das soluções de cromóforo com e sem mordentes concluindo que a cor observada pode ser descrita pela cor complementar.

→ Na avaliação global os resultados obtidos situam-se no nível Bom mas muito próximo do Muito Bom.

De acordo com estes resultados pode-se concluir que os objetivos da atividade realizada foram atingidos visto que, como foi referido anteriormente, as atividades experimentais permitiram aos alunos compreender os conteúdos teóricos trabalhados em sala de aula, entender a conexão que se estabelece entre esses conteúdos e relacioná-los com o seu quotidiano, desenvolver competências só possíveis de adquirir em laboratório e vivenciar o processo de tinturaria tradicional.

4

Considerações Finais e Perspetivas Futuras

"Não há mestre que não possa ser aluno."

Gracián y Morales, Baltasar (1601 – 1658)

4.1. Considerações finais

O tema deste trabalho “Tinturaria Tradicional: uma abordagem em contexto escolar” foi escolhido pelo facto de permitir, através de várias atividades experimentais, exemplificar de um modo prático conteúdos do currículo de Química, da disciplina de FQA do 10º ano de escolaridade, como a ligação química e o espectro eletromagnético. A abordagem desses conteúdos numa perspetiva de trabalho laboratorial foi uma opção para o facto de no programa da disciplina não estarem contempladas atividades experimentais. Em simultâneo, o tema escolhido permitiu de um modo prático exemplificar a importância que estes conceitos assumem no dia a dia.

Assim, ao vivenciar o processo de tinturaria tradicional através da execução de tingimento de fibra lã com corantes naturais seguido de análise espectrofotométrica, os alunos concluíram que:

- no tingimento com índigo, um corante de tina, para que a cor final da fibra de lã tingida seja uniforme é necessário utilizar um agente redutor de forma a que ocorra um processo de oxidação-redução, responsável pela solubilidade do corante e pela cor da molécula cromófora no processo de tingimento;
- no tingimento com garança, casca de cebola e pau campeche, corantes que necessitam de mordente, ao avaliarem as cores obtidas de acordo com:
 - a natureza química do mordente, as amostras tingidas com garança são as mais claras e com tons variados de carmim, laranja e castanho, as tingidas com casca de cebola variam entre o amarelo, o castanho e o verde e as tingidas com pau campeche são as mais escuras variando entre o roxo e o preto;
 - a concentração dos banhos de mordentagem utilizados, o alúmen é o mordente que dá origem a cores mais vivas e brilhantes e quanto maior a concentração de mordente mais escura é a cor obtida;
 - o método de tingimento, as tonalidades obtidas são mais claras quando o método de tingimento utilizado é o M+T, quando comparadas com o MDT;
- existem várias propostas diferentes para explicar a forma como se estabelece a ligação química fibra de lã-mordente-cromóforo, verificando-se que a sequência pela qual o cátion metálico e a molécula de cromóforo se ligam à fibra de lã têm impacto na cor final da lã tingida;

- cada solução padrão de cromóforo, de mordente e de soluções mistura cromóforo-mordente apresenta um espectro de absorção diferente, revelando máximos de absorção a c.d.o. diferentes;

- os valores de c.d.o. correspondentes aos máximos de absorção variam consoante o cromóforo se encontra ou não na presença de mordente;

- as cores das lãs tingidas com corantes podem ser relacionadas com a cor de soluções padrão de cromóforos desses corantes;

- a cor observada nas soluções padrão é a complementar da absorvida;

- a cor das substâncias está relacionada com a absorção seletiva de energia na região do visível do espectro eletromagnético pelas moléculas.

O estudo efetuado, relativamente ao impacto das atividades nas aprendizagens dos alunos nas componentes de avaliação, teste teórico-prático, aula experimental, relatório e questionário de opinião e grau de satisfação, permite afirmar que os alunos consideram que as atividades experimentais:

- são uma boa metodologia de ensino contribuindo para uma melhor compreensão dos conceitos teóricos;

- tornam as aulas mais interessantes e motivadoras e promovem hábitos de cooperação;

- contribuem para uma melhor compreensão da teoria e dos fenómenos do dia a dia;

- motivam para os assuntos científicos;

- permitem a aquisição de competências de laboratório.

Quanto aos objetivos específicos do trabalho, os alunos consideram que foram atingidos, quer em relação aos que estão diretamente relacionados com o tema e a ligação química, quer com os relacionados com outras aprendizagens.

A média de classificação obtida pela turma na avaliação final, que corresponde à média ponderada da três componentes de avaliação, teste teórico-prático, aula experimental e relatório foi de 16,4 valores tendo-se verificado que a classificação mais baixa foi de 11,2 valores e a mais elevada de 19,8 valores.

A partir da análise destes resultados, pode verificar-se que a articulação entre o tema e os conteúdos programáticos proporcionaram a oportunidade de uma melhor compreensão desses conteúdos e a sua aplicação no dia a dia. As atividades práticas demonstraram contribuir para o desenvolvimento de atitudes científicas e contribuíram para a aquisição de competências laboratoriais.

Os resultados obtidos permitem também perceber que a motivação dos alunos foi elevada mesmo daqueles que frequentemente se mostram mais desinteressados.

Assim, tendo em conta que as atividades experimentais constituem um recurso didático no ensino da Química, pode concluir-se que a proposta apresentada referente a atividades experimentais realizadas sob o tema “Tinturaria Tradicional: uma abordagem em contexto escolar” atingiu os seus objetivos, podendo constituir uma nova metodologia para o ensino da ligação química e do espectro eletromagnético.

4.2. Perspetivas futuras

Nesta proposta de trabalho foram utilizados alguns corantes naturais de plantas que não se encontram com facilidade e que foram fornecidas pela UE. Assim, deve considerar-se a possibilidade de usar plantas existentes na zona como, por exemplo, a figueira ou a urtiga, flores como o malmequer, frutos como a maçã e ainda o chá preto entre outros.

Na continuidade do trabalho com estes alunos no 11º ano de escolaridade, sugere-se a abordagem dos seguintes conteúdos programáticos, recorrendo a conceitos subjacentes nesta atividade:

- Ácidos e Bases (equilíbrio químico e indicadores ácido – base em titulações, por oposição aos indicadores convencionais como a fenolftaleína);
- pH (comportamento dos corantes em função do pH e obtenção dos espectros de absorção na região do UV/Vis para diferentes valores de pH, para identificação dos máximos de absorção em função da acidez do meio; propriedades anfotéricas das antocianinas);
- Reações de oxidação - redução (identificação das formas *leuco* e *ceto* através da obtenção dos respetivos espectros de absorção; relação entre diferentes substâncias existentes no chá como quercetina/cianidol/epicatecol, entre outras).

Bibliografia

Bibliografia

- Abreu S. (2010). Cebola (*Allium cepa*). *Tingimento Natural*.
<http://tingimentonatural.blogspot.com/search/label/cebola> (Último acesso em: 12-12-2010).
- Afonso A.S., Leite L. (2000). Concepções de futuros professores de Ciências Físico-Químicas sobre a utilização de actividades laboratoriais. *Rev. Port. Ed.*, 13 (1), 185-208.
- Agnaldo J.S., Bastos J.B.V., Cressoni J.C., Viswanathan G.M. (2006). Células solares de TiO₂ sensibilizado por corante. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, 28, 77-84.
- Allan J. (1990). Fiber identification: A colorful experiment for all ages. *J. Chem. Educ.*, 67 (3), 256-257.
- Almeida A.M.F.G. (2001). Educação em Ciências e Trabalho Experimental: Emergência de uma nova concepção. In Veríssimo A., Pedrosa A., Ribeiro R. (Eds.), *Ensino Experimental das Ciências - (Re)Pensar o Ensino das Ciências* (pp. 51-73). Lisboa, Portugal: Ministério da Educação.
- Anghinoni M. (2010). Harmonia das Cores. *Sellerink*.
<http://sellerink.com.br/blog/series/harmonia-das-cores/> (Último acesso em: 10-10-2011).
- Araújo M. (2005). *Corantes Naturais para Têxteis - Da Antiguidade aos Tempos Modernos*. Lisbon, Portugal: FCUL.
- Araújo M., Castro E.M.M. (1984). *Manual de Engenharia Têxtil*. Lisbon, Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Balakina G.G., Vasillev V.G., Karpova E.V., Mamatyuk V.I. (2006). HPLC and molecular spectroscopic investigations of the red dye obtained from an ancient Pazyryk textile. *Dyes Pigm.*, 71 (1), 54-60.
- Berg J.M., Tymoczko J.L., Stryer L. (2002). *Biochemistry*. New York, USA: W.H. Freeman & Co.
- Brites M.J.S. (2010). Células Solares Orgânicas com base em Novos Corantes Orgânicos Conjugados. *Laboratório Nacional de Energia e Geologia*.
<http://www.lneg.pt/iedt/projectos/215/> (Último acesso em: 21-8-2011).
- Broadbent A.D. (2001). *Basic Principles of Textile Coloration*. West Yorkshire, England, UK: Society of Dyers and Colorists.
- Brock W.H. (2000). *The Chemical Tree - A History of Chemistry*. London, UK: Norton & Company.
- Brunello F. (1973). *The art of dyeing in the history of mankind*. Vicenza, Italy: Neri Pozza Editore.

- Bruner J.S. (1973). *The process of Education - 12ª Edição*. Cambridge (MA), USA: Harvard University Press.
- Calder B. (2003). Natural Dye Lesson Plan. *The University of Maine*.
<http://www.umaine.edu/NSFGK-12/images/PDFs/natdye.pdf> (Último acesso em: 12-12-2010).
- Calogero G., Di Marco G. (2008). Red Sicilian orange and purple eggplant fruits as natural sensitizers for dye-sensitized solar cells. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, 92 (11), 1341-1346.
- Candeias A.E. (2007). Corantes Têxteis Naturais. In Dias A.S., Candeias A.E. (Eds.), *Pigmentos e Corantes: entre as artes e as ciências* (pp. 27-44). Évora, Portugal: Fundação Luís de Molina.
- Castro P.V., Barberá O. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Ensen. Cienc.*, 14 (3), 365-380.
- Chang R. (1994). *Química - 5ª Edição*. Lisboa, Portugal: McGrawHill.
- Couto A.B., Ramos L.A., Cavalheiro E.T.G. (1998). Aplicação de pigmentos de flores no ensino de química. *Quím. Nova*, 21, 221-227.
- Cruz A.J. (2007). Os pigmentos naturais utilizados em pintura. In Dias A.S., Candeias A.E. (Eds.), *Pigmentos e Corantes: entre as artes e as ciências* (pp. 5-23). Évora, Portugal: Fundação Luís de Molina.
- Dias M.V., Guimarães P.I.C., Merçon F. (2003). Corantes Naturais: Extração e Emprego como Indicadores de pH. *Quím. Nova Esc.*, 17, 27-31.
- Editorial staff of Journal of Chemical Education. (1999). Colors to dye for: preparation of natural dyes. *J. Chem. Educ.*, 76 (12), 1688A-1688B.
- Einstein A. (1995). *Como vejo o mundo*. São Paulo, Brasil: Círculo do Livro.
- Ekrami E., Mafi M., Motlagh M.S. (2011). Dyeing of Wool Using Olive Oil Fruit Waste. *World Appl. Sci.*, 13 (5), 996-999.
- Ferreira E.S.B., Hulme A.N., McNab H., Quye A. (2004). The natural constituents of historical textile dyes. *Chem. Soc. Rev.*, 33 (6), 329-336.
- Filho V.E.M., Chierice G.O., Marques A.L.B. (1999). Estudo voltamétrico do complexo de cobre(II) com o ligante vermelho de alizarina S, adsorvido na superfície do eletrodo de grafite pirolítico. *Quím. Nova*, 22, 312-314.
- Fonseca S.F., Gonçalves C.C.S. (2004). Extração de Pigmentos do Espinafre e Separação em Coluna de Açúcar Comercial. *Quim. Nova Esc.*, 20, 55-58.
- Fossen T., Pedersen A.T., Andersen Ø.M. (1998). Flavonoids from red onion (*Allium cepa*). *Phytochem.*, 47 (2), 281-285.

- Fraceto L.F., Lima S.L.T. (2003). Aplicação da Cromatografia em Papel na Separação de Corantes em Pastilhas de Chocolate. *Quím. Nova Esc.*, 18, 46-48.
- Guaratini C.C.I., Zanoni M.V. (2000). Corantes têxteis. *Quím. Nova*, 23, 71-78.
- Hacke A.-M. (2006). *Investigation into the Nature and Ageing of Tapestry Materials* (PhD Thesis, University of Manchester, Manchester, England, UK).
- Hodson D. (2000). The Place of Practical Work in Science Education. In Sequeira M., Dourado L., Vilaça M.T., Afonso S., Baptista J.M. (Eds.). *Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências*. Braga, Portugal: Departamento de Metodologias da Educação do Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho.
- Hodson D. (1994). Hacia un enfoque, más crítico del trabajo de laboratorio. *Ensen. Cienc.*, 12 (3), 299-313.
- Horowicz R.J. (1999). *Luz, cores, ação... A ótica e suas aplicações tecnológicas*. São Paulo, Brasil: Editora Moderna.
- Ingamells W. (1993). *Colour for textiles - A user's handbook*. West Yorkshire, England, UK: Society of Dyers and Colorists.
- Insausti M.J., Merino M. (2000). Una propuesta para el aprendizaje de contenidos procedimentales en el laboratorio de Física y Química. *Investig. Ensino Ciênc.*, 5 (2), 93-119.
- Kimura I.Y., Gonçalves J., Afonso C., Stolberg J., Laranjeira M.C.M., Fávere V.T. (1999). Efeito do pH e do tempo de contato na adsorção de corantes reativos por microesferas de quitosana. *Polímeros*, 9, 51-57.
- Krell A. (2010). Química dos Corantes. *Alkimia*. <http://alkimia.tripod.com/corantes.htm> (Último acesso em: 12-12-2010).
- Learn NC. (2008). Indigofera tinctoria. <http://www.learnnc.org/lp/multimedia/7770> (Último acesso em: 12-12-2010).
- Lehninger A.L., Nelson D.L., Cox M.M. (2004). *Lehninger Principles of Biochemistry – 4ª Edição*. New York (NY), USA: W.H. Freeman.
- Lillie R.D. (1974). The hematoxylin shortage and the availability of synthetic substitutes. *Am. J. Med. Technol.*, 40, 455-461.
- Madhurakavi M. (2010). *Rubia tinctoria* or Manjishta - an Introduction. *Simple Ayurvedic health tips*. <http://simpleayurvedichealthtips.blogspot.com/2010/11/rubia-tinctoria-or-manjishta.html> (Último acesso em: 12-12-2010).
- Manhita A., Ferreira V., Vargas H., Ribeiro I., Candeias A., Teixeira D., Ferreira T., Dias C.B. (2011). Enlightening the influence of mordant, dyeing technique and photodegradation on the colour hue of textiles dyed with madder - A chromatographic and spectrometric approach. *Microchem. J.*, 98 (1), 82-90.

- Marconato J.C., Franchetti S.M.M., Pedro R.J. (2004). Solução-Tampão: Uma Proposta Experimental Usando Materiais de Baixo Custo. *Quím. Nova Esc.*, 20, 59-62.
- Melo J.S., Barroso M. (2001). Síntese, Espectroscopia e Tingimento com Corantes: o Índigo. *Bol. Soc. Port. Quím.*, 81, 66-69.
- Melo J.S., Melo M.J., Claro A. (2006). As Moléculas da Cor na Arte e na Natureza. *Bol. Soc. Port. Quím.*, 101, 44-55.
- Mihalick J.E., Donnelly K.M. (2007). Cooking Up Colors from Plants, Fabric, and Metal. *J. Chem. Educ.*, 84 (1), 96A-96B.
- Mihalick J.E., Donnelly K.M. (2006). Using Metals To Change the Colors of Natural Dyes. *J. Chem. Educ.*, 83 (10), 1550.
- Ministério da Educação. (2003). *Reforma do Ensino Secundário - Documento Orientador da Revisão Curricular do Ensino Secundário*. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação.
- ModaSpot.com. (2010) Os corantes naturais são uma opção ecológica para tingir os tecidos. <http://modaspot.abril.com.br/tecidos/tecidos-tecnologia/os-corantes-naturais-sao-uma-opcao-ecologica-para-tingir-os-tecidos> (Último acesso em: 12-12-2011).
- Moiz A., Ahmed M.A., Kausar N., Ahmed K., Sohail M. (2010). Study the effect of metal ion on wool fabric dyeing with tea as natural dye. *J. Saudi Chem. Soc.*, 14 (1), 69-76.
- Motta V.T. (2007). *Bioquímica Básica*. Caxias do Sul (RS), Brasil: Laboratório Autolab.
- Moura J.C.V.P. (2003). Tingir com corantes sintéticos. *Bol. Soc. Port. Quím.*, 89.
- Okumura F., Soares M.H.F.B., Cavalheiro E.T.G. (2002). Identificação de pigmentos naturais de espécies vegetais utilizando-se cromatografia em papel. *Quím. Nova*, 25, 680-683.
- Oliveira L.F.C. (2001). Espetroscopia molecular. *Cad. Tem. Quím. Nova Esc.*, 4, 24-30.
- Oliveira M.T. (1999). Trabalho Experimental e Formação de Professores. In Conselho Nacional de Educação (Ed.), *Ensino Experimental e Construção de Saberes* (pp. 35-53). Lisboa, Portugal: Ministério da Educação.
- Önal A. (1996). Extraction of Dyestuff From Onion (*Allium cepa* L.) and Dyeing of Wool, Feathered-Leather and Cotton. *Tr. J. Chem.*, 20, 194-203.
- Paixão M.F., Pereira M.M., Cachapuz A.F. (2006). Bridging the Gap: From Traditional Silk Dyeing Chemistry to a Secondary-School Chemistry Project. *J. Chem. Educ.*, 83 (10), 1546-1549.
- Patrocínio A.O.T., Murakami Iha N.Y. (2010). Em busca da sustentabilidade: células solares sensibilizadas por extratos naturais. *Quím. Nova*, 33, 574-578.
- Pérez D.G., Torregrosa J.M. (1983). A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. *Eur. J. Sci. Educ.*, 5 (4), 447-455.

- Piaget J. (1969). *Psychologie et Pédagogie*. Paris, France: Éditions Denöel.
- PlantaSonya. (2010). Pau-Campeche - (*Haematoxylon campechianum*).
<http://www.plantasonya.com.br/arvores-e-palmeiras/pau-campeche-haematoxylon-campechianum.html> (Último acesso em: 12-12-2010).
- Portaria nº 550-D/2004 de 21 de Maio. Diário da República nº 119/2004 - I Série B. Ministério da Educação. Lisboa.
- Portaria nº 1322/2007 de 4 de Outubro. Diário da República nº 192/2007 - I Série. Ministério da Educação. Lisboa.
- Ramos L.A., Cavalheiro C.C.S., Cavalheiro E.T.G. (2006). Determinação de nitrito em águas utilizando extrato de flores. *Quím. Nova*, 29, 1114-1120.
- Ramos L.A., Lupetti K.O., Cavalheiro E.T.G., Fatibello-Filho O. (2000). Utilização do extrato bruto de frutos de *Solanum nigrum* L. no ensino de química. *Eclet. Quím.*, 25, 229-240.
- Ribeiro N.M., Nunes C.R. (2008). Análise de Pigmentos de Pimentões por Cromatografia em Papel. *Quím. Nova Esc.*, 29, 34-37.
- Rodríguez E.S., Rodríguez A.A., Rodríguez M.A.G., del Egado M., Cámara C. (2010). Identification of natural dyes in historical coptic textiles from the National Archaeological Museum of Spain. *e-Conservation*, 15, 32-45.
- Rosenberg E. (2008). Characterisation of historical organic dyestuffs by liquid chromatography-mass spectrometry. *Anal. Bioanal. Chem.*, 391 (1), 33-57.
- Samanta A.K., Agarwal P. (2009). Application of natural dyes on textiles., 384-399.
- Santana M.I. (2007). Exploração do Pau-Brasil. *InfoEscola*.
<http://www.infoescola.com/historia/exploracao-do-pau-brasil/> (Último acesso em: 10-10-2011).
- Sêneca L.A. (1991). *Cartas a Lucílio*. Lisboa, Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Septhum C., Rattanaphani V., Rattanaphani S. (2007). UV-VIS spectroscopic study of natural dyes with alum as a mordant. *Suranaree J. Sci. Technol.*, 14 (1), 91-97.
- Serrano M.C., Lopes A.C., Seruya A.I. (2008). Plantas Tintureiras. *Rev. de Ciências Agrárias*, 31, 3-21.
- Shore J. (2002). Classification and general properties of colorants. In Shore J. (Ed.), *Colorants and Auxiliaries – 2ª Edição - Volume 1* (pp. 1-44). West Yorkshire, England, UK: Society of Dyers and Colourists.
- Silva F.M., Wouters A.D., Camillo S.B.A. (2008). Visualização Prática da Química Envolvida nas Cores e Sua Relação com a Estrutura de Corantes. *Quím. Nova Esc.*, 29, 46-48.

