Ana Daniela Fernandes Freitas Salgado

Avaliação de Atividades Laboratoriais do Ensino Básico na Perspetiva da Química Verde

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E BIOQUÍMICA

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO

2014

Tese submetida à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto para obtenção do grau de Mestre em Física e Química em Contexto Escolar

Tese orientada pela Professora Doutora Gabriela Ribeiro
Departamento de Química e Bioquímica
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Agradecimentos

Depois de três anos de trabalho exigente, e muito absorvente, sei que estes só foram concluídos com sucesso à custa do apoio e incentivo das pessoas que me são mais próximas. Algumas mais presentes na minha vida, e que por isso mais sofreram com a minha ausência e falta de dedicação e tempo; outras cuja presença pontuou a minha caminhada em alguma fase do seu trajeto.

Naturalmente o meu primeiro agradecimento vai para os que fizeram esta jornada comigo: colegas e professores; principalmente, a pessoa que me permitiu encetá-la e que, juntamente comigo, a irá terminar, Marta Pereira. Deve-se a ela a minha ingressão neste curso. Fizemos sempre uma dupla dedicada, questionadora e inconformada com as tarefas menos boas, apoiando-nos mutuamente sempre que o ânimo se desvanecia e trabalhando afincadamente para o nosso sucesso.

A todas as colegas que, em algum momento, tive o prazer de conhecer e com quem convivi, partilhando as dificuldades e a entreajuda; em especial, à Sílvia Almeida, uma amiga para recordar e estimar.

Um agradecimento a todos os/as professores/as que nos deram ânimo para não desistir e também ao Professor Doutor Carlos Corrêa que, apesar de não fazer parte do corpo docente do curso de mestrado, foi uma ajuda fundamental e sempre disponível para me ajudar nas dúvidas e questões surgidas.

À Professora Doutora Gabriela Ribeiro que me abriu as portas deste tema tão interessante e apelativo, a Química Verde; primeiro como docente mas, especialmente, como orientadora da minha tese. Por todo o tempo e atenção que me dedicou, fomentando em mim a necessidade de fazer cada vez melhor o meu trabalho assim como a virtude de se ser inquiridora e pesquisadora. Agradeço ainda a todos os colegas autores de trabalhos de investigação na área, com os quais contactei, e cujas investigações e conclusões foram um enorme suporte para o meu trabalho investigativo.

Aos meus pais e irmã, amigos e família, a quem não consigo agradecer com palavras; ao meu marido que se foi adaptando ao meu regresso à vida de estudante e ao meu filho cuja existência, felicidade e orgulho me faz querer ser uma pessoa cada vez melhor, mais competente na minha vida profissional e a lutar pela conquista de novos sucessos.

Um agradecimento muito especial à minha mãe que, com o seu exemplo, sempre me incentivou a voar mais alto e a ir à procura de novos desafios, apoiando-me sempre que precisei; nomeadamente, minimizando a minha ausência na minha vida familiar.

"Não sei, se andei depressa demais
Mas sei, que algum sorriso eu perdi
Vou pedir ao tempo
Que me dê mais tempo, para olhar para ti
De agora em diante, não serei distante
Eu vou estar aqui..."

Mariza, *O Tempo não para*
Música e letra: Miguel Gameiro

Resumo

Este trabalho resulta do estudo da verdura das atividades propostas nos projetos escolares, em vigor para o sétimo ano de escolaridade, sob o ponto de vista da Química Verde, mas numa perspetiva muito simples e intuitiva. Foram construídas fichas de fácil consulta para cada atividade avaliada e que fazem parte de um vasto catálogo com as mais diversas atividades.

Foi utilizada a Estrela Verde como instrumento de avaliação da verdura, restringindo os doze Princípios da Química Verde a apenas seis, de forma a adequar esta análise ao nível de complexidade das atividades avaliadas mas igualmente a proporcionar uma ferramenta fácil de construir e de visualizar.

A comparação do diferente grau de preenchimento de cada estrela permite, de uma forma simples e imediata, identificar, num determinado grupo de atividades com um objetivo comum, qual a mais verde e, pela consulta das fichas, verificar quais as substâncias, ou materiais, que devem ser escolhidos, pela sua inocuidade, em detrimento de outros mais perigosos a diferentes níveis.

Houve também uma reflexão sobre os aspetos menos positivos das atividades de onde resultaram algumas sugestões, fáceis de implementar, para a melhoria da verdura das mesmas.

PALAVRAS-CHAVE: Atividades Laboratoriais, Ensino Básico, Estrela Verde, Fichas de Dados de Segurança, *GHS*, IPE, Índice de Preenchimento da Estrela, Manuais Escolares, Sistema Global Harmonizado, Princípios, Química Verde, *SDS*, Sétimo Ano, Verdura.

Abstract

This work is the result of a study about the greenness of the activities proposed in manuals that are used by students of the seventh grade, based on the point of view of Green Chemistry (GC), but in a very simple and intuitive perspective. During this study easy reference sheets were produced for each activity that was assessed; they are part of a vast catalogue that it was built with much more different activities.

The Green Star (GS) was the tool used to assess the greenness of the activities, restricting the Twelve Principles of Green Chemistry to just six, in order to adapt this analysis to the level of complexity of the evaluated activities but also to provide an easy tool to build and display.

The comparison of the different degree of filling of each star allows, in a simple and immediate way, to identify, in a particular group of activities with a common goal, which is the greenest and, by consulting the sheets, check which substances or materials should be chosen regarding their safety at the expense of other more dangerous.

There was also a reflection of the less positive aspects of the activities which resulted in suggestions, easy to implement, to improve the greenness of those activities.

KEYWORDS: Basic Education, GHS, Globally Harmonized System, Green Chemistry, Green Star, Greenness, GSAI, Laboratory Activities, Principles, SDS, Safety Data Sheets, School Books, Seventh Grade, Green Star Area Index.

Lista de abreviaturas

EV	Estrela Verde
GHS	Sistema Global Harmonizado
IPE	Índice de Preenchimento da Estrela
QV	Química Verde
SDS	Safety Data Sheet

Índice

Agradecimentos 3
Resumo 5
Abstract 6
1. Introdução 12
1.1 Importância do desenvolvimento de materiais didáticos e da sua divulgação .. 13
1.2 Finalidades da tese 15
1.3 Objetivos da tese 16
1.4 Estrutura da tese 16
2. Métrica Holística de Avaliação de Verdura – Estrela Verde 17
2.1 Objetivos 17
2.2 Fundamentação da EV e sua construção 17
2.3 Definição de critérios 18
2.4 Sistema Global Harmonizado 21
2.5 Construção da EV 23
3. Avaliação da Verdura das Atividades Laboratoriais Propostas em Projetos do 7ºAno de Escolaridade 26
3.1 Transferir, medir e aquecer 30
3.2 Misturas 33
3.3 Preparação de soluções 37
3.4 Transformações físicas 40
3.5 Reações químicas 44
3.6 Determinação de pontos de fusão e ebulição 54
3.7 Determinação de densidades 59
3.8 Análise química 63
3.9 Separação de misturas de substâncias 70
4. Conclusões 81
4.1 Avaliação da verdura 81
4.2 Desenvolvimento profissional e pessoal 85
4.3 Implicações educacionais 87
5. Referências 88
6. Anexos 94

Lista de Quadros

Quadro 3.1 Lista de atividades analisadas e respetivas referências de manuais e links de acesso.....27

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 Pontuações e respetivas justificações para a EV da Figura 2.4. 24

Tabela 3.1 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade.....30
Tabela 3.2 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas 32
Tabela 3.3 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade.....34
Tabela 3.4 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas 36
Tabela 3.5 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade.....38
Tabela 3.6 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas 39
Tabela 3.7 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade.....41
Tabela 3.8 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas 42
Tabela 3.9 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade.....45
Tabela 3.10 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas 48
Tabela 3.11 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade.....55
Tabela 3.12 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas 56
Tabela 3.13 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade.....59
Tabela 3.14 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas 61
Tabela 3.15 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade.....64
Tabela 3.16 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas 66
Tabela 3.17 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade.....72
Tabela 3. 18 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas 74

Tabela 6.1 Os Doze Princípios da Química Verde.....96
Tabela 6.2 Classes e categorias de perigo (GHS).....98
Tabela 6.3 Pontuação dos perigos das substâncias para construção da métrica Estrela Verde (EV) segundo a regulamentação GHS.....100
Tabela 6.4 Critérios para pontuação (p) dos princípios da QV para construção da EV.....102
Tabela 6.5 Critérios para pontuação da degradabilidade e renovabilidade para a construção da EV. 103

Lista de Figuras

Figura 2.1. Exemplos de advertências de perigo e interpretação dos códigos de perigo 21
Figura 2. 2 Exemplos de recomendações de prudência e interpretação dos códigos 22
Figura 2.3A EV com todos os princípios totalmente cumpridos; IPE=100 23
Figura 2.3B EV com nenhum princípio, total ou parcialmente, cumpridos; IPE=0 23
Figura 2.4 Exemplo de uma EV 24

Figura 3.1A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana 31
Figura 3.1B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente 31
Figura 3.1C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico 31

Figura 3.2 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas..... 31
Figura 3.2 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas 31
Figura 3.3 Número de atividades por valor de IPE…….…….…… 33

Figura 3.4 A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana 35
Figura 3.4 B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente 35
Figura 3.4 C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico 35

Figura 3.5 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas..... 35
Figura 3.5 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas 35
Figura 3.6. Número de atividades por valor de IPE…….…… 37

Figura 3.7 A. Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana 38
Figura 3.7 B. Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente 38
Figura 3.7 C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico 38

Figura 3.8 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas..... 39
Figura 3.8 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas 39
Figura 3.9. Número de atividades por valor de IPE…….…….... 40

Figura 3.10 A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana 41
Figura 3.10 B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente 41
Figura 3.10 C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico..... 41

Figura 3.11 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas..... 42
Figura 3.11 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas 42
Figura 3.12. Número de atividades por valor de IPE……..…… 43

Figura 3.13 A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana 47
Figura 3.13 B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente 47
Figura 3.13 C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico..... 47

Figura 3.14 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas..... 48
Figura 3.14 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas 48
Figura 3.15. Número de atividades por valor de IPE……... 54

Figura 3.16 A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana 55
Figura 3.16 B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente 55
Figura 3.16 C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico..... 55

Figura 3.17 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas..... 56
Figura 3.17 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas 56
Figura 3.18. Número de atividades por valor de IPE…….... 58

Figura 3.19 A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana 60
Figura 3.19 B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente 60
Figura 3.19 C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico..... 60

Figura 3.20 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas..... 60
Figura 3.20 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas 60
Figura 3.21. Número de atividades por valor de IPE…… 63

Figura 3.22 A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana 65
Figura 3.22 B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente 65
Figura 3.22 C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico..... 65

Figura 3.23 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas..... 65
Figura 3.23 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas 65
Figura 3.24. Número de atividades por valor de IPE…….…... 70

Figura 3.25 A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana 73
Figura 3.25 B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente 73
Figura 3.25 C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico..... 73

Figura 3.26 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas..... 73
Figura 3.26 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas 73
Figura 3.27. Número de atividades por valor de IPE…….…….…… 80

Figura 4.1 A Percentagem de substâncias de acordo com o seu nível de perigosidade para a saúde humana 81
Figura 4.1 B Percentagem de substâncias de acordo com o seu nível de perigosidade para o ambiente . 81
Figura 4.1 C Percentagem de substâncias de acordo com o seu nível de perigosidade físico 81

Figura 4.2 A.Percentagem de substâncias degradáveis..... 82
Figura 4.2 B.Percentagem de substâncias renováveis 82

Figura 4.3.Percentagem de atividades, por valores de IPE……..... 83
Figura 4.4.Número de atividades, e respetivos valores de IPE, por temas……..... 83
Figura 4.5.Número de atividades, e respetivos valores de IPE, por projeto…….……... 84

CAPÍTULO 1

1. Introdução

O conceito de Química Verde surge sob o ponto de vista de um contexto industrial, e não propriamente no contexto escolar, quando no século XX a produção de químicos, em grandes quantidades, se tornou numa questão sensível não só pela intensa proliferação de materiais poluidores a nível global mas também pela imensidão de resíduos que resultava desta atividade.

Não sendo viável a diminuição da produção de materiais essenciais ao desenvolvimento industrial e ao bem-estar humano, teriam que ser os processos utilizados a sofrer alterações no sentido de contribuir para o Desenvolvimento Sustentável.

Na sequência desta necessidade surge então a Química Verde[1,2], cujos objetivos principais se explanam nos Doze Princípios da QV, elaborados por autores como Anastas & Warner[1] e cujos enunciados se encontram na Tabela 6.1 do Anexo I. No entanto, estes princípios encontram-se mais dirigidos à produção química laboratorial, tendo surgido, posteriormente, uma "versão" mais contextualizada para o planeamento de novos processos de síntese: os Segundos Doze Princípios da QV[3].

As diferentes e apelativas aplicações da QV às mais variadas vertentes químicas incentivou a proliferação destas novas ideias com vista ao Desenvolvimento Sustentável, tendo sido um processo natural e espontâneo o da sua introdução no Ensino, numa primeira fase a nível superior mas gradualmente noutros níveis de ensino inferiores.

1.1 Importância do desenvolvimento de materiais didáticos e da sua divulgação

Sendo a Química uma ciência omnipresente no quotidiano dos/das estudantes, ainda que estes/estas não se apercebam integralmente desse facto, carrega com ela uma certa "obrigação" no desenvolvimento cívico dos jovens enquanto futuros membros da sociedade. Nesta perspetiva, a introdução da QV no Ensino anseia por uma maior consciencialização ambiental e sustentável por parte dos/das estudantes[4].

Ao contrário do que acontece no Ensino Secundário, para o qual existe um programa com indicações precisas sobre as atividades a implementar nas aulas (seja no programa atualmente em vigor [5,6] seja no que vigorará a partir de 2015[7]), a nível do Ensino Básico não existem orientações definidas para as atividades que devem ser desenvolvidas e qual o procedimento a adotar, pois este ciclo rege-se apenas, e ainda, pelas Orientações Curriculares do 3.º Ciclo para as Ciências Físicas e Naturais[8]. Estas, tal como o próprio nome indica, não são mais do que meras orientações sobre o modo como se poderá alcançar a literacia científica em ambas as disciplinas: "*A designação 'Orientações Curriculares' aparece para dar ênfase às possibilidades de gestão de conteúdos e de implementação de experiências educativas, por parte dos professores, de acordo com alunos e contextos diferenciados.*"[8]

Assim fica um pouco ao critério do próprio docente que atividades considera importante desenvolver na sala de aula e como elas devem ser exploradas; no entanto, verifica-se que este critério pessoal é muitas vezes substituído pela "imposição" dos projetos adotados, que já incluem um determinado número de atividades, definindo, à partida, as substâncias/materiais a serem utilizados e qual o procedimento a seguir.

Sem um conhecimento prévio dos perigos inerentes a determinada atividade e de alternativas mais "verdes"à mesma, o docente fica, por demasiadas vezes, refém da ideia de que as orientações presentes nos manuais, no que à componente prática diz respeito, são as melhores. No entanto, é espectável que um docente, na posse de informação credível relativamente a estes aspetos, reflita sobre quais as atividades práticas a realizar, ponderando a sua utilidade tal como o manual as apresenta e sobre possíveis alternativas ao uso de determinadas substâncias e/ou procedimentos.

Este estudo pretende, então, ser uma ferramenta de utilização prática para todos os docentes, nomeadamente, da área das Ciências Físicas e Químicas, para repensarem a sua prática letiva no que ao Desenvolvimento Sustentável diz respeito.

De modo a alcançar este propósito, a de ferramenta facilmente acessível e de rápida visualização, os documentos e considerações elaborados ao longo deste estudo sobre a verdura das atividades analisadas podem ser consultados através da internet na página *"EDUCA – Cultura científica e ensino/aprendizagem da Química"* (acessível através do endereço http://educa.fc.up.pt/).

1.2 Finalidades da tese

Um pouco na sequência dos estudos já feitos para o Ensino Secundário[9,10], este estudo pretende ser uma mais-valia no âmbito do ensino das Ciências Físicas e Químicas do Ensino Básico, nomeadamente na perspetiva do docente.

Denota-se, ao longo do tempo, uma crescente preocupação com a influência negativa do uso de determinadas substâncias na prática docente, seja no que diz respeito aos perigos associados ao seu manuseamento seja relativamente ao destino dado a estas substâncias pelas escolas.

Assim, e como docente da disciplina de Ciências Físicas e Químicas ligada principalmente aos níveis do Ensino Básico, compreendo e ressalvo, a importância e a necessidade de um estudo sobre as atividades desenvolvidas nas escolas, e a sua posterior divulgação como ferramenta para uma prática letiva mais sustentada do ponto de vista ambiental.

É de todo essencial que a introdução dos conceitos da Química Verde seja feita também a nível do Ensino Básico para fomentar desde cedo, quer nos docentes quer nos estudantes, a consciencialização dos perigos e ameaças em que colocamos o ambiente mas também a nós próprios, enquanto manuseadores de determinadas substâncias.

Assim a primeira abordagem feita ao problema consistiu em recolher as principais fontes da atividade prática dos docentes a nível do Ensino Básico, que são, como já foi referido, os projetos disponíveis para os diferentes níveis de ensino da disciplina e a partir desta recolha listar todos os manuais escolares passíveis de serem adotados, no ano letivo de 2013/2014, pelas escolas. Desta lista fazem parte 9 projetos de 7 editoras diferentes. No entanto, como vários deles incluem, além do próprio manual, outros cadernos de apoio que incluem atividades laboratoriais foram analisados, na totalidade, 13 livros [11-23].

Dos conteúdos abordados pelos manuais apenas foi analisada a componente de Química, referenciada na maioria dos manuais como "*Terra em Transformação*". Desta componente fazem parte dois capítulos bastante distintos, um sobre os materiais/substâncias (constituição, classificação e separação, propriedades físicas e químicas e transformações físicas e químicas) e outro sobre a energia (fontes, formas e transferências). O primeiro capítulo é sem dúvida a fonte principal deste estudo pois as atividades sugeridas são passíveis de serem analisadas à luz da Química Verde.

1.3 Objetivos da tese

O objetivo principal e aglutinador do trabalho que está na base desta tese é avaliar a verdura, segundo a perspetiva da QV, das atividades propostas nos projetos de sétimo ano em vigor, recorrendo a uma das suas ferramentas, a Estrela Verde. Com este estudo pretende-se fornecer aos docentes da disciplina uma base de dados que possa ser facilmente consultada aquando da preparação da sua prática letiva, nomeadamente a laboratorial.

No seguimento desta análise surgiu a indissociável reflexão sobre procedimentos e/ou substâncias mais adequadas, do ponto de vista da verdura da atividade.

1.4 Estrutura da tese

A componente escrita deste trabalho está estruturada em 4 capítulos, iniciando-se com o capítulo da introdução, capítulo 1, que tem como finalidade apresentar as motivações que levaram à elaboração deste estudo assim como uma breve contextualização do surgimento da Química Verde.

O capítulo seguinte pretende contextualizar o trabalho segundo a QV, apresentando-se algumas *nuances* fundamentais para a compreensão quer desta métrica holística quer do modo como foi feita a análise assim como os pressupostos sobre os quais ele assenta.

O capítulo 3 é constituído pelo estudo propriamente dito, ou seja, a avaliação de todas as atividades selecionadas. Este capítulo foi organizado por grupos, segundo o objetivo comum das mesmas; inclui as substâncias presentes nas atividades selecionadas e respetivos códigos de perigo e pontuações, as EV obtidas, tendo por base essas pontuações, e respetiva análise, assim como uma breve análise gráfica sobre as características das substâncias utilizadas.

Por fim, são apresentadas as conclusões no capítulo quarto, o último deste trabalho.

CAPÍTULO 2

2. Métrica Holística de Avaliação de Verdura – Estrela Verde

2.1 Objetivos

Sendo a Estrela Verde a principal ferramenta que suporta a análise feita no âmbito deste estudo, importa descrevê-la brevemente e clarificar os preâmbulos sob os quais foi construída.

2.2 Fundamentação da EV e sua construção

Apesar da EV contemplar, em primeiro instância, os doze princípios da Química Verde, estes aplicam-se aquando da existência de sínteses nas atividades a avaliar. No entanto, seja porque o estudo da Química na escola básica e secundária não pretende a criação de novos produtos químicos seja porque o sétimo ano é o ano de iniciação da Química em contexto escolar e a este nível nenhuma atividade inclui sínteses; os princípios não foram todos incluídos nesta análise. O estudo feito a este nível de ensino pretende refletir a verdura das atividades, incidindo em apenas seis princípios, por exclusão dos princípios P2 - *Economia Atómica*, P3 – *Sínteses menos perigosas*, P4 – *Planificação a nível molecular de produtos mais seguros*, P8 – *Redução das derivatizações*, P9 – *Catalisadores* e P11 – *Análise para a prevenção da poluição em tempo real*.

Cada um dos seis princípios contemplados (P1 – *Prevenção*, P5 – *Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras*, P6 – *Planificação para conseguir eficiência energética*, P7 – *Uso de matérias-primas renováveis*, P10 – *Planificação para a degradação* e P12 - *Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes*) é representado por uma ponta da estrela e esta é tanto mais preenchida (de verde) quanto maior for o grau de cumprimento do respetivo princípio: se o princípio for pontuado com valor 1 a ponta não terá qualquer coloração de verde e será vermelha; se for pontuado com valor 2 será parcialmente colorida de verde e se a pontuação for igual a 3 então a ponta será toda colorida de verde.

2.3 Definição de critérios

Para iniciar este estudo foi necessário proceder, para cada atividade, à listagem de todas as substâncias/materiais utilizados, que foram agrupados segundo os seguintes itens: (i) reagentes: substâncias e/ou materiais que serão utilizados na atividade e cuja presença é essencial para o objetivo da mesma; (ii) substâncias auxiliares: substâncias e/ou materiais que servem apenas para auxiliar o processo e que, eventualmente, poderiam não estar presentes ou ser substituídos por outros (como por exemplo etanol da lamparina para o aquecimento, água para o banho-maria e borato de sódio ou elétrodos para as eletrólises, entre outros); e (iii) resíduos: todas as substâncias e/ou materiais que, após a atividade, não podem ser reutilizados ou reaproveitados para outras atividades, incluindo os produtos de reação das reações químicas.

Alguns critérios tiveram que ser previamente estipulados para aumentar a coerência entre as várias análises efetuadas e para que a construção das várias EV se baseasse nos mesmos princípios.

De um modo geral foram tidos em consideração os seguintes critérios:

- em caso de divergência nos perigos apresentados pelas fichas das diferentes empresas para a mesma substância, optou-se por aquela que apresentava perigos mais graves;
- nas situações em que existiam fichas para substâncias com diferentes níveis de hidratação e em que estas não eram diferenciadas nas atividades (monoidratado ou pentaidratado, por exemplo) optou-se pela ficha da substância referida como hidratada;
- nas atividades em que eram usadas substâncias, em solução aquosa, de concentração desconhecida optou-se por usar as fichas das soluções de concentração mais baixa pois as atividades, na sua maioria, não implicam reações e por isso a baixa concentração não implicaria a sua ineficácia;
- nas atividades em que eram necessárias soluções pouco concentradas, ou em pequenas quantidades, optou-se por serem utilizadas as fichas das soluções mais diluídas;
- consideraram-se os perigos das substâncias das duas soluções aquosas que compõem o licor de Fehling, o sulfato de cobre(II) e o tartarato de potássio;
- consideraram-se, para as substâncias referidas em solução aquosa mas cuja ficha era da substância no estado sólido, os perigos constantes na referida ficha incluindo, nos reagentes, a água necessária à preparação da respetiva solução;
- no caso de não existir ficha de determinada substância, esta foi classificada com perigosidade máxima (valor igual a 3) para a saúde humana, para o ambiente e físico;

- no caso das atividades em que se referiam produtos comerciais, foram analisados os rótulos e considerados os perigos neles constantes, ressalvando-se o facto de alguns rótulos não possuírem advertências de perigo mas sim símbolos de perigo e pictogramas;
- não se considerou o perigo advindo da advertência H280 ("Contém gás sob pressão; risco de explosão sob a ação do calor"), pois, em todas as atividades analisadas, os gases presentes nunca se encontram sobre níveis significativos de pressão; e
- consideraram-se os papéis de filtro e indicador como resíduos.