- Silva L.B., Alles I.M., Morel A.F., Dalcol I.I. (2006). Produtos Naturais no Ensino de Química: Experimentação para o Isolamento dos Pigmentos do Extrato de Páprica. *Quím. Nova Esc.*, 23, 52-53.
- Soares M.H.F.B., Silva M.V.B., Cavalheiro E.T.G. (2001). Aplicação de corantes naturais no ensino médio. *Eclét. Quím.*, 26, 225-234.
- Solomon J. (1994). The laboratory comes of age. In Levinson R. (Ed.), *Teaching Science* (pp. 7-12). London, UK: Routledge.
- Terci D.B.L., Rossi A.V. (2002). Indicadores naturais de pH: usar papel ou solução? *Quím. Nova*, 25, 684-688.
- Timar-Balazsy A., Eastop D. (1998). *Chemical Principles of Textile Conservation*. Oxford, England, UK: Butterworth-Heinemann.
- Trindade C.A., Canteiro C., Louro R. (2007). *Indigofera tinctoria* e as Revoltas do Índigo. In Dias A.S., Candeias A.E. (Eds.), *Pigmentos e Corantes: entre as artes e as ciências* (pp. 139-143). Évora, Portugal: Fundação Luís de Molina.
- Universidade de Sidney. (2012). Chemistry of Blue Jeans: Indigo Synthesis and Dyeing. *First Year Chemistry at the University of Sidney*.
<http://firstyear.chem.usyd.edu.au/LabManual/E05.pdf> (Último acesso em: 1-4-2012).
- Vankar P.S. (2000). Chemistry of Natural Dyes. *Resonance*, 5 (10), 73-80.
- Voet D., Voet J.G. (2004). *Biochemistry – 3ª Edição*. Hoboken (NJ), USA: John Wiley and Sons.
- Wallis T.E. (1967). *Textbook of pharmacognosy – 5ª Edição*. London, UK: J&A Churchill.
- Westfall R.S. (1995). *A vida de Isaac Newton*. Rio de Janeiro, Brasil: Editora Nova Fronteira.
- Williams K.R. (1999). Color by Chemists! *J. Chem. Educ.*, 76 (2), 154.
- Wood C.G. (1986). Natural Dyes. *ChemMatters*, December, 4-10.

ANEXO I

Protocolos Experimentais

<p>Escola Secundária Padre António Macedo</p> <p>ATIVIDADE EXPERIMENTAL - TINTURARIA TRADICIONAL</p> <p>TINGIMENTO DE LÃ COM CORANTES NATURAIS</p> <p>Trabalho nº 1 - Tingimento com Índigo</p> <p>10º Ano - Turma A</p>
--

Nome _____ Nº _____

Nome _____ Nº _____

Nome _____ Nº _____

Introdução teórica

O mundo em que vivemos está cheio de cor: o céu, a terra, a água e o fogo apresentam cores distintas e desde há muito tempo que tentamos reproduzir essas cores no dia a dia.

Para o conseguir, o homem tem usado diversos materiais ao longo de toda a história da Humanidade. No período paleolítico fazia tatuagens com areia de cor vermelha; as primeiras pinturas nas paredes das cavernas foram feitas com uma mistura de areia colorida com gordura de origem animal. Pintou o seu próprio corpo conseguindo as mais variadas cores, utilizando materiais que podiam ser obtidos a partir de seres vivos, como por exemplo, pequenos insetos, ou utilizando sementes, raízes, cascas de árvores e flores.

Os corantes naturais são extraídos através de processos já conhecidos de anos anteriores, tais como a maceração, a decantação, a destilação, a precipitação, a filtração, etc. Contudo, pensa-se que na maioria dos casos os materiais tingidos ficariam manchados, descoravam facilmente com a lavagem e desbotavam na presença da luz.

Para fixar estes corantes à fibra utilizam-se substâncias que podem ser de natureza orgânica, tal como o ácido tânico ($C_{76}H_{52}O_{46}$), ou de natureza inorgânica, tal como alguns sais de metais. Essas substâncias são os mordentes.

Os mordentes afetam a cor do corante uma vez que o mesmo corante, conforme o mordente empregue, dá origem a cores diferentes.

A procura de novos materiais, naturais ou sintéticos, capazes de produzir cores sólidas que se mantenham ao longo do tempo tem sido uma constante preocupação para o homem desde os tempos mais remotos até aos nossos dias.

Atualmente, os corantes sintéticos são utilizados essencialmente na indústria têxtil enquanto que os corantes naturais são, regra geral, utilizados em produtos alimentares, ainda que também possam ser usados na tinturaria.

Os primeiros apresentam vantagens em relação aos segundos: são mais económicos, mais fáceis de obter, originam cores com elevada solidez à luz e à lavagem e permitem uma gama alargada de cores impossíveis de obter com os corantes naturais.

Contudo, a produção de corantes naturais está a aumentar novamente devido ao receio provocado pelo facto de que muitos dos corantes sintéticos são carcinogénicos.

Dos vários corantes naturais utilizados pelo homem ao longo da história destaquemos um deles, o índigo, um corante azul conhecido desde tempos remotos que chegou a atingir preços elevadíssimos.

Pensa-se que o índigo é utilizado há mais de 4000 anos, sendo mesmo considerado por alguns historiadores como o corante mais antigo. É produzido a partir das folhas de várias espécies de anileira (*Indigofera*) sendo a mais importante a *Indigofera tinctoria* L., uma planta asiática (Figura 1).



Figura 1 - Planta *Indigofera tinctoria* L.

A produção de índigo era tão elevada que em 1897 cerca de 1,7 milhões de hectares de solo indiano estava plantado com *Indigofera*. A produção da planta caiu em colapso quando se descobriu uma maneira mais económica de o produzir laboratorialmente.

Foi o químico von Bayer, em 1880, quem o sintetizou pela primeira vez mas só em 1900 é que se produziu industrialmente de modo mais barato do que o obtido naturalmente.

Objetivos

- Vivenciar o processo de tinturaria tradicional.
- Reconhecer a possibilidade de extrair substâncias corantes a partir de fontes naturais.
- Compreender a ligação química.
- Distinguir ligações covalentes e ligações iônicas.
- Explicar o fenômeno da cor através da absorção de energia na região do visível do espectro eletromagnético.
- Compreender os efeitos provocados nas cores por soluções de concentração diferente.
- Distinguir entre materiais orgânicos e inorgânicos.
- Preparar soluções.
- Aplicar regras e normas de segurança num laboratório.
- Efetuar cálculos de concentração.

Parte experimental

Material/Equipamento

Material	Unidades
Copo de precipitação de 50 mL	1
Copo de precipitação de 100 mL	1
Pipeta de 2 mL	2
Balão volumétrico de 10 mL	2
Proveta de 10 mL	1
Vidro de relógio	2
Funil	1
Vareta de vidro	2
Conta-gotas	1
Espátula	3
Papel de filtro	2
Pinça	1
Tesoura	1
Balança	1
Esquicho com água destilada	1
Placa de aquecimento	1
Termómetro	1
Suporte universal	1
Nozes e garras	1
Pompete	1
Lã	5 g
Índigo	0,1 g

Reagentes

- Na₂S₂O₄ (ditionito de sódio)
- NaHO (hidróxido de sódio)
- H₂O destilada

Procedimento experimental

Parte I - Processo de tingimento da lã

O processo de tingimento de um tecido com o índigo tem de ser efetuado num meio básico e fortemente redutor.

Parte II - Preparação das soluções

Preparar 10 mL da solução básica de NaHO $4,25 \text{ mol dm}^{-3}$ e 10 mL de solução redutora, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ $0,86 \text{ mol dm}^{-3}$:

	Massa molar (g mol^{-1})	Concentração (mol dm^{-3})	Massa/10 mL de solução (g)
NaHO		4,25	
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$		0,86	

- 1 - Calcular a massa molar de soluto a partir da fórmula química.
- 2 - Determinar a massa, m , de soluto que é necessária dissolver, com base na concentração da solução que se pretende preparar.
- 3 - Medir rigorosamente a massa de soluto calculada anteriormente, retirando-a para um copo de precipitação que se encontra em cima da balança, com o auxílio de uma espátula.
- 4 - Adicionar ao soluto um pouco de água desionizada e agitar com a vareta, de modo a dissolver o mais possível o soluto.
- 5 - Colocar o funil e o respetivo suporte na boca do balão volumétrico e, com a ajuda da vareta, transvazar a solução para dentro do balão.
- 6 - Lavar o copo de precipitação com mais um pouco de água desionizada e transvazar de novo essa solução para dentro do balão de diluição. Repetir este procedimento as vezes que forem necessárias, de modo a que nenhum soluto fique no copo.
- 7 - Rolhar e agitar o balão para proceder à homogeneização da solução.
- 8 - Uma vez terminada a dissolução acrescentar água desionizada ao balão: primeiro com o esguicho, até perto do traço de referência e, em seguida, com um conta-gotas até ao traço de referência.

9 - Por fim, rolar novamente o balão, agitar para proceder à homogeneização da solução e colocar um rótulo com a sua identificação.

Parte III - Tingimento

Processo 1 - Sem solução básica e sem espécie redutora

- 1 - Adicionar 0,05 g de índigo a 10 mL de água e aquecer a mistura até uma temperatura de 50-60 °C.
- 2 - Mergulhar 1,0 g de lã (previamente humedecida em água, num copo de 50 mL, de modo a facilitar a sua entrada na solução de índigo e escorrída) e manter a temperatura durante cerca de 5 min.
- 3 - Deixar a mistura arrefecer, lavar a lã com água fria e deixar secar ao ar.
- 4 - Observar e registar a cor da lã.

Processo 2 - Com solução básica e com espécie redutora

Preparação do banho corante:

- 1 - Colocar 0,05 g de índigo num copo de 100 mL e adicionar-lhe um pouco de água morna até formar uma pasta.
- 2 - Juntar 2 mL de NaHO e 2 mL de Na₂S₂O₄. Deixar repousar durante cerca de 15 min até a solução ter uma cor verde-amarelada e translúcida (forma reduzida e solúvel em água).
- 3 - Diluir a solução (no copo) até perfazer 50 mL (pH ≈ 10).

Tingimento da lã:

- 1 - Aquecer água num copo de 50 mL e mergulhar 4,0 g de lã branca durante alguns minutos, de modo a facilitar a sua entrada no banho. Retirar e escorrer a água.
- 2 - Adicionar a lã branca e tingir a 50 °C durante 30 min. Ter sempre o cuidado de não mexer muito o banho para evitar ao máximo a entrada de oxigénio.
- 3 - Retirar do banho e expor ao ar.
- 4 - Observar e registar a cor da lã.
- 5 - Para um tom azul mais intenso, pode-se voltar a colocar a lã já tingida no banho e tingir

novamente.

6 - Enxaguar e deixar a secar em local protegido da luz.

Resultados obtidos

- Registrar todas as observações.

Análise dos resultados obtidos

- Comparar as cores obtidas nos dois processos de tingimento.

- Relacionar as cores obtidas com a forma como se estabelece a ligação índigo - fibra.

Conclusões

<p>Escola Secundária Padre António Macedo</p> <p>ATIVIDADE EXPERIMENTAL - TINTURARIA TRADICIONAL</p> <p>TINGIMENTO DE LÃ COM CORANTES NATURAIS</p> <p>Trabalho nº 2 - Tingimento com Garança</p> <p>10º Ano - Turma A</p>

Nome _____ Nº _____

Nome _____ Nº _____

Nome _____ Nº _____

Introdução teórica

Dos vários corantes naturais utilizados pelo homem ao longo da história, para além do índigo, destaquemos um deles, a garança. Foi o mais importante corante vermelho de origem natural.

A garança, ruiva ou ruiva-dos-tintureiros é uma planta da família das rubiáceas que chega a atingir uma altura de 90 cm. A planta foi originariamente cultivada na Índia mas, à medida que começou a ser mais procurada, passou a ser também cultivada na Europa e no Médio Oriente (Figura 1):



Figura 1 - Garança

O corante é obtido por extração das raízes da planta ruiva-dos-tintureiros, (*Rubia tinctorum* L.). Quimicamente é uma mistura de antraquinonas, sendo os componentes principais a alizarina e a purpurina (Figura 2).

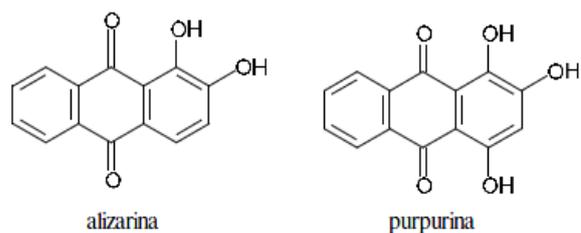


Figura 2 - Principais cromóforos da garança

Para a extração do corante picavam-se as raízes da planta e deixava-se que secassem ao sol. Seguidamente, o material era mergulhado num recipiente com água, de onde se recolhia a solução formada após algum tempo. A água era depois evaporada e obtinha-se uma pasta.

Quando utilizada conjuntamente com diferentes mordentes obtêm-se cores desde vermelho, laranja a violeta.

A utilização da garança como corante na tinturaria é muito antiga. Foi o mais importante corante vermelho de origem natural.

Objetivos

- Vivenciar o processo de tinturaria tradicional.
- Reconhecer a possibilidade de extrair substâncias corantes a partir de fontes naturais.
- Compreender a ligação química.
- Distinguir ligações covalentes e ligações iónicas.
- Explicar o fenómeno da cor através da absorção de energia na região do visível do espectro eletromagnético.
- Compreender os efeitos provocados nas cores por soluções de concentração diferente.
- Distinguir entre materiais orgânicos e inorgânicos.
- Preparar soluções.
- Aplicar regras e normas de segurança num laboratório.
- Efetuar cálculos de concentração.

Parte experimental**Material/Equipamento**

Material	Unidades
Copo de precipitação de 100 mL	24 (6×4)
Copo de precipitação de 50 mL	1
Balão volumétrico de 50 mL	4
Vidro de relógio	5
Funil	2
Vareta de vidro	3
Conta-gotas	1
Espátula	2
Papel de filtro	2
Pinça	1
Tesoura	1
Balança	1
Garrafa esguicho	1
Placa de aquecimento	1
Lã	8 g
Garança	16 g

Reagentes

- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (sulfato de cobre pentahidratado)
- $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (sulfato duplo de alumínio e potássio dodecahidratado)
- H_2O destilada

Procedimento experimental

Parte I - Processos de mordentagem e tingimento da lã

Existem dois processos principais de mordentagem e tingimento da lã:

Processo 1 - Método MDT ("morde depois tinge") que corresponde a uma pré-mordentagem da lã num banho de mordente e em seguida a um tingimento num banho de corante - duas etapas;

Processo 2 - Método M+T ("morde e tinge") que corresponde à mordentagem e ao tingimento em simultâneo, ou seja, num único banho coloca-se o mordente e o corante - uma única etapa.

Parte II - Preparação das soluções

Preparar 50 mL das seguintes soluções de mordentes:

- $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ de concentração $0,0085 \text{ mol dm}^{-3}$ e $0,0030 \text{ mol dm}^{-3}$
- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ de concentração $0,0400 \text{ mol dm}^{-3}$ e $0,0016 \text{ mol dm}^{-3}$

Mordente	Massa molar (g mol^{-1})	Concentração (mol dm^{-3})	Massa de mordente/50 mL de solução (g)
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$		0,0085	
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$		0,0030	
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$		0,0400	
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$		0,0016	

- 1 - Calcular a massa molar de soluto (mordente) a partir da fórmula química.
- 2 - Determinar a massa, m , de soluto que é necessária dissolver, com base na concentração da solução que se pretende preparar.
- 3 - Medir rigorosamente a massa de soluto calculada anteriormente, retirando-a para um copo de precipitação que se encontra em cima da balança, com o auxílio de uma espátula.
- 4 - Adicionar ao soluto um pouco de água desionizada e agitar com a vareta, de modo a dissolver o mais possível o soluto.

- 5 - Colocar o funil e o respectivo suporte na boca do balão volumétrico e com a ajuda da vareta transvazar a solução para dentro do balão.
- 6 - Lavar o copo de precipitação com mais um pouco de água desionizada e transvazar de novo essa solução para dentro do balão de diluição. Repetir este procedimento as vezes que forem necessárias, de modo a que nenhum soluto fique no copo.
- 7 - Rolhar e agitar o balão para proceder à homogeneização da solução.
- 8 - Uma vez terminada a dissolução acrescentar água desionizada ao balão: primeiro com o esguicho, até perto do traço de referência e, em seguida, com um conta-gotas até ao traço de referência.
- 9 - Por fim, rolar novamente o balão, agitar para proceder à homogeneização da solução e colocar um rótulo com a sua identificação.

Seguir este procedimento para a preparação das quatro soluções de mordente.

Parte III - Mordentagem e tingimento

Processo 1 - Método MDT (Morde Depois Tinge)

Preparação do banho corante

- 1 - Medir 2,0 g de garança.
- 2 - Colocar num copo de precipitação de 100 mL e adicionar água até perfazer 50 mL
- 3 - Tapar o copo com um vidro de relógio e levar à ebulição durante 30 min. Agitar ocasionalmente a mistura com uma vareta de vidro.
- 4 - Retirar o copo da placa de aquecimento e deixar arrefecer. Filtrar o líquido para outro copo de 100 mL e adicionar água até perfazer 50 mL.

Mordentagem da lã:

- 1 - Colocar 50 mL de mordente $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O / CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (ver tabela) num copo de 100 mL.
- 2 - Adicionar 1,0 g de lã à solução de mordente (mergulhar a lã previamente em água quente, num copo de 50 mL, de modo a facilitar a sua entrada no banho e escorrê-la). Tapar o copo com um vidro de relógio e levar à ebulição durante 30 min. Agitar ocasionalmente a mistura com uma vareta de vidro.

3 - Retirar o copo da placa de aquecimento, remover a lã com o auxílio de uma vareta de vidro e enxaguar a lã com água fria. Deixar secar um pouco.

Tingimento da lã:

1 - Transferir a lã mordida para o banho corante preparado anteriormente.

2 - Tapar o copo com um vidro de relógio e levar à ebulição durante 30 min.

3 - Retirar da placa de aquecimento, remover a lã com o auxílio de uma pinça e enxaguar a lã com água fria. Deixar secar ao ar.

4- Observar e registrar a cor da lã.

Processo 2 - Método M+T (Morde e Tinge)

Preparação do banho corante

1 - Medir 2,0 g de garança.

2 - Colocar num copo de precipitação de 100 mL e adicionar água até perfazer 50 mL

3 - Tapar o copo com um vidro de relógio e levar à ebulição durante 30 min. Agitar ocasionalmente a mistura com uma vareta de vidro.

4 - Retirar o copo da placa de aquecimento e deixar arrefecer. Filtrar o líquido para outro copo de 100 mL.

Mordentagem + Tingimento da lã:

1 - Colocar a massa de mordente (ver tabela) $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O / CuSO_4 \cdot 5H_2O$ no banho corante preparado anteriormente. Aquecer até dissolver.

2 - Adicionar 1,0 g de lã à solução (previamente humedecida e escorrida). Tapar o copo com um vidro de relógio e levar à ebulição durante 30 min. Agitar ocasionalmente a mistura com uma vareta de vidro.

3 - Retirar o copo da placa de aquecimento, remover a lã com o auxílio de uma pinça e enxaguar a lã com água. Deixar secar um pouco.

Seguir os mesmos procedimentos MDT e M+T para as várias soluções de mordentes preparadas

Resultados obtidos

- Registrar todas as observações.

Análise dos resultados obtidos

- Comparar as cores obtidas em função dos métodos de tingimento.
- Comparar as cores obtidas em função das concentrações de mordentes.
- Relacionar as cores com as quantidades de cromóforos que se ligaram às fibras.
- Comparar as cores obtidas em função do mordente usado.
- Relacionar as cores obtidas com a forma como se estabelece a ligação, garança - fibra.

Conclusões

Escola Secundária Padre António Macedo

ATIVIDADE EXPERIMENTAL - TINTURARIA TRADICIONAL

TINGIMENTO DE LÃ COM CORANTES NATURAIS

Trabalho nº 2 - Tingimento com Casca de Cebola

10º Ano - Turma A

Nome _____ Nº _____

Nome _____ Nº _____

Nome _____ Nº _____

Introdução teórica

Dos vários corantes naturais utilizados pelo homem ao longo da história, para além do índigo, destaquemos um deles, a casca da cebola (Figura 1), que também é usada como alimento desde os tempos mais remotos.



Figura 1 - Casca de cebola

A cebola (*Allium cepa* L.) teve origem no centro da Ásia, tendo sido depois trazida para a Europa e, posteriormente, para a América. O termo cebola refere-se também ao bolbo cujas cascas possuem várias moléculas cromóforas da família dos flavonóides.

Possui entre os seus constituintes sete flavonóides. Entre eles, está a quercetina (Figura 2), molécula que dá cor e que existe em maior quantidade na casca do que na parte comestível, o

que explica a sua utilização como material corante, proporcionando uma gama de cores desde o amarelo dourado ao cobre, consoante o mordente utilizado.

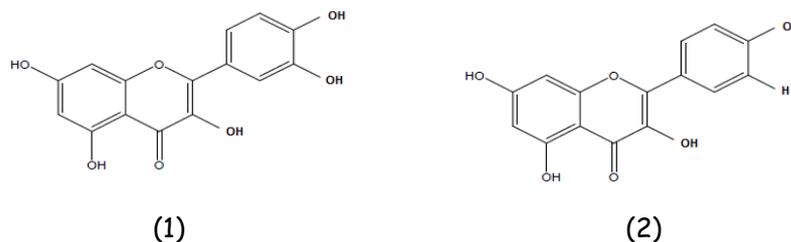


Figura 2 - Estrutura da quercetina (1) e do canferol (2)

Objetivos

- Vivenciar o processo de tinturaria tradicional.
- Reconhecer a possibilidade de extrair substâncias corantes a partir de fontes naturais.
- Compreender a ligação química.
- Distinguir ligações covalentes e ligações iónicas.
- Explicar o fenómeno da cor através da absorção de energia na região do visível do espectro eletromagnético.
- Compreender os efeitos provocados nas cores por soluções de concentração diferente.
- Distinguir entre materiais orgânicos e inorgânicos.
- Preparar soluções.
- Aplicar regras e normas de segurança num laboratório.
- Efetuar cálculos de concentração.

Parte experimental

Material/Equipamento

Material	Unidades
Copo de precipitação de 100 mL	24 (6x4)
Copo de precipitação de 50 mL	1
Balão volumétrico de 50 mL	4
Vidro de relógio	5
Funil	2
Vareta de vidro	3
Conta-gotas	1
Espátula	2
Papel de filtro	2
Pinça	1
Tesoura	1
Balança	1
Garrafa esguicho	1
Placa de aquecimento	1
Lã	8 g
Casca de cebola	16 g

Reagentes

- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (sulfato de cobre pentahidratado)
- $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (sulfato duplo de alumínio e potássio dodecahidratado)
- H_2O destilada

Procedimento experimental

Parte I - Processos de mordentagem e tingimento da lã

Existem dois processos de mordentagem e tingimento da lã:

Processo 1 - Método M+T que corresponde à mordentagem e ao tingimento em simultâneo, ou seja, num único banho coloca-se o mordente e o corante - uma única etapa -.