Relativamente às substâncias e/ou materiais utilizados:

- a água das diluições não foi contabilizada;
- considerou-se o etanol como o álcool das lamparinas e nos casos em que as atividades apenas indicavam a substância "álcool";
- o etanol das lamparinas não foi incluído nos resíduos uma vez que o que resta da atividade poderá ser usado posteriormente;
- os metais utilizados em atividades que não implicavam a sua transformação química, determinação de densidades por exemplo, não foram incluídos nos resíduos uma vez que depois de tratados e limpos podem ser reutilizados noutras atividades;
- a palha d'aço foi incluída como resíduo pois não é possível a sua total recuperação;
- consideraram-se todos os metais como não renováveis e não degradáveis;
- considerou-se o sal de cozinha, nas atividades em que se referia "sal" ou "cloreto de sódio", não só por ser completamente inócuo, degradável e renovável mas também por ser um dos materiais mais comuns nos laboratórios escolares;
- considerou-se como substância o sulfato de cobre(II), e os seus respetivos perigos, nas atividades em que se referia "sulfato de cobre(II)", "sulfato de cobre(II) anidro" ou "sulfato de cobre(II) pentahidratado", pois estas substâncias apresentam os mesmos perigos;
- considerou-se o corante alimentar, que é inócuo, nos casos em que as atividades apenas indicavam a substância "corante";
- considerou-se a tinta de marcador, utilizada na separação por cromatografia, sem perigos pois existem marcadores laváveis e sem qualquer tipo de toxicidade;
- considerou-se como substância o açúcar nas atividades em que se referia "sacarose";
- nas eletrólises, as substâncias usadas para aumentar a condutividade da solução principal, como o borato de sódio ou o vinagre, foram consideradas como substâncias auxiliares pois segundo a perspetiva clássica, estas só intervêm na separação das substâncias;

- considerou-se o dióxido de carbono proveniente da respiração, ou enquanto produto da reação entre substâncias renováveis, como renovável mas apenas degradável nas restantes;
- considerou-se o oxigénio presente no ar, enquanto matéria-prima, como renovável e degradável mas quando resultado da ocorrência de uma reação química, manteve-se o mesmo critério tido em conta para o dióxido de carbono;
- consideraram-se todos os perigos dos gases (à exceção do pressurizado como já foi referido) apenas nas situações em ocorre a sua formação;
- considerou-se que na combustão da vela o que se consome é a parafina do pavio;
- considerou-se o papel de alumínio sem perigos, tendo em conta o rótulo da própria embalagem comercial ;
- nas atividades que permitiam a opção entre duas substâncias foi escolhida a mais inócua, por exemplo, soluções aquosas de azul de metileno, de tintura azul de tornesol e de iodo, em detrimento das soluções alcoólicas;
- nas atividades em que são utilizadas apenas algumas gotas de uma determinada substância, a solução aquosa de iodo na identificação do amido, o azul de metileno na atividade da "garrafa azul", o licor de Fehling na identificação da glicose ou os indicadores utilizados na identificação do caráter químico (azul de tornesol por exemplo), a substância não foi contabilizada como resíduo devido à quantidade mínima utilizada.

No que diz respeito à pontuação dos diferentes princípios:
- nas atividades que incluíam aquecimento, e/ou arrefecimento, a pontuação atribuída ao P6 foi 2, pois ambos os processos implicam temperaturas diferentes das ambientais;
- para pontuar o sexto princípio considerou-se a temperatura entre 0ºC e 100ºC para o aquecimento da água de banho-maria por exemplo;
- nas atividades que incluíam mudanças de estado considerou-se, para pontuar o P6, os valores dos pontos de fusão/ebulição das respetivas substâncias.

2.4 Sistema Global Harmonizado

Decorrente da inexistência de uniformização em termos de identificação e comunicação dos perigos químicos a nível global (essencial na pretensão de melhor desenvolver mecanismos de proteção ambiental e humana) surge, primeiro em 1992 e com posterior finalização em 2002, um novo sistema global harmonizado, o sistema GHS. Deste modo os diferentes sistemas utilizados um pouco por todo o mundo dariam lugar a um sistema uniforme que auxiliasse quer a nível do Desenvolvimento Sustentável quer na produção, e/ou comercialização, dos produtos químicos. As fichas de dados de segurança, fichas SDS (*Safety Data Sheet*), utilizadas como suporte para a construção das EV apresentam já, juntamente com a simbologia de sistemas anteriores, os perigos de cada substância segundo o sistema GHS, ou seja, tendo em conta três vertentes distintas que podem constituir perigo aquando do seu manuseamento: perigo físico, perigo para a saúde humana e perigo para o ambiente. Estas três vertentes de perigo são agrupadas em classes (explosivos ou gases comburentes por exemplo) e cada uma destas classes inclui diferentes categorias com diferentes níveis de perigosidade, como pode ser consultado na Tabela 6.2, Anexo II.

A cada categoria das diferentes classes corresponde uma frase que adverte para o perigo da respetiva substância, ou seja, trata-se de uma advertência para a natureza e grau de perigo desta. A cada advertência corresponde, normalmente, um código constituído pela letra *H*, de *HAZARD*, e um número com 3 algarismos. O primeiro algarismo reflete a que tipo de perigo se refere a advertência: o algarismo 2 significa que a substância representa um perigo físico, o algarismo 3 representa a existência de perigo para a saúde humana e o algarismo 4 reflete um perigo para o ambiente, como se encontra exemplificado na Figura 2.1.

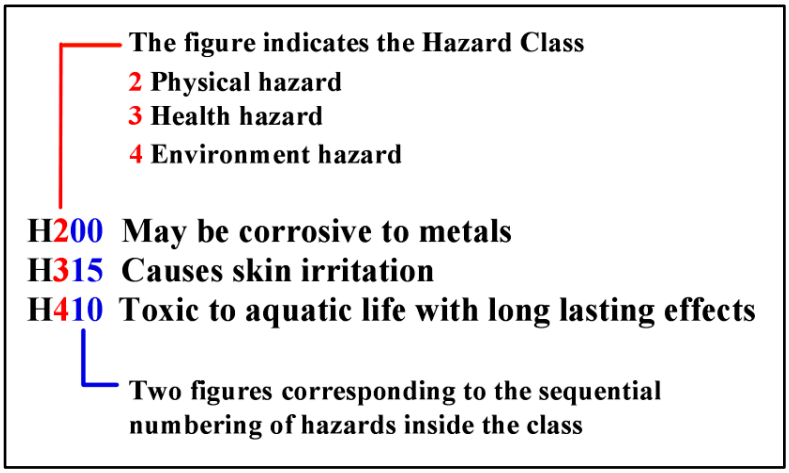


Figura 2.1. Exemplos de advertências de perigo e interpretação dos códigos de perigo (autorizada a reprodução pelos autores).

Existem algumas advertências cuja representação é feita com o prefixo *EUH* seguido de um número composto por dois algarismos mas cuja utilização se restringe à União Europeia.

De modo a minimizar as consequências, que poderão advir dos perigos referidos pelas advertências dadas, existem igualmente algumas orientações no que diz respeito a procedimentos a ter em consideração, as recomendações de prudência. Na mesma linha das advertências de perigo, cada uma possui um código constituído pela letra P, *PRECAUTIONARY*, seguida de um número composto por 3 algarismos. Mais uma vez o primeiro algarismo que compõe o número indica o tipo de recomendação que está a ser feita: o algarismo 1 para recomendações gerais, o 2 para recomendações de prevenção, o 3 para recomendações de resposta, o algarismo 4 para recomendações de armazenamento e, finalmente, o algarismo 5 para recomendações de eliminação, conforme se exemplifica na Figura 2.2.

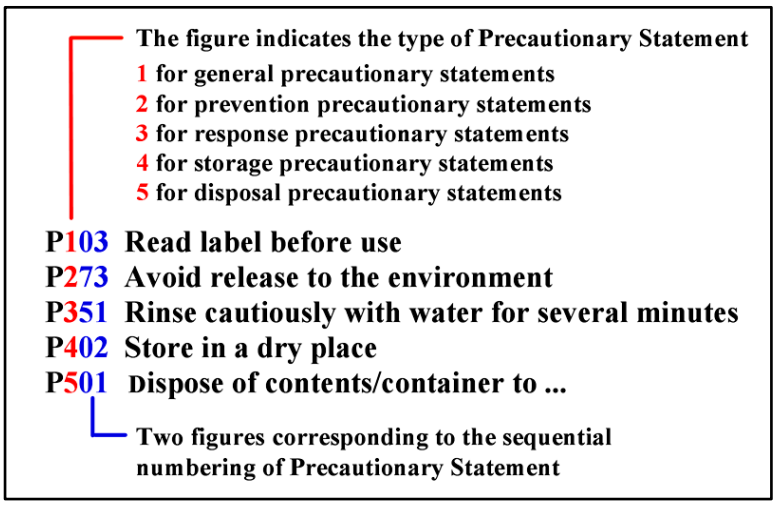


Figura 2. 2 Exemplos de recomendações de prudência e interpretação dos códigos (autorizada a reprodução pelos autores).

2.5 Construção da EV

Como já foi anteriormente referido a ferramenta base de comparação da verdura das várias atividades analisadas é a EV; esta possuirá um preenchimento da área a verde proporcional ao grau de cumprimento dos princípios segundo a QV (nas estrelas das Figuras 2.3A e 2.3B representam-se as duas situações extremas). A comparação da verdura de duas atividades pode ser mais imediata a partir dos valores de IPE (Índice de Preenchimento da Estrela), calculado pelo quociente entre a área verde e a área de verdura máxima, da respetiva estrela; tem como valor máximo 100, se a atividade cumprir completamente todos os princípios de verdura (Figura 2.3A), o que origina uma estrela completamente verde, ou valor mínimo igual a 0 se se verificar o contrário (Figura 2.3B).

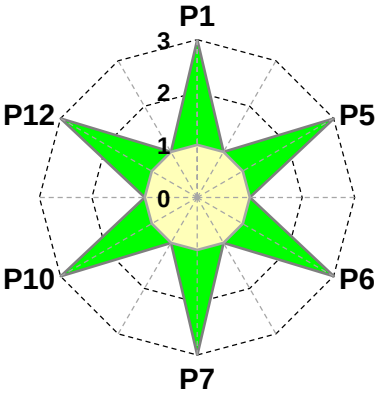


Figura 2.3A EV com todos os princípios totalmente cumpridos; IPE=100

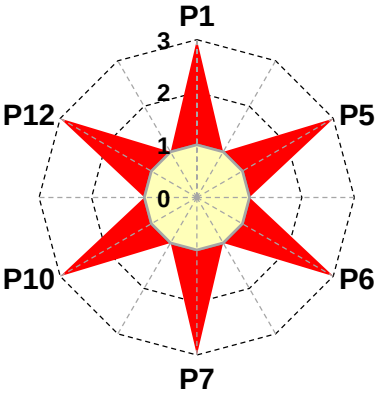


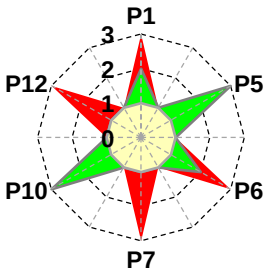
Figura 2.3B. EV com nenhum princípio, total ou parcialmente, cumprido; IPE=0

Cada ponta da EV corresponde a um dos Princípios da Química Verde [1,24] que podem ser total, ou parcialmente, cumpridos conforme o grau de perigosidade da substância. Tendo em conta as advertências de perigo constantes nas fichas e as pontuações dos perigos das substâncias segundo a regulamentação GHS, e que podem ser consultadas na Tabela 6.3 do Anexo III, é atribuído um valor, de 1 a 3, ao perigo inerente a cada substância, sendo que 1 corresponde à inexistência de perigo e 3 ao perigo mais elevado. Considerando a pior pontuação atribuída à substância (as diferentes advertências de perigo acarretam diferentes pontuações), e consultando os critérios para pontuação dos princípios da QV (Tabela 6.4, Anexo IV), o princípio é pontuado com os valores 1 (maior perigosidade), 2 (perigosidade intermédia) ou 3 (menor perigosidade); o que corresponde, respetivamente, ao não preenchimento, ao preenchimento parcial ou ao preenchimento total da respetiva ponta da estrela. Os

princípios P7 e P10 são pontuados não pelas advertências de perigo mas segundo critérios específicos para a degradabilidade e renovabilidade, presentes na Tabela 6.5 do Anexo IV.

Como já foi referido anteriormente as estrelas utilizadas neste estudo contemplam apenas seis dos 12 princípios.

Apresenta-se na Tabela 2.1 as justificações subjacentes às pontuações dadas para um exemplo de EV (Figura 2.4):



IPE=50,00

Figura 2.4 Exemplo de uma EV

Tabela 2.1 Pontuações e respetivas justificações para a EV da Figura 2.4

Princípio	Pontuação (*p*)	Justificação
P1	2	Resíduos que envolvam perigo moderado para a saúde e ambiente (p=2 pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3)
P5	3	Os solventes e as substâncias auxiliares não existem ou são inócuas (p=1)
P6	2	Pressão e temperatura entre 0ºC e 100ºC que implique arrefecimento ou aquecimento
P7	1	Nenhum dos reagentes/matérias-primas envolvidos é renovável, não se considera a água (p=3)
P10	3	Todas as substâncias envolvidas são degradáveis com os produtos de degradação inócuos (p=1)
P12	1	As substâncias envolvidas apresentam perigo elevado de acidente químico (p=3, considerando os perigos físicos e de saúde)

Consultando as bases de dados, em termos de fichas SDS de duas empresas fornecedoras de produtos químicos, em especial, MERCK MILLIPORE PORTUGAL[25] e SIGMA-ALDRICH[26], recolheram-se as informações necessárias para a construção da EV, nomeadamente, os símbolos de perigo, os pictogramas, e em especial, as advertências de perigo (*Hazard statements*). Esporadicamente, foram procuradas fichas noutras empresas como por exemplo a LABCHEM[27].

CAPÍTULO 3

3. Avaliação da Verdura das Atividades Laboratoriais Propostas em Projetos do 7ºAno de Escolaridade

Sendo este ano escolar o primeiro que inclui a disciplina de Ciências Físico-Químicas, o estudo da Química neste contexto baseia-se, essencialmente, num conhecimento generalista sobre esta vertente da ciência, procurando que os/as estudantes iniciem o conhecimento dos materiais que os rodeiam, das transformações e processos que estes sofrem diariamente e qual o papel do Homem nesta dinâmica. É dada especial importância à distinção entre materiais do quotidiano e substâncias e ao conceito de solução, diferenciando-o de outro tipo de misturas. Uma vez que não existe, para o Ensino Básico, uma lista de protocolos de atividades a desenvolver, foi feito o levantamento de todas as atividades propostas pelos projetos, de 7.º ano, passíveis de serem adotados pelas escolas públicas no ano letivo de 2013/2014[11-23].

As diferentes atividades laboratoriais foram agrupadas, numa primeira fase, segundo o tema do manual onde eram propostas; no entanto, nem sempre o objetivo da atividade estava explicitamente relacionado com os conteúdos abordados nesse mesmo tema nem se pautavam por uma coerência lógica de passos. Assim, foi feita uma organização final das atividades tendo em conta o tema onde a atividade era proposta mas seguindo uma lógica de enfoque do objetivo principal da atividade e, principalmente, tendo em conta critérios científicos e a estrutura apresentada pelo documento das metas curriculares.

Para cada grupo de atividades é apresentado o tema onde este se insere, uma breve descrição do que se pretende que os/as estudantes aprendam e as EV construídas de acordo com as considerações e explicações presentes no capítulo 2.

Pela observação das EV é possível analisar a verdura de cada atividade prática, baseando-se nos seguintes aspetos:

- grau de verdura relativamente a cada um dos princípios,
- grau de verdura relativamente ao conjunto dos princípios (área verde das estrelas).

Para cada conjunto de atividades são dadas algumas indicações, seja no que diz respeito às considerações tidas em conta para a sua construção seja a propostas de

alterações simples e práticas que poderiam melhorar significativamente a verdura das atividades.

Com o intuito de organizar as diferentes atividades, estas foram distribuídas por nove temas centrais, tendo em conta o objetivo didático-pedagógico das mesmas. No Quadro 3.1, encontram-se listadas todas as atividades analisadas assim como as referências quer dos manuais[11-23] de onde foram retiradas quer dos respetivos links para o catálogo digital onde as fichas de análise da verdura se encontram alojadas, *Catálogo Digital de Verdura de Atividades Laboratoriais para o Ensino da Química Verde* [28].

Quadro 3.1 Lista de atividades analisadas e respetivas referências de manuais e links de acesso

Atividades analisadas	Referência	Anexos
1. Transferir, medir e aquecer		
Atividade 1.1 - Transferir e medir	(18)	(29)
Atividade 1.2 - Transferir, medir e aquecer		
a) água corada e açúcar	(14)(16)	(30)
b) água corada e sal de cozinha	(14)(16)	
c) água, etanol e sulfato de cobre(II)	(11)	
d) água e sal de cozinha	(23)	
2. Misturas		
Atividade 2.1 - Mistura de materiais do quotidiano com água	(16)	(31)
Atividade 2.2 - Dissolução de açúcar em água	(11)(16)	(32)
Atividade 2.3 - Dissolução de sal de cozinha em água	(11)(16)(18)	(33)
Atividade 2.4 - Dissolução de corantes em água	(18)	(34)
Atividade 2.5 - Dissolução de açúcar em vinagre	(11)	(35)
Atividade 2.6 - Dissolução de etanol em água e de água em etanol	(16)	(36)
3. Preparação de soluções		
Atividade 3.1 - Preparação de uma solução aquosa de sulfato de cobre	(14)(16)(17)(19)(20)(22)(23)	(37)
Atividade 3.2 - Preparação de uma solução aquosa de dicromato de potássio	(11)	(38)
4. Transformações físicas		
Atividade 4.1 - Fusão do chocolate	(11)	(40)
Atividade 4.2 - Fusão do gelo	(14)	(43)
Atividade 4.3 - Solidificação da água pura	(11)	(44)
Atividade 4.4 - Sublimação do iodo	(14)(17)(18)(20)(21)	(45)
5. Reações químicas		
5.1 Reações químicas por ação do aquecimento		
Atividade 5.1.1 - Decomposição do bicarbonato de sódio ou do fermento	(14)(23)	(47)
Atividade 5.1.2 - Decomposição do cloreto de amónio	(13)	(49)
Atividade 5.1.3 - Decomposição do óxido de mercúrio(II)	(17)	(50)
Atividade 5.1.4 - Decomposição do permanganato de potássio	(20)	(51)
Atividade 5.1.5 - Combustão do açúcar	(16)	(52)
Atividade 5.1.6 - Combustão do magnésio	(14)(20)	(55)
Atividade 5.1.7 - Combustão de uma vela	(15)	(57)
Atividade 5.1.8 - Reação de cozedura de um ovo	(11)	(59)
Atividade 5.1.9 - Reação entre o enxofre e o ferro	(11)	(60)
5.2 Reações químicas por ação mecânica		
Atividade 5.2.1 - "Garrafa azul" – oxidação-redução da glicose catalisada pelo azul de metileno	(13)	(61)

5.3 Reações químicas por ação da eletricidade		
Atividade 5.3.1- Decomposição da água		
a) pura	(13)	(66)
b) com vinagre	(16)	
c) com borato de sódio	(14)(17)(21)	
d) com borato de sódio e elétrodos de grafite	(11)	
Atividade 5.3.2 - Decomposição do cloreto de cobre(II) com		
a) elétrodos de grafite	(14)(20)(23)	(69)
b) um elétrodo de cobre e bijuteria	(13)	
5.4 Reações químicas por ação da luz		
Atividade 5.4.1 Decomposição do brometo de prata	(16)	(71)
Atividade 5.4.2 Decomposição do cloreto de prata	(11)(13)(14)(20)(23)	(72)
Atividade 5.4.3 Reação de fotossíntese	(13)	(73)
5.5 Ocorrência de reações químicas		
Atividade 5.5.1 - Reação química entre o ácido nítrico e o cobre	(20)	(74)
Atividade 5.5.2 - Reação química entre o ácido sulfúrico e o zinco	(14)	(77)
Atividade 5.5.3 - Reação química entre o fermento, ou bicarbonato de sódio, e		
a) limão	(17)	(78)
b) vinagre	(14)(16)	
Atividade 5.5.4 - Reação química entre o brometo de potássio e o nitrato de prata	(16)	(79)
Atividade 5.5.5 - Reação química entre o nitrato de chumbo e iodeto de potássio	(11)(14)(20)(21)	(80)
Atividade 5.5.6 - Reação química entre o nitrato de prata e o cloreto de sódio		
a) sem acidificação	(11)(14)(20)(23)	(81)
b) com acidificação e lavagem	(13)	
Atividade 5.5.7 - Reação química entre o vinagre, ou a água, com		
a) ovos	(19)	(82)
b) carbonato de cálcio		
Atividade 5.5.8 - Reação química entre o giz e o ácido clorídrico	(11)	(83)
Atividade 5.5.9 - Oxidação do ferro	(16)	(84)
6. Determinação de pontos de fusão e de ebulição		
Atividade 6.1 - Determinação do ponto de ebulição da água		
a) aquecida utilizando uma manta, ou placa, de aquecimento	(13)(14)(19)(22)	(85)
b) aquecida utilizando uma lamparina de álcool	(13)	
Atividade 6.2 - Determinação do ponto de ebulição do etanol	(20)	(86)
Atividade 6.3 - Determinação do ponto de ebulição da acetona	(23)	(88)
Atividade 6.4 - Determinação do ponto de fusão da água		
a) utilizando uma lamparina de álcool	(13)(22)	(89)
b) à temperatura ambiente	(13)(16)	
Atividade 6.5 - Determinação do ponto de fusão do enxofre	(13)	(90)
Atividade 6.6 - Determinação do ponto de fusão do naftaleno	(20)	(91)
7. Determinação de densidades		
Atividade 7.1 - Determinação da densidade do alumínio	(17)	(92)
Atividade 7.2 - Determinação da densidade do chumbo	(14)	(93)
Atividade 7.3 - Determinação da densidade do cobre	(17)(22)	(94)
Atividade 7.4 - Determinação da densidade do ferro	(12)(22)	(95)
Atividade 7.5 - Determinação da densidade do zinco	(22)	(96)
Atividade 7.6 - Determinação da densidade da acetona	(22)	(97)
Atividade 7.7 - Determinação da densidade da água	(22)	(98)
Atividade 7.8 - Determinação da densidade do azeite	(19)	(99)
Atividade 7.9 - Determinação da densidade do etanol	(22)	(100)
Atividade 7.10 - Determinação da densidade da glicerina	(19)(22)	(101)
Atividade 7.11 - Determinação da densidade do óleo alimentar	(22)	(102)

8. Análise química		
Atividade 8.1 – Identificação da água		
a) com sulfato de cobre(II) anidro	(17)(23)	
b) com cloreto de cobalto(II) anidro	(23)	(103)
c) em alimentos diversos, com sulfato de cobre(II) anidro	(22)	
d) em etanol, com sulfato de cobre(II) anidro	(17)	
Atividade 8.2 – Identificação do amido (com tintura de iodo)	(13)(22)(23)	(105)
Atividade 8.3 – Identificação do dióxido de carbono (com água de cal)		
a) presente na expiração	(13)(23)	(109)
b) existente na água gaseificada	(15)(22)	
c) produto da decomposição do bicarbonato de sódio	(14)(23)	
Atividade 8.4 – Identificação do etanol	(17)	(111)
Atividade 8.5 – Identificação da glicose em alimentos (com Licor de Fehling)	(13)(22)(23)	(112)
Atividade 8.6 – Identificação do hidrogénio	(11)(13)(14)(17)(21)	(115)
Atividade 8.7 – Identificação do oxigénio resultante da decomposição		
a) da água	(11)(13)(14)(17)(21)	(116)
b) do óxido de mercúrio(II)	(17)	
c) do permanganato de potássio	(20)	
Atividade 8.8 – Identificação do caráter químico de alimentos (com tintura azul de tornesol)	(22)	(117)
Atividade 8.9 – Identificação do caráter químico do amoníaco (com fenolftaleína)	(13)	(118)
Atividade 8.10 – Identificação do caráter químico do cloreto de hidrogénio (com tintura azul de tornesol)	(13)	(119)
Atividade 8.11 – Identificação de catiões (análise elementar por via seca) no		
a) sulfato de bário		
b) cloreto de cobre(I)		
c) cloreto de magnésio	(13)	(120)
d) sulfato de potássio		
e) cloreto de sódio		
f) cloreto de rubídio		
9. Separação de misturas de substâncias		
Atividade 9.1 – Separação do ferro existente nos cereais	(11)(16)	(122)
Atividade 9.2 – Separação dos componentes da água salgada recorrendo às técnicas da	(11)	
a) cristalização	(13)(17)	
b) ebulição do solvente e utilizando uma lamparina de álcool	(16)(20)(23)	(123)
c) da destilação e utilizando uma placa de aquecimento ou um destilador solar	(17)	
d) destilação e utilizando uma lamparina de álcool		
Atividade 9.3 – Separação dos componentes de uma solução aquosa de sulfato de cobre(II)	(19)(23)	(124)
Atividade 9.4 – Separação dos componentes de solução aquosa de sulfato de magnésio	(19)	(125)
Atividade 9.5 – Separação dos componentes de uma mistura de acetona e água	(20)	(126)
Atividade 9.6 – Separação dos componentes de uma mistura de água e óleo alimentar	(23)	(127)
Atividade 9.7 – Separação dos componentes de uma mistura de água salgada e areia	(23)	(128)
Atividade 9.8 – Separação dos componentes de uma mistura de areia e arroz	(23)	(129)
Atividade 9.9 – Separação dos componentes de uma mistura de areia e iodo utilizando uma	(23)	(130)
a) placa de aquecimento	(11)	
b) lamparina de álcool		
Atividade 9.10 – Separação dos componentes de uma mistura de arroz e pregos	(23)	(131)
Atividade 9.11 – Separação dos componentes dos pigmentos de		
a) corante alimentar	(13)	(132)
b) drageias coloridas	(16)	

c) espinafres d) tinta de marcador	(20) (11)(14)(17)(21)(23)	
Atividade 9.12 – Separação dos componentes de uma mistura de iodeto de chumbo e nitrato de potássio	(20)	(133)
Atividade 9.13 – Separação dos componentes de uma mistura de água salgada, etanol e azeite	(22)	(134)
Atividade 9.14 – Separação dos componentes de uma mistura de água, areia e limalha de ferro	(16)	(135)
Atividade 9.15 – Separação dos componentes de uma mistura de água, areia e sal de cozinha recorrendo às técnicas da a) destilação b) ebulição do solvente	 (13) (17)	(136)
Atividade 9.16 – Separação dos componentes de uma mistura de água, enxofre, limalha de ferro a) e dicromato de potássio, utilizando a cristalização b) ou sal de cozinha, utilizando a cristalização c) ou sulfato de cobre(II), utilizando a ebulição do solvente	 (14) (20) (19)	(137)
Atividade 9.17 – Separação dos componentes de uma mistura de água, areia, iodo, limalha de ferro e sulfato de cobre(II)	(22)	(138)
Atividade 9.18 – Separação dos componentes de uma mistura de água, areia, etanol, iodo, sal de cozinha e serrim	(19)	(139)

3.1 Transferir, medir e aquecer

A introdução da disciplina neste ano de escolaridade implica uma iniciação, e familiarização, com as regras e procedimentos básicos inerentes à prática laboratorial, e, em especial, ao conhecimento do material de laboratório e sua função. A maioria das atividades sugeridas pelos manuais incide sobre a transferência de substâncias entre diferentes recipientes, diferentes processos de medição, recorrendo a diferentes escalas de rigor, e aquecimento de substâncias.

As atividades analisadas foram as seguintes:

1.1 Transferir e medir

1.2 Transferir, medir e aquecer

As atividades contemplam as substâncias listadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade

Substância	Atividade(s)	Regulamentação GHS				Pontuação para…	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para…				
			SH	A	F	D	R
Açúcar	1.2a	-	1	1	1	1	1
Água	1.1,1.2	-	1	1	1	1	1
Água corada	1.2a,1.2b	-	1	1	1	1	1
Etanol	1.2	H225	1	1	3	1	3
Sal de cozinha	1.2b,1.2d	-	1	1	1	1	1
Sulfato de cobre(II)	1.2c	H302; H315; H319; H410	2	3	1	3	3

3.1.1 Resultados

A partir dos dados da Tabela 3.1, e de modo a ter uma visão genérica do grau de perigosidade das substâncias utilizadas, apresentam-se nas Figuras 3.1 os gráficos expressivos do tipo de substâncias utilizadas: sem indicação de perigo (p=1), com perigo moderado (p=2) e com perigo elevado (p=3) para a saúde humana (Figura 3.1A), para o ambiente (Figura 3.1B) e físico (Figura 3.1C), tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

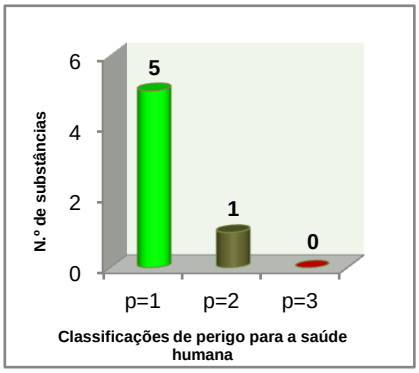


Figura 3.1A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana

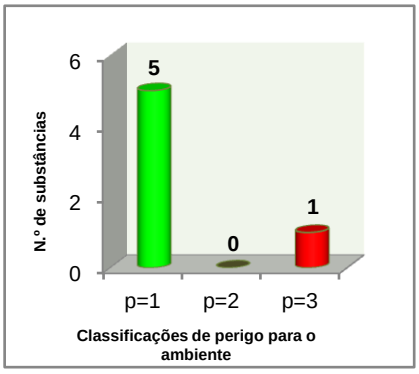


Figura 3.1B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente

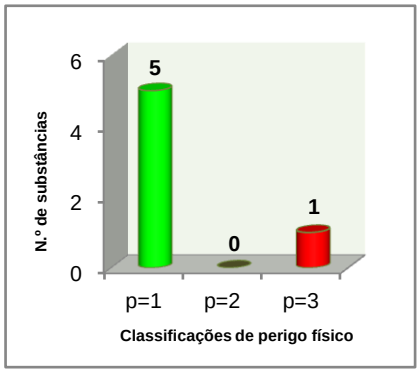


Figura 3.1C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico

Da Tabela 3.1 é possível retirar os dados necessários para a construção dos gráficos presentes nas Figuras 3.2, que refletem dois aspetos muito importantes na análise da verdura de uma atividade: a degradabilidade (Figura 3.2A) e a renovabilidade (Figura 3.2B) das substâncias utilizadas.

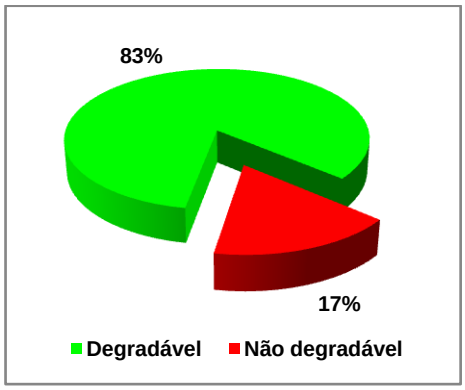


Figura 3.2 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas

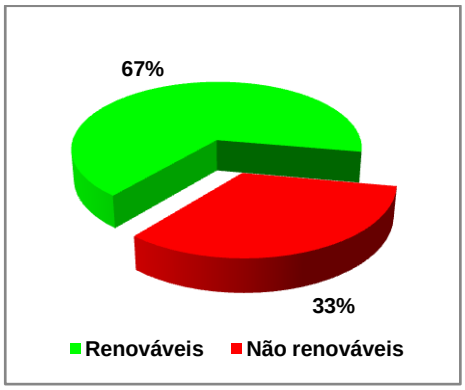
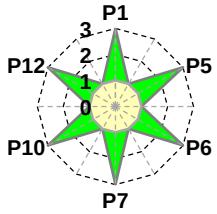
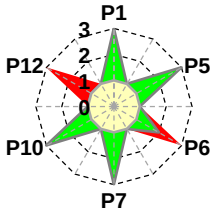
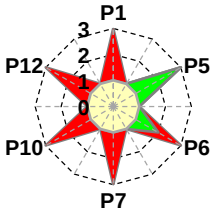


Figura 3.2 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas

A Tabela 3.2 apresenta as EV, e respetivos IPE, obtidas para cada atividade.

Tabela 3.2 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas

1. Transferir, medir e aquecer			
1.1 (EV1)[18][29]	(EV2)	**1.2 a)** [14][16][30] **1.2 b)** [14][16][30] **1.2 d)** [23][30]	**1.2 c)** (EV3)[11][30]
 IPE = 100,00	 IPE = 75,00		 IPE = 25,00

3.1.2 Análise das EV

Das quatro atividades propostas apenas a 1.1 tem pontuação máxima (EV1), já que é a única que se distingue das restantes por não contemplar o aquecimento de qualquer material, o que permite que os princípios 6 e 12 tenham pontuação 3. Nas atividades 1.2a,1.2b e 1.2d (EV2) e 1.2c (EV3) pelo facto da atividade decorrer a temperatura diferente da ambiental e por se incluir o etanol na atividade, penaliza com 2 o princípio P6 e com 1 o princípio P12, respetivamente. Apesar do etanol ser usado como substância auxiliar, para o aquecimento, o seu perigo é apenas físico, o que permite que mesmo nas atividades em que é usado, o princípio 5 não seja penalizado. O uso de sulfato de cobre(II) na atividade 1.2c (EV3) determina que os princípios 1, 7 e 10 sejam todos penalizados com pontuação 1, o que não sucede com as restantes atividades que usam reagentes sem perigos.

3.1.3 Propostas para aumentar a verdura

Sendo estas atividades de iniciação à disciplina, e que consistem apenas no manuseamento de substâncias (não estando dependentes de uma substância específica para que a atividade cumpra o seu principal objetivo), as estrelas obtidas demonstram que se poderiam alterar, facilmente e em muitos pontos, o procedimento proposto. No que concerne ao princípio 6 se o objetivo for aquecer as substâncias terá sempre pontuação inferior a três, no entanto a opção pelo uso da lamparina de álcool, ou de uma placa de aquecimento em seu detrimento, influenciará a verdura da atividade, nomeadamente no princípio 12. A escolha de substâncias inócuas, com

baixo perigo de acidente químico, degradáveis e renováveis, como por exemplo o cloreto de sódio ou a água, melhoraria significativamente a verdura das atividades nesta temática.

3.1.4 Discussão dos resultados

Pela observação das EV da Tabela 3.2 e da Figura 3.3, onde se evidenciam os valores de IPE existentes nas atividades analisadas, pode concluir-se que neste grupo existe uma heterogeneidade em termos de verdura, já que existe uma atividade com verdura máxima (IPE = 100,00) e outra com baixa verdura (IPE = 25,00).

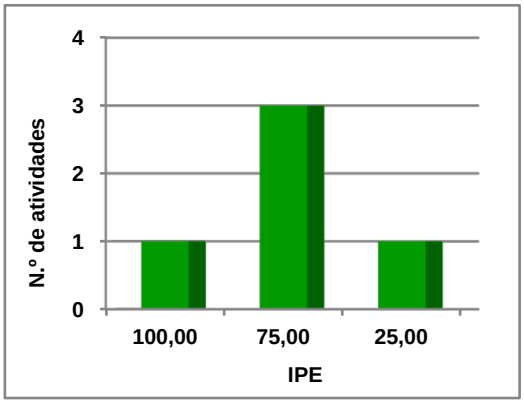


Figura 3.3 Número de atividades por valor de IPE

3.2 Misturas

Um dos capítulos da Química, neste ano de escolaridade, debruça-se sobre os materiais, diferenciando os que se incluem na categoria de substâncias dos que são misturas de substâncias. Torna-se essencial que os estudantes compreendam o conceito de mistura e que possuam a capacidade de reconhecer as misturas de substâncias.

Pretende-se promover junto dos/das estudantes o estudo dos materiais existentes à sua volta, o seu agrupamento e classificação segundo alguns critérios: origem, estado físico, solubilidade, combustibilidade, entre outros. Um desses critérios prende-se com o aspeto do material e, neste ponto, distinguem-se as substâncias das misturas de substâncias. Distinguem-se ainda misturas homogéneas, heterogéneas e

coloidais. Uma das atividades sugeridas, a 2.1, tem como objetivo comparar a solubilidade, ou insolubilidade, de determinados materiais em água, o solvente universal por excelência; enquanto as restantes utilizam solutos e solventes de modo a poder observar-se a solubilidade de uma substância noutra e verificar a existência de uma mistura.

Das atividades existentes nos diferentes manuais foram analisadas as seguintes:

2.1 Mistura de materiais do quotidiano com água

2.2 Dissolução do açúcar em água

2.3 Dissolução do sal de cozinha em água

2.4 Dissolução de corantes em água

2.5 Dissolução de açúcar em vinagre

2.6 Dissolução de etanol em água e de água em etanol

Nestas atividades estão presentes as substâncias listadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade

Substância	Atividade(s)	Regulamentação GHS				Pontuação para…	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para…				
			SH	A	F	D	R
Açúcar	2.1,2.2,2.5	-	1	1	1	1	1
Açúcar em vinagre	2.5	-	1	1	1	1	1
Água	2.1,2.2,2.3,2.4,2.6	-	1	1	1	1	1
Água (sol. alcoólica)	2.6	H225	1	1	3	1	3
Água açucarada	2.2	-	1	1	1	1	1
Água corada	2.4	-	1	1	1	1	3
Água salgada	2.3	-	1	1	1	1	1
Etanol	2.6	H225	1	1	3	1	3
Etanol (sol. aquosa)	2.6	H225	1	1	3	1	3
Areia	2.1	-	1	1	1	1	1
Corante alimentar	2.4	-	1	1	1	1	3
Farinha	2.1	-	1	1	1	1	1
Óleo alimentar	2.1	-	1	1	1	1	1
Pimenta	2.1	-	1	1	1	1	1
Sabão	2.1	-	1	1	1	1	3
Sal de cozinha	2.1,2.3	-	1	1	1	1	1
Vinagre	2.5	-	1	1	1	1	1

3.2.1 Resultados

A partir dos dados da Tabela 3.3 apresentam-se nas Figuras 3.4 os gráficos relativos ao tipo de substâncias utilizadas no que diz respeito ao perigo para a saúde humana (Figura 3.4A), ambiente (Figura 3.4B) e físico (Figura 3.4C), tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

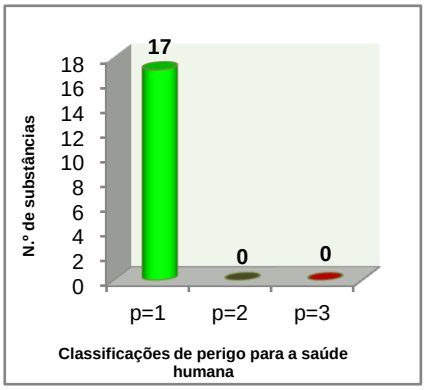


Figura 3.4 A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana

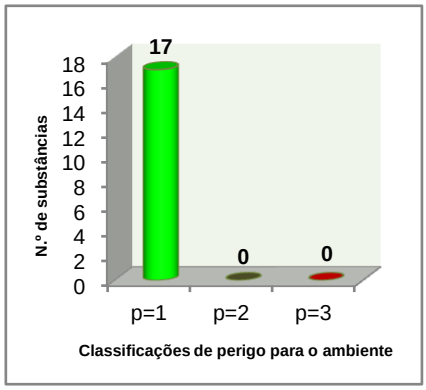


Figura 3.4 B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente

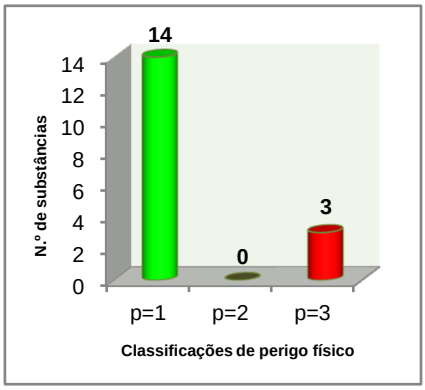


Figura 3.4 C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico

Da Tabela 3.3 é possível retirar os dados necessários para a construção dos gráficos presentes nas Figuras 3.5, que refletem dois aspetos muito importantes na análise da verdura de uma atividade: a degradabilidade (Figura 3.5A) e a renovabilidade (Figura 3.5B) das substâncias utilizadas.

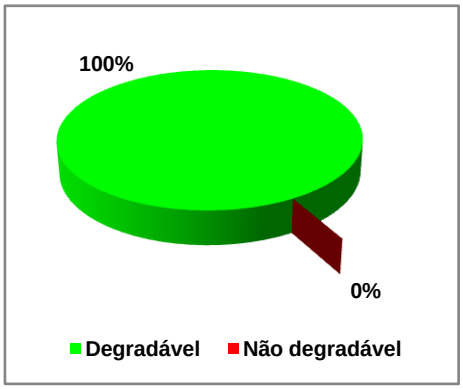


Figura 3.5 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas

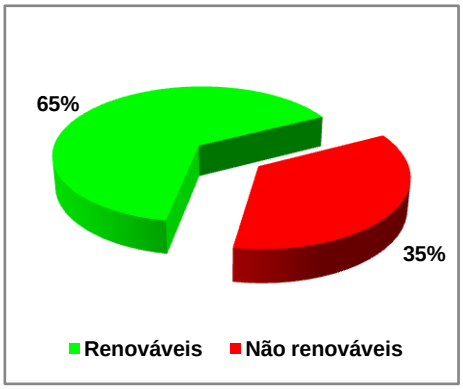
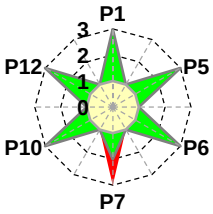
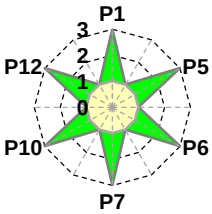
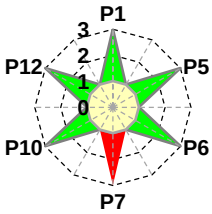
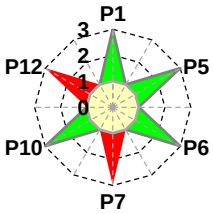


Figura 3.5 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas

A Tabela 3.4 apresenta as EV, e respetivos IPE, obtidas para cada atividade.

Tabela 3.4 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas

2. Misturas				
2.1 (EV4)[16][31]	(EV5)	**2.2**[11][16][32] **2.3**[11][16][18][33] **2.5**[11][35]	**2.4** (EV6)[18][34]	**2.6** (EV7)([16][36]
 IPE = 91,67	 IPE = 100,00		 IPE = 83,33	 IPE = 66,67

3.2.2 Análise das EV

Metade das atividades deste grupo atingem a verdura máxima (IPE = 100,00); nas restantes a verdura é mais reduzida devido à menor pontuação atribuída aos princípios 7 e 12.

Nestas atividades verifica-se: (i) os resíduos são inócuos pois não apresentam perigos para a saúde nem para o ambiente (Figuras 3.4A e 3.4B); (ii) não são utilizados solventes e/ou substâncias auxiliares; (iii) são todas realizadas a pressão e temperatura ambientais; e (iv) todas as substâncias utilizadas são degradáveis (Figura 3.5A); o que implica a pontuação máxima para os princípios 1, 5, 6 e 10.

A atribuição de pontuação 1, ao princípio 7 (EV6 e EV7), deve-se à inexistência de qualquer matéria-prima (água excluída) renovável, já que são usados corantes alimentares (atividade 2.4) e etanol (atividade 2.6) como principais substâncias. Na atividade 2.1 este mesmo princípio teve pontuação igual a 2 (EV4), visto que só são usadas substâncias renováveis à exceção do sabão.

O princípio 12 tem a pontuação mínima na atividade 2.6 (EV7) pois é utilizado etanol que comporta perigo físico elevado.

3.2.3 Propostas para aumentar a verdura

Não havendo, neste grupo, condicionantes inerentes aos objetivos da atividade será possível aumentar a verdura das atividades menos verdes: a atividade 2.1 (EV4) teria uma estrela com verdura máxima com a simples exclusão do sabão, o que seria possível pois a dissolução deste material em água não encerra qualquer conhecimento adicional para os/ as estudantes; na atividade 2.4 os corantes podem ser substituídos

por substâncias coloridas renováveis e na atividade 2.6 o etanol por uma substância sem perigos físicos.

3.2.4 Discussão dos resultados

Pela observação das EV da Tabela 3.4 e da Figura 3.6, onde se evidenciam os valores de IPE existentes nas atividades analisadas, pode verificar-se que este grupo é caracterizado por valores de IPE acima de 66,67, havendo 3 atividades com valor de IPE igual a 100,00.

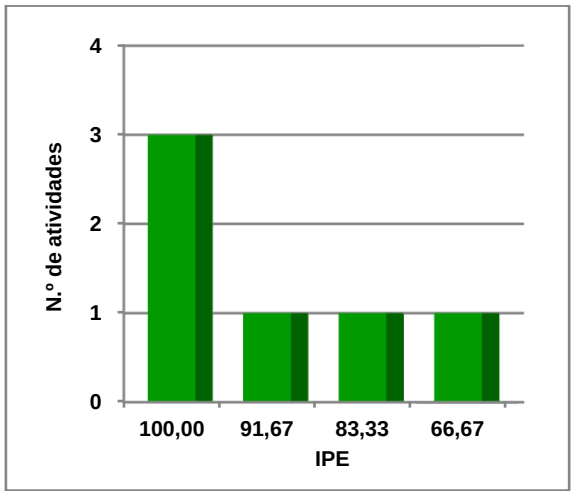


Figura 3.6. Número de atividades por valor de IPE

3.3 Preparação de soluções

No seguimento dos conceitos abordados no grupo anterior, pretende-se agora que sejam os/as estudantes a preparar misturas homogéneas aquosas, já que a água é o solvente cuja utilização é a mais comum em contexto escolar.

Depois de adquirirem competências a nível do trabalho laboratorial pretende-se que os/as estudantes manuseiem materiais de laboratório e apliquem as regras aprendidas em contexto laboratorial. Sendo o conceito de *solução* um dos mais abordados neste tema, as atividades propostas consistem em preparar soluções aquosas cujos solutos são o sulfato de cobre(II) e o dicromato de potássio.

Nestas atividades estão presentes as substâncias listadas na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade

Substância	Atividade(s)	Regulamentação GHS				Pontuação para…	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para…				
			SH	A	F	D	R
Água	3.1,3.2	-	1	1	1	1	1
Dicromato de potássio (em sol. aquosa) (1/60 mol.dm^{-3})	3.2	H302;H314;H317; H331; H334;H340;H350; H360FD;H373;H410	3	3	1	3	3
Dicromato de potássio	3.2	H272 (categoria 2); H301;H312;H314;H317; H330;H334;H340;H350; H360;H372;H410	3	3	3	3	3
Sulfato de cobre(II) (em sol. aquosa) (0,1 mol.dm^{-3})	3.1	H411	1	3	1	3	3
Sulfato de cobre(II)	3.1	H302;H315;H319;H410	2	3	1	3	3

3.3.1 Resultados

A partir dos dados da Tabela 3.5 apresentam-se nas Figura 3.7 os gráficos relativos ao tipo de substâncias utilizadas no que diz respeito ao perigo para a saúde humana (Figura 3.7A), ambiente (Figura 3.7B) e físico (Figura 3.7C), tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

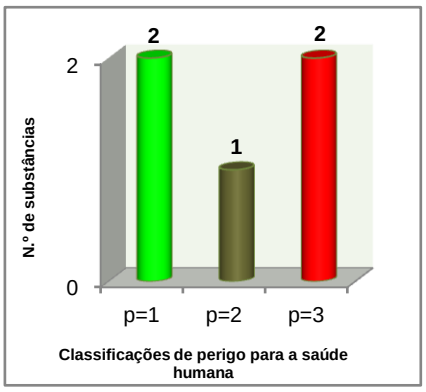


Figura 3.7 A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana

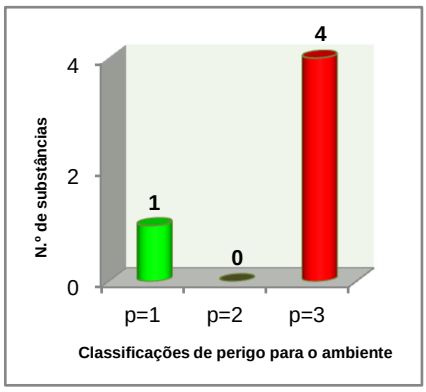


Figura 3.7 B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente

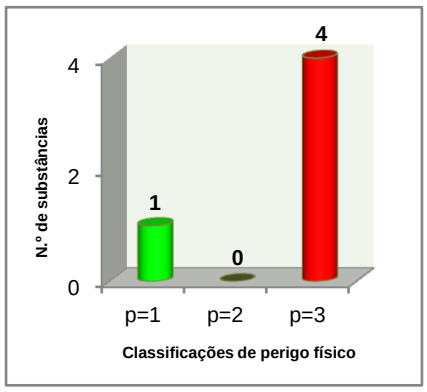


Figura 3.7 C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico

Da Tabela 3.5 é possível retirar os dados necessários para a construção dos gráficos presentes nas Figuras 3.8, que refletem dois aspetos muito importantes na análise da verdura de uma atividade: a degradabilidade (Figura 3.8A) e a renovabilidade (Figura 3.8B) das substâncias utilizadas.

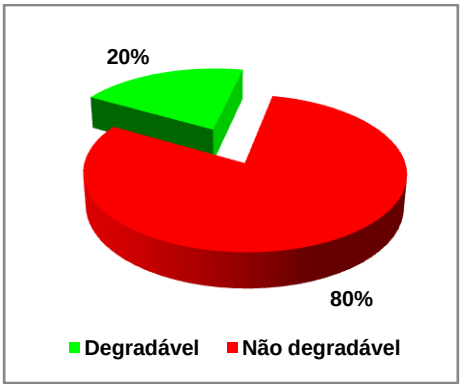


Figura 3.8 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas

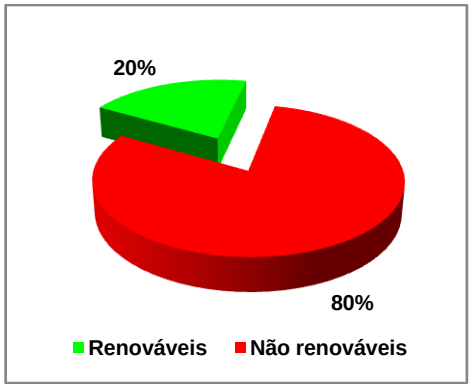
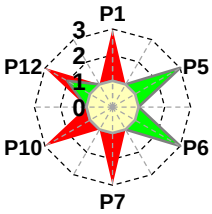
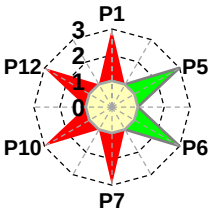


Figura 3.8 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas

A Tabela 3.6 apresenta as EV, e respetivos IPE, obtidas para cada atividade.

Tabela 3.6 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas

3. Preparação de soluções	
3.1 (EV8)[14][16][17][19][20][22][23][37]	**3.2** (EV9)[11][38]
 IPE = 41,67	 IPE = 33,33

3.3.2 Análise das EV

Em ambas as atividades os princípios pontuados com o valor mínimo (P1, P7 e P10) são aqueles que se relacionam com a substância escolhida para soluto. A pontuação máxima dos princípios 5 e 6 devem-se, respetivamente, à: (i) não utilização de solventes e/ou substâncias auxiliares e (ii) realização da atividade a pressão e temperatura ambientais.

A utilização do sulfato de cobre(II) e do dicromato de potássio, acarreta perigo elevado para a saúde humana e/ou meio ambiente e tratam-se ambas de substâncias não renováveis e não degradáveis, e por isso as respetivas estrelas (EV8 e EV9) possuem valor 1 para os princípios P1, P7 e P10. O dicromato de potássio apresenta ainda perigo físico elevado, acrescentando à estrela da atividade 3.2 (EV9) valor mínimo para o princípio 12 enquanto o sulfato de cobre(II) aquoso representa perigo moderado para a saúde humana logo este princípio é pontuado com valor 2.

3.3.3 Propostas para aumentar a verdura

As atividades incluídas neste grupo utilizam água como solvente, logo para aumentar a verdura seria apenas necessário usar um soluto menos perigoso que o sulfato de cobre(II), ou que o dicromato de potássio. O soluto mais apropriado, tanto pela inocuidade como pela frequência nos laboratórios, poderia ser o cloreto de sódio mas se o objetivo contemplasse a visualização de diferentes colorações o brometo de prata, inócuo e de cor amarelo pálido[39] seria um ótimo substituto ainda que não seja renovável ou degradável. As duas estrelas atingiriam a verdura máxima, ou pelo menos, conseguiriam incrementá-la, com uma simples alteração do soluto uma vez que os princípios menos pontuados são influenciados apenas por esta escolha.