Processo 2 - Método MDT que corresponde a uma pré-mordentagem da lã num banho de mordente e em seguida a um tingimento num banho de corante - duas etapas -.

Parte II - Preparação das soluções

Preparar 50 mL das seguintes soluções de mordentes:

- $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ de concentração $0,0085 \text{ mol dm}^{-3}$ e $0,0030 \text{ mol dm}^{-3}$
- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ de concentração $0,0400 \text{ mol dm}^{-3}$ e $0,0016 \text{ mol dm}^{-3}$

Mordente	Massa molar (g mol^{-1})	Concentração (mol dm^{-3})	Massa de mordente/50 mL de solução (g)
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$		0,0085	
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$		0,0030	
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$		0,0400	
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$		0,0016	

- 1 - Calcular a massa molar de soluto (mordente) a partir da fórmula química.
- 2 - Determinar a massa, m , de soluto que é necessária dissolver, com base na concentração da solução que se pretende preparar.
- 3 - Medir rigorosamente a massa de soluto calculada anteriormente, retirando-a para um copo de precipitação que se encontra em cima da balança, com o auxílio de uma espátula.

4 - Adicionar ao soluto um pouco de água desionizada e agitar com a vareta, de modo a dissolver o mais possível o soluto.

5 - Colocar o funil e o respectivo suporte na boca do balão volumétrico e com a ajuda da vareta transvazar a solução para dentro do balão.

6 - Lavar o copo de precipitação com mais um pouco de água desionizada e transvazar de novo essa solução para dentro do balão de diluição. Repetir este procedimento as vezes que forem necessárias, de modo a que nenhum soluto fique no copo.

7 - Rolhar e agitar o balão para proceder à homogeneização da solução.

8 - Uma vez terminada a dissolução acrescentar água desionizada ao balão: primeiro com o esguicho, até perto do traço de referência e, em seguida, com um conta-gotas até ao traço de referência.

9 - Por fim, rolar novamente o balão, agitar para proceder à homogeneização da solução e colocar um rótulo com a sua identificação.

Seguir este procedimento para a preparação das quatro soluções de mordente.

Parte III - Mordentagem e tingimento

Processo 1 - Método MDT (Morde Depois Tinge)

Preparação do banho corante

1 - Medir 2,0 g de casca de cebola

2 - Colocar num copo de precipitação de 100 mL e adicionar água até perfazer 50 mL.

3 - Tapar o copo com um vidro de relógio e levar à ebulição durante 30 min. Agitar ocasionalmente a mistura com uma vareta de vidro.

4 - Retirar o copo da placa de aquecimento e deixar arrefecer. Filtrar o líquido para outro copo de 100 mL e adicionar água até perfazer 50 mL.

Mordentagem da lã:

1 - Colocar 50 mL de mordente $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O / CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (ver tabela) num copo de 100 mL.

2 - Adicionar 1,0 g de lã à solução de mordente (mergulhar a lã previamente em água quente, num copo de 50 mL, de modo a facilitar a sua entrada no banho e escorrê-la). Tapar o copo com um

vidro de relógio e levar à ebulição durante 30 min. Agitar ocasionalmente a mistura com uma vareta de vidro.

3 - Retirar o copo da placa de aquecimento, remover a lã com o auxílio de uma vareta de vidro e enxaguar a lã com água fria. Deixar secar um pouco.

Tingimento da lã:

1 - Transferir a lã mordida para o banho corante preparado anteriormente.

2 - Tapar o copo com um vidro de relógio e levar à ebulição durante 30 min.

3 - Retirar da placa de aquecimento, remover a lã com o auxílio de uma pinça e enxaguar a lã com água fria. Deixar secar ao ar.

4- Observar e registrar a cor da lã.

Processo 2 - Método M+T (Morde e Tinge)

Preparação do banho corante

1 - Medir 2,0 g de casca de cebola.

2 - Colocar num copo de precipitação de 100 mL e adicionar água até perfazer 50 mL

3 - Tapar o copo com um vidro de relógio e levar à ebulição durante 30 min. Agitar ocasionalmente a mistura com uma vareta de vidro.

4 - Retirar o copo da placa de aquecimento e deixar arrefecer. Filtrar o líquido para outro copo de 100 mL.

Mordentagem + Tingimento da lã:

1 - Colocar a massa de mordente (ver tabela) $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ / $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ no banho corante preparado anteriormente. Aquecer até dissolver.

2 - Adicionar 1,0 g de lã à solução (previamente humedecida e escorrida). Tapar o copo com um vidro de relógio e levar à ebulição durante 30 min. Agitar ocasionalmente a mistura com uma vareta de vidro.

3 - Retirar o copo da placa de aquecimento, remover a lã com o auxílio de uma pinça e enxaguar a lã com água. Deixar secar um pouco.

Seguir os mesmos procedimentos MDT e M+T para as várias soluções de mordentes.

Resultados obtidos

- Registrar todas as observações.

Análise dos resultados obtidos

- Comparar as cores obtidas em função dos métodos de tingimento.
- Comparar as cores obtidas em função das concentrações de mordentes.
- Relacionar as cores com as quantidades de cromóforos que se ligaram às fibras.
- Comparar as cores obtidas em função do mordente usado.
- Relacionar as cores obtidas com a forma como se estabelece a ligação, casca de cebola - fibra.

Conclusões

Escola Secundária Padre António Macedo

ATIVIDADE EXPERIMENTAL - TINTURARIA TRADICIONAL

TINGIMENTO DE LÃ COM CORANTES NATURAIS

Trabalho nº 2 - Tingimento com Pau Campeche

10º Ano - Turma A

Nome _____ Nº _____

Nome _____ Nº _____

Nome _____ Nº _____

Introdução teórica

Dos vários corantes naturais utilizados pelo homem ao longo da história, para além do índigo, destaquemos um deles, o pau campeche.

O pau campeche, *Haematoxylum campechianum* L., (Figura 1) é uma árvore da América Central de onde se obtém uma madeira dura e pesada, incolor enquanto fresca, mas que por exposição ao ar se torna vermelha:



Figura 1 - Pau Campeche

A partir do caule e das raízes, por fermentação da madeira que deve estar previamente na forma de pasta ou de aparas, obtém-se a substância corante, a hematoxilina (forma reduzida), que por oxidação dá origem à hemateína (forma oxidada) (Figura 2), substância de cor azul púrpura.

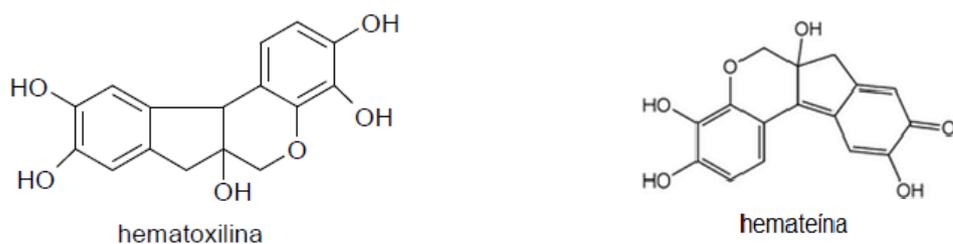


Figura 2 - Cromóforo do pau campeche: forma reduzida (hematoxilina) e forma oxidada (hemateína)

Consoante o mordente com o qual é usado assim se pode obter lã roxa, azul ou preta.

Objetivos

- Vivenciar o processo de tinturaria tradicional.
- Reconhecer a possibilidade de extrair substâncias corantes a partir de fontes naturais.
- Compreender a ligação química.
- Distinguir ligações covalentes e ligações iónicas.
- Explicar o fenómeno da cor através da absorção de energia na região do visível do espectro eletromagnético.
- Compreender os efeitos provocados nas cores por soluções de concentração diferente.
- Distinguir entre materiais orgânicos e inorgânicos.
- Preparar soluções.
- Aplicar regras e normas de segurança num laboratório
- Efetuar cálculos de concentração.

Parte experimental**Material/Equipamento**

Material	Unidades
Copo de precipitação de 100 mL	24 (6×4)
Copo de precipitação de 50 mL	1
Balão volumétrico de 50 mL	4
Vidro de relógio	5
Funil	2
Vareta de vidro	3
Conta-gotas	1
Espátula	2
Papel de filtro	2
Pinça	1
Tesoura	1
Balança	1
Garrafa esguicho	1
Placa de aquecimento	1
Lã	8 g
Pau Campeche	16g

Reagentes

- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (sulfato de cobre pentahidratado)
- $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (sulfato duplo de alumínio e potássio dodecahidratado)
- H_2O destilada

Procedimento experimental

Parte I - Processos de mordentagem e tingimento da lã

Existem dois processos de mordentagem e tingimento da lã:

Processo 1 - Método M+T que corresponde à mordentagem e ao tingimento em simultâneo, ou seja, num único banho coloca-se o mordente e o corante - uma única etapa -.

Processo 2 - Método MDT que corresponde a uma pré-mordentagem da lã num banho de mordente e em seguida a um tingimento num banho de corante - duas etapas -

Parte II - Preparação das soluções

Preparar 50 mL das seguintes soluções de mordentes:

- $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ de concentração $0,0085 \text{ mol dm}^{-3}$ e $0,0030 \text{ mol dm}^{-3}$
- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ de concentração $0,0400 \text{ mol dm}^{-3}$ e $0,0016 \text{ mol dm}^{-3}$

Mordente	Massa molar (g mol^{-1})	Concentração (mol dm^{-3})	Massa de mordente/50 mL de solução (g)
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$		0,0085	
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$		0,0030	
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$		0,0400	
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$		0,0016	

- 1 - Calcular a massa molar de soluto (mordente) a partir da fórmula química.
- 2 - Determinar a massa, m , de soluto que é necessário dissolver, com base na concentração da solução que se pretende preparar.
- 3 - Medir rigorosamente a massa de soluto calculada anteriormente, retirando-a para um copo de precipitação que se encontra em cima da balança, com o auxílio de uma espátula.
- 4 - Adicionar ao soluto um pouco de água desionizada e agitar com a vareta, de modo a dissolver o mais possível o soluto.

5 - Colocar o funil e o respectivo suporte na boca do balão volumétrico e com a ajuda da vareta transvazar a solução para dentro do balão.

6 - Lavar o copo de precipitação com mais um pouco de água desionizada e transvazar de novo essa solução para dentro do balão de diluição. Repetir este procedimento as vezes que forem necessárias, de modo a que nenhum soluto fique no copo.

7 - Rolhar e agitar o balão para proceder à homogeneização da solução.

8 - Uma vez terminada a dissolução acrescentar água desionizada ao balão: primeiro com o esguicho, até perto do traço de referência e, em seguida, com um conta-gotas até ao traço de referência.

9 - Por fim, rolar novamente o balão, agitar para proceder à homogeneização da solução e colocar um rótulo com a sua identificação.

Seguir este procedimento para a preparação das quatro soluções de mordente.

Parte III – Mordentagem e tingimento

Processo 1 – Método MDT (Morde Depois Tinge)

Preparação do banho corante

1 - Medir 2,0 g de pau campeche.

2 - Colocar num copo de precipitação de 100 mL e adicionar água até perfazer 50 mL

3 - Tapar o copo com um vidro de relógio e levar à ebulição durante 30 min. Agitar ocasionalmente a mistura com uma vareta de vidro.

4 - Retirar o copo da placa de aquecimento e deixar arrefecer. Filtrar o líquido para outro copo de 100 mL e adicionar água até perfazer 50 mL.

Mordentagem da lã:

1 - Colocar 50 mL de mordente $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O / CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (ver tabela) num copo de 100 mL.

2 - Adicionar 1,0 g de lã à solução de mordente (mergulhar a lã previamente em água quente, num copo de 50 mL, de modo a facilitar a sua entrada no banho e escorrê-la). Tapar o copo com um vidro de relógio e levar à ebulição durante 30 min. Agitar ocasionalmente a mistura com uma vareta de vidro.

3 - Retirar o copo da placa de aquecimento, remover a lã com o auxílio de uma vareta de vidro e enxaguar a lã com água fria. Deixar secar um pouco.

Tingimento da lã:

1 - Transferir a lã mordida para o banho corante preparado anteriormente.

2 - Tapar o copo com um vidro de relógio e levar à ebulição durante 30 min.

3 - Retirar da placa de aquecimento, remover a lã com o auxílio de uma pinça e enxaguar a lã com água fria. Deixar secar ao ar.

4- Observar e registrar a cor da lã.

Processo 2 - Método M+T (Morde e Tinge)

Preparação do banho corante

1 - Medir 2,0 g de pau campeche.

2 - Colocar num copo de precipitação de 100 mL e adicionar água até perfazer 50 mL

3 - Tapar o copo com um vidro de relógio e levar à ebulição durante 30 min. Agitar ocasionalmente a mistura com uma vareta de vidro.

4 - Retirar o copo da placa de aquecimento e deixar arrefecer. Filtrar o líquido para outro copo de 100 mL.

Mordentagem + Tingimento da lã:

1 - Colocar a massa de mordente (ver tabela) $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O / CuSO_4 \cdot 5H_2O$ no banho corante preparado anteriormente. Aquecer até dissolver.

2 - Adicionar 1,0 g de lã à solução (previamente humedecida e escorrida). Tapar o copo com um vidro de relógio e levar à ebulição durante 30 min. Agitar ocasionalmente a mistura com uma vareta de vidro.

3 - Retirar o copo da placa de aquecimento, remover a lã com o auxílio de uma pinça e enxaguar a lã com água. Deixar secar um pouco.

Seguir os mesmos procedimentos MDT e M+T para as várias soluções de mordentes.

Resultados obtidos

- Registrar todas as observações.

Análise dos resultados obtidos

- Comparar as cores obtidas em função dos métodos de tingimento.
- Comparar as cores obtidas em função das concentrações de mordentes.
- Relacionar as cores com as quantidades de cromóforos que se ligaram às fibras.
- Comparar as cores obtidas em função do mordente usado.
- Relacionar as cores obtidas com a forma como se estabelece a ligação, pau campeche - fibra.

Conclusões

Escola Secundária Padre António Macedo

ATIVIDADE EXPERIMENTAL - TINTURARIA TRADICIONAL

TINGIMENTO DE LÃ COM CORANTES NATURAIS

Trabalho nº 3 - ESPETROFOTOMETRIA

10º Ano - Turma A

Nome _____ Nº _____

Nome _____ Nº _____

Nome _____ Nº _____

Introdução teórica

A cor é um fenómeno complexo que pode ter diferentes causas. De um modo simplificado, pode dizer-se que uma substância corada, quando observada sob luz branca, absorve radiação a determinados valores de comprimento de onda da zona do ultravioleta (UV, 200-400 nm) e do visível (Vis, 400-750 nm) do espectro eletromagnético e transmite os restantes.

Na Tabela da Figura 1 encontra-se a cor observada para diferentes valores de comprimento de onda absorvidos (os intervalos indicados são aproximados). Por exemplo, quando uma substância absorve radiação eletromagnética a 680-780 nm, de cor vermelha-púrpura, apresenta cor verde. O verde é considerado a cor complementar do vermelho, ou seja, a cor que é observada quando a cor vermelha é retirada à radiação branca. Na roda das cores apresentada na Figura 1 é possível relacionar as cores complementares.

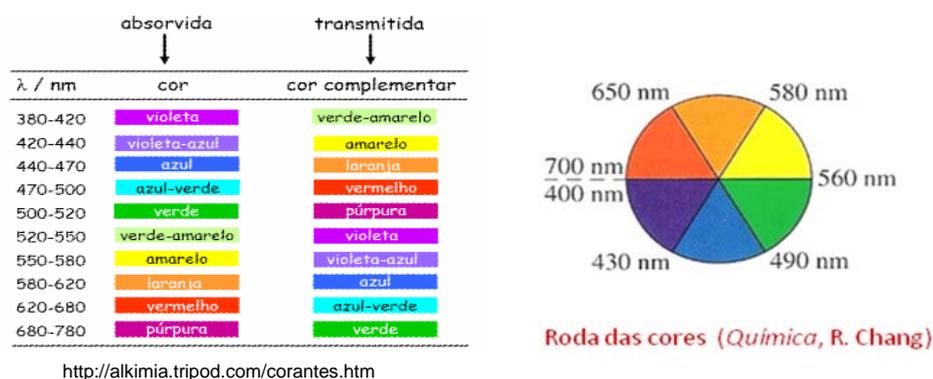


Figura 1 - Cores da radiação visível

No caso de moléculas orgânicas, como as existentes nos corantes naturais, a capacidade de absorver especificamente a radiação a um determinado comprimento de onda (c.d.o.) depende da sua estrutura (por exemplo, existência de ligações duplas alternadas) e dos átomos que a constituem (substituição de átomos de carbono, hidrogénio e oxigénio por outros átomos doadores ou aceitadores de eletrões). A absorção de radiação na região do visível conduz a transições entre o estado eletrónico fundamental e os excitados. As transições mais comuns e responsáveis pela cor são as que ocorrem devido à existência de eletrões π ligantes. As moléculas de cromóforos dos corantes apresentam geralmente duas estruturas distintas: os grupos cromóforos com sistemas de ligações duplas conjugadas, sendo as ligações insaturadas do tipo -C=C, =C=O, -C=S-, -C=N-, -N=N- e -N=O exemplos comuns, e os grupos auxócromos - grupos substituintes doadores ou aceitadores de eletrões - que podem mudar a cor ou intensificá-la por alteração da energia do sistema eletrónico e, portanto, do valor de c.d.o. a que a molécula absorve e são exemplos os grupos -OH, -NH₂, -COOH, -Cl, -Br, -I.

Quando se utiliza o mordente no processo de tingimento forma-se, como se viu no texto de apoio sobre a ligação química, um ião complexo entre o catião metálico e a molécula de cromóforo do corante, cujas orbitais resultam da contribuição das orbitais da molécula de cromóforo do corante e das orbitais do catião metálico, que no caso de ser um metal de transição são as orbitais d, disponíveis.

As transições eletrónicas ocorrem entre estas orbitais do ião complexo e correspondem à absorção de radiação na zona do visível. Os máximos de absorção obtidos são diferentes consoante a molécula de cromóforo do corante se encontre sozinha em solução ou com o mordente, sofrendo estes uma deslocação para valores de c.d.o. distintos.

A quantidade de radiação absorvida pode ser avaliada recorrendo a duas grandezas que estão relacionadas: a absorvância (A) do material (capacidade para absorver radiação de

determinado comprimento de onda) e a transmitância (T) (parte da radiação, com um determinado comprimento de onda, que atravessa o material).

Suponhamos um feixe de radiação monocromática, de potência P_0 , como mostra a Figura 2, a incidir sobre uma solução de uma determinada amostra. Se houver absorção de radiação pelo meio que contém a amostra, o feixe sofre atenuação e emerge da solução com uma potência P (Nota: os fenômenos de reflexão e dispersão também contribuem para a diminuição de P_0).

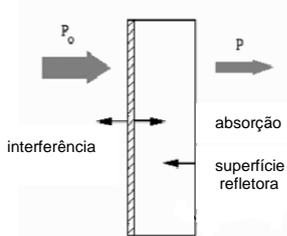


Figura 2

A **Potência radiante (Irradiância - I)**, P , é a energia de um feixe de radiação (monocromática) que atinge uma unidade de área por segundo.

A Transmitância (T) é assim a fração de radiação incidente transmitida pela amostra, ou seja, o quociente entre a potência do feixe emergente (P) e a potência do feixe incidente (P_0):

$$T = \frac{P}{P_0} \cdot 100$$

A transmitância está relacionada com a absorvância (A) através da expressão:

$$A = -\log T$$

Sendo assim, se a radiação atravessar uma solução sem haver absorção, a absorvância desta é 0 e a transmitância é 100%; se toda a radiação for absorvida, a transmitância é 0% e a absorvância é infinita (Figura 3).

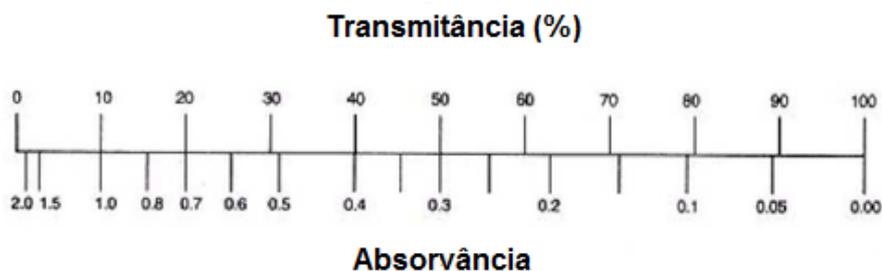


Figura 3 - Relação entre absorvância e transmitância

A absorvância pode ainda ser usada para determinar a quantidade de substância em solução uma vez que está relacionada com a concentração dessa substância através da lei de Beer:

$$A = \varepsilon bc$$

em que A e c são, respetivamente, a absorvância e a concentração da substância, ε é uma grandeza característica de cada substância a um dado c.d.o., conhecida como coeficiente de absorção molar da substância absorvente, e b é o comprimento da célula onde está a solução.

Para determinar a absorvância (e a transmitância) dos materiais em função do c.d.o. da radiação que atravessa a amostra recorre-se a uma técnica denominada espectrofotometria (ou espectroscopia) de absorção molecular no UV/Vis, baseada na interação da radiação eletromagnética com a matéria (quantificação da radiação eletromagnética da zona do ultravioleta e do visível (200 - 720 nm), que é absorvida por espécies químicas poliatómicas).

O equipamento normalmente utilizado nesta técnica é o espectrofotómetro de UV/Vis (Figura 4), que permite a obtenção fácil de um espectro de absorção (ou o espectro de transmissão) da espécie em estudo através da avaliação da absorvância (ou da transmitância) em função do c.d.o. e permite ainda fazer análise quantitativa para a determinação da concentração da espécie em estudo.



Figura 4 - Espectrofotómetro de UV/Vis, respetivamente de feixe simples e de feixe duplo.