3.3.4 Discussão dos resultados

Pela observação das EV da Tabela 3.6 e da Figura 3.9, onde se evidenciam os valores de IPE existentes nas atividades analisadas, verifica-se que as duas atividades deste grupo apresentam os seguintes valores: 41,67 e 33,33.

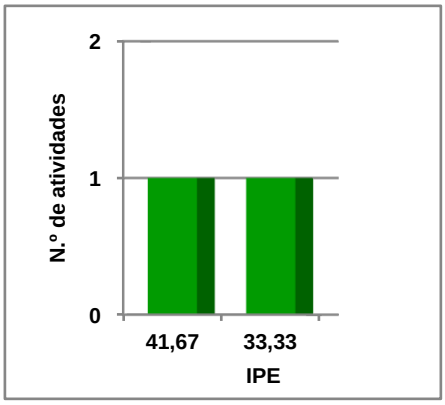


Figura 3.9. Número de atividades por valor de IPE

3.4 Transformações físicas

Sendo importante conhecer algumas características dos materiais apresentados, surge a necessidade dos/das estudantes compreenderem que estes podem sofrer alterações sem mudarem a sua constituição; sendo o estudo dedicado, essencialmente, às transformações físicas que implicam mudanças de estado físico.

As atividades analisadas foram as seguintes:

4.1 Fusão do chocolate

4.2 Fusão do gelo

4.3 Solidificação da água pura

4.4 Sublimação do iodo

As atividades contemplam as substâncias listadas na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade

Substância	Atividade(s)	Regulamentação GHS				Pontuação para…	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para…				
			SH	A	F	D	R
Água	4.1,4.2,4.3	-	1	1	1	1	1
Chocolate (l)	4.1	-	1	1	1	1	1
Chocolate (s)	4.1	-	1	1	1	1	1
Etanol	4.4	H225	1	1	3	1	3
Iodo	4.4	H312;H332;H400	2	3	1	3	3
Iodo (sublimado)	4.4	H312;H332;H400	2	3	1	3	3

3.4.1 Resultados

A partir dos dados da Tabela 3.7 apresentam-se nas Figuras 3.10 os gráficos relativos ao tipo de substâncias utilizadas relativamente aos perigos para a saúde humana (Figura 3.10A), ambiente (Figura 3.10B) e físico (Figura 3.10C), tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

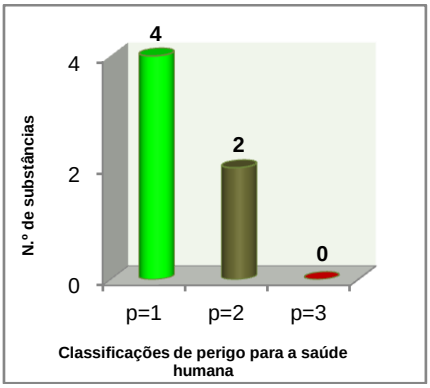


Figura 3.10 A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana

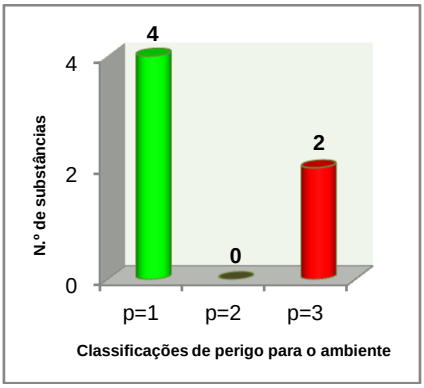


Figura 3.10 B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente

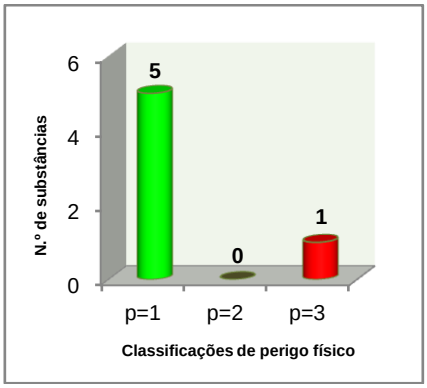


Figura 3.10 C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico

Da Tabela 3.7 é possível retirar os dados necessários para a construção dos gráficos presentes nas Figuras 3.11, que refletem dois aspetos muito importantes na análise da

verdura de uma atividade: a degradabilidade (Figura 3.11A) e a renovabilidade (Figura 3.11B) das substâncias utilizadas.

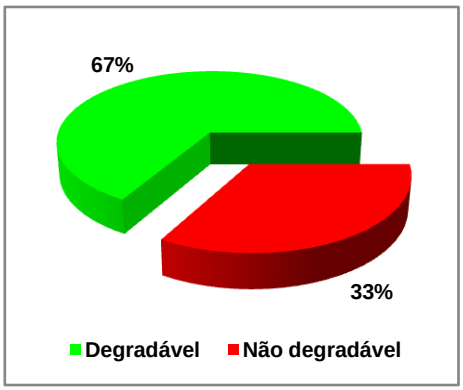


Figura 3.11 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas

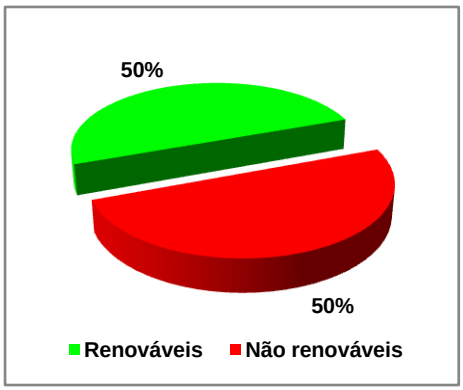
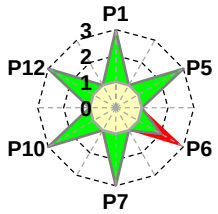
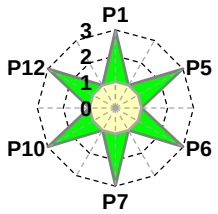
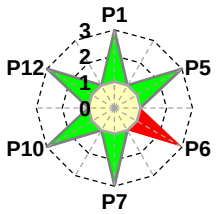
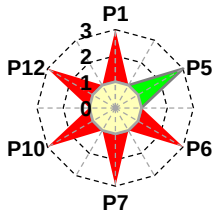


Figura 3.11 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas

A Tabela 3.8 apresenta as EV, e respetivos IPE, obtidas para cada atividade.

Tabela 3.8 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas

4. Transformações físicas			
4.1 (EV10)[11][40][41][42]	**4.2** (EV11)[14][43]	**4.3** (EV12)[11][44]	**4.4** (EV13)[14][17][18][20][21][45][46]
 IPE = 91,67	 IPE = 100,00	 IPE = 83,33	 IPE = 16,67

3.4.2 Análise das EV

As três primeiras atividades (4.1, 4.2 e 4.3) apresentam verduras elevadas, sendo o valor de IPE da atividade 4.2 (EV11) igual a 100,00. Os princípios 1, 5, 7, 10 e 12 são igualmente pontuados com valor máximo, o que se deve ao cumprimento de: (i) inexistência de resíduos perigosos para a saúde humana e/ou ambiente, (ii) ausência de solventes/substância auxiliares, (iii) renovabilidade de todas as matérias/primas, (iv) degradabilidade de todas as substâncias e (v) inexistência de qualquer substância perigosa para a saúde humana e/ou com perigo físico. A atividade 4.2 tem como objetivo a fusão de água sólida à temperatura ambiente, o que lhe confere uma pontuação igual a 3 no princípio 6 (EV11), enquanto os objetivos das atividades 4.1 e 4.3 implicam temperaturas diferentes da ambiental, respetivamente, para fundir o

chocolate[41][42], e para solidificar a água, afetando de maneira diferente a verdura deste princípio (EV10 e EV12).

A atividade 4.4 (EV13) apresenta pontuação 1 para todos os princípios, à exceção do P5. O iodo: (i) apresenta perigo moderado para a saúde humana e elevado para ambiente, quando considerado como resíduo (P1), (ii) não é renovável (P7), (iii) não é degradável (P10), e (iv) a sua sublimação implica temperaturas acima da temperatura ambiente[46] (P6). Esta mudança de estado é atingida recorrendo a uma lamparina de álcool e o etanol (substância auxiliar) apresenta perigo físico elevado, pontuação 1 para o princípio 12, mas não apresenta perigos para a saúde humana ou ambiente o que implica pontuação 3 para o princípio 5.

3.4.3 Propostas para aumentar a verdura

Sendo o único objetivo destas atividades promover a transformação física de uma dada substância, seria aconselhável não utilizar o iodo atendendo aos perigos que envolve.

3.4.4 Discussão dos resultados

Pela observação das EV da Tabela 3.8 e da Figura 3.12, onde se evidenciam os valores de IPE existentes nas atividades analisadas verifica-se novamente que existe uma grande disparidade entre atividades no que diz respeito à sua verdura, já que três das quatro atividades propostas para este tema apresentam um valor de IPE acima de 90 e uma abaixo de 20.

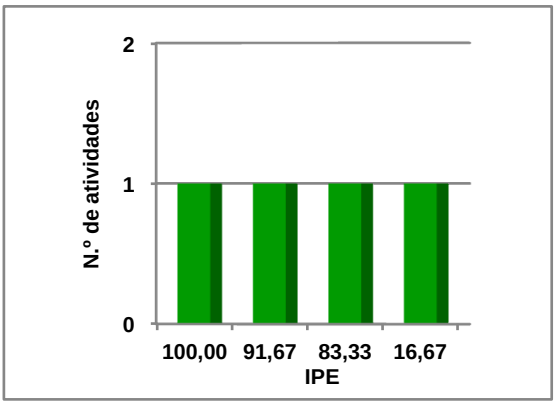


Figura 3.12. Número de atividades por valor de IPE

3.5 Reações químicas

Na lógica da compreensão, por parte dos estudantes, de que tipo de transformações os materiais sofrem, aborda-se, superficialmente neste ano letivo, as reações químicas. Esta abordagem incide, essencialmente, na distinção entre estas transformações e as transformações físicas, ressalvando-se o facto de que nas reações há formação de substâncias diferentes das iniciais. Pretende-se que os estudantes reconheçam as ações que podem desencadear a ocorrência de transformações químicas: o aquecimento – reações de termólise; a ação mecânica, a ação da eletricidade – reações de eletrólise; ou a incidência de luz – reações de fotólise.

As atividades analisadas foram as seguintes:

5.1 Reações químicas por ação do aquecimento

- 5.1.1 Decomposição do bicarbonato de sódio ou do fermento
- 5.1.2 Decomposição do cloreto de amónio
- 5.1.3 Decomposição do óxido de mercúrio(II)
- 5.1.4 Decomposição do permanganato de potássio
- 5.1.5 Combustão do açúcar
- 5.1.6 Combustão do magnésio
- 5.1.7 Combustão de uma vela
- 5.1.8 Reação de cozedura de um ovo
- 5.1.9 Reação entre o ferro e o enxofre

5.2 Reações químicas por ação mecânica

- 5.2.1 “Garrafa azul” – oxidação-redução da glicose catalisada pelo azul de metileno

5.3 Reações químicas por ação da eletricidade

- 5.3.1 Decomposição da água
  - a) pura
  - b) com vinagre
  - c) com borato de sódio
  - d) com borato de sódio e elétrodos de grafite
- 5.3.2 Decomposição do cloreto de cobre(II)
  - a) com elétrodos de grafite
  - b) com elétrodo de cobre e bijuteria

5.4 Reações químicas por ação da luz

- 5.4.1 Decomposição do brometo de prata
- 5.4.2 Decomposição do cloreto de prata
- 5.4.3 Reação de fotossíntese

5.5 Ocorrência de reações químicas

- 5.5.1 Reação química entre o ácido nítrico e o cobre
- 5.5.2 Reação química entre o ácido sulfúrico e o zinco
- 5.5.3 Reação química entre o fermento, ou o bicarbonato de sódio, e
  - a) limão
  - b) vinagre
- 5.5.4 Reação química entre o brometo de potássio e o nitrato de prata
- 5.5.5 Reação química entre o nitrato de chumbo e o iodeto de potássio
- 5.5.6 Reação química entre o nitrato de prata e o cloreto de sódio
  - a) sem acidificação
  - b) com acidificação e lavagem
- 5.5.7 Reação química entre o vinagre, ou a água, com
  - a) ovos
  - b) carbonato de cálcio
- 5.5.8 Reação química entre o giz e o ácido clorídrico
- 5.5.9 Oxidação do ferro

As atividades contemplam as substâncias listadas na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade

Substância	Atividade(s)	Regulamentação GHS				Pontuação para…	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para…				
			SH	A	F	D	R
Acetato de cálcio[α]	5.5.7a	H315;H319;H335	2	1	1	3	1
Acetato de cálcio	5.5.7b	H315;H319;H335	2	1	1	3	3
Acetato de sódio (0,3 mol.dm^{-3})	5.5.3b	-	1	1	3	1	3
Acetona	5.5.6b	H225;H319;H336; EUH066	2	1	3	1	3
Ácido clorídrico diluído (0,01 mol.dm^{-3})	5.5.8	-	1	1	1	3	3
Ácido nítrico diluído (0,1 mol.dm^{-3})	5.5.1,5.5.6	H315;H319	2	1	1	3	3
Ácido sulfúrico diluído (0,25 mol.dm^{-3})	5.5.2	H290	1	1	2	3	3
Açúcar	5.1.5	-	1	1	1	1	1
Água	5.1.1,5.1.5,5.1.7,5.1.8, 5.2.1,5.3.1,5.3.2,5.4.3, 5.5.1,5.5.3,5.5.4,5.5.5, 5.5.6,5.5.7,5.5.8,5.5.9	-	1	1	1	1	1
Amoníaco	5.1.2	H221;H280;H314; H331;H400	3	3	2	3	3
Azul de metileno	5.2.1	-	1	1	1	3	3
Bicarbonato de sódio	5.1.1	-	1	1	1	3	3
Bijuteria (elétrodo)	5.3.2b	-	1	1	1	3	3

Borato de sódio	5.3.1c,5.3.1d	H360FD	3	1	1	3	3
Brometo de potássio	5.5.4	H315;H319;H335	2	1	1	3	3
Brometo de prata (suspensão)	5.4.1,5.5.4	-	1	1	1	3	3
Bromo[b]	5.4.1	H314;H330;H400	3	3	1	3	3
Carbonato de cálcio	5.5.7b	-	1	1	1	1	3
Carbonato de sódio	5.1.1	H319	2	1	1	1	1
Citrato de sódio	5.5.3a	-	1	1	1	1	3
Clara de ovo crua	5.1.8	-	1	1	1	1	1
Clara de ovo cozida	5.1.8	-	1	1	1	1	1
Cloreto de amónio (s)	5.1.2	H302;H319	2	1	1	3	3
Cloreto de cálcio	5.5.8	-	1	1	1	3	3
Cloreto de cobre(II)	5.3.2	H302;H315;H319; H335;H410	2	3	1	3	3
Cloreto de hidrogénio	5.1.2	H280;H314;H331	3	1	1	3	3
Cloreto de prata	5.4.2,5.5.6	H400	1	3	1	3	3
Cloreto de sódio	5.5.6	-	1	1	1	1	1
Cloro	5.3.2,5.4.2	H270;H315;H319; H331;H335;H400	3	3	3	3	3
Cobre (placa)	5.5.1	-	1	1	1	3	3
Cobre (placa) (elétrodo)	5.3.2b	-	1	1	1	3	3
Cobre (pó)	5.3.2	H228 (categoria 1); H410	1	3	3	3	3
Dióxido de carbono[α]	5.1.5,5.5.7a	-	1	1	1	1	1
Dióxido de carbono	5.1.1,5.1.7,5.5.3,5.5.7b, 5.5.8	-	1	1	1	1	3
Dióxido de carbono (ar)	5.4.3	-	1	1	1	1	1
Dióxido de enxofre (g)	5.1.9	H314;H331	3	1	1	3	3
Dióxido de manganês	5.1.4	H272;H302+H332	2	1	3	3	3
Enxofre	5.1.9	H228;H315	2	1	2	3	3
Etanol	5.1.1,5.1.2,5.1.3, 5.1.4,5.1.5,5.1.6,5.1.9	H225	1	1	3	1	3
Fermento	5.5.1,5.5.3	-	1	1	1	3	3
Ferro (pó)	5.1.9	H228 (categoria 1)	1	1	3	3	3
Giz	5.5.8	-	1	1	1	3	3
Glicose	5.2.1,5.4.3	-	1	1	1	1	1
Grafite (elétrodos)	5.3.1d,5.3.2a	H319;H335	2	1	1	3	3
Hidrogénio[α]	5.3.1	H220	1	1	3	3	1
Hidrogénio	5.5.2	H220	1	1	3	3	3
Hidróxido de potássio	5.2.1	H290;H302;H314	3	1	2	3	3
Hidróxido de potássio (0,1 $mol.dm^{-3}$)	5.2.1	H314	3	1	1	3	3
Iodeto de chumbo	5.5.5	H302;H332;H360; H370; H410	3	3	1	3	3
Iodeto de potássio (0,1 $mol.dm^{-3}$)	5.5.5	-	1	1	1	3	3
Limão	5.5.3ª	-	1	1	1	1	1
Magnésio	5.1.6	H228;H251;H261	1	1	3	3	3
Mercúrio	5.1.3	H330;H360D;H372; H410	3	3	1	3	3
Monóxido de nitrogénio	5.5.1	H270;H314;H331	3	1	3	3	3
Nitrato de chumbo(II)	5.5.5	H272(categoria 2); H302+H332;H318; H360Df;H373;H410	3	3	3	3	3
Nitrato de cobre(II)	5.5.1	H272 (categoria 2); H302;H315;H318	2	1	3	3	3
Nitrato de potássio	5.5.4,5.5.5	H272 (categoria 3)	1	1	2	3	3
Nitrato de prata	5.5.4	H272 (categoria 2); H314;H410	3	3	3	3	3
Nitrato de prata (0,01 $mol.dm^{-3}$)	5.5.6	H315;H318;H410	3	3	1	3	3
Nitrato de sódio	5.5.5	H272 (categoria 3); H302;H315;H319; H335	2	1	2	3	3
Ovos crus	5.5.7a	-	1	1	1	1	1

Óxido de ferro(III) hidratado	5.5.9	-	1	1	1	3	3
Óxido de magnésio	5.1.6	-	1	1	1	3	3
Óxido de mercúrio(II)	5.1.3	H300;H310;H330; H373;H410	3	3	1	3	3
Óxido de potássio	5.1.4	Sem ficha SDS	3	3	3	3	3
Oxigénio[α]	5.3.1,5.4.3	H270	1	1	3	1	1
Oxigénio	5.1.3,5.1.4	H270	1	1	3	1	3
Oxigénio (ar)	5.1.5,5.1.6,5.1.7,5.2.1, 5.1.9, 5.5.9	-	1	1	1	1	1
Palha d'aço	5.5.9	-	1	1	1	3	3
Papel de alumínio (proteção)	5.4.1	-	1	1	1	3	3
Parafina (pavio da vela)	5.1.7	-	1	1	1	3	3
Permanganato de potássio	5.1.4	H272 (categoria 2); H302;H410	2	2	3	3	3
Prata	5.4.1,5.4.2	-	1	1	1	3	3
Sulfato de zinco (0,1 mol.dm^{-3})	5.5.2	H319;H412	2	2	1	3	3
Sulfureto de ferro	5.1.9	-	1	1	1	3	3
Vinagre	5.3.1b,5.5.3b,5.5.7b	-	1	1	1	1	1
Zinco (palhetas)	5.5.2	H251; H261(categoria 2)	1	1	3	3	3

[α]Produto de reagentes renováveis
[b]As advertências de perigo referem-se ao bromo líquido pois não foi encontrada, na literatura, a ficha de dados de segurança (*SDS*) do bromo gasoso

3.5.1 Resultados

A partir dos dados da Tabela 3.9 apresentam-se nas Figura 3.13 os gráficos relativos ao tipo de substâncias utilizadas relativamente aos perigos para a saúde humana (Figura 3.13A), ambiente (Figura 3.13B) e físico (Figura 3.13C), tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

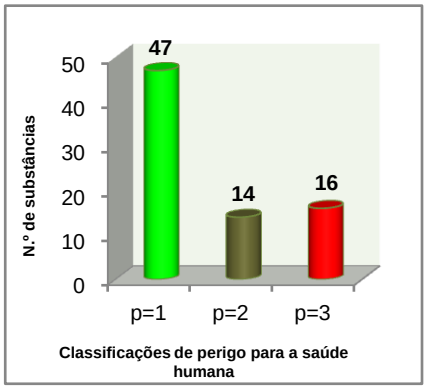


Figura 3.13 A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana

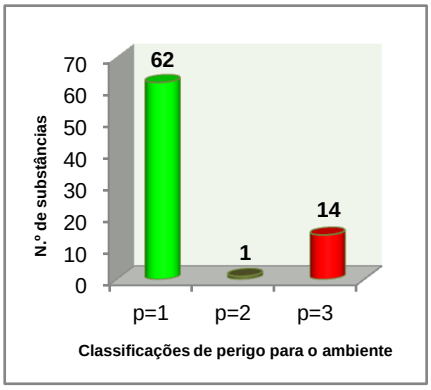


Figura 3.13 B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente

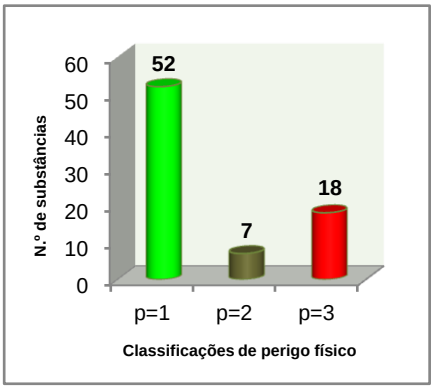


Figura 3.13 C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico

Da Tabela 3.9 é possível retirar os dados necessários para a construção dos gráficos presentes nas Figuras 3.14, que refletem dois aspetos muito importantes na análise da verdura de uma atividade: a degradabilidade (Figura 3.14A) e a renovabilidade (Figura 3.14B) das substâncias utilizadas.

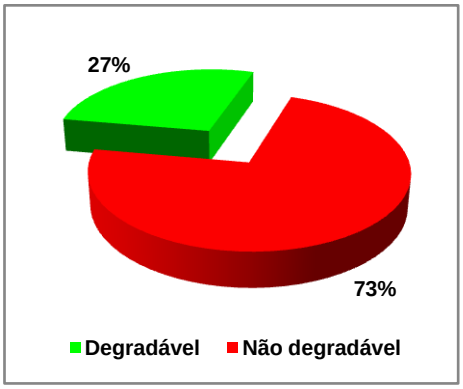


Figura 3.14 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas

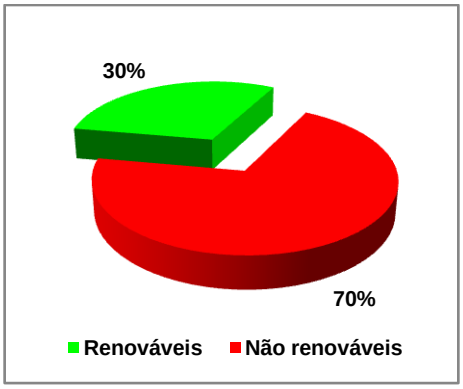
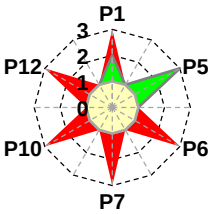
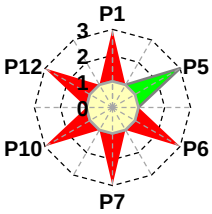
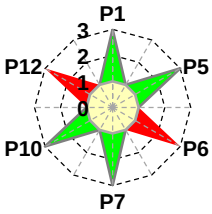
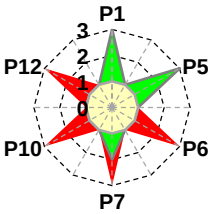
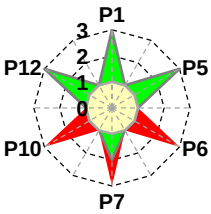
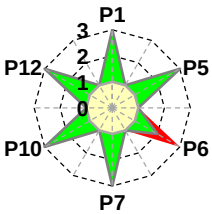
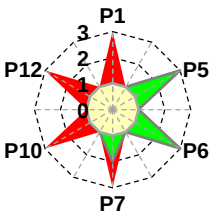
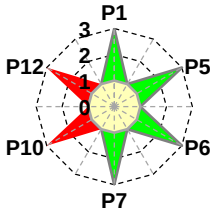
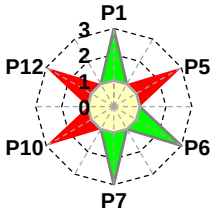
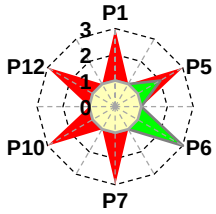
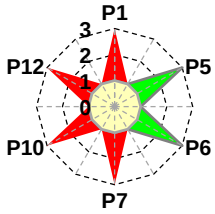


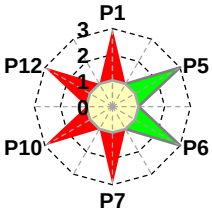
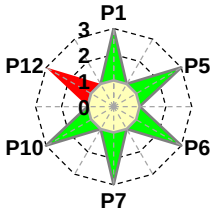
Figura 3.14 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas

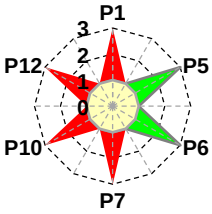
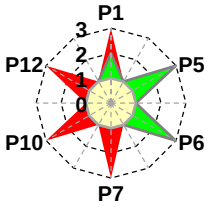
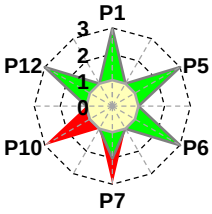
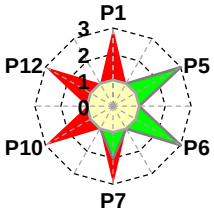
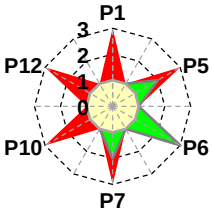
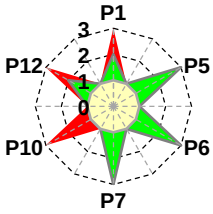
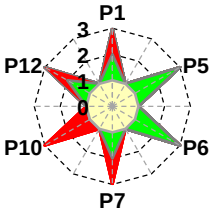
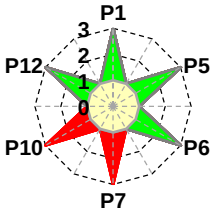
A Tabela 3.10 apresenta as EV, e respetivos IPE, obtidas para cada atividade.

Tabela 3.10 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas

5. Reações químicas				
5.1 Reações químicas por ação do aquecimento				
5.1.1 (EV14)[14][23][47][48]	(EV15)	**5.1.2**[13][49] **5.1.3**[17][50] **5.1.4**[20][51] **5.1.9**[11][60]	**5.1.5** (EV16)[16][52][53][54]	**5.1.6** (EV17)[14][20][55][56]
 IPE = 25,00	 IPE = 16,67		 IPE = 66,67	 IPE = 41,67
5.1.7 (EV18)[15][57][58]			**5.1.8** (EV19)[11][59]	
 IPE = 58,33			 IPE = 91,67	
5.2 Reações químicas por ação mecânica				
5.2.1 (EV20)[13][61][62][63][64][65]				
 IPE = 41,67				

5.3 Reações químicas por ação da eletricidade					
(EV21)	**5.3.1 a)**[13][66][67][68] **5.3.1 b)**[16][66][67][68	(EV22)	**5.3.1 c)**[14][17][21][66][67][68] **5.3.1 d)**[11][66][67][68]	**5.3.2 a)**(EV23)[14][20][23][69][70]	**5.3.2 b)**(EV24)[13][69][70]
 IPE = 66,67		 IPE = 50,00		 IPE = 25,00	 IPE = 33,33

5.4 Reações químicas por ação da luz		
(EV25)	**5.4.1**[16][71] **5.4.2**[11][13][14][20][23][72]	**5.4.3**(EV26)[13][73]
 IPE = 33,33		 IPE = 83,33

5.5 Ocorrências de reações químicas (por junção de substâncias)						
(EV27)	**5.5.1**[14][74][75][76] **5.5.5**[11][14][20][21][80]	(EV28)	**5.5.2**[14][77] **5.5.4**[16][79]	(EV29)	**5.5.3**[14][16][17][78] **5.5.9**[6][84]	**5.5.6 a)**(EV30)[11][13][14][20][23][81]
 IPE = 33,33		 IPE = 41,67		 IPE = 75,00		 IPE = 41,67
5.5.6 b)(EV31)[13][81]		**5.5.7 a)**(EV32)[19][82]		**5.5.7 b)** (EV33)[19][82]		**5.5.8** (EV34)[11][83]
 IPE = 33,33		 IPE = 66,67		 IPE = 58,33		 IPE = 66,67

3.5.2 Análise das EV

Visto que as atividades deste grupo possuem diferentes tipos de reações consoante a especificidade dos seus objetivos, e que condicionam o seu processo de execução, a análise das EV será feita tendo em conta o tipo de reação.

O facto das reações químicas das atividades 5.1 (EV14 à EV19) serem desencadeadas por **ação do aquecimento**, determina algumas implicações: (i) inexistência de substâncias/solventes auxiliares, ou se existem não possuem indicações de perigo, pontuação 3 para o quinto princípio; e (ii) realização das atividades a temperaturas diferentes da ambiental, pontuação 2 (atividade 5.1.8, EV19) ou 1 (restantes atividades, EV14 à EV18) para o P6. De todas apenas a atividade 5.1.8 (EV19) obtém pontuação 3 em todos os outros princípios já que apenas inclui, como resíduo e matéria-prima, um ovo, que além de não representar qualquer perigo para a saúde humana, para o ambiente ou físico, é também renovável e degradável.

A combustão da vela realizada na atividade 5.1.7 (EV18), além da temperatura diferente da ambiental, utiliza pelo menos uma substância renovável, sendo o P7 pontuado com 2, mas também uma não degradável, o que pontua o P10 com o valor mínimo. Os restantes princípios, P1 e P12, obtêm pontuação máxima pois as substâncias utilizadas não representam qualquer perigo para a saúde humana, ambiente ou físico.

As atividades 5.1.5 e 5.1.6 (respetivamente EV16 e EV17) são também combustões, e pelos mesmos motivos da anterior, obtém a pontuação máxima no primeiro princípio mas como recorrem à utilização da lamparina de álcool, o princípio P12 obtém pontuação 1 pela elevada perigosidade física do etanol. As duas distinguem-se nos sétimo e décimo princípios devido à substância utilizada, que no caso da atividade 5.1.5 (EV16) é o açúcar, renovável e degradável, e na 5.1.6 (EV17) o magnésio, que não possui nenhuma das características anteriores. No entanto a presença do oxigénio do ar, renovável, permite pontuar o sétimo princípio, nesta última atividade, com valor 2.

A decomposição do bicarbonato, atividade 5.1.1 (EV14), além do uso de substâncias não renováveis, não degradáveis e com elevado perigo físico (pontuação mínima para o P7, P10 e P12, respetivamente) também inclui como resíduo, o carbonato de sódio, com perigo moderado para a saúde, sendo o primeiro princípio pontuado com 2.

As restantes atividades, 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4 e 5.1.9 apresentam igual verdura (EV15) devido à existência de resíduos com elevado perigo para a saúde humana e/ou ambiente (amoníaco, mercúrio, óxido de potássio e dióxido de enxofre, respetivamente), à utilização de substâncias não renováveis, não degradáveis e com elevado perigo para a saúde humana e/ou físico fazendo com que todos os respetivos princípios, sejam pontuados com o valor mínimo.

A oxidação-redução da glicose, atividade 5.2.1 (EV20) por **ação mecânica**, apenas obtém pontuação máxima nos princípios P5 e P6 pois não são usados solventes/substâncias auxiliares e a atividade decorre a pressão e temperatura ambientais. Todos os outros princípios são penalizados à custa, essencialmente, do uso de hidróxido de potássio, que afeta totalmente os princípios P1 e P12, por ser uma substância com elevado perigo para a saúde humana, e P10 por não ser degradável a produtos inócuos. O sétimo princípio é pontuado com valor 2 pois a atividade usa pelo menos um reagente renovável.

As atividades 5.3 consistem todas em decompor substâncias, por **ação da eletricidade**, mas utilizando diferentes processos e substâncias. As duas primeiras atividades, 5.3.1a e 5.3.1b (EV21), obtêm pontuação máxima para os princípios P1 e P7 pois os resíduos, o oxigénio e o hidrogénio, não comportam perigos para a saúde humana e/ou ambiente e a matéria-prima é a água; P5, os solventes/substâncias auxiliares não existem ou não têm qualquer indicação de perigo (caso do vinagre para a atividade 5.3.1b); e P6, a atividade decorre a pressão e temperatura ambientais. Os restantes princípios são fortemente penalizados devido à existência de, pelo menos, uma substância não degradável (P10) e de substâncias com elevado perigo físico, o oxigénio e o hidrogénio (afetando o princípio 12). As outras atividades de decomposição da água sugerem ainda a utilização de borato de sódio (5.3.1c) e borato de sódio e elétrodos de grafite (5.3.1d) como substâncias auxiliares, o que origina uma estrela igual à anterior em todos os princípios exceto na pontuação 1 para o P5 (EV22) já que o borato de sódio envolve perigo elevado para a saúde humana.
Outra decomposição sugerida é a do cloreto de cobre(II), usando elétrodos de grafite (atividade 5.3.2a) ou um elétrodo de cobre e uma peça de bijuteria (atividade 5.3.2b) o que distingue a pontuação apenas do princípio referente às substâncias auxiliares, o quinto. Para ambas as atividades (EV23 e EV24) a existência de substâncias como o cloreto de cobre(II), cloro e cobre, perigosos para a saúde humana e/ou ambiente e/ou físico, pontuam os princípios 1 e 12 com o valor mínimo; o P6 tem valor máximo pois a atividade é feita a pressão e temperatura ambientais; o facto de todas as substâncias serem não renováveis e não degradáveis penaliza os princípios 7 e 10. O uso de elétrodos de grafite (EV23), ou de cobre e bijuteria (EV24), diferencia o P5 com pontuação igual a 2 ou máxima, respetivamente.

As propostas para a execução de reações químicas por **ação da luz** incluem atividades muito distintas em termos de verdura: as duas primeiras, 5.4.1 e 5.4.2, consistem na

decomposição do brometo, ou do cloreto, de prata e a terceira, 5.4.3, na simulação do processo de fotossíntese. Naturalmente, esta última atividade reveste-se de uma verdura elevada (IPE=83,33; EV26), sendo todos os princípios pontuados com o valor máximo (existência de substâncias sem perigo para a saúde humana e/ou ambiente, renováveis e degradáveis, não utilização de solventes/substâncias auxiliares, pressão e temperatura ambientais) à exceção do décimo segundo, já que o facto de o oxigénio ser recolhido implica perigo físico elevado.

As outras atividades (5.4.1 e 5.4.2, EV25) são gravemente prejudicadas, em termos de verdura (valor de IPE=33,33), pela substância escolhida pois tanto a decomposição do brometo como do cloreto de prata originam substâncias com perigo elevado para a saúde humana e/ou para o ambiente e/ou físico, pontuação 1 para os princípios P1 e P12; e todas as substâncias envolvidas neste processo são não renováveis e não degradáveis, P7 e P10 com pontuação mínima. Os quinto e sexto princípios são pontuados com valor máximo pois processam-se sem a utilização de solventes/substâncias auxiliares e à pressão e temperatura ambientais.

A verificação da **ocorrência de reações químicas** inclui uma diversidade significativa de substâncias e processos utilizados, no entanto nenhuma das atividades se pautou pela verdura máxima. As atividades que atingem maior nível de verdura (IPE=75,00) são as 5.5.3 e 5.5.9 (EV29); respetivamente, a reação do bicarbonato de sódio com o limão, ou vinagre, e a oxidação do ferro. Em ambas se verifica pontuação máxima nos respetivos princípios devido a: (i) resíduos inócuos relativamente à saúde humana e ao ambiente (P1); inexistência de solventes/substâncias auxiliares (P5); (iii) pressão e temperaturas ambientais (P6) e (iv) substâncias sem perigos para a saúde humana e/ou físicos (P12). A existência de, pelo menos, uma matéria-prima renovável (limão, ou vinagre, na 5.5.3 e oxigénio do ar na 5.5.9) permite pontuar o sétimo princípio com 2 e de uma substância não degradável (bicarbonato de sódio e fermento na 5.5.3 e palha d'aço e óxido de ferro(III) na 5.5.9) o décimo com valor mínimo.

Na atividade 5.5.8 (EV34) usa-se o ácido clorídrico para reagir com o giz, no entanto sugere-se a utilização de uma solução diluída deste ácido, diminuindo substancialmente os perigos inerentes a esta substância e garantindo, deste modo, que a maioria dos princípios seja totalmente cumprida: (i) nenhuma das substâncias envolvidas na atividade suscita perigo para a saúde humana e/ou ambiente e/ou físico (P1 e P12); (ii) não existem solventes/substanciais auxiliares (P5) e (iii) a atividade é realizada a pressão e temperatura ambientais (P6). A renovabilidade e degradabilidade (P7 e P10, respetivamente) são as únicas características que pelo

menos uma das substâncias envolvidas não possui. Outra reação ácido-base é sugerida pela atividade 5.5.7, que inclui variações em termos da substância que reagirá com o vinagre, e que as diferencia em termos de pontuação do sétimo princípio: na atividade 5.5.7a (EV32) a matéria-prima utilizada é o ovo, renovável, mas na 5.5.7b (EV33) o carbonato de cálcio é uma matéria-prima não renovável, implicando pontuação 3 e 2, respetivamente. Ambas cumprem totalmente os princípios P5 e P6 pois: (i) não usam solventes/substâncias auxiliares e (ii) realizam-se a pressão e temperatura ambiental; obtêm pontuação 2 nos princípios P1 e P12, visto que o acetato de cálcio produzido acarreta perigo moderado para a saúde humana, e pontuação 1 no princípio P10 pois esta substância não é degradável.

Tal como a maioria das atividades deste grupo as atividades 5.5.1, 5.5.2, 5.5.4 e 5.5.5 cumprem totalmente os princípios P5 e P6 por: (i) não usarem solventes/substâncias auxiliares; (ii) a atividade decorrer a pressão e temperatura ambientais, mas obtêm pontuação igual a 1 nos princípios (i) P7 (matérias-primas, excluindo a água, não renováveis), (ii) P10 (existência de várias substâncias não degradáveis) e (iii) P12 (as substâncias envolvidas nas reações comportam perigos elevados para a saúde humana). A pontuação do primeiro princípio é igual a 2 para as atividades 5.5.2 e 5.5.4 (EV28) e igual a 1 para as 5.5.1 e 5.5.5 (EV27) devido ao diferente nível de perigosidade dos resíduos existentes.

A atividade 5.5.6 sugere a formação do precipitado de cloreto de prata por junção do nitrato de prata com o cloreto de sódio mas por dois processos distintos. A componente comum dos dois processos implica a pontuação mínima para os princípios P1 (o cloreto de prata formado possui elevado perigo para o ambiente), P10 (algumas substâncias presentes não são degradáveis) e P12 (o nitrato de prata utilizado comporta elevado perigo para a saúde humana); pontuação igual a 2 para o sétimo princípio (pelo menos o cloreto de sódio é uma matéria-prima renovável) e pontuação máxima para o P6 (a atividade decorre sempre a pressão e temperatura ambientais). A utilização do ácido nítrico diluído e da acetona como substâncias auxiliares, no segundo processo, implica que a atividade 5.5.6a tenha pontuação máxima no quinto princípio (EV30) e a atividade 5.5.6b seja prejudicada na sua verdura com pontuação 2 para este princípio (EV31).

3.5.3 Propostas para aumentar a verdura

Sendo um tema em que a diversidade em termos de substâncias utilizadas e de objetivo das atividades é substancial, não é fácil propor uma ou outra alteração de

modo a melhorar a verdura das mesmas, uma vez que a mesma alteração para todas poderá comprometer a finalidade pretendida. No entanto, e depois de consultada a Tabela 3.10, é fácil verificar qual das atividades em cada tipo de reação é mais verde e optar por aquela que conjuga quer a verdura quer o propósito da sua realização; à exceção das reações químicas por ação mecânica em que só foi analisada uma.

3.5.4 Discussão dos resultados

Pela observação das EV da Tabela 3.10 e da Figura 3.15, onde se evidenciam os valores de IPE existentes nas atividades analisadas, constata-se que grande parte das atividades apresentam baixos índices de verdura sendo que mais de metade delas apresenta valores de IPE inferiores a 50,00.

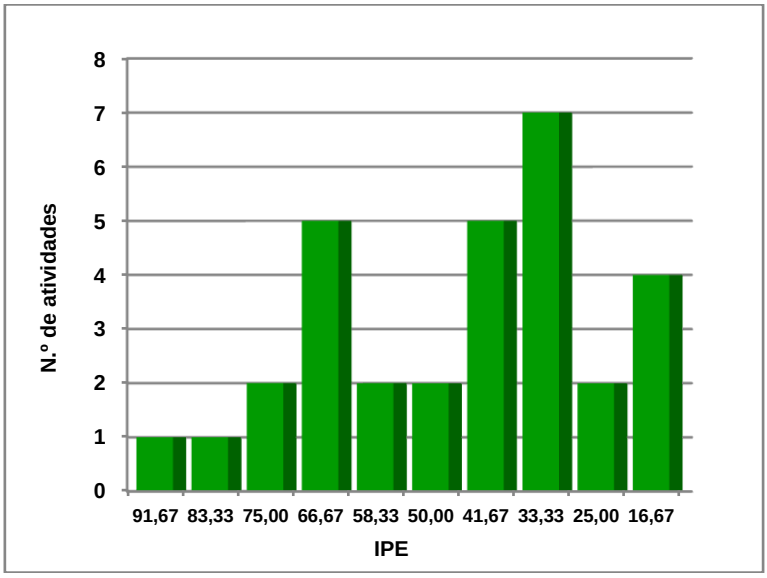


Figura 3.15. Número de atividades por valor de IPE

3.6 Determinação de pontos de fusão e ebulição

Uma das características físicas analisadas para algumas substâncias, e um pouco no contexto das transformações físicas, são os pontos de ebulição e fusão. Os diferentes processos de mudança de estado já foram abordados, não só neste ano de escolaridade mas em anos anteriores, e as atividades que envolvem estes processos são normalmente simples e de fácil e, rápida, execução.

As atividades analisadas foram as seguintes:

6.1 Determinação do ponto de ebulição da água

a) aquecida com uma manta de aquecimento

b) salgada, aquecida com uma placa de aquecimento

c) salgada, aquecida com uma lamparina de álcool

6.2 Determinação do ponto de ebulição do etanol

6.3 Determinação do ponto de ebulição da acetona

6.4 Determinação do ponto de fusão da água

a) pura, com uma lamparina de álcool

b) salgada, à temperatura ambiente

6.5 Determinação do ponto de fusão do enxofre

6.6 Determinação do ponto de fusão do naftaleno

As atividades contemplam as substâncias listadas na Tabela 3.11.

Tabela 3.11 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade

Substância	Atividade(s)	Regulamentação GHS				Pontuação para…	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para…				
			SH	A	F	D	R
Acetona	6.3	H225; H319; H336; EUH066	2	1	3	1	3
Água	6.1,6.4,6.6	-	1	1	1	1	1
Água salgada	6.4	-	1	1	1	1	1
Enxofre	6.5	H228;H315	2	1	2	3	3
Etanol	6.1b,6.2,6.4a,6.5	H225	1	1	3	1	3
Naftaleno	6.6	H228;H302;H351;H411	3	3	3	3	3
Sal de cozinha	6.1,6.4a	-	1	1	1	1	1

3.6.1 Resultados

A partir dos dados da Tabela 3.11, apresentam-se nas Figuras 3.16 os gráficos relativos ao tipo de substâncias utilizadas relativamente ao perigo para a saúde humana (Figura 3.16A), ambiente (Figura 3.16B) e físico (Figura 3.16C), tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

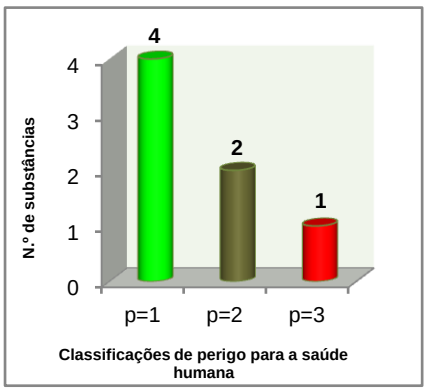


Figura 3.16 A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana

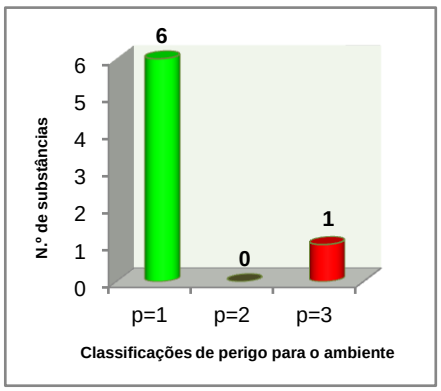


Figura 3.16 B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente

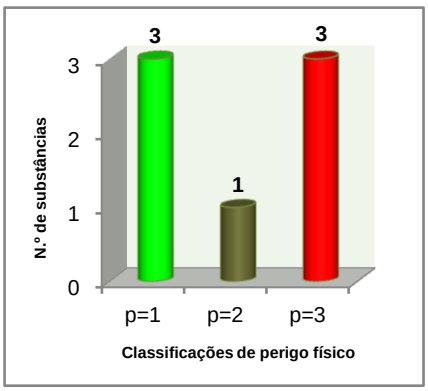


Figura 3.16 C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico

Da Tabela 3.11 é possível retirar os dados necessários para a construção dos gráficos presentes nas Figuras 3.17, que refletem dois aspetos muito importantes na análise da verdura de uma atividade: a degradabilidade (Figura 3.17A) e a renovabilidade (Figura 3.17B) das substâncias utilizadas.

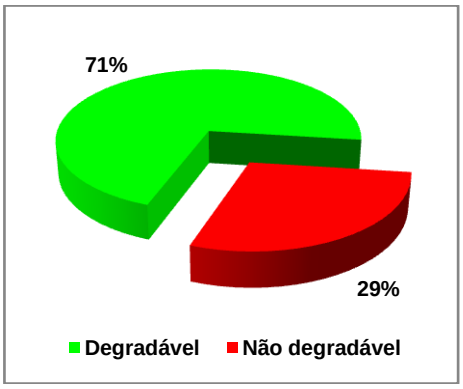


Figura 3.17 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas

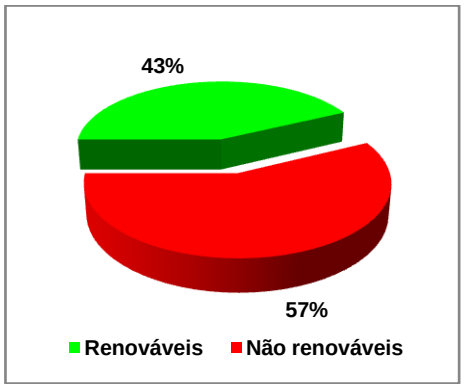
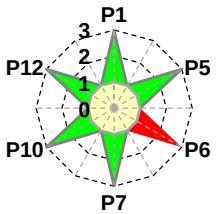
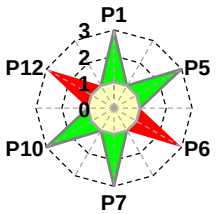
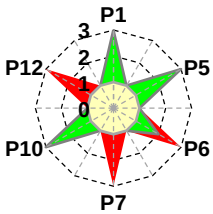
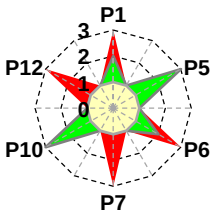
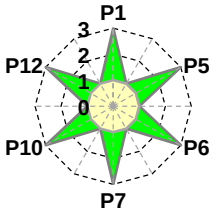
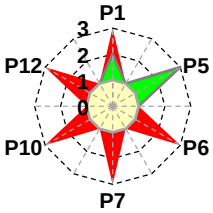
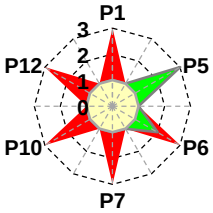


Figura 3.17 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas

A Tabela 3.12 apresenta as EV, e respetivos IPE, obtidas para cada atividade.

Tabela 3.12 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas

6. Determinação de pontos de fusão e ebulição					
(EV35)	**6.1 a)**[13][14][22][85]	(EV(36)	**6.1 b)**[13][85] **6.4 a)**[13][22][89]	**6.2** (EV37)[20][86][87]	**6.3** (EV38)[23][88][87]
 IPE = 83,33		 IPE = 66,67		 IPE = 58,33	 IPE = 50,00
6.4 b)(EV39)[13][16][89]		**6.5** (EV40)[13][90][87]		**6.6** (EV41)[20][91][87]	
 IPE = 100,00		 IPE = 25,00		 IPE = 25,00	

3.6.2 Análise das EV

As atividades 6.1 e 6.4 contemplam, como objetivo principal, o estudo da ebulição e/ou fusão da água, pura ou salgada, recorrendo à lamparina de álcool ou a outra fonte de

aquecimento, o que determinará a verdura das EV das atividades. Em ambas os resíduos são inócuos, não se utilizam solventes/substâncias auxiliares, todas as matérias-primas (água e sal de cozinha, unicamente) são renováveis e as substâncias (incluindo o etanol) degradáveis, originando o cumprimento integral dos princípios P1, P5, P7 e P10 respetivamente. A fusão da água salgada à temperatura ambiente, atividade 6.4b (EV39), obtém pontuação máxima nos restantes princípios pois a atividade ocorre a pressão e temperatura ambientais e nenhuma das substâncias acarreta perigo para a saúde humana e/ou físico. A atividade 6.1a (EV35) é pontuada com 1 no sexto princípio pois necessita de temperatura acima dos 100ºC para ocorrer a ebulição da água, mas utiliza fontes de aquecimento que não incluem o etanol e por isso nenhuma das substâncias utilizadas revela perigos para a saúde humana e/ou físico, pontuação 3 para o P12. As atividades 6.1b e 6.4a (EV36) partilham do facto de necessitarem de temperaturas diferentes da ambiental (para a ebulição e fusão, respetivamente) e de utilizarem a lamparina de álcool para o aquecimento das substâncias, obtendo a pontuação mínima nos princípios P6 e P12.