Objetivos

- Explicar o fenómeno da cor através da absorção de energia na região do visível do espectro eletromagnético.
- Interpretar o espectro de absorção de espécies químicas em soluções coradas.
- Relacionar os comprimentos de onda (λ) da cor absorvida com a cor observada (= cor apresentada pela solução).
- Relacionar a absorvância com diferentes concentrações de uma mesma solução.

- Traçar gráficos $A = f(\lambda)$
- Aplicar regras e normas de segurança num laboratório.

Parte experimental

Material/Equipamento

Material	Unidades
Espetrofotómetro	1
Cvetes	várias
Pipetas graduadas	várias
Pompete	1

Reagentes

- Solução padrão de índigo em solução de dimetilformamida
- Soluções padrão de cromóforos:
 - Alizarina - $0,00005 \text{ mol dm}^{-3}$
 - Purpurina - $0,00005 \text{ mol dm}^{-3}$
 - Quercetina - $0,00005 \text{ mol dm}^{-3}$
 - Hemateína - $0,00005 \text{ mol dm}^{-3}$
 - Hematoxilina - $0,00005 \text{ mol dm}^{-3}$
- Soluções de mordente:
 - $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ - $0,0002 \text{ mol dm}^{-3}$
 - $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - $0,0002 \text{ mol dm}^{-3}$
- Água destilada

Procedimento experimental

1 - Ler a absorvância das soluções a vários comprimentos de onda, seguindo as instruções do espectrofotómetro.

2 - Traçar o gráfico da absorvância para cada solução em função do comprimento de onda (espectro de absorção).

Resultados obtidos

Traçar os gráficos $A = f(\lambda)$ para:

- Solução padrão de índigo
- Solução padrão de alizarina - $0,00005 \text{ mol dm}^{-3}$
- Solução padrão de purpurina - $0,00005 \text{ mol dm}^{-3}$
- Solução padrão de quercetina - $0,00005 \text{ mol dm}^{-3}$
- Solução padrão de hemateína - $0,00005 \text{ mol dm}^{-3}$
- Solução padrão de hematoxilina - $0,00005 \text{ mol dm}^{-3}$

- Soluções de mordente:

- $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ - $0,0002 \text{ mol dm}^{-3}$
- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - $0,0002 \text{ mol dm}^{-3}$

- Banhos de tingimento de:

- Alizarina e $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
- Alizarina e $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- Purpurina e $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
- Purpurina e $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- Quercetina e $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
- Quercetina e $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- Hemateína e $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
- Hemateína e $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- Hematoxilina e $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
- Hematoxilina e $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Análise dos resultados obtidos

- Observar os espectros de absorção das soluções de molécula de cromóforo do corante, de mordente e das soluções mistura molécula de cromóforo do corante-mordente.
- Comparar os espectros de absorção das soluções de misturas molécula de cromóforo do corante-mordente para os diferentes mordentes.

- Identificar os máximos de absorção (correspondente ao valor máximo de absorvância) e determinar os valores de c.d.o. a que ocorrem.
- Relacionar os valores de c.d.o. dos máximos de absorção com a ligação estabelecida entre o mordente e a de cromóforo do corante e analisar o efeito da natureza do mordente na deslocação do máximo de absorção.
- Relacionar os valores de c.d.o. dos máximos de absorção com a cor da solução.

Conclusões

ANEXO II

Textos de Apoio

Escola Secundária Padre António Macedo

ATIVIDADE EXPERIMENTAL - TINTURARIA TRADICIONAL

TINGIMENTO DE LÃ COM CORANTES NATURAIS

Textos de Apoio

10º ano - Turma A

TEXTO DE APOIO Nº 1

OS CORANTES

Os corantes são substâncias que, quando adicionadas a outras, são capazes de lhes conferir cor ou alterar a cor já existente. São eles que dão cor às nossas casas, aos nossos desenhos, às nossas pinturas e às nossas roupas.

Existem duas classes distintas de corantes: os naturais e os sintéticos. Os primeiros podem ser sobretudo de origem animal ou vegetal, embora também se usem alguns fungos (líquens e cogumelos).

Como exemplo de corantes naturais de proveniência animal, temos a cochinha que é um inseto que se desenvolve numa espécie de cato, o *Opuntia ficus-indica* L., originário da América Central, cujo agente corante é o ácido carmínico, de cor vermelha, e a laca, presente na secreção das fêmeas adultas do inseto fitófago parasita *Kerria lacca* L., muito usado pelos antigos egípcios, cujo agente corante é uma mistura de ácidos laccaicos A e B.

Quanto aos corantes naturais de proveniência vegetal, temos como exemplos a garança, que é uma planta de origem mediterrânica - *Rubia tinctorium* L., cujo agente corante é uma mistura de antraquinonas e que cora de vermelho, laranja até ao violeta; o açafraão que é proveniente dos estigmas da flor *Crocus sativus* L., sendo o agente corante a crocetina, e outros tais como o pau campeche, o índigo e a casca da cebola de que iremos tratar na parte experimental.

No que diz respeito aos corantes sintéticos, estes são produzidos em laboratório e a sua origem remonta a meados do século XIX. Temos como exemplos, o alaranjado de metilo e o índigo sintético, corante que dá a cor às "jeans" e que foi sintetizado pela primeira vez em 1890.

Os corantes sintéticos, tal como o índigo produzido industrialmente, pela sua origem e propriedades, são substâncias densas e tóxicas, obtidas a partir de derivados de petróleo e do carvão mineral através de processos muito poluentes.

Pelas suas propriedades corantes, quer os naturais quer os sintéticos, são muito utilizados no tingimento de fibras têxteis, sendo exemplo disso, o tingimento de lã, algodão, nylon e viscose. Os primeiros têm sido utilizados desde os primórdios da Humanidade; os segundos desde meados do século XIX quando, por acaso, Perkin sintetizou a mauveína.

Para se obter êxito no processo de tingimento é necessário que os corantes sejam estáveis à radiação solar, especialmente a radiação ultravioleta, aos processos de lavagem e à ação da água, como a da chuva, e que se fixem uniformemente à fibra.

Escola Secundária Padre António Macedo

ATIVIDADE EXPERIMENTAL - TINTURARIA TRADICIONAL

TINGIMENTO DE LÃ COM CORANTES NATURAIS

Textos de Apoio

10º ano - Turma A

TEXTO DE APOIO Nº 2

INTERAÇÃO RADIAÇÃO - MATÉRIA

Se os materiais têxteis apresentam cores diferentes quando sobre eles incide luz branca é porque na sua constituição existem moléculas que apresentam capacidade de absorver diferenciadamente as radiações da zona do visível do espectro eletromagnético, ou seja, de comprimentos de onda (c.d.o.) que variam entre os 400 e os 700 nm.

A estrutura química, o tipo de átomos presente e o modo como se estabelecem as ligações nas moléculas orgânicas são os responsáveis pela absorção da radiação pelas mesmas e consequentemente pela cor adquirida pelo corante.

Os eletrões das moléculas ao absorverem radiação - fotões de luz - transitam entre os níveis de energia, de um estado menos energético - estado fundamental - a um estado mais energético - estado excitado, regressando posteriormente ao estado inicial. O c.d.o. do fotão absorvido está relacionado com a diferença de energia entre os níveis energéticos. Consequentemente, como a cada cor do espectro na zona do visível corresponde um determinado c.d.o., então também a cor está relacionada com as transições eletrónicas na molécula.

Corantes pretos absorvem toda a radiação visível e os corantes brancos refletem-na totalmente. A cor exibida por um material corresponde à gama de valores de comprimento de onda de radiação que ele não absorveu e, quanto maior for essa faixa, mais intensa e brilhante será a cor apresentada.

Nos corantes, que são compostos orgânicos, a sua cor deve-se à existência de grupos cromóforos (sistemas de electrões π deslocalizados com ligações duplas conjugadas) que absorvem seletivamente a radiação eletromagnética na região do visível. Na sua composição existem também grupos auxócromos (grupos substituintes dadores ou aceitadores de eletrões) que se relacionam com a intensidade da cor. Os grupos $>C=C<$, $>C=N-$, $>C=O$, $>C=S$, $-N=N-$, $-NO$, $-NO_2$ são exemplos de grupos cromóforos, enquanto os grupos $-OH$, $-NH_2$, $-COOH$, $-CONH_2$, $-SO_3H$, $-Cl$, $-Br$, $-I$, são exemplos de grupos auxócromos comuns. Para que um composto seja corado é necessário que tenha na sua estrutura pelo menos 5 a 6 ligações covalentes duplas.

Escola Secundária Padre António Macedo

ATIVIDADE EXPERIMENTAL - TINTURARIA TRADICIONAL

TINGIMENTO DE LÃ COM CORANTES NATURAIS

Textos de Apoio

10º ano - Turma A

TEXTO DE APOIO Nº 3

CLASSIFICAÇÃO DOS CORANTES

Para que uma substância seja utilizada como corante têxtil deve ser solúvel em água, formando o banho corante, ter a capacidade de se deslocar do banho para a fibra, reagir com esta e ligar-se-lhe de forma suficientemente forte para que permaneça nesta após a lavagem.

Os corantes naturais podem classificar-se de acordo com a sua estrutura química ou com o processo de tingimento. De acordo com esta última abordagem temos então três grupos de corantes: os corantes diretos, os corantes de tina e os que necessitam de mordente.

Os corantes diretos são moléculas orgânicas solúveis em água que se ligam diretamente à fibra sem que esta precise de tratamento inicial. São muito utilizados para tingir fibras como o algodão e o linho. Como exemplo, podemos referir o açafrão (*Crocus sativus* L.).

Os corantes de tina são formados por substâncias insolúveis em água. A sua aplicação ao tecido é feita através da redução das moléculas de cromóforo do corante a uma forma solúvel e incolor - chamada forma *leuco*. O tecido ao ser mergulhado neste banho, absorve a solução. Posteriormente é exposto ao ar ou a agentes oxidantes e, deste modo, a forma *leuco* é então oxidada, voltando a apresentar a cor inicial do corante e fixando-se nas fibras. O corante mantém-se aí devido à sua insolubilidade em água mas, fracamente ligado à fibra, estando as moléculas deste como que presas entre as fibras têxteis. Devido a esta fraca ligação o corante vai sendo facilmente removido com as lavagens. Para reduzir o corante à forma *leuco* é usual utilizar o hidrossulfito de sódio, (ditionito de sódio) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$. Estes corantes são muito usados para tingir algodão, embora possam ser aplicados também à lã. Como exemplo deste tipo de corantes temos o índigo, muito usado nas roupas de ganga.

Os corantes que necessitam de mordente são aqueles que, devido à sua estrutura, necessitam de uma espécie que possibilite a interação entre as suas moléculas e as que compõem a fibra e que, deste modo, permitem a fixação do corante à fibra. Como exemplo deste tipo de corantes temos a maior parte dos corantes vermelhos, como a garança, amarelos, como a cebola (casca) e castanho ou preto, como o pau campeche.

Os mordentes podem ser de origem orgânica, como os taninos, ou inorgânica, como os sais de crómio, ferro ou cobre entre outros. O mordente mais utilizado é o alúmen, um material constituído principalmente por um sulfato duplo formado a partir de sulfato de alumínio, ferro e crómio com sulfato de potássio, sódio e amónio.

Os mordentes podem ser aplicados de formas diferentes, sendo as mais frequentes: antes do tingimento, ou seja, um processo de pré-mordentagem antes da aplicação do corante (processo MDT - "Morde e Depois Tinge"), ou em conjunto com o corante num processo de mordentagem e tingimento em simultâneo (processo M+T - "Morde e Tinge"). No primeiro processo, as moléculas de cromóforos do corante interagem com o complexo mordente-fibra que os iões metálicos formam com os grupos funcionais da fibra. No segundo caso, é o complexo formado pelo mordente e molécula de cromóforo do corante que interage com a fibra. Consoante a aplicação, teremos interações diferentes e, conseqüentemente, cores diferentes, na fibra tingida. A adição de mordentes também pode influenciar a intensidade da cor pelo facto de o ião metálico poder ser um metal de transição, que tem orbitais tipo d disponíveis para as transições electrónicas.

Escola Secundária Padre António Macedo

ATIVIDADE EXPERIMENTAL - TINTURARIA TRADICIONAL

TINGIMENTO DE LÃ COM CORANTES NATURAIS

Textos de Apoio

10º ano - Turma A

TEXTO DE APOIO Nº 4

AS FIBRAS TÊXTEIS

As fibras têxteis podem ser de vários tipos: naturais, sintéticas ou artificiais. Dentro das fibras naturais, temos as de origem vegetal, como o algodão, o linho e o sisal; as de origem mineral, como o amianto; e as de origem animal, sendo exemplos a lã e a seda. Como exemplo das fibras sintéticas, a poliamida e o poliéster e das fibras artificiais temos a viscose e o acetato.

As fibras vegetais são constituídas essencialmente por celulose enquanto as fibras animais são compostas por materiais de natureza proteica. As fibras artificiais são obtidas a partir de reações químicas que dão origem a alterações nas moléculas dos polímeros das fibras naturais. Quanto às fibras sintéticas, são fibras obtidas a partir de polímeros sintéticos, provenientes da indústria química.

Uma fibra natural muito utilizada na tinturaria é a lã, derivada do pêlo dos ovinos, como a ovelha. O seu principal componente é a queratina, do grego *kéras*, que significa chifre.

A queratina é uma proteína cuja estrutura é formada pela unidade básica: os aminoácidos. Estes, por sua vez são compostos de carbono, oxigénio, azoto e hidrogénio, que se organizam de tal forma que existem duas funções orgânicas diferentes na molécula: o grupo amino ($-NH_2$) e o grupo carboxilo ($-COOH$).

Apresenta predominantemente forma tridimensional de α -hélice (α -queratina) com cadeias que contêm ligações peptídicas ($-CO-NH-$) interligadas por ligações dissulfureto entre dois resíduos de cisteína (um dos aminoácidos) (Figura 1). As ligações existentes na fibra de lã serão desenvolvidas no texto seguinte.

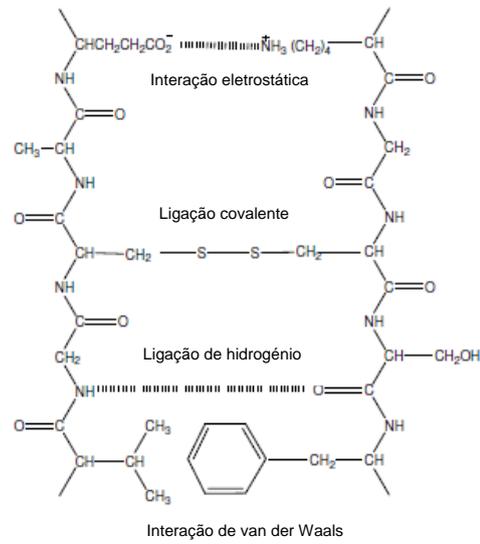


Figura 1 - Estrutura química da α -queratina com as várias interações existentes entre duas cadeias polipéptídicas constituintes da lâ

Escola Secundária Padre António Macedo

ATIVIDADE EXPERIMENTAL - TINTURARIA TRADICIONAL

TINGIMENTO DE LÃ COM CORANTES NATURAIS

Textos de Apoio

10º ano - Turma A

TEXTO DE APOIO Nº 5

A LIGAÇÃO QUÍMICA

Em solução aquosa, consoante a sua natureza, as moléculas de cromóforos do corante, natural ou sintético, podem interagir com a fibra de várias formas diferentes. A própria fibra de lã apresenta também diferentes modos de ligação entre os aminoácidos que fazem parte das suas cadeias, nomeadamente, ligações covalentes, ligações de hidrogénio, interações iónicas e interações de van der Waals.

A FIBRA DE LÃ E A LIGAÇÃO QUÍMICA

A fibra de lã é essencialmente constituída por proteínas queratinosas de estrutura em hélice α . Esta conformação maximiza o número de ligações de hidrogénio entre os grupos amino (NH) e carbonilo (CO) da cadeia principal. Além das ligações de hidrogénio, todas as outras interações referidas anteriormente, de natureza covalente e não-covalente, são estabelecidas na estrutura da lã (Figura 1). Entre estas, encontram-se as interações eletrostáticas ou iónicas. Alguns dos principais aminoácidos (unidades que formam as proteínas) que constituem as cadeias laterais da lã apresentam grupos amina ($-\text{NH}_2$) ou carboxilo ($-\text{COOH}$). Quando a lã é imersa num meio ácido, dependendo da acidez, os grupos dão origem a cargas positivas, no caso da amina (fenómeno chamado protonação), e negativas, no caso do carboxilo (fenómeno chamado desprotonação). Entre estes grupos de átomos, carregados positiva ou negativamente, estabelece-se uma ligação do tipo eletrostático ou ligação iónica.

Temos também interações do tipo forças de van der Waals. Estas interações ocorrem entre os grupos de átomos das cadeias laterais dos aminoácidos que não sofrem ionização, ou seja, que não apresentam carga positiva ou negativa porque não possuem átomos capazes de ganhar ou perder eletrões (exemplos destes grupos são geralmente cadeias carbonadas ou anéis benzénicos).

Finalmente, temos as ligações dissulfureto, de natureza covalente, estabelecidas entre os átomos de enxofre (S-S) de dois aminoácidos pertencentes a duas cadeias polipeptídicas diferentes.

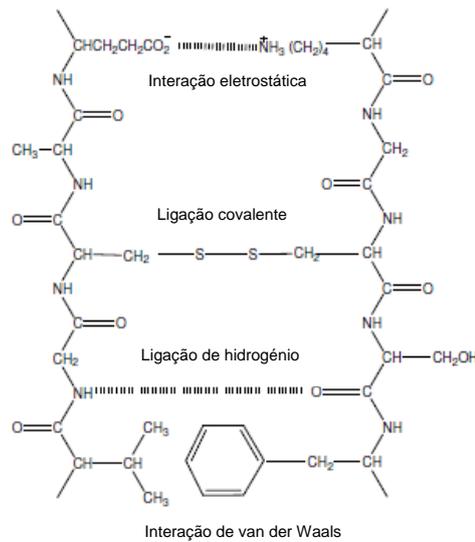


Figura 1 - Interações entre duas cadeias polipeptídicas da lã

OS CORANTES E A LIGAÇÃO QUÍMICA

1 - O TINGIMENTO COM O ÍNDIGO

No tingimento com índigo temos várias etapas:

- oxidação do ditionito de sódio e redução do corante em meio básico. O corante irá transformar-se na sua forma *leuco*, reduzida (Figura 2).

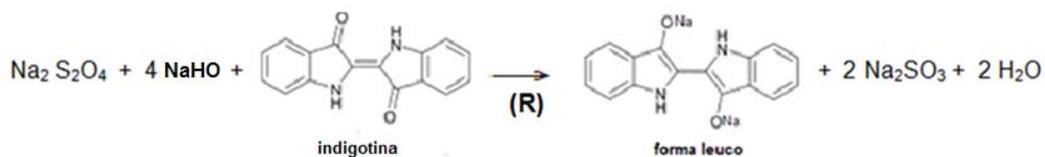


Figura 2 - Reação de redução da indogotina à forma *leuco* (reação direta)

- tingimento da lã pelo corante na sua forma *leuco*:

- aumento de volume da fibra devido à penetração da água;
- adsorção das moléculas na superfície da fibra;
- difusão das moléculas no interior da fibra;
- fixação das moléculas de cromóforos do corante na forma reduzida à fibra.

- oxidação do corante: o corante volta à sua fórmula química original, cuja característica é ser insolúvel em água. Esta reação de oxidação dá-se por exposição ao oxigénio do ar (Figura 3 - reação inversa) e ocorre com o corante no interior da fibra, estabelecendo-se entre a molécula de cromóforo do corante insolúvel e a fibra ligações de hidrogênio ou do tipo forças de van der Waals, ligações mais fracas do que a ligação covalente.

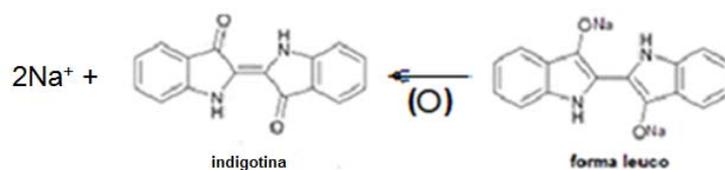


Figura 3 - Reação de oxidação da forma leuco (reação inversa)

2 - O TINGIMENTO COM CORANTES NATURAIS USANDO MORDENTES

No que se refere à ligação à fibra da maioria dos corantes naturais e, particularmente, aos corantes garança, casca de cebola e pau campeche, por nós utilizados, faz-se através de um mordente que aumenta a estabilidade da ligação entre o corante e a fibra e, portanto, a durabilidade do tingimento.

A fixação destes corantes naturais nas fibras deve-se à formação de um composto de coordenação entre os grupos funcionais presentes na superfície da lã, o ião metálico do mordente e as moléculas de cromóforos do corante, ou seja, envolve a formação de ligações covalentes entre o ião metálico do mordente, a fibra e o corante (Figuras 4, 5 e 6).

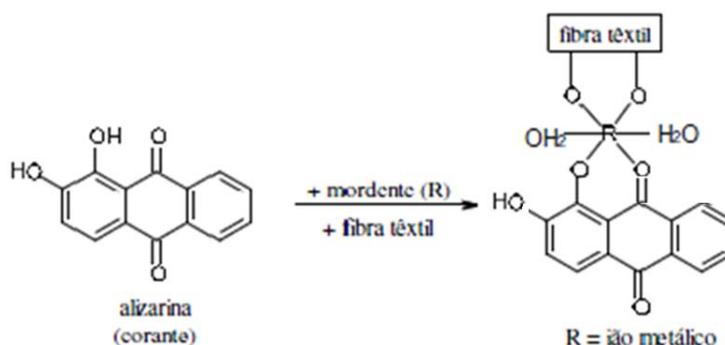


Figura 4 - Formação da ligação entre a alizarina (cromóforo da garança) e a fibra têxtil com o auxílio de mordente ($R = \text{Cu}^{2+}$ ou Al^{3+})

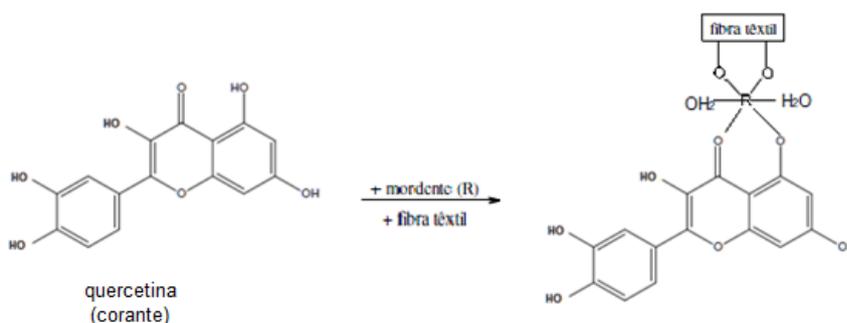


Figura 5 - Formação da ligação entre a quercetina (cromóforo da casca de cebola) e a fibra têxtil com o auxílio de mordente ($R = \text{Cu}^{2+}$ ou Al^{3+})

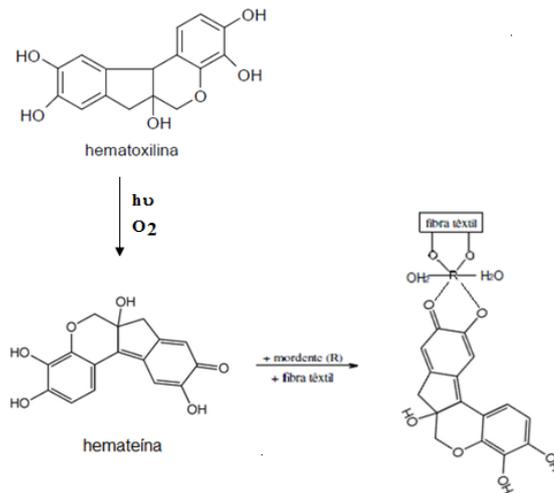


Figura 6 - No caso do pau campeche, a hematoxilina sofre oxidação sendo a hemateína a molécula cromófora que dá cor à fibra tingida (R = Cu²⁺ ou Al³⁺)

3 - DIFERENÇA ENTRE OS MÉTODOS DE TINGIMENTO

Os métodos de tingimento MDT e M+T foram processos por nós usados para tingir a lã e frequentemente utilizados pelos mestres artesãos de tinturaria tradicional.

No caso do método MDT (Figura 7), a fibra de lã é primeiramente mordida com o catião metálico (o mordente), ligando-se este às cadeias laterais dos aminoácidos da lã, que contêm grupos carboxilo (-COOH) e que são facilmente ionizáveis (perdem o H⁺ em soluções relativamente ácidas), através de ligações covalentes. Posteriormente, a lã mordida é mergulhada no banho corante onde se encontra a molécula cromófora (que dá cor) e que se vai ligar ao catião metálico, já ligado à lã e a moléculas de água, através de novas ligações covalentes. Estas ligações covalentes entre o Al³⁺ e a molécula cromófora são mais estáveis e mais fortes do que as ligações entre o Al³⁺ e as moléculas de água e, por isso, são estas novas ligações preferidas.

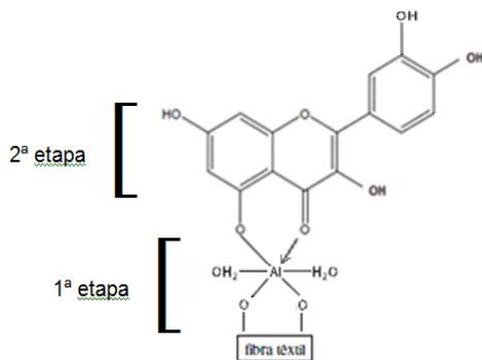


Figura 7 - Método MDT

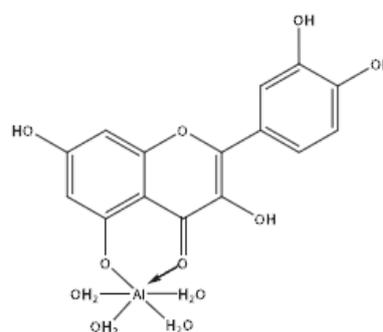


Figura 8 - Método M+T

Quanto ao método M+T, ou seja, morde e tingi ao mesmo tempo, o banho de mordente e o banho corante são preparados em conjunto e, portanto, a molécula de cromóforo do corante

forma logo um composto de coordenação com o catião metálico através de ligações covalentes (geralmente duas). O catião metálico mantém-se ainda hidratado através de ligações covalentes a várias moléculas de água. Posteriormente, quando a fibra de lã é mergulhada neste banho de mordente e corante, é o conjunto representado na figura 8 (o composto de coordenação entre o mordente e a molécula de cromóforo do corante) que se vai agora ligar à fibra. Uma vez mais estabelecem-se ligações covalentes entre os grupos carboxilo (-COOH) das cadeias laterais dos aminoácidos e este composto de coordenação, libertando-se duas moléculas de água. A ligação do composto de coordenação à fibra é mais estável do que à molécula de água e, por isso, estabelece-se a primeira, quebrando-se a segunda com a saída da molécula de água.

Como o estabelecimento da ligação entre o corante e a fibra, via mordente, ocorre em etapas distintas nos dois métodos, o resultado final em termos de cor é também diferente para lã tingida pelo mesmo corante e mordente pelos dois métodos. No método MDT, o processo desenvolve-se em duas etapas, estando o acesso do corante à lã para estabelecimento da ligação mais facilitado, pois o volume ocupado pela molécula de cromóforo do corante é mais pequeno. No caso do método M+T, o volume ocupado pelo conjunto representado na Figura 8 é bastante maior, o que pode dificultar o estabelecimento da ligação em todos os pontos disponíveis da fibra de lã. Isto não significa necessariamente que o método MDT conduza a fibras tingidas com maior quantidade de moléculas cromóforas e de catião metálico, mas certamente a quantidades diferentes para os dois métodos de tingimento, o que conduz a tons diferentes.

4 - O TINGIMENTO COM CORANTES SINTÉTICOS

Apesar de, atualmente, a utilização de corantes de origem natural estar novamente a aumentar, no século XIX foi praticamente abandonada devido ao desenvolvimento da indústria química, que permitiu a produção em larga escala de corantes sintéticos mais acessíveis e eficientes que os naturais.

Também nas ligações entre estes e as fibras podemos encontrar interações semelhantes às que ocorrem entre os corantes naturais e as fibras. Vejamos exemplos dessas interações:

- Interações iónicas:

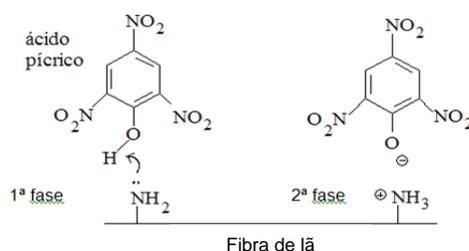


Figura 9 - Interação iónica entre um corante sintético e a fibra de lã

- Interações de hidrogénio:

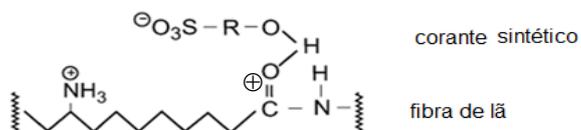


Figura 10 - Ligação de hidrogénio entre um corante sintético e a fibra de lã

- Interações covalentes:

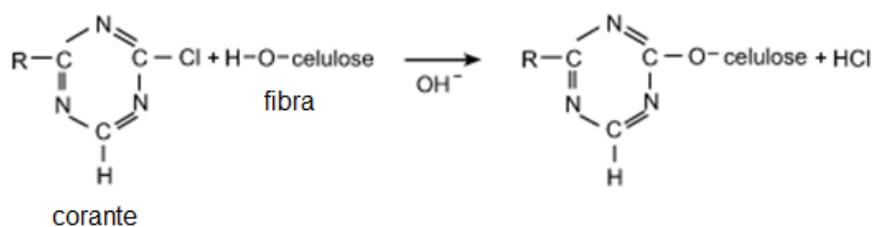


Figura 11 - Ligação covalente entre um corante sintético e a fibra de celulose

Escola Secundária Padre António Macedo

ATIVIDADE EXPERIMENTAL - TINTURARIA TRADICIONAL

TINGIMENTO DE LÃ COM CORANTES NATURAIS

Textos de Apoio

10º ano - Turma A

TEXTO DE APOIO Nº 6

ASPETOS TOXICOLÓGICOS E ECOLÓGICOS

Em relação à saúde humana, os corantes naturais são, em geral, inofensivos. Pelo contrário, os corantes sintéticos apresentam riscos toxicológicos que estão associados ao modo e ao tempo de exposição, tais como a ingestão oral ou a sensibilização da pele e das vias respiratórias.

A análise do grau de toxicidade oral de corantes sintéticos, medido através da dose letal (DL_{50}), tem demonstrado que apenas um número reduzido de corantes pode apresentar toxicidade aguda ($DL_{50} < 5 \text{ mg/kg.}$).

Alguns corantes sintéticos podem, devido à sua estrutura química, apresentar potencialidade mutagénica ou carcinogénica devido a interações com grupos nucleofílicos do DNA.

Pelo facto de não existirem riscos deste tipo nos corantes naturais, estes estão cada vez mais a ser usados na tinturaria têxtil.

Quanto aos aspetos ecológicos, os corantes naturais contrastam com os sintéticos no que diz respeito ao investimento na procura de metodologias para tratamentos de efluentes, dado que os primeiros praticamente não produzem poluição.

ANEXO III

Diapositivos utilizados em sala de aula

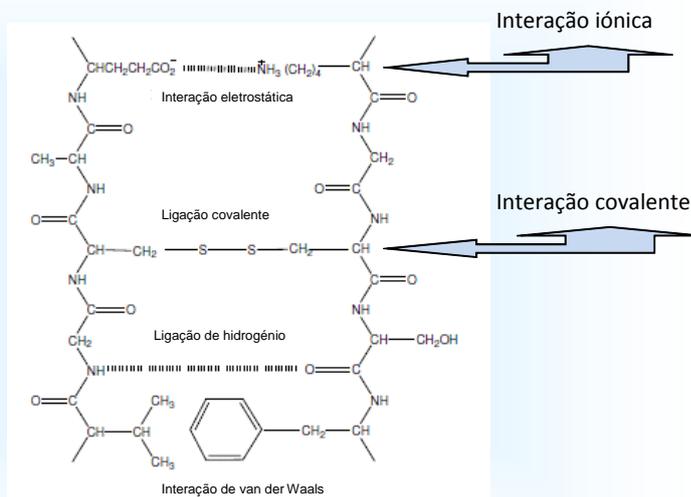
Diapositivos utilizados no estudo das ligações que se estabelecem entre a molécula cromófora do corante índigo e a fibra, a ligação química entre o ião metálico do mordente, a fibra e o cromóforo do corante e onde se analisou como o modo de tingimento seguido no trabalho laboratorial pode afetar o estabelecimento das ligações químicas

INTERAÇÃO ENTRE FIBRA E CORANTE: LIGAÇÃO QUÍMICA



1

ESTRUTURA QUÍMICA DA LÃ



Interações entre cadeias polipeptídicas da lã

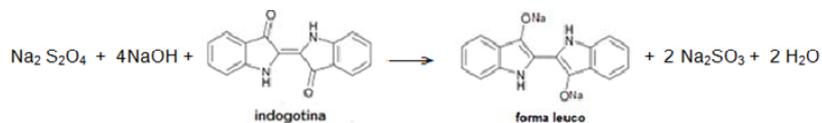


2

TINGIMENTO COM ÍNDIGO



3



Reação de redução da Indigotina (reação direta)

O ditionito de sódio sofre oxidação em meio básico (hidróxido de sódio) e quando se coloca o corante (indigotina) nesta solução, a indigotina irá transformar-se na sua forma *leuco*, reduzida.

A adição de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ faz com que as ligações entre o oxigênio e o carbono de cada grupo funcional se rompam, dando origem à formação de uma carga negativa no oxigênio.

As interações entre as moléculas de cromóforos do índigo (forma *leuco*) e as moléculas de água tornam-se mais fortes e o índigo torna-se mais solúvel.

O aumento da solubilidade do índigo faz com que penetre mais facilmente na lã tornando a coloração mais homogênea



4

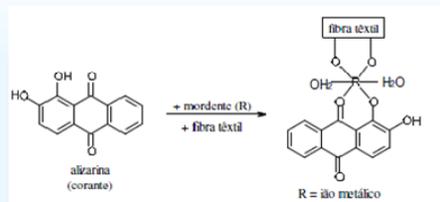
A ligação entre a fibra e a maioria dos corantes naturais e, particularmente, os corantes garança, casca de cebola e pau campeche, faz-se através de um mordente que aumenta a estabilidade da ligação entre cromóforo do corante e fibra e, portanto, a durabilidade do tingimento.

A fixação destes corantes naturais nas fibras deve-se à formação de um composto de coordenação entre os grupos funcionais presentes na superfície da lã, o ião metálico do mordente e as moléculas cromóforas do corante, ou seja, envolve a formação de ligações covalentes entre o ião metálico do mordente, a fibra e o corante.

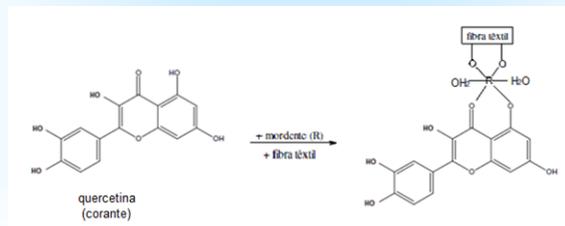


7

Formação da ligação do cromóforo Alizarina (da garança)
- fibra têxtil com o auxílio de mordente ($R = Cu^{2+}$ ou Al^{3+})

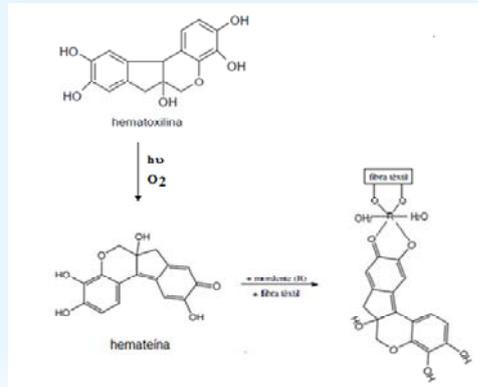


Formação da ligação do cromóforo Quercetina (da casca de cebola) -
fibra têxtil com o auxílio de mordente ($R = Cu^{2+}$ ou Al^{3+})



8

No caso do pau campeche, a Hematoxilina sofre oxidação sendo a Hemateína a substância ativa nas soluções de Hematoxilina (R = Cu^{2+} ou Al^{3+})

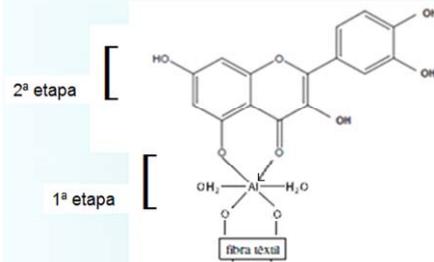


9

**DIFERENÇA ENTRE OS MÉTODOS
“MDT” E “M+T”
 (“morde e depois tinge” e “morde + tinge”)**



10



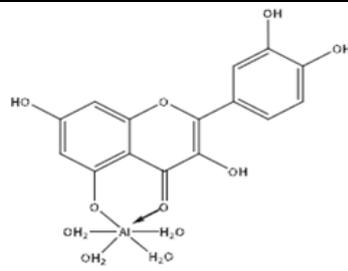
Método MDT

A fibra de lã é primeiramente mordida com o catião metálico (o mordente), ligando-se este às cadeias laterais dos aminoácidos da lã, que contêm grupos carboxilo (-COOH) e que são facilmente ionizáveis (perdem o H⁺ em soluções relativamente ácidas) através de ligações covalentes.

Posteriormente, a lã mordida é mergulhada no banho corante onde se encontra a molécula cromófora que se vai ligar ao catião metálico, já ligado à lã e a moléculas de água, através de novas ligações covalentes.

Estas ligações covalentes entre o Al³⁺ e a molécula cromófora são mais estáveis e mais fortes do que as ligações entre o Al³⁺ e as moléculas de água e, por isso, são estas novas ligações preferidas.

11



Método M+T

Neste método, ou seja, morde e tingem ao mesmo tempo, o banho de mordente e o banho corante são preparados em conjunto e, portanto, a molécula de cromóforo do corante forma logo um composto de coordenação com o catião metálico através de ligações covalentes (geralmente duas).

O catião metálico mantém-se hidratado através de ligações covalentes a várias moléculas de água.

Quando a fibra de lã é mergulhada neste banho de mordente e corante, é o conjunto representado na figura (o composto de coordenação entre o mordente e o cromóforo do corante) que se vai agora ligar à fibra.

12

Uma vez mais estabelecem-se ligações covalentes entre os grupos carboxilo -COOH das cadeias laterais dos aminoácidos e este composto de coordenação, libertando-se duas moléculas de água.

A ligação do composto de coordenação à fibra é mais estável do que à molécula de água e, por isso, estabelece-se a primeira, quebrando-se a segunda com a saída da molécula de água.



13

Como o estabelecimento da ligação entre o corante e a fibra ocorre em etapas distintas nos dois métodos, o resultado final em termos de cor é também diferente para lã tingida pelo mesmo corante e mordente pelos dois métodos.

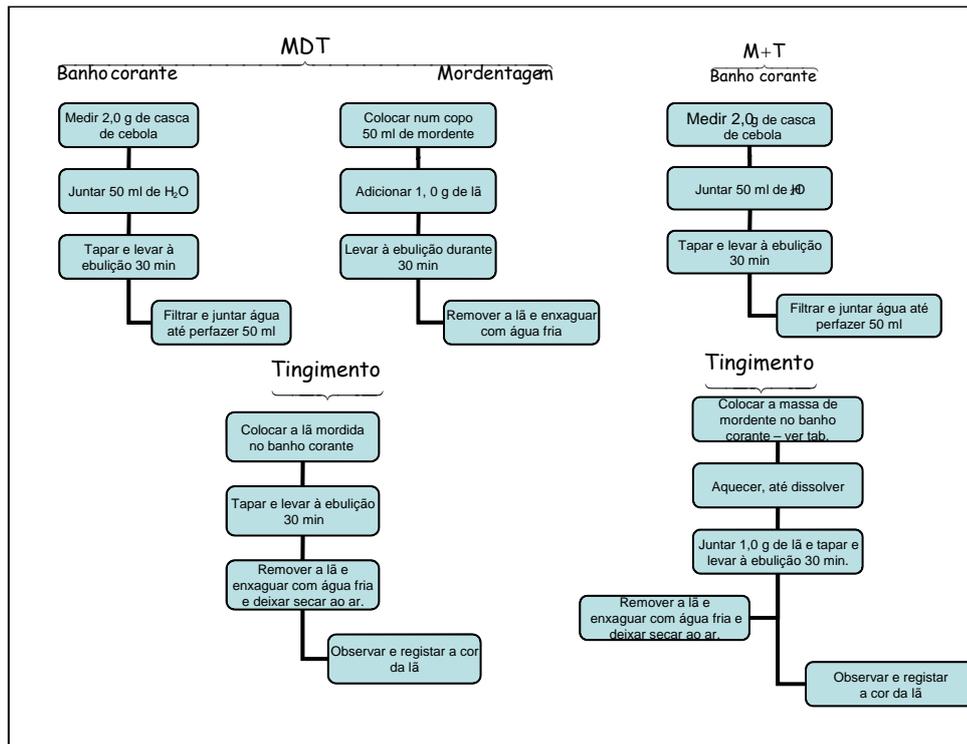
No método MDT, o processo desenvolve-se em duas etapas, estando o acesso do corante à lã para estabelecimento da ligação mais facilitado, pois o volume ocupado pela molécula de cromóforo do corante é mais pequeno. No caso do método M+T, o volume ocupado pelo conjunto cromóforo-mordente é bastante maior, o que pode dificultar o estabelecimento da ligação em todos os pontos disponíveis da fibra de lã.

Isto não significa necessariamente que o método MDT conduza a fibras tingidas com maior quantidade de moléculas cromóforas e de catião metálico, mas certamente a quantidades diferentes para os dois métodos de tingimento, o que conduz a tons diferentes.



14

Organograma construído pelos alunos e utilizado no seguimento da metodologia indicada nos protocolos das atividades experimentais de tingimento (apresentado em diapositivo)



Diapositivos utilizados como apoio à introdução da atividade experimental realizada sobre
espectrofotometria

Espectrofotômetro



1

O espectrofotômetro é um equipamento que faz passar um feixe de luz monocromática através de uma solução, e mede a quantidade de luz que foi absorvida por essa solução.

Usando um monocromador, o aparelho separa a luz em feixes com diferentes comprimentos de onda (tal como acontece no arco-íris com a separação das cores da luz branca).

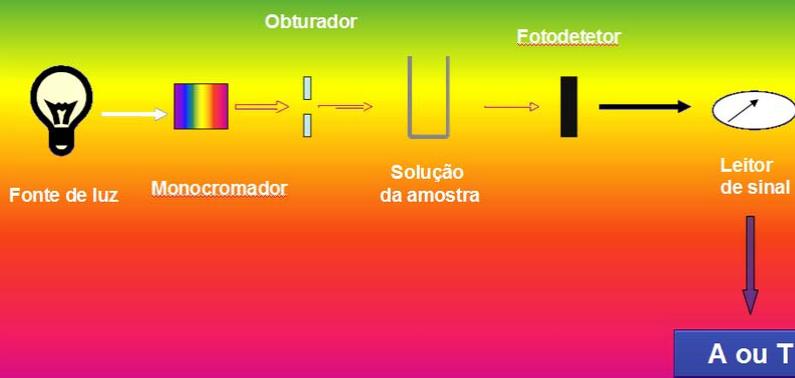


2

O espectrofotômetro permite-nos saber que quantidade de radiação é absorvida a cada comprimento de onda.