É também proposto neste grupo a determinação do ponto de ebulição do etanol, atividade 6.2, e da acetona, atividade 6.3; atividades que têm em comum o facto de não utilizarem solventes/substâncias auxiliares, pontuação máxima para o quinto princípio; decorrerem a pressão ambiental e temperatura entre os 0 e os 100ºC (o ponto de ebulição da acetona é 56,15ºC [87] e do etanol 78,45ºC [87]), pontuação 2 para o sexto; as matérias-primas não são renováveis, pontuação 1 para o princípio P7; todas as substâncias serem degradáveis, pontuação 3 para o P10; e incluírem substâncias com elevado perigo físico, P12 pontuado com 1. A verdura das duas apenas se distingue no primeiro princípio: o etanol é um resíduo inócuo para a saúde humana e/ou ambiente, pontuação máxima (EV37), mas a acetona possui perigo moderado para a saúde humana, pontuação 2 (EV38).

As duas últimas atividades dizem respeito à determinação dos pontos de fusão do enxofre, atividade 6.5, e do naftaleno, 6.6, e possuem vários pontos, negativos, em comum. Os princípios igualmente pontuados são o P5, com valor 3, pois não existem solventes/substâncias auxiliares, o P7 com valor mínimo devido às matérias-primas não serem renováveis; o P10 também com valor mínimo pela existência de, pelo menos, uma substância não degradável e o P12 com o mesmo valor já que está presente uma substância com elevado perigo físico em ambas. A fusão do enxofre (EV40) obtém pontuação igual a 2 no primeiro princípio devido à perigosidade moderada do enxofre para a saúde humana e igual a 1 no sexto, a temperatura de fusão do enxofre é 118,15ºC [87]. Quando se trata do naftaleno (EV41) o primeiro

princípio é mais penalizado, o naftaleno tem risco elevados para a saúde humana e para o ambiente, mas devido ao seu ponto de fusão ser menor (80,45ºC [87]) o P6 é pontuado com valor 2.

3.6.3 Propostas para aumentar a verdura

Uma vez que a determinação de pontos de fusão e/ou ebulição implica sempre aquecimento a possibilidade para aumentar a verdura destas atividades passa por usar placas, ou mantas, de aquecimento em detrimento da lamparina de álcool. A substância utilizada no processo de mudança de estado é o outro fator que condiciona a verdura da estrela, podemos verificar que a ebulição da acetona (EV38) é um processo ligeiramente menos verde que o da ebulição do etanol (EV37).

3.6.4 Discussão dos resultados

Pela observação das EV da Tabela 3.12 e da Figura 3.18, onde se evidenciam os valores de IPE existentes nas atividades analisadas, verifica-se uma dispersão acentuada dos valores de IPE das várias atividades, que vão de 25,00 a 100,00; o que revela uma disparidade enorme entre a verdura de cada atividade contemplada para este tema.

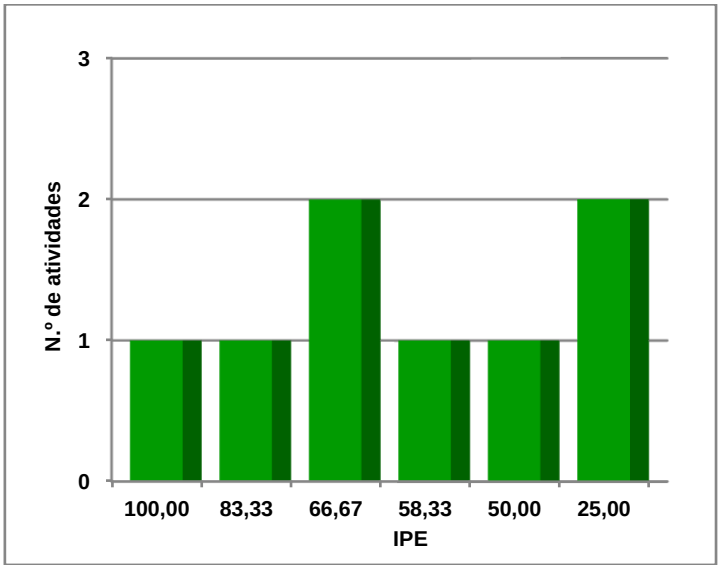


Figura 3.18. Número de atividades por valor de IPE

3.7 Determinação de densidades

No seguimento do estudo de algumas das características das substâncias, introduz-se o conceito de densidade, ou massa volúmica, sugerindo-se, como atividade prática, a determinação da densidade de várias substâncias ou de materiais comuns, fazendo-se uma comparação com os valores tabelados. A maioria das atividades propostas inclui a medição da massa e do volume das substâncias e o posterior cálculo matemático do valor da densidade.

As atividades analisadas foram as seguintes:

7.1 - Determinação da densidade do alumínio
7.2 - Determinação da densidade do chumbo
7.3 - Determinação da densidade do cobre
7.4 - Determinação da densidade do ferro
7.5 - Determinação da densidade do zinco
7.6 - Determinação da densidade da acetona
7.7 - Determinação da densidade da água
7.8 - Determinação da densidade do azeite
7.9 - Determinação da densidade do etanol
7.10 - Determinação da densidade da glicerina
7.11 - Determinação da densidade do óleo alimentar

As atividades contemplam as substâncias listadas na Tabela 3.13.

Tabela 3.13 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade

Substância	Atividade(s)	Regulamentação GHS				Pontuação para…	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para…				
			SH	A	F	D	R
Água	7.1,7.2,7.3,7.4, 7.5,7.7	-	1	1	1	1	1
Acetona	7.6	H225;H319;H336;066	2	1	3	1	3
Alumínio (barra)	7.1	H400	1	3	1	3	3
Azeite	7.8	-	1	1	1	1	1
Chumbo (barra)	7.2	H302;H332;H360Df;H373;H410	3	3	1	3	3
Cobre (barra)	7.3	-	1	1	1	3	3
Etanol	7.9	H225	1	1	3	1	3
Ferro (barra)	7.4	-	1	1	1	3	3
Glicerina	7.10	-	1	1	1	1	1
Óleo alimentar	7.11	-	1	1	1	1	1
Zinco (barra)	7.5	H251;H261 (categoria 2)	1	1	3	3	3

3.7.1 Resultados

A partir dos dados da Tabela 3.13, apresentam-se nas Figuras 3.19 os gráficos relativos ao tipo de substâncias utilizadas no que diz respeito aos perigos para a saúde humana (Figura 3.19A), ambiente (Figura 3.19B) e físico (Figura 3.19C), tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

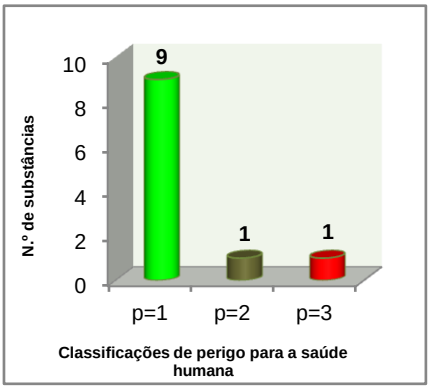


Figura 3.19 A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana

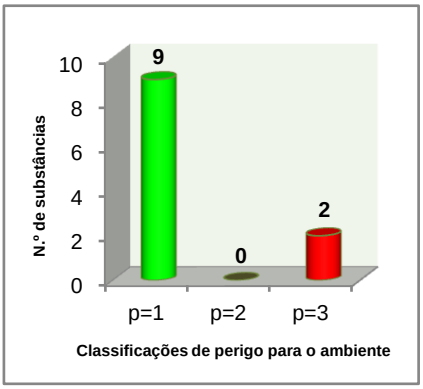


Figura 3.19 B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente

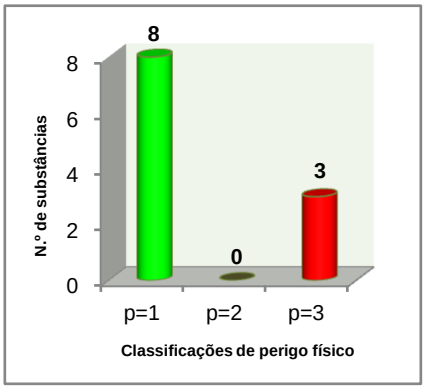


Figura 3.19 C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico

Da Tabela 3.13 é possível retirar os dados necessários para a construção dos gráficos presentes nas Figuras 3.20, que refletem dois aspetos muito importantes na análise da verdura de uma atividade: a degradabilidade (Figura 3.20A) e a renovabilidade (Figura 3.20B) das substâncias utilizadas.

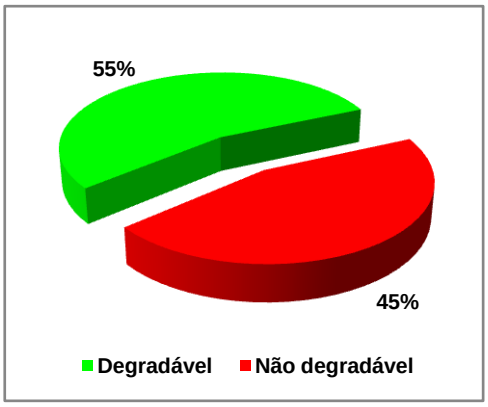


Figura 3.20 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas

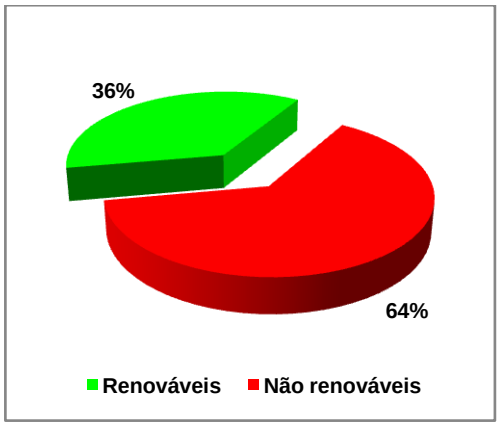
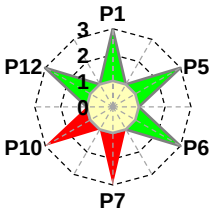
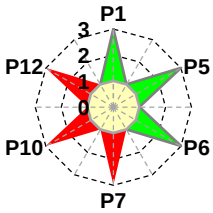
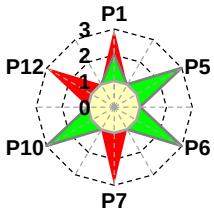
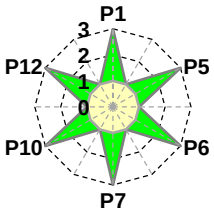
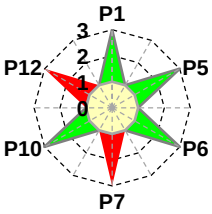


Figura 3.20 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas

A Tabela 3.14 apresenta as EV, e respetivos IPE, obtidas para cada atividade.

Tabela 3.14 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas

7. Determinação de densidades						
(EV42)	**7.1**[17][92] **7.3**[17][22][94] **7.4**[11][22][95]	(EV43)	**7.2**[14][93] **7.5**[22][96]	**7.6** (EV44)[22][97]	(EV45)	**7.7**[22] 98) **7.8**[19][99] **7.10**[19][22][101] **7.11**[22][102]
 IPE = 66,67		 IPE = 50,00		 IPE = 58,33		 IPE = 100,00
7.9 (EV46)[22][100]						
 IPE = 66,67						

3.7.2 Análise das EV

Das 11 atividades propostas para a determinação de densidades, 4 das respetivas estrelas atingem a verdura máxima, ainda que as restantes 7 possuam uma verdura significativa.

O princípio 1, relacionado com a inocuidade dos resíduos, é completamente atingido em 10 das 11 atividades (a exceção é a atividade 7.6); no entanto é importante ressalvar que esta diferença não se deve apenas ao tipo de substância/material usado em cada atividade mas também à consideração, ou não, das substâncias como resíduos. Nas cinco primeiras atividades (da 7.1 à 7.5) determina-se a densidade de metais sólidos, não considerados como resíduos por não haver contaminação significativa e poderem ser reutilizados; ou seja, mesmo que os metais comportem alguma perigosidade esta não é contabilizada no princípio 1. As restantes atividades (7.6 à 7.11) descrevem a determinação da densidade de líquidos, incluídos nos resíduos pois considera-se que existe uma contaminação significativa e que estas substâncias não podem ser reutilizadas posteriormente. A única atividade que inclui um resíduo não inócuo para a saúde humana é a 7.6 (a acetona apresenta perigo moderado neste parâmetro) logo o P1 é classificado com pontuação 2 (EV44).

Como todas a atividades ocorrem sem solventes/substâncias auxiliares e a pressão e temperaturas ambientais, obtêm classificação 3 nos princípios 5 e 6, respetivamente.
A maioria das atividades atinge pontuação 3 no princípio P12 (7.1, 7.3, 7.4, 7.7, 7.8, 7.10 e 7.11) já que as substâncias utilizadas não apresentam qualquer perigo físico (EV42 e EV45), ao contrário do chumbo e do zinco (EV43), da acetona (EV44) e do etanol (EV46).
Os restantes princípios, o P7 e o P10, são os mais penalizados pois, apesar das substâncias serem inócuas e sem perigos físicos, não são renováveis e/ou degradáveis. As atividades 7.7, 7.8, 7.10 e 7.11 (EV45), conseguem pontuação 3 nos dois princípios já que usam apenas substâncias renováveis e degradáveis: água, azeite, glicerina e óleo alimentar, respetivamente. As atividades 7.6 (EV44) e 7.9 (EV46) têm pontuação 3 no décimo princípio mas não no sétimo pois a acetona e o etanol, respetivamente, são degradáveis mas não são renováveis; e as atividades 7.1, 7.3 e 7.4 (EV42) e 7.2 e 7.5 (EV43) têm pontuação mínima nos dois princípios pois usam metais não renováveis e não degradáveis.

3.7.3 Propostas para aumentar a verdura

A determinação das densidades, neste nível de ensino, encerra algumas limitações no que diz respeito à prática laboratorial, uma vez que os estudantes não possuem ainda grandes conhecimentos teóricos do conceito. Sendo o método do deslocamento do volume o mais usado para obter o valor do volume de um sólido, não é fácil encontrar um bom substituto para os metais utilizados; no entanto o uso de líquidos completamente verdes é bastante acessível, como se pode verificar na Tabela 3.14, e não compromete o objetivo nem a execução da atividade em si.

3.7.4 Discussão dos resultados

Pela observação das EV da Tabela 3.14 e da Figura 3.21, onde se evidenciam os valores de IPE existentes nas atividades analisadas, constata-se que este grupo possui a maioria das atividades com valores de IPE acima dos 66,67, tendo todas elas valores acima dos 50,00.

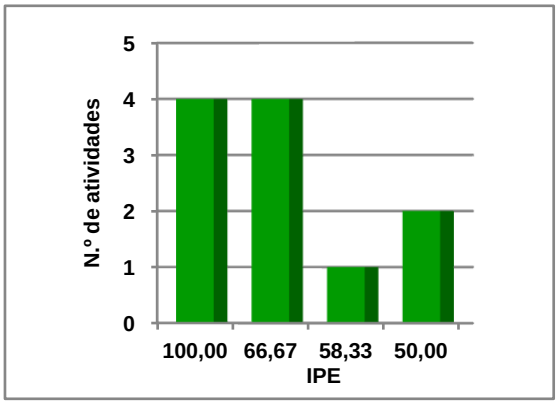


Figura 3.21. Número de atividades por valor de IPE

3.8 Análise química

Apesar de haver uma exploração pouco aprofundada das propriedades químicas das substâncias, estas são ligeiramente abordadas neste nível de ensino. A componente prática incide, maioritariamente, na identificação de determinadas substâncias, como a água, o amido ou a glicose, ou em testes simples para a determinação da combustibilidade e/ou comburência das substâncias.

As atividades analisadas foram as seguintes:

8.1 Identificação da água

a) com sulfato de cobre(II) anidro, em pó
b) com cloreto de cobalto(II) anidro, em pó
c) em alimentos diversos, utilizando sulfato de cobre(II) anidro, em pó
d) em etanol, utilizando sulfato de cobre(II) anidro, em pó

8.2 Identificação do amido (com tintura de iodo)

8.3 Identificação do dióxido de carbono (com água de cal)

a) presente na expiração
b) existente na água gaseificada
c) produto da decomposição do bicarbonato de sódio

8.4 Identificação do etanol

8.5 Identificação da glicose em alimentos (com Licor de Fehling)

8.6 Identificação do hidrogénio

8.7 Identificação do oxigénio resultante da decomposição

a) da água
b) do óxido de mercúrio(II)
c) do permanganato de potássio

8.8 Identificação do caráter químico de alimentos (com tintura azul de tornesol)

8.9 Identificação do caráter químico do amoníaco (com fenolftaleína)

8.10 Identificação do caráter químico do cloreto de hidrogénio (com tintura azul de tornesol)

8.11Identificação de catiões (análise elementar por via seca) no

a) sulfato de bário
b) cloreto de cobre(I)
c) cloreto de magnésio
d) sulfato de potássio
e) cloreto de sódio
f) cloreto de rubídio

As atividades contemplam as substâncias listadas na Tabela 3.15.

Tabela 3.15 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade

Substância	Atividade(s)	Regulamentação GHS				Pontuação para…	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para…				
			SH	A	F	D	R
Água	8.1,8.3,8.4,8.6,8.7,8.11	-	1	1	1	1	1
Água de cal	8.3	H320	2	1	1	3	3
Água gaseificada	8.3b	-	1	1	1	3	3
Alimentos diversos	8.1c;8.2,8.5,8.8	-	1	1	1	1	1
Amido	8.2	-	1	1	1	1	1
Amoníaco	8.9	H221;H280;H314;H331;H400	3	3	2	3	3
Azul de bromotimol (sol. alcoólica)	8.3	H226	1	1	3	3	3
Carbonato de cálcio	8.3	-	1	1	1	1	3
Cloreto de cobalto anidro	8.1b	H302; H317; H334; H341; H350i; H360F; H410	3	3	1	3	3
Cloreto de cobalto hidratado	8.1b	H302; H317; H334; H341; H350i; H360F; H410	3	3	1	3	3
Cloreto de cobre(II)	8.11b	H302;H315;H319;H335;H410	2	3	1	3	3
Cloreto de hidrogénio	8.10	H280;H314;H331	3	1	1	3	3
Cloreto de magnésio	8.11c	-	1	1	1	3	3
Cloreto de rubídio	8.11f	-	1	1	1	3	3
Cloreto de sódio	8.11e	-	1	1	1	1	1
Dióxido de carbono[α]	8.7a	-	1	1	1	1	1
Dióxido de carbono (água gaseificada)	8.3b,8.3c,8.4,8.7b	-	1	1	1	1	3
Dióxido de carbono (respiração)	8.3a	-	1	1	1	1	1
Etanol	8.1d,8.4,8.11	H225	1	1	3	1	3
Fenolftaleína (solução alcoólica)	8.9	H225;H341;H350	3	1	3	3	3
Glicose	8.5	-	1	1	1	1	1
Hidrogénio	8.6	H220	1	1	3	3	1
Iodo (sol. aquosa)	8.2	-	1	1	1	3	3
Licor de Fehling I (sulfato de cobre)	8.5	H410	1	3	1	3	3
Licor de Fehling II (tartarato de potássio)	8.5	H314	3	1	1	3	3
Oxigénio[α]	8.6,8.7a	H270	1	1	3	1	1
Oxigénio	8.7b	H270	1	1	3	1	3
Oxigénio do ar	8.4,8.11	-	1	1	3	1	1
Parafina (pavio da vela)	8.7	-	1	1	1	3	3

Sulfato de bário	8.11a	-	1	1	1	3	3
Sulfato de cobre(II) anidro	8.1a,8.1b,8.1c	H302: H315; H319; H410	2	3	1	3	3
Sulfato de cobre(II) hidratado	8.1a,8.1b,8.1c	H302: H315; H319; H410	2	3	1	3	3
Sulfato de potássio	8.11d	-	1	1	1	3	3
Tintura azul de tornesol	8.8,8.10	-	1	1	1	3	3

[α]Produto de reagentes renováveis

3.8.1 Resultados

A partir dos dados da Tabela 3.15, apresentam-se nas Figuras 3.22 a análise gráfica do tipo de substâncias utilizadas e respetivos perigos para a saúde humana (Figura 3.22A), ambiente (Figura 3.22B) e físico (Figura 3.22C), tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

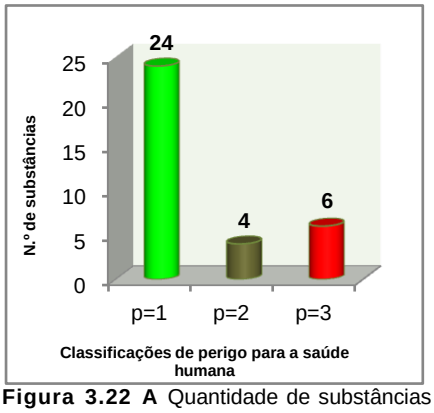


Figura 3.22 A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana

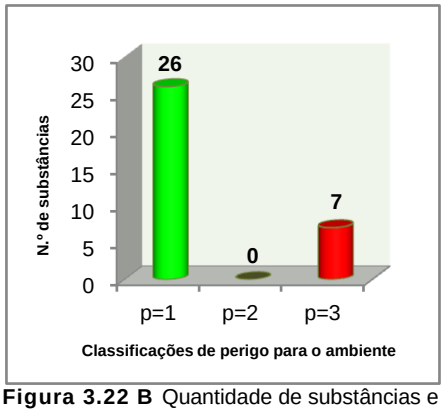


Figura 3.22 B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente

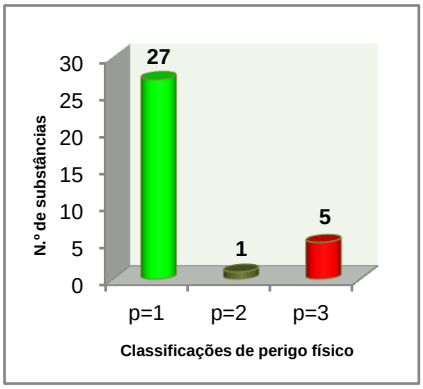


Figura 3.22 C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico

Da Tabela 3.15 é possível retirar os dados necessários para a construção dos gráficos presentes nas Figuras 3.23, que refletem dois aspetos muito importantes na análise da verdura de uma atividade: a degradabilidade (Figura 3.23A) e a renovabilidade (Figura 3.23B) das substâncias utilizadas.

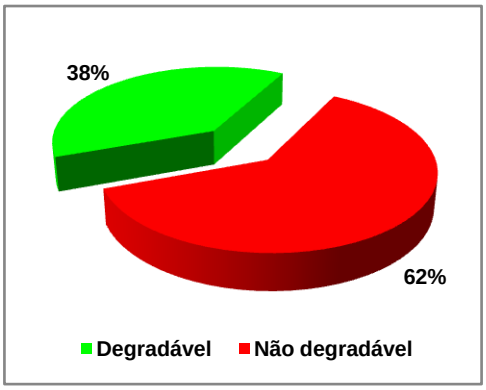


Figura 3.23 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas

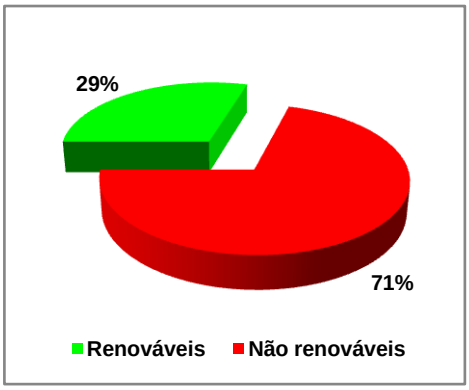
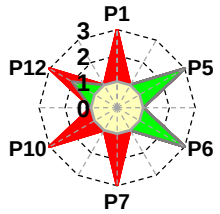
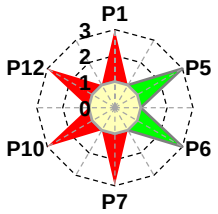
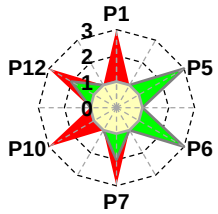
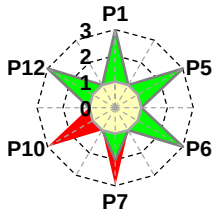
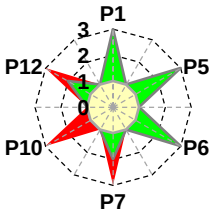
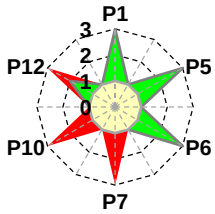
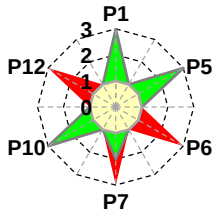
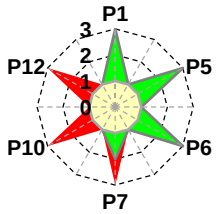
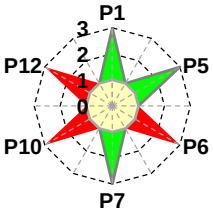
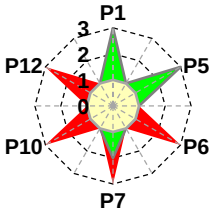
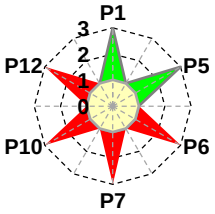
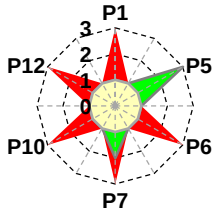


Figura 3.23 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas

Tabela 3.16 apresenta as EV, e respetivos IPE, obtidas para cada atividade.