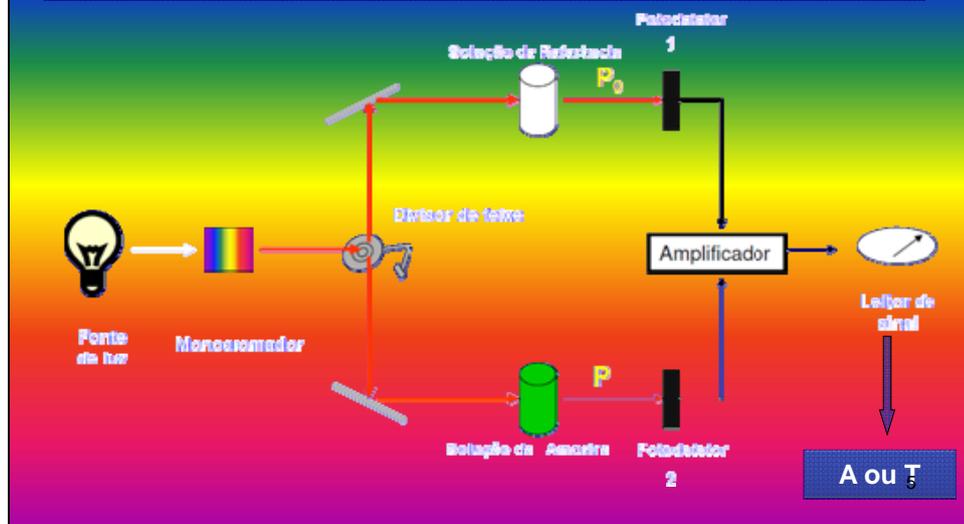
3

Esquema de um espectrofotômetro de feixe simples



4

Esquema de um espectrofotômetro de feixe duplo



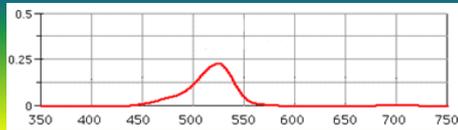
Espetros de absorção molecular

O conjunto das absorvâncias aos vários comprimentos de onda (c.d.o.) para um composto chama-se espectro de absorção.

Se uma substância é verde, por exemplo, é porque deixa passar ou reflete a cor nesse comprimento de onda, absorvendo luz na região do vermelho.

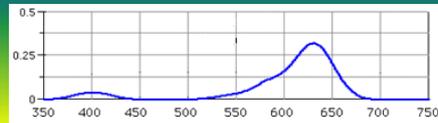
Efeito Aditivo

Corante vermelho



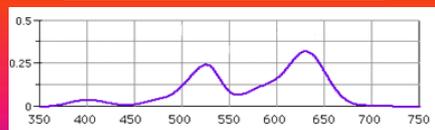
Máx. de absorção a 525 nm
 $A = 0,233$

Corante azul



Máx. de absorção a 625 nm
 $A = 0,318$

Mistura corante azul +
vermelho



Mistura:

$A(525 \text{ nm}) = 0,233$

$A(625 \text{ nm}) = 0,318$

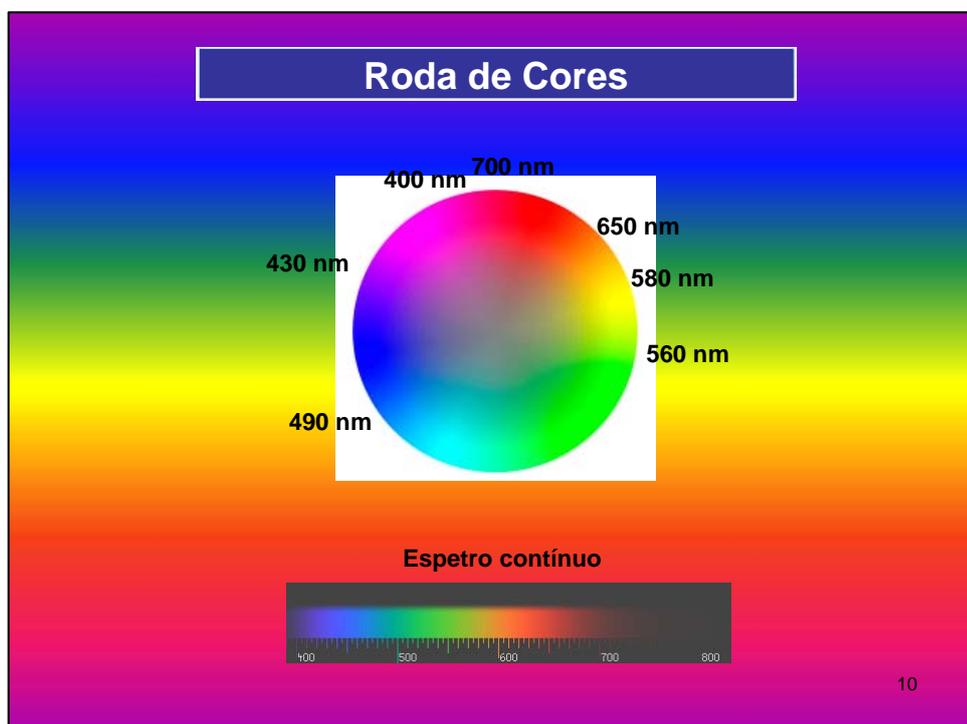
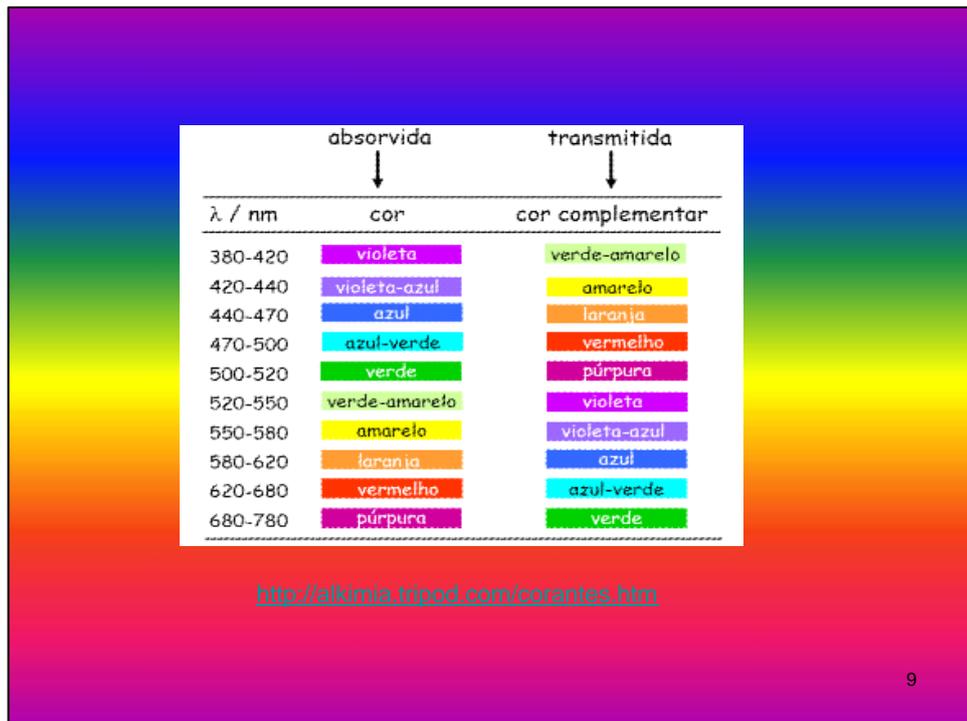
7

Analisemos as cores das nossas soluções em função dos respectivos espectros de absorção molecular...



Bom Trabalho!!!

8



ANEXO IV

Instrumentos de Avaliação

ESCOLA SECUNDÁRIA PADRE ANTÓNIO MACEDO

FÍSICA E QUÍMICA A - 10º ANO

TESTE TEÓRICO-PRÁTICO

Nome: _____ Nº _____ Tª _____ Data ____/____/____

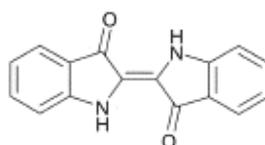
Duração da prova: 90 minutos

Ano letivo 2010/2011

Avaliação _____ Professora _____

1 - O índigo é um corante sólido, insolúvel em água. Quando se aquece uma mistura deste corante em água, as partículas não se solubilizam, não conseguindo assim, penetrar na fibra. Um tingimento feito deste modo não permite colorir a fibra completamente, ficando a maioria das partículas em suspensão.

O constituinte principal do corante índigo é a indigotina cuja fórmula de estrutura é a seguinte:



indigotina

- 1.1. - A indigotina é um composto orgânico ou inorgânico? Justifique.
- 1.2. - Qual o grupo funcional que afeta particularmente este composto e que tipo de ligações se estabelecem entre os átomos que fazem parte desse grupo? Justifique recorrendo à notação de Lewis.
- 1.3. - Quando se procede ao tingimento com o índigo deve adicionar-se ditionito de sódio, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$. Qual o efeito desta adição?

2 - Para aumentar a durabilidade do tingimento de uma fibra de modo a que resista mais às lavagens e à exposição ao sol, adiciona-se à fibra e ao corante, uma substância a que se chama mordente, como por exemplo o $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

- 2.1. - Que elemento químico é o principal componente do mordente $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, a que família e a que bloco pertence?
- 2.2. - Qual a principal característica deste tipo de elementos? Recorra ao digrama de energias e respetiva distribuição eletrónica para justificar a resposta.

2.3. - Explique, sucintamente, como se processa a ligação entre corante - fibra-mordente, de acordo com o método de tingimento M+T.

3 - O corante artificial azobenzeno, à semelhança do que acontece com o corante natural pau campeche, apresenta duas formas: a forma colorida e a forma incolor.

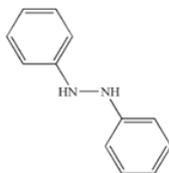


Figura A

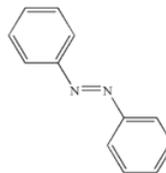


Figura B

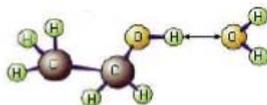
3.1. - Identifique-as, justificando.

3.2. - Se quiséssemos deixar de ter a forma colorida do corante para passar a ter a forma incolor o que deveríamos fazer?

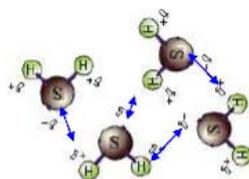
3.3. - A nível eletrónico, explique a que está associada a coloração dos compostos orgânicos.

4 - As forças intermoleculares podem ser de dois tipos: Identifique o tipo de ligação que se dá entre as moléculas de:

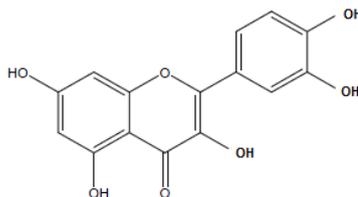
4.1. - Álcool etílico e água.



4.2. - Sulfureto de hidrogénio.



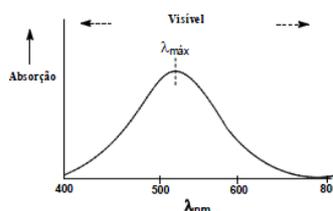
5 - A figura seguinte representa a molécula de quercetina, cromóforo existente em maior quantidade na casca da cebola.



5.1. - Quantos elétrons ligantes existem na molécula da quercetina?

5.2. - Das ligações C-C e C=C existentes na molécula, qual tem maior energia de ligação? Justifique.

6 - Observe a Figura que traduz a absorção máxima de uma substância colorida na região do visível, em que $\lambda_{\text{máx}} = 505 \text{ nm}$.



Recorrendo à roda de cores, indique qual a cor da substância, justificando.

7 - Da lista que se segue, selecione e ordene, os passos mais adequados para proceder à preparação de uma solução a partir de um soluto no estado sólido:

- A - Verter para o balão volumétrico.
- B - Transferir o soluto sólido para o balão volumétrico.
- C - Medir a massa de solvente.
- D - Completar até ao traço com solução.
- E - Tapar o balão volumétrico e homogeneizar a solução.
- F - Medir o volume de solvente.
- G - Medir a massa de soluto sólido.
- H - Medir o volume de soluto.
- I - Completar até ao traço com solvente.
- J - Dissolver o soluto num copo com uma parte do solvente.

8 - Que massa de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ será necessária para preparar 500 mL de uma solução com concentração $0,5 \text{ mol dm}^{-3}$ em ião Cu^{2+} ?

9 - Das seguintes afirmações, relativas à segurança em laboratórios de química, corrigir as que não estão totalmente corretas:

A - Devem usar-se óculos de proteção visto que estes são um importante equipamento de segurança individual.

B - Quando se manuseia equipamento que esteja quente, devem utilizar-se pinças ou luvas adequadas.

C - Para proteger as vias respiratórias deve-se trabalhar com uma máscara.

D - Num laboratório de química não se devem utilizar anéis ou pulseiras.

E - Assim que retirar a quantidade necessária de reagente do frasco, deve-se fechá-lo.

F - Durante a manipulação de frascos ou tubos de ensaio, nunca dirija a sua abertura, na sua direção.

Bom trabalho!

Questão	Cotação
1.1.	10
1.2.	10
1.3.	15
2.1.	10
2.2.	10
2.3.	15
3.1.	10
3.2.	10
3.3.	10
4.1.	10
4.2.	10
5.1	10
5.2.	15
6.	15
7.	10
8.	18
9.	12
Total	200

ESCOLA SECUNDÁRIA PADRE ANTÓNIO MACEDO
FÍSICA E QUÍMICA A – 10º ANO
TESTE TEÓRICO-PRÁTICO
CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO
Ano letivo 2010 – 2011

CRITÉRIOS GERAIS DE CLASSIFICAÇÃO

A classificação a atribuir a cada resposta resulta da aplicação dos critérios gerais e dos critérios específicos de classificação apresentados para cada item e é expressa por um número inteiro.

As respostas ilegíveis ou que não possam ser claramente identificadas são classificadas com zero pontos. No entanto, em caso de omissão ou de engano na identificação do item ao qual a resposta se refere, a mesma pode ser classificada se for possível identificar inequivocamente a que item diz respeito.

Se o aluno responder a um mesmo item mais do que uma vez, não eliminando inequivocamente a(s) resposta(s) que não deseja que seja(m) classificada(s), deve ser considerada apenas a resposta apresentada em primeiro lugar.

ITENS DE RESPOSTA FECHADA

Itens de resposta fechada de escolha múltipla

A cotação total do item só é atribuída às respostas que apresentem, de forma inequívoca, a única opção correta.

São classificadas com zero pontos as respostas em que é assinalada:

- uma opção incorreta;
- mais do que uma opção.

Não há lugar a classificações intermédias.

Itens de resposta fechada curta

As respostas corretas são classificadas com a cotação total do item. As respostas incorretas são classificadas com zero pontos.

A classificação é atribuída de acordo com os elementos de resposta solicitados e apresentados.

Caso a resposta contenha elementos que excedam o solicitado, só são considerados para efeito de classificação os elementos que satisfaçam o que é pedido, segundo a ordem pela qual são apresentados na resposta. Porém, se os elementos referidos revelarem contradição entre si, a classificação a atribuir é de zero pontos.

A classificação do teste deve respeitar integralmente os critérios gerais e os critérios específicos a seguir apresentados.

ITENS DE RESPOSTA ABERTA DE CÁLCULO

Nos itens de resposta aberta de cálculo, a classificação a atribuir decorre do enquadramento simultâneo em níveis de desempenho relacionados com a consecução das etapas necessárias à resolução do item, de acordo com os critérios específicos de classificação, e em níveis de desempenho relacionados com o tipo de erros cometidos.

Os níveis de desempenho, relacionados com o tipo de erros cometidos, correspondem aos descritores apresentados no quadro seguinte.

Nível	Descritor
4	Ausência de erros.
3	Apenas erros de tipo 1, qualquer que seja o seu número.
2	Apenas um erro de tipo 2, qualquer que seja o número de erros de tipo 1.
1	Mais do que um erro de tipo 2, qualquer que seja o número de erros de tipo 1.

Erros de tipo 1 – erros de cálculo numérico, transcrição incorrecta de dados, conversão incorrecta de unidades ou unidades incorrectas no resultado final, desde que coerentes com a grandeza calculada.

Erros de tipo 2 – erros de cálculo analítico, ausência de conversão de unidades*, ausência de unidades no resultado final, unidades incorrectas no resultado final não coerentes com a grandeza calculada, e outros erros que não possam ser considerados de tipo 1.

** Qualquer que seja o número de conversões de unidades não efectuadas, contabiliza-se apenas como um erro de tipo 2.*

Na atribuição dos níveis de desempenho acima descritos, os erros cometidos só são contabilizados nas etapas que venham a ser consideradas para a classificação do item.

O aluno deve respeitar sempre a instrução relativa à apresentação de todas as etapas de resolução, devendo explicitar todos os cálculos que tiver de efectuar, assim como apresentar todas as justificações e/ou conclusões eventualmente solicitadas.

No quadro seguinte apresentam-se os critérios de classificação a aplicar às respostas aos itens de cálculo de uma (ou mais) grandeza(s) em situações não consideradas anteriormente.

Situação	Classificação
Utilização de processos de resolução do item que não respeitam as instruções dadas.	Não são consideradas as etapas cuja resolução esteja relacionada com a instrução não respeitada.
Utilização de processos de resolução do item não previstos nos critérios específicos.	Deve ser classificado qualquer processo de resolução cientificamente correcto, ainda que não previsto nos critérios específicos de classificação nem no Programa, desde que respeite as instruções dadas.
Não explicitação dos cálculos necessários à resolução de uma ou mais etapas.	Não são consideradas as etapas em que ocorram essas omissões, ainda que seja apresentado um resultado final correcto.
Não resolução de uma etapa necessária aos cálculos subse-quentes.	Se o aluno explicitar inequivocamente a necessidade de calcular o valor da grandeza solicitada nessa etapa, as etapas subseqüentes deverão ser consideradas para efeitos de classificação. Deverá apresentar a unidade no resultado final, mesmo que não consiga obter o valor numérico solicitado.

CRITÉRIOS ESPECÍFICOS DE CLASSIFICAÇÃO

1 – 35 pontos

1.1. – 10 pontos

A resposta deve contemplar os seguintes tópicos.

- É um composto orgânico.
- Contém na sua estrutura carbono e hidrogénio

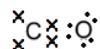
A classificação da resposta a este item é feita em função do enquadramento da mesma num dos níveis de desempenho, de acordo com a tabela seguinte:

Nível	Descritor	Classificação (pontos)
2	Refere dois elementos de resposta solicitados	10
1	Refere apenas um dos elementos de resposta solicitados	5

1.2. – 10 pontos

A resposta deve contemplar os seguintes tópicos.

- Grupo $>C=O$ que é constituído por um átomo de carbono ligado por uma ligação covalente dupla a um átomo de oxigénio.
- É uma ligação que se estabelece por partilha de dois pares de eletrões



A classificação da resposta a este item é feita em função do enquadramento da mesma num dos níveis de desempenho, de acordo com a tabela seguinte:

Nível	Descritor	Classificação (pontos)
2	Refere dois elementos de resposta solicitados	10
1	Refere apenas um dos elementos de resposta solicitados	5

1.3. – 15 pontos

A resposta deve contemplar os seguintes tópicos.

- A adição de $Na_2S_2O_4$ faz com que as ligações entre o oxigénio e o carbono, de cada grupo funcional, se rompam, dando origem à formação de uma carga negativa no oxigénio.
- As interações entre as moléculas de cromóforos do índigo e as moléculas de água tornam-se mais fortes e o índigo torna-se mais solúvel.
- O aumento da solubilidade do índigo faz com que penetre mais facilmente na lã tornando a coloração mais homogénea.

A classificação da resposta a este item é feita em função do enquadramento da mesma num dos níveis de desempenho, de acordo com a tabela seguinte:

Nível	Descritor	Classificação (pontos)
3	Refere os três elementos de resposta solicitados	15
2	Refere dois elementos de resposta solicitados	10
1	Refere apenas um dos elementos de resposta solicitados	5

2 – 35 pontos

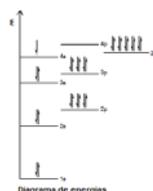
2.1. - 10 pontos

É o cobre, faz parte da família dos metais de transição e pertence ao bloco d da tabela periódica

2.2. – 10 pontos

A resposta deve contemplar os seguintes tópicos.

- Pelo facto de ser um metal tem poucos eletrões na camada de valência, a que se chamam eletrões livres, porque podem circular por todo o metal.
- Apresenta níveis e subníveis energéticos incompletos o que lhe permite estabelecer mais ligações entre a fibra e o corante.



A classificação da resposta a este item é feita em função do enquadramento da mesma num dos níveis de desempenho, de acordo com a tabela seguinte:

Nível	Descritor	Classificação (pontos)
2	Refere dois elementos de resposta solicitados	10
1	Refere apenas um dos elementos de resposta solicitados	5

2.3. – 15 pontos

A resposta deve contemplar os seguintes tópicos.

- No método método M+T a fibra é mordida e tingida ao mesmo tempo. O banho de mordente e o banho corante são preparados em conjunto formando a molécula de cromóforo do corante um composto de coordenação com o catião metálico através de ligações covalentes (geralmente duas), continuando o catião metálico hidratado através de ligações covalentes a várias moléculas de água.
- Quando a fibra de lã é mergulhada no banho de mordente e corante, o composto de coordenação formado entre o mordente e o corante, vai-se ligar à fibra estabelecendo-se ligações covalentes entre os grupos $-COO^-$ das cadeias laterais dos aminoácidos e este composto de coordenação, libertando-se duas moléculas de água.

- A ligação do composto de coordenação à fibra é mais estável do que à molécula de água e, por isso, estabelece-se a primeira, quebrando-se a segunda com a saída da molécula de água.

A classificação da resposta a este item é feita em função do enquadramento da mesma num dos níveis de desempenho, de acordo com a tabela seguinte:

Nível	Descritor	Classificação (pontos)
3	Refere os três elementos de resposta solicitados	15
2	Refere dois elementos de resposta solicitados	10
1	Refere apenas um dos elementos de resposta solicitados	5

3 – 30 pontos
 3.1. - 10 pontos

A resposta deve contemplar os seguintes tópicos.