Tabela 3.16 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas

8. Análise química							
(EV47)	**8.1 a)**[17][23][103][104]	(EV48)	**8.1 b)**[23][103] **8.1 d)**[17][103][104] **8.9**[13][118] **8.10**[13][119]	(EV49)	**8.1 c)**[22][103][104]	(EV50)	**8.2**[13][22][23][105][106][107][108] **8.8**[22][117]
 IPE = 41,67		 IPE = 33,33		 IPE = 50,00		 IPE = 75,00	
8.3 a)(EV51)[13][23][109][110]		(EV52)	**8.3 b)**[15][22][108][109] **8.3 c)**[14][23][108][109]	(EV53)	**8.4**[17][111] **8.11 e)**[13][120][121]	**8.5** (EV54)[13][22][23][112][113][114]	
 IPE = 66,67		 IPE = 58,33		 IPE = 58,33		 IPE = 58,33	
8.6(EV55)[11][13][14][17][21][115]		(EV56)	**8.7 a)**[11][13][14][17][21][116] **8.11 a)**[13][120][121] **8.11 c)**[13][120][121] **8.11 d)**[13][120][121] **8.11 f)**[13][120][121]	(EV57)	**8.7 b)**[17][116] **8.7 c)**[20][116]	**8.11 b)**(EV58)[13][120][121]	
 IPE = 50,00		 IPE = 41,67		 IPE = 33,33		 IPE = 25,00	

3.8.2 Análise das EV

Neste grupo verifica-se a existência de atividades com diferentes métodos para a identificação da mesma substância, fator condicionante da verdura das respetivas estrelas.

Para a identificação da **água**, seja da substância em si seja da sua presença noutros materiais, são usados o sulfato de cobre(II) e o cloreto de cobalto(II), atividades 8.1. Em todas os quinto e sexto princípios são totalmente cumpridos pois não são usados solventes/substâncias auxiliares e as atividades realizam-se a pressão e temperatura

ambientais. Por outro lado nenhuma das atividades obtém pontuação superior a 1 nos princípios P1 e P10, já que existem resíduos com elevado perigo para a saúde e/ou ambiente (as formas hidratadas do sulfato de cobre(II) e do cloreto de cobalto(II)) e substâncias não degradáveis a produtos inócuos. Das atividades referidas a que atinge maior verdura é a que contempla a utilização do sulfato de cobre(II) para identificação da água em diferentes alimentos, atividade 8.1c (EV49), já que estes são renováveis (sendo o P7 pontuado com valor 2) e a única substância que poderia penalizar o princípio P12 é o sulfato de cobre(II), anidro e hidratado, que contempla apenas perigo físico moderado, pontuação 2. A atividade 8.1a (EV47), identificação da água com sulfato de cobre(II), obtém diferente pontuação nestes dois princípios: o sétimo é pontuado com o valor mínimo (não existe nenhuma matéria-prima renovável, água excluída) e o décimo segundo com valor 2 pelo mesmo motivo da atividade anterior. As restantes atividades, que incluem o cloreto de cobalto(II) ou o etanol, partilham a mesma estrela (EV48) e que apresenta menor índice de verdura; os princípios P7 e P12 são ambos pontuados com valor mínimo; respetivamente, porque incluem matérias-primas não renováveis e substâncias com elevado perigo para a saúde humana e/ou físico (o cloreto de cobalto(II), anidro e hidratado, no caso da atividade 8.1b, e o etanol no caso da atividade 8.1d).

A identificação, em determinados alimentos, do **amido**, com solução aquosa de iodo, e do **caráter químico**, com indicadores ácido-base, são caracterizadas pela mesma estrela (EV50). Importa ressalvar que esta verdura decorre, em parte, de duas opções: escolha da solução menos perigosa de alguns dos materiais utilizados, nomeadamente, as soluções aquosas de iodo e de tintura azul de tornesol, inócuas, e exclusão como resíduos das soluções atrás referidas, devido à quantidade ínfima que é necessária para a realização da atividade. Tendo em conta estes critérios os princípios P1, P5, P6 e P12 obtiveram pontuação máxima pela inocuidade dos resíduos, ausência de solventes/substâncias auxiliares, condições de pressão e temperatura ambientais e ausência de substâncias com perigo para a saúde humana e/ou físico. O sétimo princípio é pontuado com valor 2 devido à existência de pelo menos uma matéria-prima renovável, os alimentos, e o décimo com valor 1 pela existência de, pelo menos, uma substância não degradável, as respetivas soluções utilizadas para as diferentes identificações. A identificação da glicose, com o Licor de Fehling (EV54), apresenta uma estrela com verdura igual à anterior, no que diz respeito à pontuação dos princípios P1, P5, P6, P7 e P10 pelas mesmas razões; o décimo segundo princípio tem pontuação mínima pois uma das substâncias

constituintes do Licor de Fehling, o tartarato de potássio, possui perigo elevado para a saúde humana.

Nos manuais avaliados sugere-se a identificação, com água de cal, do **dióxido de carbono** existente na expiração, na água gaseificada e nos produtos da decomposição, por ação do calor, do bicarbonato de sódio, atividades 8.3. Os princípios P1, P5 e P6 são pontuados, em todas elas, com valor máximo (todos os resíduos são inócuos, não existem solventes/substâncias auxiliares e a pressão e temperatura a que decorrem as atividades são as ambientais), o décimo princípio com valor mínimo (existe pelo menos uma substância, a água de cal, não degradável a produtos inócuos) e o décimo segundo com valor 2 (a água de cal apresenta perigo moderado para a saúde humana). O facto de na 8.3a (EV51) a matéria-prima ser renovável (dióxido de carbono da expiração) implica a pontuação 2 para o princípio P7 enquanto nas restantes, 8.3b e 8.3c (EV52), a pontuação deste princípio tem valor mínimo (o dióxido de carbono é o proveniente da água gaseificada ou da decomposição do bicarbonato de sódio logo não é renovável).

Algumas das atividades analisadas sugerem a identificação do etanol, do hidrogénio (produto da decomposição da água) e do oxigénio (produto da decomposição da água, do permanganato de potássio e do óxido de mercúrio) e do caráter químico do amoníaco e do cloreto de hidrogénio, resultantes da decomposição do cloreto de amónio.

A primeira, atividade 8.4 (EV53), possui uma estrela com os princípios P1, P5 e P10 com pontuação máxima, pois todos os resíduos existentes são inócuos, não existem solventes/substâncias auxiliares e todas as substâncias envolvidas são renováveis; a existência de pelo menos uma matéria-prima renovável, o oxigénio, permite pontuar o sétimo princípio com valor 2 e os restantes são pontuados com valor 1, a atividade decorre a pressão ambiental mas a temperatura superior a 100ºC (P6) e o etanol é uma substância com perigo físico elevado (P12).

A identificação do hidrogénio e do oxigénio como produto da decomposição da água, atividades 8.6 e 8.7a respetivamente, têm em comum a pontuação igual a três para os princípios P1 e P5, resíduos inócuos e ausência de solventes/substâncias auxiliares, e igual a 1 para o sexto, décimo e décimo segundo princípios; pressão ambiental e temperatura acima dos 100ºC, substâncias não degradáveis a produtos inócuos e com elevado perigo físico. As duas identificações distinguem-se na pontuação do sétimo princípio pois a do hidrogénio (EV55) envolve apenas matérias-primas renováveis, valor máximo, e na do oxigénio (EV56) só existe uma matéria-prima renovável, implicando pontuação 2. A identificação do oxigénio decorrente das outras

decomposições, 8.7b e 8.7c, possui em comum com as anteriores as justificações e as pontuações para os princípios P1, P5, P6, P10 e P12, sendo apenas penalizada no sétimo princípio com valor mínimo pois não inclui matérias-primas renováveis (EV57).

As atividades 8.9 e 8.10 caracterizam-se pelo mesmo índice de verdura nas suas estrelas (EV48): pontuação máxima para os princípios P5 e P6, pressão e temperatura ambientais e ausência de solventes/substâncias auxiliares, e pontuação mínima para os restantes princípios: o cloreto de hidrogénio e o amoníaco são resíduos com elevado perigo para a saúde humana e/ou ambiente, ausência de matérias-primas renováveis e presença de substâncias não degradáveis e com elevado perigo para a saúde humana e/ou físico (a fenolftaleína além do cloreto de hidrogénio e do amoníaco).

Um dos manuais analisados sugere que os/as estudantes identifiquem os catiões presentes em alguns sais (de bário, cobre, magnésio, potássio, sódio e rubídio), recorrendo a análise por via seca, uma atividade pouco comum neste nível de ensino. Uma vez que é dada a possibilidade de escolher quais os sais a utilizar a análise foi feita incluindo sais o mais inócuos possível em detrimento de outros mais perigosos, o que condicionou favoravelmente a verdura desta atividade, a 8.11. Mesmo assim as estrelas obtidas não se revestem de uma verdura significativa: todas cumprem totalmente o princípio P5, apenas, pois não incluem a utilização de solventes/substâncias auxiliares; possuem valor 2 para o sétimo princípio devido ao uso de pelo menos uma matéria-prima renovável, o oxigénio do ar; e obtêm pontuação mínima nos princípios P6 (a atividade decorre a pressão ambiental mas a temperatura é superior a 100ºC) e P12 (o etanol utilizado para a queima dos sais comporta elevado perigo físico). Dependendo do sal usado, o primeiro e o décimo princípios são pontuados de maneira diferente: ao usar o cloreto de sódio os dois princípios obtêm pontuação máxima já que este sal é inócuo e degradável (EV53), se a atividade incluir sulfato de bário, cloreto de magnésio, sulfato de potássio ou cloreto de rubídio o primeiro princípio tem valor máximo e o décimo valor mínimo pois estes sais são inócuos mas não degradáveis (EV56); e se o sal for o cloreto de cobre(I), perigoso para a saúde humana e para o ambiente e não degradável, os dois princípios são pontuados com valor 1 (EV58).

3.8.3 Propostas para aumentar a verdura

As análises sugeridas pelos manuais implicam substâncias comuns nos laboratórios e métodos de trabalho simples e rápidos e por isso se tornam tão presentes nas aulas das disciplinas. Torna-se assim difícil arranjar alternativas tão, ou mais, viáveis em termos de execução; no entanto nas identificações em que é possível optar por duas substâncias dever-se-á considerar aquela que inclui menos substâncias perigosas: uso do sulfato de cobre(II) em detrimento do cloreto de cobalto(II) para identificação da água, identificação do dióxido de carbono da expiração e do oxigénio e do hidrogénio resultantes da decomposição da água e identificação dos catiões de sais inócuos apenas.

3.8.4 Discussão dos resultados

Pela observação das EV da Tabela 3.16 e da Figura 3.24, onde se evidenciam os valores de IPE existentes nas atividades analisadas, é notória a distribuição das atividades por diversos valores de IPE, sendo que grande parte das atividades se inclui no intervalo de valores entre 33,33 e 58,33.

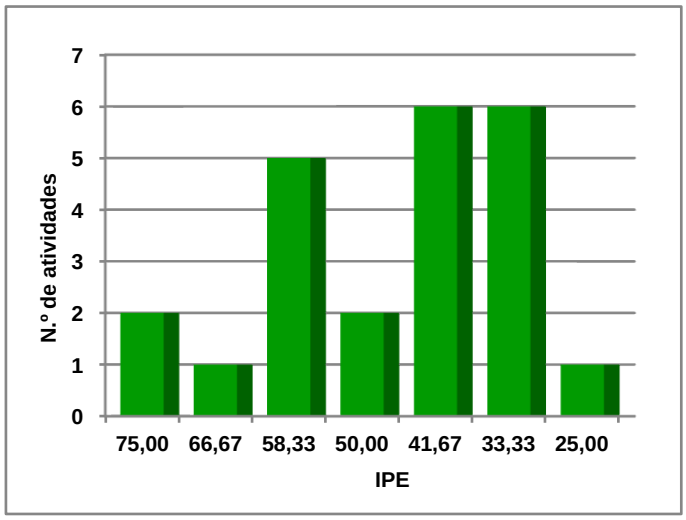


Figura 3.24. Número de atividades por valor de IPE

3.9 Separação de misturas de substâncias

Dando seguimento ao estudo da distinção entre misturas de substâncias e substâncias, com especial atenção ao facto de que os materiais que nos rodeiam são,

na sua grande maioria, misturas; é crucial que os/as estudantes reconheçam a importância, no nosso quotidiano, da separação das substâncias que as constituem. Os processos físicos de separação, e as propriedades físicas das substâncias que estão na base dos mesmos, são apresentados aos estudantes recorrendo a situações práticas do dia a dia em que estes são utilizados, criando uma contextualização importante para a aprendizagem.

As atividades analisadas foram as seguintes:

9.1 Separação do ferro existente nos cereais

9.2 Separação dos componentes da água salgada recorrendo às técnicas da

a) cristalização
b) ebulição do solvente e utilizando uma lamparina de álcool
c) da destilação e utilizando uma placa de aquecimento, ou um destilador solar
d) destilação e utilizando uma lamparina de álcool

9.3 Separação dos componentes de solução aquosa de sulfato de cobre(II)

9.4 Separação dos componentes de solução aquosa de sulfato de magnésio

9.5 Separação dos componentes de uma mistura de acetona e água

9.6 Separação dos componentes de uma mistura de água e óleo alimentar

9.7 Separação dos componentes de uma mistura de água salgada e areia

9.8 Separação dos componentes de uma mistura de areia e arroz

9.9 Separação dos componentes de uma mistura de areia e iodo utilizando uma

a) placa de aquecimento
b) lamparina de álcool

9.10 Separação dos componentes de uma mistura de arroz e pregos de ferro

9.11 Separação dos componentes de pigmentos de

a) corante alimentar
b) drageias coloridas
c) espinafres
d) tinta de marcador

9.12 Separação dos componentes de uma mistura de iodeto de chumbo e nitrato de potássio

9.13 Separação dos componentes de uma mistura de água salgada, etanol e azeite

9.14 Separação dos componentes de uma mistura de água, areia e limalha de ferro

9.15 Separação dos componentes de uma mistura de água, areia e sal de cozinha recorrendo às técnicas da

a) destilação

b) ebulição do solvente

9.16 Separação dos componentes de uma mistura de água, enxofre, limalha de ferro e

a) dicromato de potássio, utilizando a cristalização

b) ou sal de cozinha, utilizando a cristalização

c) ou sulfato de cobre(II), utilizando a ebulição do solvente

9.17 Separação dos componentes de uma mistura de água, areia, iodo, limalha de ferro e sulfato de cobre(II)

9.18 Separação dos componentes de uma mistura de água, areia, etanol, iodo, sal de cozinha e serrim

As atividades contemplam as substâncias listadas na Tabela 3.17.

Tabela 3.17 Pontuação das substâncias quanto aos perigos (regulamentação GHS), degradabilidade e renovabilidade

Substância	Atividade(s)	Regulamentação GHS				Pontuação para…	
		Código de perigo	Pontuação dos perigos para…				
			SH	A	F	D	R
Água	9.1,9.2,9.3,9.4,9.5, 9.6,9.11,9.12,9.14,9.15,9.16,9.18	-	1	1	1	1	1
Água salgada	9.2,9.7,9.13	-	1	1	1	1	1
Acetona	9.5	H225; H319; H336; EUH066	1	1	1	1	1
Areia	9.7,9.8,9.9,9.14,9.15, 9.16,9.17,9.18	-	2	1	3	1	3
Arroz	9.8,9.10	-	1	1	1	1	1
Azeite	9.13	-	1	1	1	1	1
Cereais ricos em ferro	9.1	-	1	1	1	1	1
Corante alimentar	9.11a	-	1	1	1	1	1
Dicromato de potássio	9.16a	H272 (categoria 2); H301; H312; H314; H317; H330; H334; H340; H350; H360; H372; H410	1	1	1	1	3
Drageias coloridas	9.11b	-	3	3	1	3	3
Enxofre	9.16	H228 (categoria 2);H315	1	1	1	1	3
Espinafres	9.11c	-	2	1	2	3	3
Etanol	9.2b,9.2d,9.9b,9.11c, 9.11d,9.13,9.15b,9.18	H225	1	1	1	1	1
Ferro (barra-pregos)	9.10	-	1	1	3	1	3
Ferro (pó/limalha)	9.1,9.14,9.16,9.17	H228 (categoria 1)	1	1	1	3	3
Iodeto de chumbo	9.12	H302; H332; H360; H370; H410	1	1	3	3	3
Iodo	9.9,9.17,9.18	H312;H332;H400	3	3	1	3	3
Iodo (sublimado)	9.9,9.17,9.18	H312;H332;H400	2	3	1	3	3
Nitrato de potássio	9.12	H272 (categoria 3)	2	3	1	3	3
Óleo alimentar	9.6	-	1	1	2	3	3
Papa de cereais	9.1	-	1	1	1	1	1
Papel de filtro	9.7,9.11,9.14,9.15, 9.16,9.17,9.18	-	1	1	1	1	1
Papel de filtro com pigmentos	9.11	-	1	1	1	1	1

Sal de cozinha	9.1b,9.1c,9.1d,9.2, 9.13,9.15,9.16b,9.18	-	1	1	1	1	1
Serrim	9.18	-	1	1	1	1	1
Sulfato de cobre(II)	9.3,9.16c,9.17	H302: H315; H319; H410	1	1	1	1	1
Sulfato de magnésio	9.4	-	2	3	1	3	3
Tinta de marcador	9.11d	-	1	1	1	3	3

3.9.1 Resultados

A partir dos dados da Tabela 3.17, apresentam-se nas Figuras 3.25 os gráficos expressivos do tipo de substâncias utilizadas no que concerne aos perigos para a saúde humana (Figura 3.25A), ambiente (Figura 3.25B) e físico (Figura 3.25C), tendo por base os códigos de perigo (regulamentação GHS).

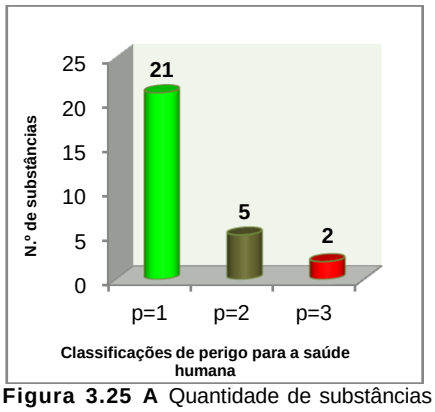


Figura 3.25 A Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para a saúde humana

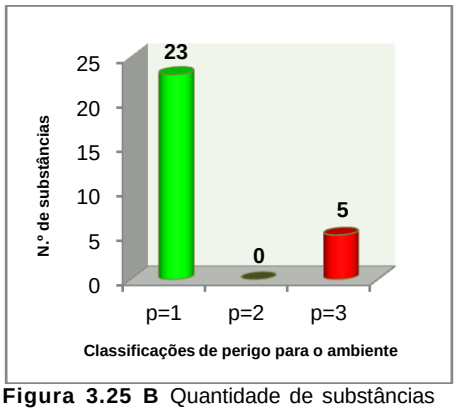


Figura 3.25 B Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade para o ambiente

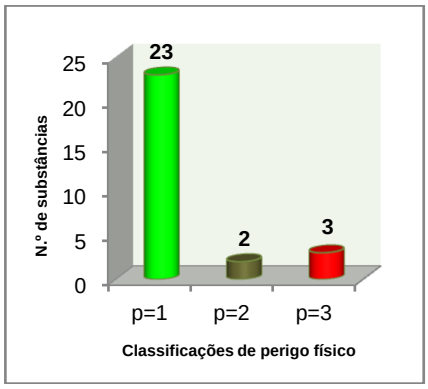


Figura 3.25 C Quantidade de substâncias e respetivo grau de perigosidade físico

Da Tabela 3.17 é possível retirar os dados necessários para a construção dos gráficos presentes nas Figuras 3.26, que refletem dois aspetos muito importantes na análise da verdura de uma atividade: a degradabilidade (Figura 3.26A) e a renovabilidade (Figura 3.26B) das substâncias utilizadas.

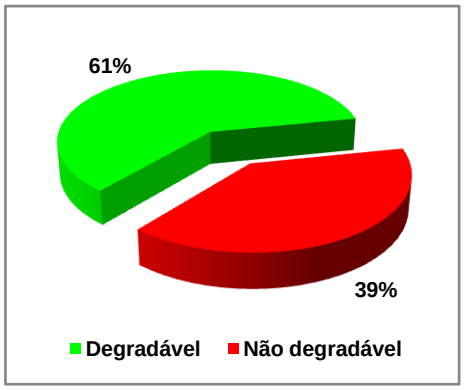


Figura 3.26 A Percentagem de substâncias degradáveis e não degradáveis utilizadas

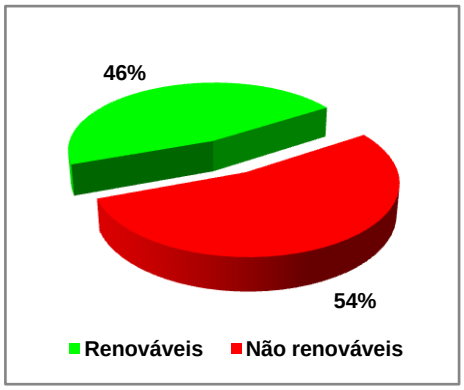
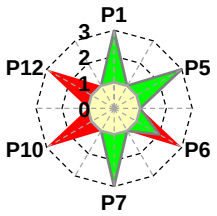
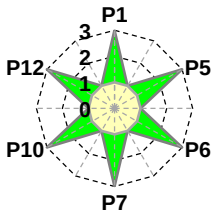
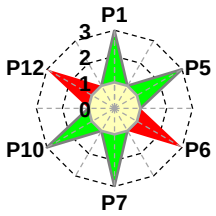
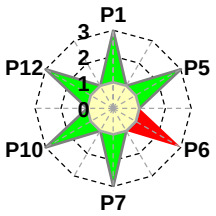
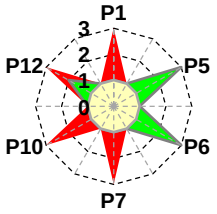
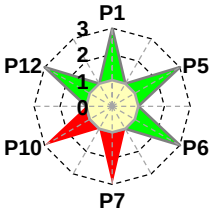
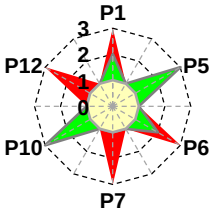
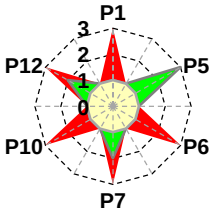
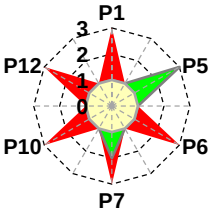
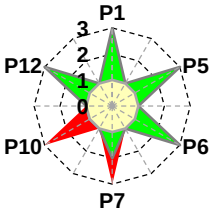
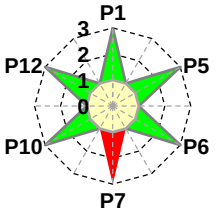
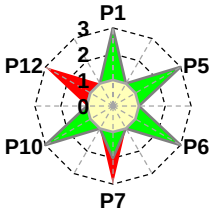
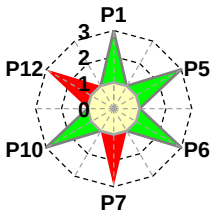
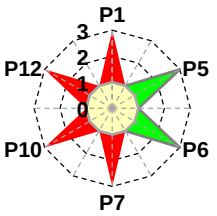
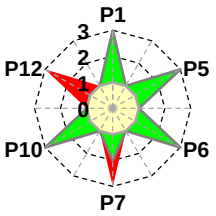
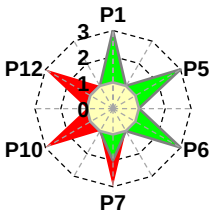
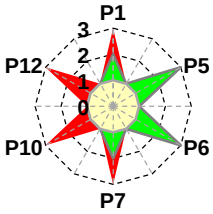
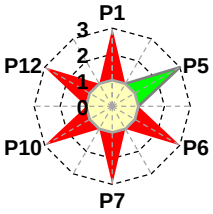


Figura 3.26 B Percentagem de substâncias renováveis e não renováveis utilizadas

A Tabela 3.18 apresenta as EV, e respetivos IPE, obtidas para cada atividade.

Tabela 3. 18 EV, e respetivos IPE, das atividades analisadas

9. Separação de misturas de substâncias						
9.1(EV59)[11][16][122]	(EV60)	**9.2 a)**[11][123] **9.6**[23][127] **9.7**[23][128 **9.8**[23][129]	(EV61)	**9.2 b)**[13][17][123] **9.2 d)**[17][123] **9.15 b)**[17][136]	(EV62)	**9.2 c)**[16][20][23][123] **9.15 a)**[13][136]
 IPE = 58,33		 IPE = 100,00		 IPE = 66,67		 IPE = 83,33
9.3(EV63)[19][23][124]		**9.4**(EV64)[19][125]		**9.5**(EV65)[20][126]		**9.9 a)**(EV66)[23][130]
 IPE = 41,67		 IPE = 66,67		 IPE = 50,00		 IPE = 33,33
(EV67)	**9.9 b)**[11][130] **9.17**[22][138] **9.18**[19][139]	**9.10**(EV68)[23][131]	(EV69)	**9.11 a)**[23][132] **9.11 b)**[13][16][132]	**9.11 c)**(EV70)[20][132]	
 IPE = 25,00		 IPE = 75,00		 IPE = 83,33		 IPE = 75,00
9.11 d)(EV71)[11][14][17][21][23][132]	(EV72)	**9.12**[20][133] **9.16 a)**[14][137]	**9.13**(EV73)[22][134]		**9.14**(EV74)[16][135]	
 IPE = 66,67		 IPE = 33,33		 IPE = 75,00		 IPE = 58,33
9.16 b)(EV75)[20][137]			**9.16 c)**(EV76)[19][137]			
 IPE = 50,00			 IPE = 16,67			

3.9.2 Análise das EV

Das vinte e oito atividades analisadas neste tema apenas 4, a 9.2a, a 9.6, a 9.7 e a 9.8 (EV60), conseguem cumprir integralmente todos os princípios inerentes à QV, devido: à escolha de substâncias sem perigos para a saúde humana e/ou ambiente e/ou físicos, renováveis e degradáveis (como é o caso da água salgada, óleo alimentar, da areia e do arroz); à escolha das técnicas da cristalização, decantação e peneiração (decorrem a pressão e temperatura ambientais) e à ausência de substâncias/solventes auxiliares.