- Figura A – forma incolor; Figura B – forma colorida
- Na primeira temos uma ligação covalente simples HN – NH e na segunda, uma ligação covalente dupla N = N.

A classificação da resposta a este item é feita em função do enquadramento da mesma num dos níveis de desempenho, de acordo com a tabela seguinte:

Nível	Descritor	Classificação (pontos)
2	Refere dois elementos de resposta solicitados	10
1	Refere apenas um dos elementos de resposta solicitados	5

3.2. – 10 pontos

Dever-se-ia adicionar uma substância que rompesse a ligação covalente dupla.

3.3. – 10 pontos

A resposta deve contemplar os seguintes tópicos.

- Deve-se às transições eletrónicas que correspondem a transições dos eletrões de estados excitados de $n > 2$ para o nível 2, que ocorrem, quando os eletrões absorvem radiação.
- No caso dos compostos orgânicos, a existência de ligações covalentes duplas conjugadas.

A classificação da resposta a este item é feita em função do enquadramento da mesma num dos níveis de desempenho, de acordo com a tabela seguinte:

Nível	Descritor	Classificação (pontos)
2	Refere dois elementos de resposta solicitados	10
1	Refere apenas um dos elementos de resposta solicitados	5

4 –	20 pontos
4.1. - Ligação de hidrogénio	10 pontos
4.2. – Ligação de van der Waals	10 pontos
5 –	25 pontos
5.1. - 74 eletrões	10 pontos
5.2. –	15 pontos

A resposta deve contemplar os seguintes tópicos.

- A ligação C =C tem maior energia de ligação.
- O número de eletrões partilhados é maior no caso da ligação C = C.
- Logo, as forças de atração entre os núcleos é maior e por isso é mais difícil quebrar a ligação.

A classificação da resposta a este item é feita em função do enquadramento da mesma num dos níveis de desempenho, de acordo com a tabela seguinte:

Nível	Descritor	Classificação (pontos)
3	Refere os três elementos de resposta solicitados	15
2	Refere dois elementos de resposta solicitados	10
1	Refere apenas um dos elementos de resposta solicitados	5

6 –	15 pontos
-----------	-----------

A resposta deve contemplar os seguintes tópicos.

- De acordo com $\lambda_{\text{máx}}$, a cor absorvida é o verde.
- A cor observada é a cor complementar da absorvida.
- Logo, a substância é vermelha.

A classificação da resposta a este item é feita em função do enquadramento da mesma num dos níveis de desempenho, de acordo com a tabela seguinte:

Nível	Descritor	Classificação (pontos)
3	Refere os três elementos de resposta solicitados	15
2	Refere dois elementos de resposta solicitados	10
1	Refere apenas um dos elementos de resposta solicitados	5

7 – G, J, A, I. E	10 pontos
----------------------------	-----------

8 – 18 pontos

A resolução deve apresentar, no mínimo, as seguintes etapas, para ser considerada correta:

- Calcular o nº de moles de Cu^{2+} ($n = 0,25 \text{ mol}$)
- Referir que $n_{\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}} = n_{\text{Cu}^{2+}}$
- Calcular $m_{\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}} = 62,4\text{g}$

A classificação da resposta a este item é feita em função do enquadramento da mesma num dos níveis de desempenho, de acordo com a tabela seguinte:

Descritores do nível de desempenho relacionado com o tipo de erros cometidos			Níveis			
			4	3	2	1
Descritores do nível de desempenho relacionado com a consecução das etapas						
Níveis	3	A resolução contempla as três etapas consideradas.	18	17	14	12
	2	A resolução contempla duas das etapas consideradas.	12	11	9	6
	1	A resolução contempla apenas uma das etapas consideradas.	6	5	3	0

9 – 12 pontos

C - Para proteger as vias respiratórias deve-se trabalhar numa hote.

F - Durante a manipulação de frascos ou tubos de ensaio, nunca dirija a sua abertura, na sua direção nem na direção das outras pessoas.

A classificação da resposta a este item é feita em função do enquadramento da mesma num dos níveis de desempenho, de acordo com a tabela seguinte:

Nível	Descritor	Classificação (pontos)
2	Refere dois elementos de resposta solicitados	8
1	Refere apenas um dos elementos de resposta solicitados	4

Escola Secundária Padre António Macedo															 2010-2011															
Grelha de Avaliação de Aula Experimental																														
Disciplina: _____ Ano : ____ Turma: _____																														
Atividade: _____ Data: ____/____/____																														
Nome	É autónomo / Segue o protocolo (3)				Coopera com os colegas/ Discute a evolução do trabalho (3)				Seleciona e manuseia corretamente o material (3)				Cumpre regras de segurança e segue as instruções (3)				Conhece os objetivos do trabalho (3)				Regista as observações e resultados (3)				Faz auto e heteroavaliação (2)				Total (x10)	15%
	S	F	PV	N	S	F	PV	N	S	F	PV	N	S	F	PV	N	S	F	PV	N	S	F	PV	N	S	F	PV	N		
Ana																														
Catarina																														
João																														
Marta F.																														
Rafael																														
Ricardo E.																														
Adriana																														
Carolina																														
MiKaelly																														
Cláudio																														
Mário																														
Sara																														
Marta R.																														
Ricardo M.																														
Pedro																														

A Professora _____

S – Sempre F – Frequentemente PV – Por vezes N - Nunca

Avaliação : (3) - Sempre – 3; Frequentemente – 2; Por vezes – 1; Nunca – 0
Avaliação : (2) - Sempre – 2; Frequentemente – 1,5; Por vezes – 0,5; Nunca - 0

	Indicadores		Indicadores
É autónomo/ Segue o protocolo	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza o espectrofotómetro só depois de ter lido as instruções de funcionamento. - Coordena as atividades: 1 - Preparação dos banhos corantes e mordentagem em simultâneo; 2 – Filtragem dos banhos corantes; 3 – Tingimentos (métodos MDT e M+T). -Consulta o organograma elaborado em conjunto com o professor. 	Conhece os objetivos do trabalho	<ul style="list-style-type: none"> - Antes de iniciar o trabalho, apresenta o organograma adequado ao trabalho experimental. - Durante a realização do trabalho interpreta os resultados obtidos e confronta-os com os que espera obter.
Coopera com os colegas / Discute a evolução do trabalho	<ul style="list-style-type: none"> - Divide as tarefas com os colegas, rentabilizando o trabalho de equipa. - Analisa e discute com os colegas a forma como decorre o trabalho, ouvindo-os e respeitando as suas opiniões. - No final do trabalho arruma os corantes, os mordentes, as soluções e o material no lugar adequado, em conjunto com os colegas. 	Regista as observações e os resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Faz os cálculos necessários para a preparação das soluções. - Exprime os resultados utilizando as regras dos algarismos significativos afetados da respetiva incerteza. - Relativamente às cores observadas nas soluções corantes (métodos MDT, M+T e índigo) e às cores finais das lãs tingidas recolhe, regista e organiza os dados de observações qualitativas.
Seleciona e manuseia corretamente o material	<ul style="list-style-type: none"> - Seleciona o material de laboratório adequado. - Manuseia com cuidado o material de vidro. - Utiliza com cuidado a balança e o espectrofotómetro. - Faz aferições adequadamente na preparação das soluções de mordente, de agente redutor e de solução básica. 	Faz auto e hetero-avaliação	<ul style="list-style-type: none"> - Assume e avalia a responsabilidade das suas atitudes. - Avalia a cooperação dos colegas. - Avalia as responsabilidades dos colegas.
Cumpre regras de segurança e segue as instruções	<ul style="list-style-type: none"> - Conhece símbolos e indicações de perigo existentes nos rótulos de produtos químicos. - Utiliza adequadamente a placa de aquecimento. - Cumpre as normas de segurança gerais e de proteção pessoal. - Usa o recipiente de despejo de resíduos adequado. 		

Escola Secundária Padre António Macedo

Grelha de Avaliação de Relatórios

Grelha de Avaliação Final



2010-2011

Disciplina: Física e Química A Ano : 10º Turma: A

Atividade: Tingimento com Corantes Naturais Data: / /

Grupo	Apresentação				Objetivos				Cálculos				Resultados				Análise de Resultados				Conclusões				Total(/10) (relatório)	Aula Exp.	Teste T.P	Total/10
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Ana																												
Catarina																												
João																												
Marta F																												
Rafael																												
Ric. E																												
Adriana																												
Carolina																												
Mikaelly																												
Cláudio																												
Mário																												
Sara																												
Marta R																												
Ric. M																												
Pedro																												

Observações: Como os alunos realizaram teste teórico-prático não apresentaram introdução teórica.

A Professora _____

	Nível	Parâmetros	Cotação		Nível	Parâmetros	Cotação
Apresentação	4	Contempla todos os itens: elevado grau de perfeição, clareza na escrita, correta utilização da Língua Portuguesa, utilização de linguagem cientificamente correta, relação entre o tema e os conteúdos programáticos. Ausência de rasuras	10	Resultados	4	Apresenta todos os gráficos e fotografias devidamente identificados	25
	3	Contempla todos os itens. Apresenta rasuras	8		3	Apresenta todos os gráficos e fotografias mas com falhas na identificação	20
	2	Não contempla todos os itens. Ausência de rasuras	5		2	Apresenta todos os gráficos e fotografias sem identificação	15
	1	Não contempla todos os itens e apresenta rasuras	3		1	Não apresenta todos os gráficos e fotografias	10
Objetivos	4	Contempla todos os objetivos propostos	23	Análise de Resultados	4	Análise rigorosa do observado. Utiliza terminologia científica adequada/correta	22
	3	Não refere um dos objetivos secundários	20		3	Análise rigorosa do observado. Utiliza ocasionalmente terminologia científica não adequada e/ou incorreções	20
	2	Não refere um dos objetivos principais	15		2	Não analisa com rigor o observado embora utilize terminologia científica adequada	15
	1	Falha mais do que um objetivo	10		1	Não analisa com rigor o observado. Utiliza terminologia científica não adequada e/ou incorreta	10
Cálculos	4	Ausência de erros	30	Conclusões	4	Composição coerente no plano lógico temático. Conclusões/ análise de resultados concordantes com o trabalho realizado. Terminologia científica adequada/correta	25
	3	Metodologia de resolução correta. Resultado incorreto devido a apenas um destes erros: transcrição incorreta de dados; conversão incorreta; unidades e/ou algarismos significativos incorretos	26		3	Composição coerente no plano lógico – temático. Apresenta conclusões. Análise de resultados não concordante com o trabalho. Terminologia científica adequada/correta	20
	2	Metodologia de resolução correta. Resultado final incorreto devido a um destes erros: cálculos analíticos; erro de utilização de fórmulas	20		2	Composição coerente no plano lógico – temático. Apresenta conclusões. Análise de resultados não concordante com o trabalho. Terminologia científica não adequada e/ou com incorreções	15
	1	Metodologia de resolução parcialmente correta	10		1	Composição com falhas no plano lógico – temático, mas com correcta utilização de terminologia científica	10
	Avaliação de Aula		15		Teste Teórico-prático		50

ANEXO V

Questionário de Interesse pelas Atividades Experimentais

Questionário de Interesse pelas Atividades Experimentais

Com este questionário pretende-se recolher informação sobre o interesse dos alunos na realização de atividades experimentais e sobre a relação que estes estabelecem entre a teoria e a prática.

Responda a todas as questões de acordo com a escala de 1 a 4 (correspondente, respetivamente, a Reduzido, Médio, Bom e Muito Bom)

Ano _____

1 - Relativamente às metodologias de ensino como considera aprender melhor?

- | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| • Ouvir a explicação do professor e complementar com estudo em casa | | | | |
| • Resolver exercícios | | | | |
| • Realizar uma experiência para ajudar a compreender o conceito | | | | |
| • Realizar experiências em grupos de 2 a 3 alunos | | | | |
| • Realizar experiências individualmente | | | | |
| • Planear uma experiência e realizá-la | | | | |
| • Realizar uma experiência orientada por uma ficha de apoio | | | | |
| • Ouvir a explicação do professor acompanhada de demonstrações e questões | | | | |

1	2	3	4
---	---	---	---

2 – Gosta de atividades experimentais?

--	--	--	--

Se respondeu 2, 3 ou 4, passe à questão 3. Se respondeu 1, passe à questão 4.

3 - Motivos que o/a levam a gostar de realizar atividades experimentais:

1	2	3	4
---	---	---	---

- Tornam as aulas mais interessantes

--	--	--	--
- Motivam mais para os assuntos científicos

--	--	--	--
- Permitem relacionar a teoria com a prática

--	--	--	--
- Contribuem para uma melhor compreensão da teoria

--	--	--	--
- Promovem hábitos de cooperação

--	--	--	--
- Desenvolvem capacidades de manuseamento de equipamento de laboratório

--	--	--	--
- Tornam as aulas mais motivadoras

--	--	--	--
- Permitem obter resultados que normalmente são coerentes com as aprendizagens teóricas

--	--	--	--
- Permitem relacionar o que vê no dia a dia com as matérias lecionadas

--	--	--	--

4 - Motivos que o/a levam a não gostar de realizar atividades experimentais:

1	2	3	4
---	---	---	---

- Não compreender o que está a fazer

--	--	--	--
- Não conseguir relacionar os trabalhos práticos com a teoria aprendida nas aulas teóricas

--	--	--	--

- | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| • Não gostar de trabalhar em grupo | | | | |
| • Aprender melhor a matéria nas aulas teóricas | | | | |
| • Raramente obter resultados coerentes na execução das atividades experimentais, o que dificulta a relação teoria-prática | | | | |
| • Gostar mais de aulas teóricas | | | | |
| • Os relatórios não contribuem para as aprendizagens | | | | |
| • Dificuldade em relacionar o que vê no dia a dia com as matérias lecionadas | | | | |

5 – No que se refere à atividade experimental realizada, TINTURARIA TRADICIONAL: TINGIMENTO DE LÃ COM CORANTES NATURAIS:

- | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|---|---|---|
| • 5.1 – A atividade foi fácil de executar? | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| • 5.2 – A atividade foi interessante? | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| • 5.3 – A atividade despertou a curiosidade sobre os fenômenos químicos no mundo que nos rodeia? | | | | |
| • 5.4 – Os objetivos do trabalho foram atingidos no que se refere a: | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| • Compreender a ligação química | | | | |
| • Distinguir ligações covalentes e ligações iônicas | | | | |

1	2	3	4
---	---	---	---

- Constatar a existência de cor em soluções de moléculas orgânicas (cromóforas), as quais apresentam ligações covalentes duplas conjugadas

--	--	--	--

- Explicar o fenômeno da cor através de absorção de energia na região do visível do espectro eletromagnético

--	--	--	--

- Interpretar o espectro de absorção de espécies químicas em soluções coradas

--	--	--	--

- Relacionar os valores de comprimento de onda (λ) da cor absorvida com a cor observada (= cor apresentada pela solução)

--	--	--	--

- Relacionar a absorvância com diferentes concentrações de uma mesma solução

--	--	--	--

- Verificar a existência de cores/tons diferentes em soluções de concentração diferente

--	--	--	--

1	2	3	4
---	---	---	---

- 5.5 - A atividade experimental ajudou a compreender melhor a ligação química estudada nas aulas teóricas?

--	--	--	--

1	2	3	4
---	---	---	---

- 5.6 - A atividade experimental ajudou a compreender melhor a relação entre a ligação química estudada nas aulas teóricas e a sua aplicação no dia a dia?

--	--	--	--

6 - Classifique as aprendizagens consolidadas nesta atividade no que diz respeito a outros temas contidos no programa de 10^o ano:

1	2	3	4
---	---	---	---

- Manusear equipamento de laboratório e regras de segurança

--	--	--	--

1	2	3	4
---	---	---	---

- Efetuar cálculos para determinar a concentração de soluções
- Preparar soluções
- Distinguir entre materiais orgânicos e inorgânicos
- Interpretar gráficos

--	--	--	--

--	--	--	--

--	--	--	--

--	--	--	--

FIM



ANEXO VI

Divulgação da Atividade

Resumo da comunicação apresentada no XI Congresso da Sociedade Portuguesa de Ciências da
Educação

Tinturaria Tradicional: uma Abordagem em Contexto Escolar

H. Alves^{1,2}, A. Manhita², C. Dias², T. Ferreira²

¹Escola Secundária Padre António Macedo, Vila Nova de Santo André, Portugal.

²Centro de Química de Évora e Laboratório HERCULES, Universidade de Évora, Évora, Portugal.

Desde os tempos mais remotos que o prazer de colorir têxteis está enraizado na Humanidade. Possivelmente, os primeiros tingimentos ocorreram acidentalmente mas desde então e até meados do século XIX, recorreu-se à utilização de materiais variados como plantas, animais, líquenes e cogumelos para obter esse efeito [1]. Atualmente, exceto no caso de alguns tintureiros artesãos, o tingimento é realizado utilizando corantes sintéticos. Porém, os problemas de poluição ambiental que a indústria tintureira tem gerado, fazem com que tenha renascido o interesse pela tinturaria tradicional.

Nos corantes orgânicos, a absorção de radiação na região do visível do espectro eletromagnético pelas moléculas é fundamentalmente o fenómeno que origina a cor. A fixação do corante às fibras por meio de um mordente inorgânico deve-se à formação de um composto de coordenação entre os grupos funcionais presentes na superfície da lã, o ião metálico e as moléculas de cromóforos do corante através do estabelecimento de ligações do tipo covalente [2].

No ensino de Química fala-se em “abordagem do quotidiano” e pretende-se “mostrar” ao aluno fenómenos químicos com que ele possa estar familiarizado e assim desenvolver a sua curiosidade científica. A ligação química surge no 10º ano de escolaridade, na vertente do modelo covalente, mas não está contemplada em nenhuma atividade laboratorial.

Neste trabalho propôs-se realizar um conjunto de atividades no âmbito da tinturaria tradicional que permitissem exemplificar de um modo prático a importância que a ligação covalente assume no dia a dia. Em simultâneo, também foi possível contemplar outras temáticas contidas no programa de 10º ano como a do espectro eletromagnético e dos compostos orgânicos.

As atividades constaram no tingimento de lã recorrendo a quatro corantes naturais provenientes de plantas tintureiras conhecidas dos alunos ou cujas cores produzidas sejam “cores na moda” e foram utilizados dois mordentes para fixar o corante à lã. A cor dos banhos de tingimento das soluções padrão dos cromóforos componentes dos corantes utilizados e das soluções de mordentes foi relacionada com os espectros de absorção molecular traçados.

O impacto da atividade no processo de aprendizagem foi avaliado através de relatório, teste teórico-prático e questionário fornecidos aos alunos.

[1] Ingamells, W., *Colour for Textiles. A User's Handbook*, Society of Dyers and Colourists, West Yorkshire, Inglaterra, 1993.

[2] Melo, J. S., Melo, M. J., Claro, A., *Química: Boletim da Sociedade Portuguesa de Química* **101** (2006) 44-54.

Diapositivos utilizados na comunicação oral apresentada no XI Congresso da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação

TINTURARIA TRADICIONAL: UMA ABORDAGEM EM CONTEXTO ESCOLAR

Helena Alves, Ana Manhita, Cristina Dias, Teresa Ferreira

XI CONGRESSO **spce**
Janeiro 2011

MOTIVAÇÃO

Programa Física e Química A - 10º ano

↳ Ligação química covalente

↓

Não contemplada em atividades laboratoriais!

↓ Que fazer?

Exemplificar de modo prático a importância que a ligação química assume no dia a dia

↓ Como?

TINTURARIA TRADICIONAL

XI CONGRESSO **spce**
Janeiro 2011

*Tinturaria Tradicional: uma Abordagem em Contexto Escolar*²

Tinturaria Tradicional: Porquê?

- O prazer da Humanidade em colorir têxteis, desde os tempos mais remotos.
 - ❖ Possivelmente, os primeiros tingimentos ocorreram acidentalmente.
 - ❖ Até meados do século XIX (síntese da malveína, o primeiro corante sintético) recorria-se à utilização de materiais como plantas, animais, líquenes e cogumelos.
 - ❖ Atualmente, exceto no caso de alguns tintureiros artesãos, utilizam-se corantes sintéticos.
 - ❖ Os problemas de poluição ambiental que a indústria tintureira tem gerado fizeram renascer o interesse pela tinturaria tradicional.

Tinturaria Tradicional: Porquê?

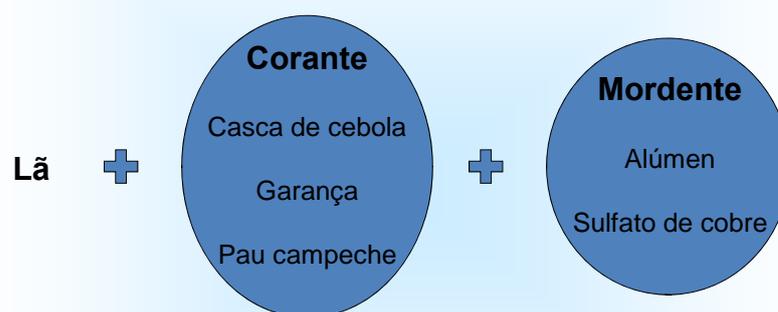
- O fenómeno da cor
 - ❖ Os corantes têxteis são compostos orgânicos que possuem na sua estrutura ligações covalentes duplas conjugadas, grupos funcionais denominados cromóforos.
 - ❖ A explicação química da cor, no caso dos corantes naturais, relaciona-se com a interação da radiação eletromagnética com a matéria na região do visível (400 – 750 nm) devido a transições eletrónicas de energia adequada.
 - ❖ Um objeto iluminado com luz branca apresenta cor se ocorrer absorção seletiva de determinados valores de comprimento de onda e transmissão dos restantes, o que por vezes se traduz na observação da cor complementar.

OBJETIVOS

- Vivenciar o processo de tinturaria tradicional.
- Reconhecer a possibilidade de extrair substâncias corantes a partir de fontes naturais.
 - Compreender a ligação química covalente.
- Explicar o fenômeno da cor através da absorção de energia na região do visível do espectro eletromagnético.
- Relacionar os comprimentos de onda (λ) da cor absorvida com a cor observada (cor complementar).
 - - Compreender as diferentes tonalidades da mesma cor em soluções de concentração diferente.
 - Distinguir entre materiais orgânicos e inorgânicos.
 - Preparar soluções.
- Aplicar regras e normas de segurança num laboratório
 - Efetuar cálculos de concentração

METODOLOGIA

- Os alunos realizaram experiências de tingimento de lã com corantes naturais:



Duas técnicas distintas de tingimento:

- Mordentagem e tingimento feitos em simultâneo num só banho de tingimento **(M+T)**.
- Processo sequencial, sendo as fibras mordidas primeiro e só depois sujeitas ao banho de corante **(MDT)**.

METODOLOGIA

➤ Realizaram análise espectrofotométrica de absorção molecular no UV-Vis:

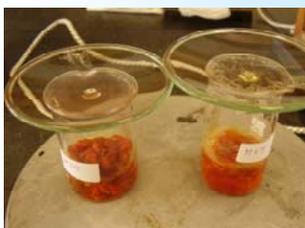
- De soluções de padrões de alguns dos cromóforos componentes dos corantes utilizados

- De soluções de mordentes.

METODOLOGIA



Filtração do banho corante de garança



Banhos corantes de garança e banho de mordentagem da fibra de lã com sulfato de cobre



Tingimento da lã com garança, pelos dois métodos, MDT e M+T (mordente: alúmen)

RESULTADOS



- ❖ Pau campeche
- ❖ Garança
- ❖ Cebola
- ❖ Métodos de tingimento MDT e M+T
- ❖ 2 concentrações de mordente alúmen ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$)

- ❖ Pau campeche
- ❖ Garança
- ❖ Cebola
- ❖ Métodos de tingimento MDT e M+T
- ❖ 2 concentrações de mordente sulfato de cobre ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)

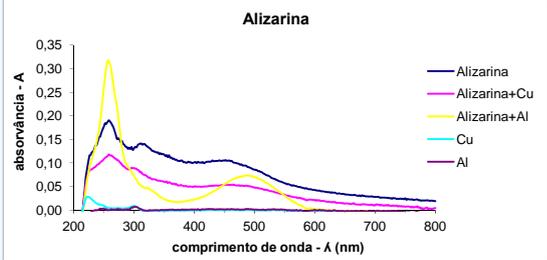
XI CONGRESSO **spce** Guarda 2011

Tinturaria Tradicional: uma Abordagem em Contexto ⁹Escolar

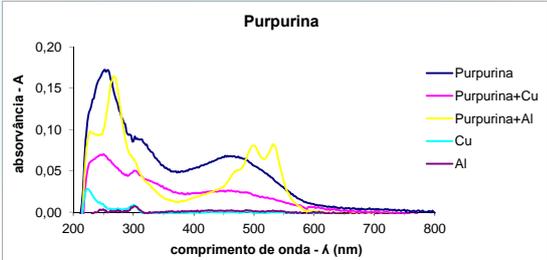
RESULTADOS

Espetros de absorção de moléculas cromóforas da garança

Alizarina



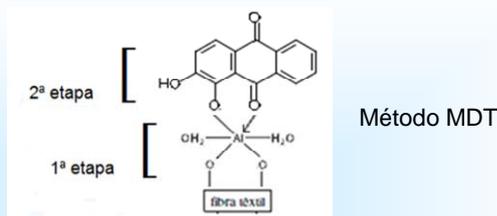
Purpurina



XI CONGRESSO **spce** Guarda 2011

Tinturaria Tradicional: uma Abordagem em Contexto ¹⁰Escolar

PROPOSTA DO MODO COMO SE ESTABELECE A LIGAÇÃO QUÍMICA NOS MÉTODOS MDT E M+T

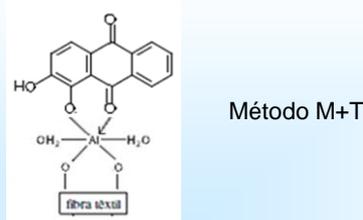


A fibra de lã é primeiramente mordida com o catião metálico (o mordente), que se vai ligar às cadeias laterais dos aminoácidos da lã, através de ligações covalentes. Os grupos carboxílico (-COOH) destas cadeias são facilmente ionizáveis a determinados valores de pH da solução.

Posteriormente, a lã mordida é mergulhada no banho corante onde se encontra a molécula cromófora (ex: Alizarina) que se vai ligar ao catião metálico, já ligado à lã e a moléculas de água, através de novas ligações covalentes.

Estas ligações covalentes entre o Al^{3+} e a molécula cromófora são mais estáveis e mais fortes do que as ligações entre o Al^{3+} e as moléculas de água e, por isso, são estas novas ligações preferidas.

PROPOSTA DO MODO COMO SE ESTABELECE A LIGAÇÃO QUÍMICA NOS MÉTODOS MDT E M+T



O banho de mordente e o banho corante são preparados em conjunto e, portanto, a molécula de cromóforo do corante (ex: Alizarina) forma logo um composto de coordenação com o catião metálico através de ligações covalentes.

Quando a fibra de lã é mergulhada neste banho de mordente e corante, é o composto de coordenação entre o mordente e a molécula de cromóforo que se vai ligar à fibra.

Estabelecem-se ligações covalentes entre os grupos carboxilo -COOH das cadeias laterais dos aminoácidos e este composto de coordenação. A ligação do composto de coordenação à fibra é mais estável do que à molécula de água e, por isso, estabelece-se a primeira, quebrando-se a segunda.

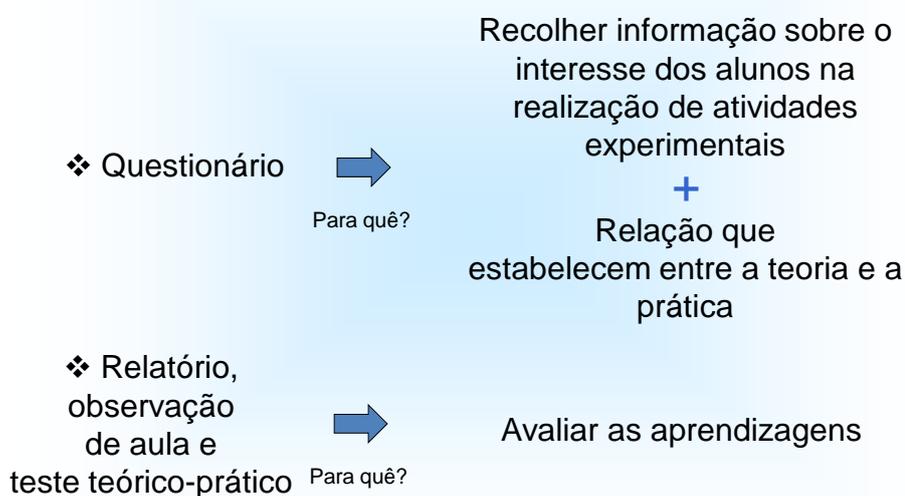
OBSERVAÇÕES

- ❖ No que se refere ao tingimento usando corantes naturais e mordentes, os alunos avaliaram as cores obtidas de acordo com a natureza química do mordente, a sua concentração e o modo de tingimento.
- ❖ As amostras tingidas com pau campeche são as mais escuras e apresentam cores que variam entre o preto, castanho e roxo. As tingidas com garança são mais claras e com tons variados de carmim, laranja e castanho. As tingidas com casca de cebola variam entre o amarelo, o castanho e o verde.
- ❖ O alúmen é o mordente que dá origem a cores mais vivas e brilhantes. Quanto maior a concentração de mordente mais escura a cor obtida.
- ❖ As cores obtidas são mais claras quando o método de tingimento utilizado é o M+T, quando comparadas com o MDT.

OBSERVAÇÕES

- ❖ Os alunos obtiveram os devidos espectros de absorção e puderam identificar os máximos de absorção no visível, relacioná-los com a ligação estabelecida entre o mordente e a molécula de cromóforo do corante e com a cor da solução.
- ❖ A partir dos máximos de absorção verificaram que a cor observada na solução da molécula de cromóforo do corante é a complementar da absorvida.
- ❖ Verificaram que a cor da solução de corante e da lã tingida é a soma de todos os cromóforos existentes na planta.

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA ATIVIDADE NA APRENDIZAGEM

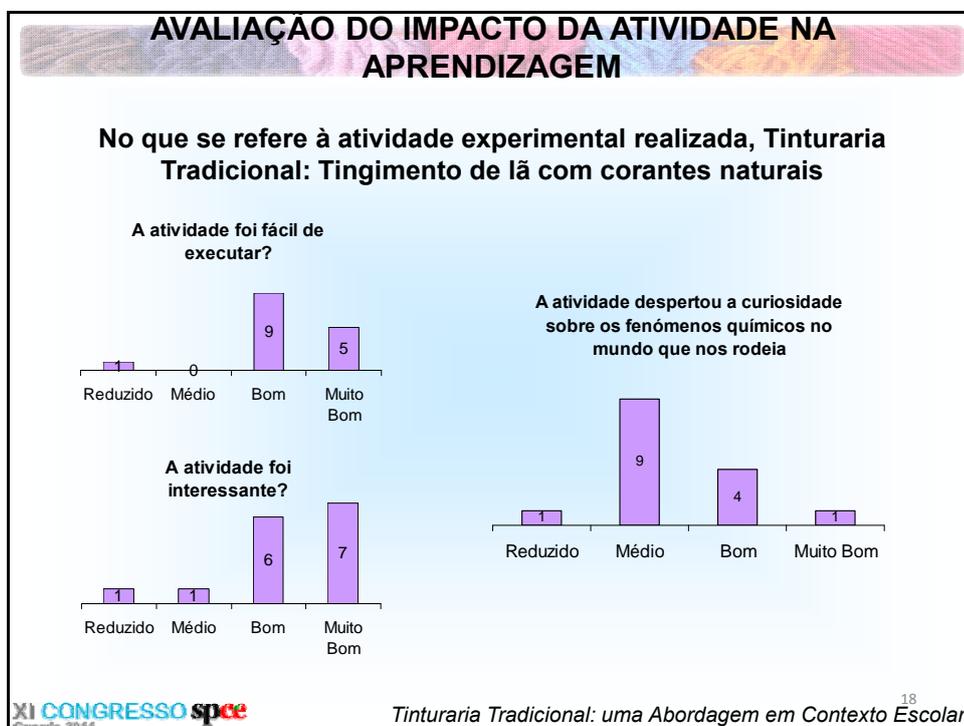
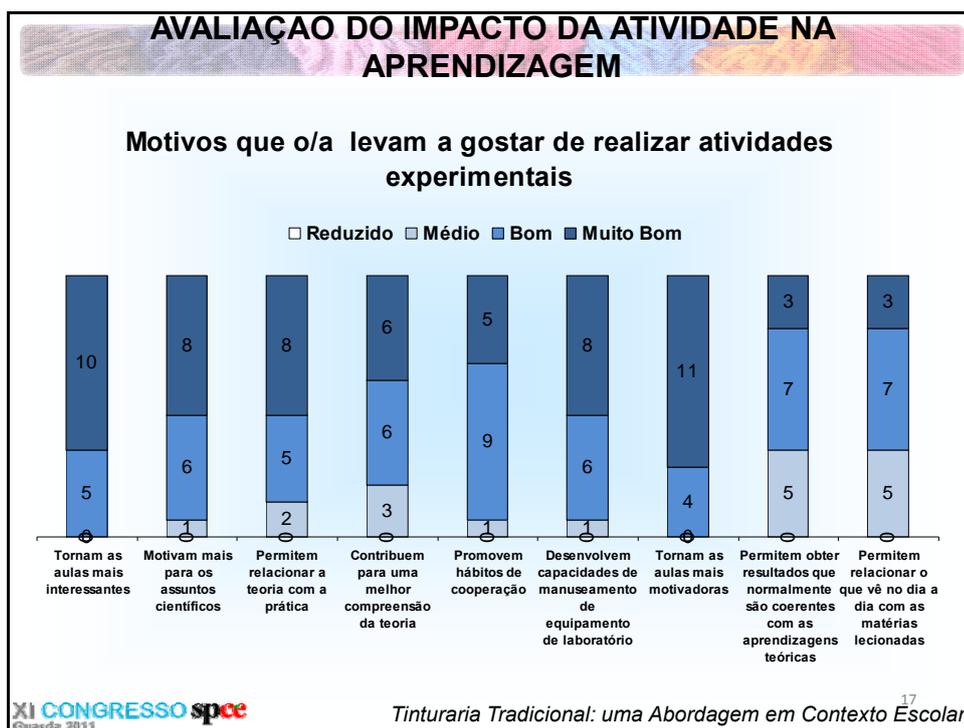


AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA ATIVIDADE NA APRENDIZAGEM

População Alvo

Os questionários e os inquéritos individuais foram aplicados aos 15 alunos de uma turma do 10º ano de escolaridade da Escola Secundária Padre António Macedo.

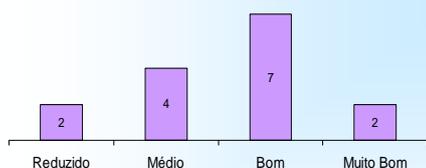
Os relatórios foram elaborados por cinco grupos de três alunos da mesma turma do 10º ano de escolaridade da mesma escola.



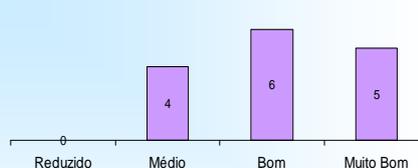
AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA ATIVIDADE NA APRENDIZAGEM

No que se refere à atividade experimental realizada, Tinturaria Tradicional: Tingimento de lã com corantes naturais

A atividade ajudou a compreender melhor a ligação química estudada nas aulas teóricas



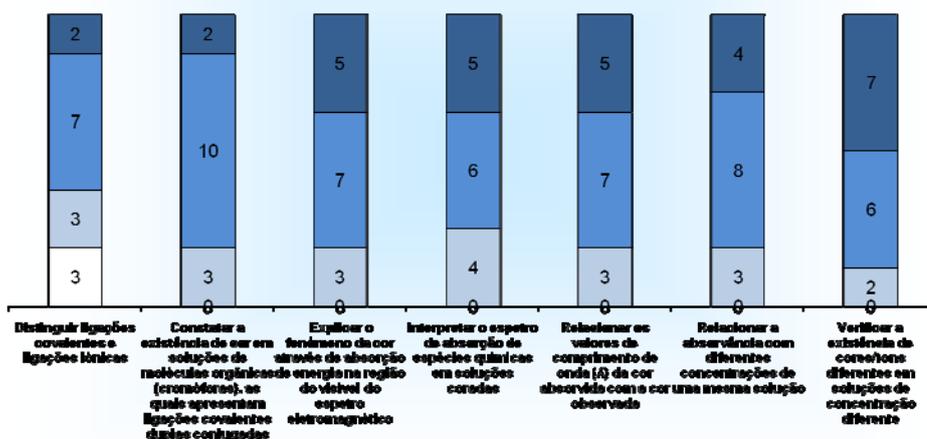
A atividade ajudou a compreender melhor a relação entre a ligação química estudada nas aulas teóricas e a sua aplicação no dia a dia

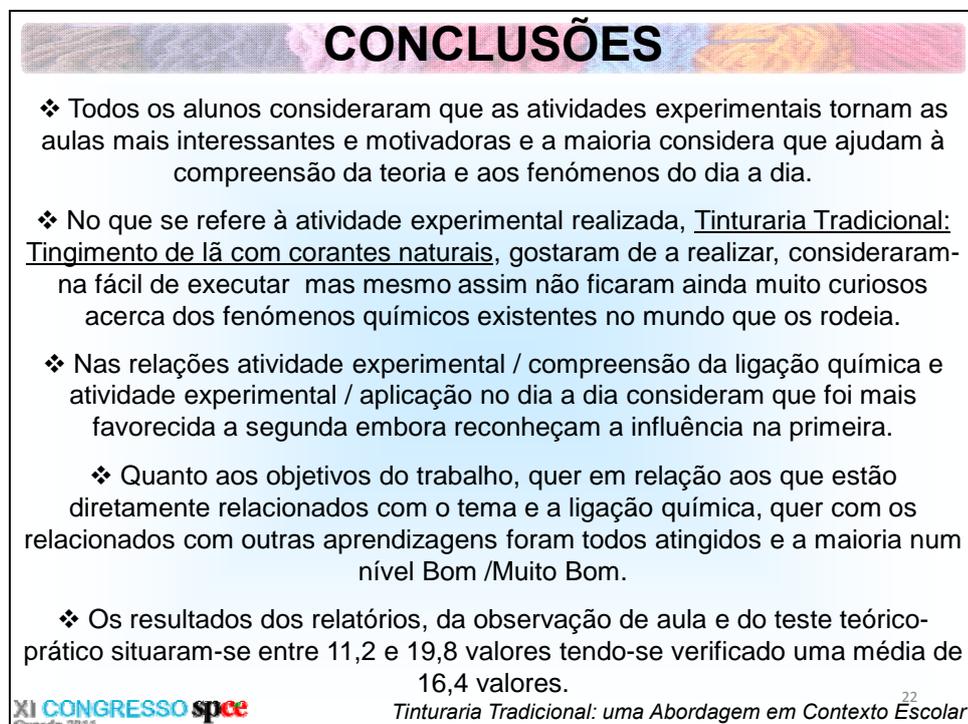
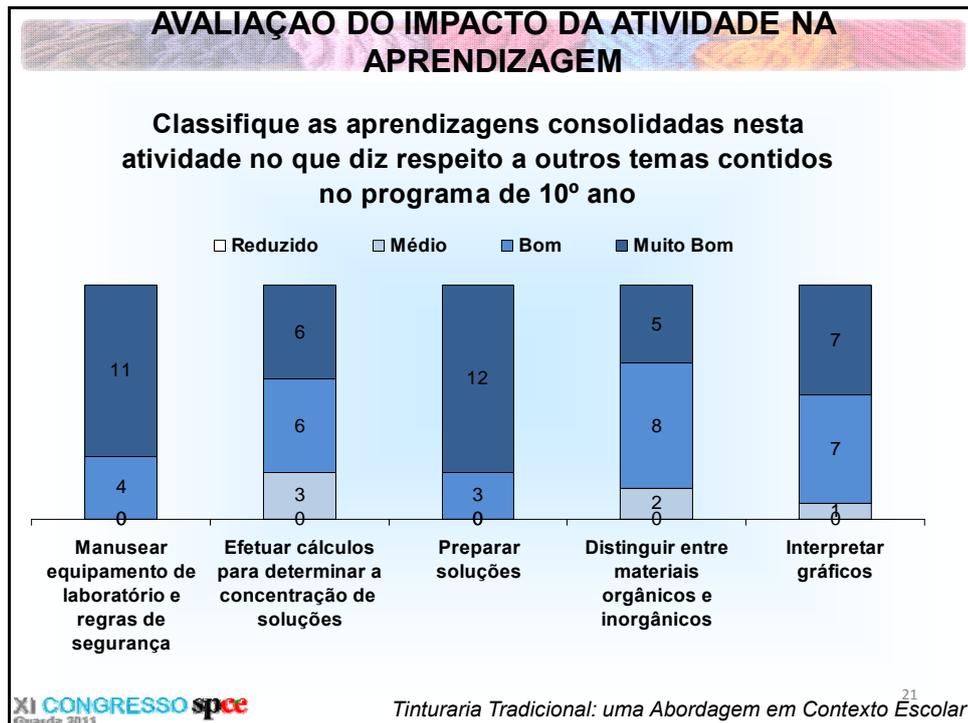


AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA ATIVIDADE NA APRENDIZAGEM

Os objetivos do trabalho foram atingidos?

□ Reduzido □ Médio □ Bom □ Muito Bom





PERSPETIVAS FUTURAS

OS CORANTES NATURAIS E:

Conteúdos programáticos do 11º ano que serão abordados na mesma turma recorrendo a conceitos subjacentes nesta atividade

- ❖ Ácidos e Bases (indicadores ácido - base)
- ❖ pH (comportamento dos corantes em função do pH)
- ❖ Reações de oxidação - redução (de oxidação e de redução do índigo)

BIBLIOGRAFIA

- Araújo, M. (2005). *Corantes Naturais para Têxteis - Da Antiguidade aos Tempos Modernos*. Lisboa: FCUL.
- Araújo, M., Castro, E. M. M. (1984). *Manual de Engenharia Têxtil*. Vol. 2. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Balakina, G. G., Vasillev, V. G., Karpova, E. V., Mamatyuk, V. I. (2006). HPLC and molecular spectroscopic investigations of the red dye obtained from an ancient Pazyryk textile. *Dyes Pigm.*, 71, 54-60.
- Broadbent, A. D. (2001). *Basic Principles of Textile Coloration*. West Yorkshire: Society of Dyers and Colorists.
- Brock, W. H. (2000). *The Chemical Tree - A History of Chemistry*. Londres: Norton & Company.
- Candeias, A. E. (2007). Corantes Têxteis Naturais. In Dias, A. S., Candeias, A. E. (Eds.), *Pigmentos e Corantes: entre as artes e as ciências* (p. 27-44). Évora: Fundação Luís de Molina.
- Ferreira, E. S., Hulme, A. N., McNab, H., Quye, A. (2004). The natural constituents of historical textile dyes. *Chem.Soc.Rev.*, 33, 329-336.
- Melo, J. S., Melo, M. J., Claro, A. (2006). As Moléculas da Cor na Arte e na Natureza. *Bol.Soc.Port.Quím.*, 101, 44-55.
- Septhum, C., Rattanaphani, V., Rattanaphani, S. (2007). UV-VIS spectroscopic study of natural dyes with alum as a mordant. *Suranaree J.Sci.Technol.*, 14, 91-97.
- Shore, J... (2002). Chemistry and properties of metal complex and mordant dyes. In Shore, J. (Ed.), *Colorants and auxiliaries*. Vol. 1 (p. 231-279). West Yorkshire: Society of Dyers and Colorists

AGRADECIMENTOS

➔ REMATAR – À Redescoberta dos Materiais dos Tapetes de Arraiolos (PTDC/HAH/64045/2006)



➔ Escola Secundária Padre António Macedo



➔ Intertek 