Apenas foram analisadas duas atividades, 9.1 (cereais ricos em ferro) e 9.12 (mistura de iodeto de chumbo e nitrato de potássio), que contemplavam a centrifugação como técnica mas a mistura sugerida na segunda prejudica significativamente a verdura da estrela obtida. Os princípios com igual pontuação nas duas atividades são os quinto, com valor máximo, e com valor mínimo o décimo (existe pelo menos uma substância não degradável) e o décimo segundo (presença de substâncias com perigo elevado para a saúde humana e/ou físico (o ferro no caso da primeira atividade e o iodeto de chumbo no caso da segunda). Além das pontuações referidas, a primeira (EV59) obtém pontuação 3 para primeiro princípio, os resíduos não representam perigo, e para o sétimo, as matérias-primas são renováveis; e pontuação 2 para o sexto princípio (a água deve ser ligeiramente aquecida). A segunda (EV72) tem pontuação máxima para o sexto princípio, e pontuação mínima para o primeiro, devido à presença do iodeto de chumbo que possui perigo elevado para a saúde humana e para o ambiente, e para o sétimo, nenhuma das substâncias envolvidas é degradável.

A atividade 9.10 quase atinge a verdura máxima, mas pelo facto de pretender separar o ferro, por separação magnética, a sua verdura é prejudicada. A separação do arroz dos pregos de ferro (EV68) cumpre integralmente os princípios P1, P5, P6 e P12 mas o sétimo princípio obtém pontuação 2 (só o arroz é renovável) e o décimo pontuação mínima (existência de, pelo menos, uma substância, o ferro, não degradável). A separação do iodo da areia (atividades 9.9) implica, normalmente, a sublimação e, consequentemente, temperaturas acima dos 100ºC (P6 com pontuação 1) sem recurso a solventes/substâncias auxiliares (P5 com pontuação 3); a presença de iodo, com perigo elevado para o ambiente e não degradável, faz com que os princípios P1 e P10 sejam pontuados com 1 mas a areia permite ter pelo menos uma matéria-prima renovável, valor 2 para o P7. A sublimação do iodo feita com placa de aquecimento, 9.9a (EV66) é pontuada com valor 2 no princípio P12, pois o iodo só tem perigo

moderado para a saúde humana, mas ao ser utilizada a lamparina de álcool, atividade 9.9b, com perigo físico elevado, este princípio tem pontuação mínima (EV67).

A separação dos componentes de uma solução aquosa surge, nos vários manuais, segundo diferentes processos, nomeadamente, no que diz respeito às fontes de aquecimento da água e às substâncias utilizadas, dois fatores determinantes na verdura das respetivas estrelas.

A atividade 9.2 sugere a separação dos componentes da água salgada, utilizando ou não a lamparina de álcool, tendo a 9.2a sido já referida no início desta análise. Todas as restantes cumprem integralmente os princípios P1, P5, P7 e P10, devido ao facto dos resíduos serem inócuos, à inexistência de solventes/substâncias auxiliares ou, caso existam, não representarem perigo para a saúde humana e/ou ambiente; e degradabilidade e renovabilidade de todas as substâncias utilizadas. A separação da água salgada através da destilação utilizando a placa de aquecimento, atividade 9.2c (EV62), é a que apresenta maior verdura sendo pontuada no princípio P12 com valor máximo, as substâncias envolvidas não apresentam perigo para a saúde humana e/ou físico, mas com valor mínimo para sexto, devido à necessidade da temperatura superior a 100ºC. As atividades 9.2b e 9.2d apresentam a mesma pontuação 1 para os princípios P6 e P12, devido ao uso da lamparina de álcool para o aquecimento com temperatura superior a 100ºC (EV61).

As atividades 9.3 e 9.4 incluem a separação dos componentes de soluções aquosas de sulfato de cobre(II) e sulfato de magnésio, respetivamente. Naturalmente a verdura destas duas atividades é menor que a das soluções aquosas mas ainda assim a opção pelos sulfatos de cobre(II), ou de magnésio, altera o cumprimento dos princípios da EV. A verdura da atividade do sulfato de magnésio, atividade 9.4 (EV64), é muito semelhante à da atividades 9.2a, cumprindo integralmente os princípios P1, P5, P6 e P12 pelos motivos já apresentados, mas devido ao soluto utilizado, não renovável e não degradável, os sétimo e décimo princípios obtêm pontuação de valor 1. A atividade 9.3 (EV63) apenas obtém pontuação máxima nos quinto e sexto princípios, não existem substâncias/solventes auxiliares e a atividade decorre a pressão e temperatura ambientais; pontuação 2 no princípio P12 já que o sulfato de cobre(II) possui perigo moderado para a saúde humana; e pontuação 1 para os restantes princípios, o sulfato de cobre(II), enquanto resíduo, apresenta perigo elevado para o ambiente e não é renovável ou degradável.

Apesar de incluírem substâncias semelhantes, a verdura das atividades 9.5, separação dos componentes de uma mistura de água e acetona, por destilação utilizando a placa de aquecimento, e 9.13, separação de água salgada, azeite e

etanol, por decantação líquido-líquido, é significativamente distinta pela escolha quer da substância quer da técnica. Ambas cumprem integralmente os princípios P5 e P10, pois não utilizam substâncias/solventes auxiliares e todas as substâncias presentes são degradáveis a produtos inócuos, mas possuem o princípio 12 com valor mínimo: quer a acetona quer o etanol representam perigo físico elevado. No entanto estas substâncias levam a pontuações diferentes no primeiro princípio: a acetona possui risco moderado para a saúde humana, pontuando com valor 2 a respetiva estrela (EV65), enquanto a atividade 9.13 apresenta pontuação 3 (EV73) devido à inocuidade do etanol. A técnica escolhida para cada atividade influencia a pontuação do sexto princípio visto que a destilação, atividade 9.5 (EV65), é feita recorrendo a temperaturas entre 0 e 100ºC, pontuação 2, e a decantação, atividade 9.13 (EV73), é feita à temperatura ambiente, pontuação 3. O princípio sete é melhor pontuado na atividade 9.13 pois esta inclui pelo menos uma matéria-prima renovável, o azeite.

As atividades que sugerem o estudo da cromatografia, enquanto técnica de separação, cumprem um grande número de princípios sendo a verdura prejudicada pela origem dos pigmentos a separar mas também pela inclusão, ou não, de etanol. As estrelas das atividades que utilizam apenas a água para separar os pigmentos do corante alimentar, 9.11a, e de drageias coloridas, 9.11b, apresentam igual verdura (EV69), com todos os princípios com pontuação máxima à exceção do sétimo que tem pontuação mínima devido a não renovabilidade do corante e das drageias. Os pigmentos dos espinafres, 9.11c, são separados recorrendo ao etanol o que prejudica o princípio P12, devido ao perigo físico elevado do etanol, mas com pontuação 2 para o sétimo, pela renovabilidade do espinafre (EV70). A que apresenta menor verdura é a da separação dos pigmentos da tinta de marcador com etanol, atividade 9.11d, semelhante à atividade anterior no que diz respeito ao princípio P12 mas pior no princípio P7 pois as tintas não são renováveis (EV71).

As atividades 9.14 e 9.15, possuem em comum algumas das substâncias a separar (a água e a areia) e também algumas das técnicas escolhidas para o fazer. Todas apresentam pontuação máxima para os primeiro e quinto princípios, os resíduos produzidos não representam qualquer perigo para a saúde humana e/ou físico e não incluem solventes/substâncias auxiliares. A primeira atividade (EV74) apresenta pontuação 3 também para o sexto princípio, a pressão e temperatura são as ambientais; 2 para o sétimo princípio, presença de pelo menos uma matéria-prima renovável, a areia; e 1 para os restantes, presença de pelo menos uma substância não degradável e de uma com perigo físico elevado, a limalha de ferro. As atividades 9.15a e 9.15b distinguem-se por recorrerem a técnicas de separação do sal de cozinha da

água diferentes: a primeira utiliza a destilação (EV62) e a segunda a ebulição do solvente (EV61) o que compromete o décimo segundo princípio que é pontuado com valor 1, no caso da segunda atividade, por ser utilizada a lamparina de álcool. Nos restantes princípios existe igualdade em termos de pontuação: máxima para os princípios P7 e P10, todas as matérias-primas são renováveis e nenhuma substância é não degradável, e mínima para P6, temperatura cima dos 100ºC.

As atividades 9.16 foram analisadas simultaneamente pois apenas diferem num dos componentes a separar e na técnica de separação da solução aquosa. Assim todas apresentam a pontuação máxima para o princípio P5 e pontuação mínima para os princípios P10 e P12, presença de pelo menos uma substância não degradável (todas as misturas incluem enxofre, por exemplo) e de substâncias com perigo físico elevado (a limalha de ferro, por exemplo, que é comum a todas). A que apresenta maior verdura é a atividade 9.16b (EV75) que obtém pontuação máxima para o sexto princípio, devido ao recurso à técnica da cristalização que é feita a pressão e temperatura ambientais; pontuação 2 para os princípios P1 (de entre os resíduos apenas o enxofre apresenta perigo moderado para a saúde humana) e P7 (existe pelo menos o sal de cozinha como matéria-prima renovável). A que utiliza o dicromato de potássio e a cristalização, 9.16a (EV72), apresenta pontuação máxima para o sexto princípio pelas mesmas razões que a anterior e pontuação 1 para os restantes princípios, P1 e P7, já que os resíduos e as matérias-primas incluem o dicromato que possui perigo elevado para a saúde humana e para o ambiente e não é renovável. A atividade 9.16c (EV76) utiliza a ebulição do solvente para separar os vários componentes e inclui o sulfato de cobre(II) na mistura, obtendo pontuação mínima para todos os princípios ainda não referidos, sulfato de cobre com elevado perigo para a saúde humana e para o ambiente, temperatura acima dos 100ºC e todas as matérias-primas não renováveis.

As duas últimas atividades, 9.17 e 9.18, envolvem um grande número de componentes na mistura e, consequentemente, muitas técnicas a utilizar. Obtêm a mesma estrela (EV67) com baixo índice de preenchimento em termos de verdura, em grande parte devido à presença do iodo, substância com elevado perigo para o ambiente, não renovável e não degradável, e da sua sublimação, obrigando a recorrer a temperaturas acima dos 100ºC, implicando que os princípios P1, P6 e P10, sejam pontuados com o valor mínimo. Por outro lado a ausência de solventes/substâncias auxiliares permite pontuar o quinto princípio com valor máximo e o uso de areia, por exemplo, como matéria-prima pontuar o sétimo princípio com valor 2. O princípio P12 obtém a mesma pontuação nas duas atividades, valor 1, mas por motivos diferentes:

na atividade 9.17 é devida à limalha de ferro e na 9.18 ao etanol, ambas substâncias com elevado perigo físico.

3.9.3 Propostas para aumentar a verdura

Neste grupo a verdura das atividades está muitas vezes condicionada às técnicas utilizadas, como por exemplo, a da separação magnética que envolve sempre a presença de materiais metálicos ou a ebulição do solvente e destilação que envolvem sempre aquecimento. No entanto a escolha pelo ferro em limalha implica maior perigo do que o uso de uma barra, por exemplo, e o aquecimento feito com manta, ou placa de aquecimento, também seria mais benéfico do ponto de vista da QV.

Também as técnicas que incluem aquecimento estão, *à priori*, diminuídas na sua verdura mas se a fonte de aquecimento não for a lamparina a verdura da atividade aumenta. A questão da perigosidade das separações de soluções aquosas é facilmente ultrapassada pela simples mudança de soluto (o cloreto de sódio é um sal completamente inofensivo) e recorrendo, exclusivamente, à cristalização enquanto técnica de separação.

Quando se pretende efetuar a separação entre dois líquidos imiscíveis, no caso da atividade 9.5, a opção mais verde passará por utilizar a decantação líquido-líquido em detrimento da destilação mas se por exemplo os líquidos forem miscíveis já não será possível recorrer a esta técnica. No entanto se o objetivo for estudar a técnica da destilação será sempre mais vantajoso, em termos de verdura, utilizar cloreto de sódio, por exemplo, dissolvido em água em vez do etanol.

A sublimação é uma técnica que terá sempre princípios não cumpridos quer devido ao aquecimento necessário quer às substâncias passíveis de sofrer sublimação.

As cromatografias serão sempre mais verdes se só utilizarem a água, excluindo o etanol, e optarem por separar pigmentos de matérias renováveis e degradáveis, como por exemplo os espinafres.

O estudo da centrifugação enquanto técnica de separação facilmente se tornaria uma atividade com maior verdura recorrendo a outras misturas: sangue ou partículas naturais em suspensão em água, por exemplo.

3.9.4 Discussão dos resultados

Pela observação das EV da Tabela 3.18 e da Figura 3.27, onde se evidenciam os valores de IPE existentes nas atividades analisadas, salta a vista o grande número de atividades com valor de IPE superior a 50,00; 4 das atividades conseguem obter um valor de IPE=100,00, o que revela um bom índice de verdura neste grupo.

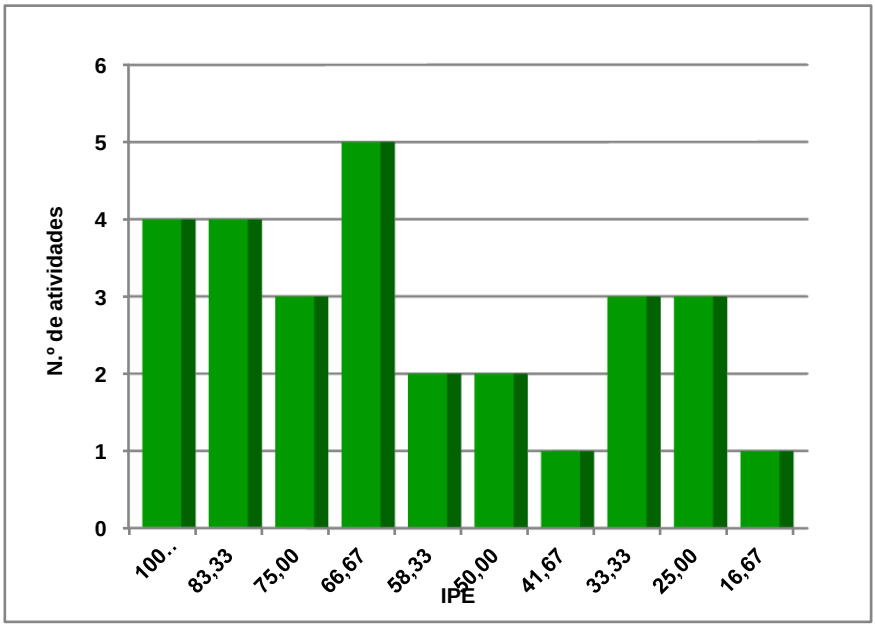


Figura 3.27. Número de atividades por valor de IPE

CAPÍTULO 4

4. Conclusões

4.1 Avaliação da verdura

Tendo em conta o objetivo definido, no capítulo 1, como o aglutinador deste estudo, apresenta-se a análise gráfica resultante e que permite retirar as principais conclusões acerca da verdura das atividades analisadas.

Já foram apresentadas, ao longo da análise individual de cada tema (capítulo 3), o número de substâncias sem perigo, com perigo moderado e com perigo elevado para a saúde humana, o ambiente e físico, utilizadas nas várias atividades. Na totalidade foram analisadas 118 atividades o que corresponde à utilização de 191 substâncias diferentes. Para este número foram contabilizados os diferentes estados físicos da mesma substância (à exceção da água pois é uma substância não incluída na pontuação de muitos dos princípios) e quando se encontrassem dissolvidas em soluções (aquosa ou alcoólica).

De modo a perceber o que acontece, tendo em conta todas as substâncias utilizadas nas atividades analisadas, nas Figuras 4.1 apresenta-se a análise da percentagem de substâncias de acordo com o seu grau de perigosidade, segundo o tipo de perigo apresentado: para a saúde humana Figura 4.1A, para o ambiente, Figura 4.1B, e físico, Figura 4.1C.

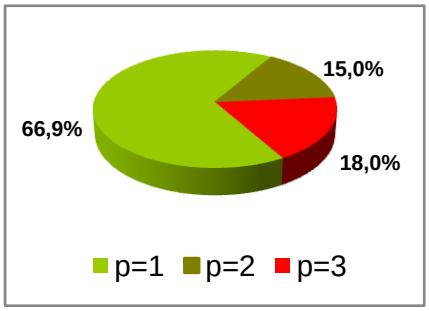


Figura 4.1 A Percentagem de substâncias de acordo com o seu nível de perigosidade para a saúde humana

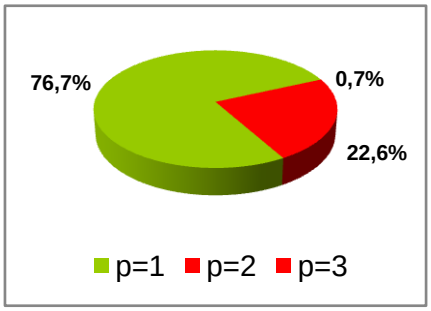


Figura 4.1 B Percentagem de substâncias de acordo com o seu nível de perigosidade para o ambiente

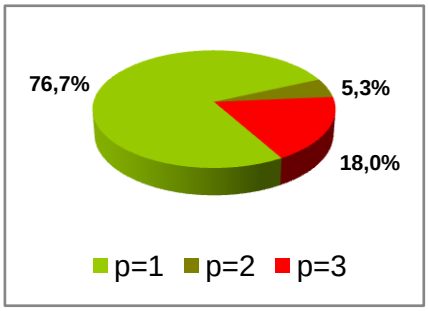


Figura 4.1 C Percentagem de substâncias de acordo com o seu nível de perigosidade físico

Nas Figuras 4.2, os gráficos referem-se à renovabilidade (Figura 4.2A) e degradabilidade (Figura 4.2B) das substâncias.

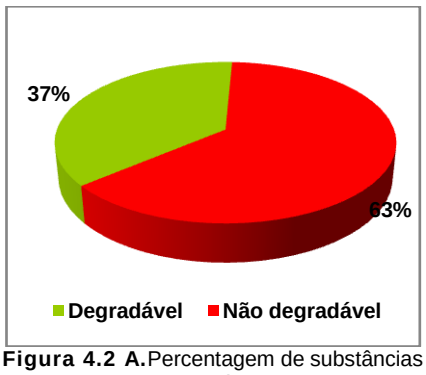


Figura 4.2 A. Percentagem de substâncias degradáveis

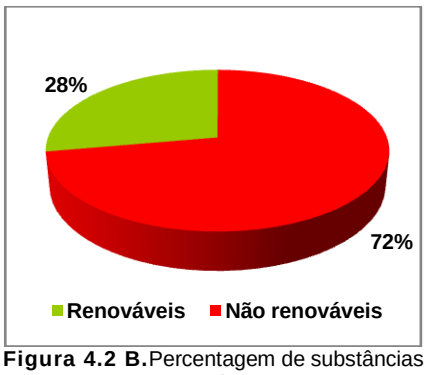


Figura 4.2 B. Percentagem de substâncias renováveis

Dos gráficos apresentados podemos concluir que

- as substâncias sem qualquer perigo estão em maioria relativamente às restantes: 66,9% das substâncias não possui perigo para a saúde humana (Figura 4.1A), 76,7% não representam perigo para o ambiente (Figura 4.1B) nem acarretam qualquer perigo físico (Figura 4.1C);
- os valores percentuais de substâncias sem perigo para o ambiente (Figura 4.1B) e sem perigo físico (Figura 4.1C) são mais elevados do que para as que não possuem perigo para a saúde humana (Figura 4.1A);
- enquanto que a percentagem de substâncias com perigo para a saúde humana se equilibra entre o perigo moderado (15%) e o perigo elevado (18%) (Figura 4.1A), para o ambiente e físico a percentagem de substâncias com perigo elevado é substancialmente maior (pelo menos 3 vezes) do que as com perigo moderado (Figuras 4.1 B e C), cerca de 22% contra 0,6% em termos de perigo para o ambiente e 18% contra 5,3% para o perigo físico;
- a percentagem de substâncias degradáveis utilizadas encontra-se abaixo dos 40% (Figura 4.2A);
- menos de um terço das substâncias utilizadas nas várias atividade é degradável (Figura 4.2B).

Como já foi referido os valores de IPE permitem perceber de um modo imediato, mas mais simplista, o grau de verdura das atividades analisadas. A Figura 4.3 mostra a percentagem de atividades analisadas tendo em conta o seu valor de IPE.

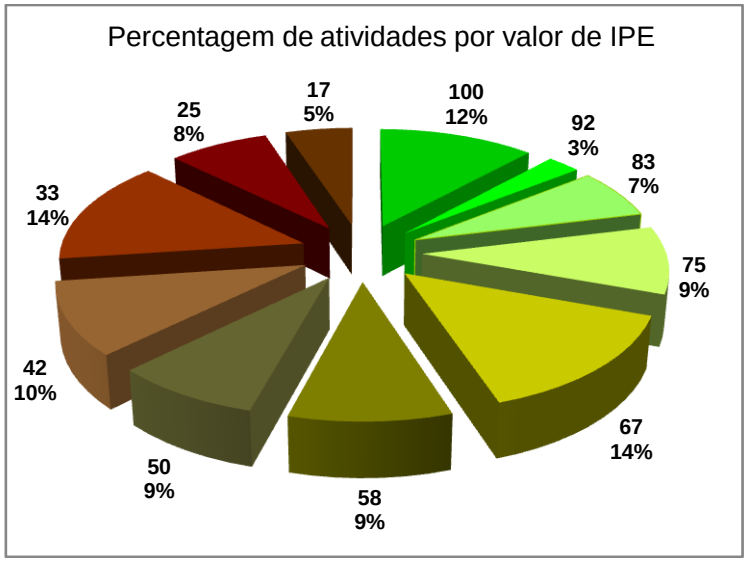


Figura 4.3. Percentagem de atividades por valor de IPE

Facilmente se verifica (Figura 4.3) que mais de metade das atividades analisadas (63%) possuem valores de IPE iguais, ou superiores, a 50,00; valores indicadores de uma verdura razoável das atividades propostas para este nível de escolaridade.

Ao fazermos a análise anterior mas agora por tema obtemos o gráfico presente na Figura 4.4.

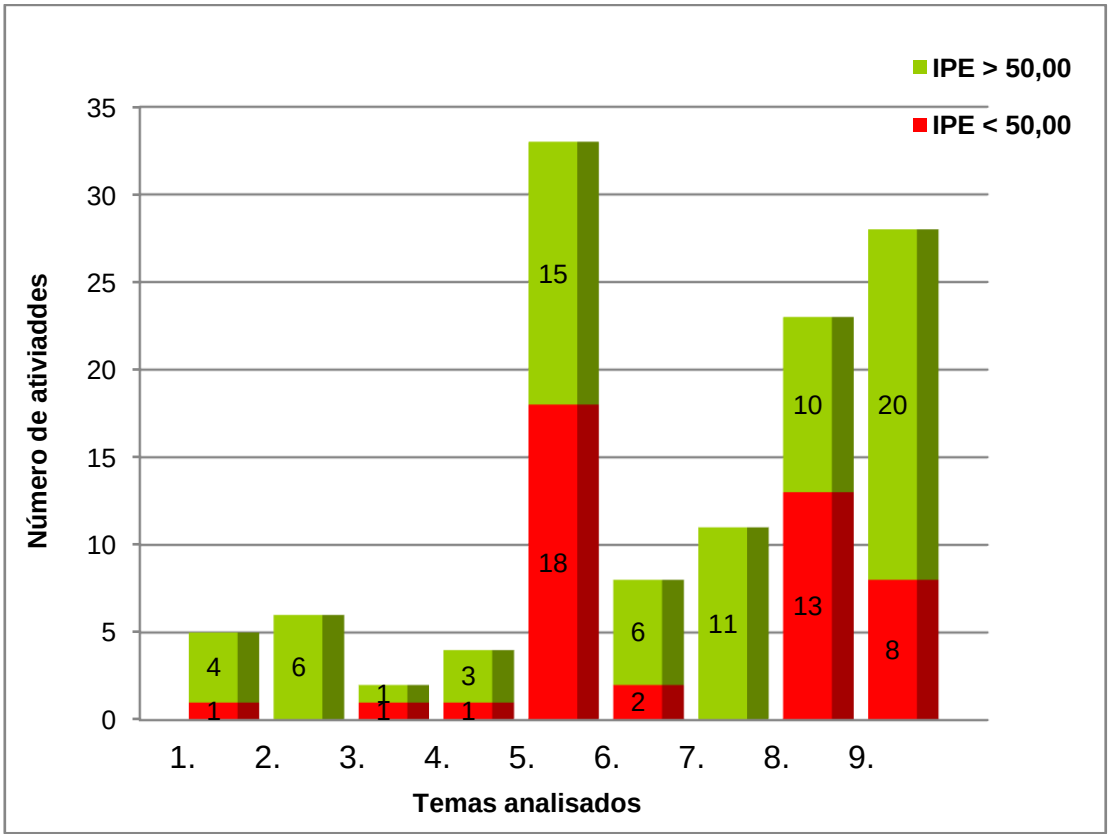


Figura 4.4.Número de atividades, e respetivos valores de IPE, por temas.

As conclusões retiradas serão sempre um pouco limitadas tendo em consideração que há temas com um número significativo de atividades, permitindo, à partida, uma maior diversidade de valores de IPE, enquanto outros incluem poucas atividades. No entanto, e olhando apenas para os valores obtidos, constata-se que os temas com maior número de atividades problemáticas no que diz respeito à verdura são o terceiro (*Preparação de soluções*), o quinto (*Reações químicas*) e o oitavo (*Análise química).* Os temas números cinco (*Reações químicas*) e oito (*Análise química*), são condicionados, em termos das substâncias a escolher, pelos objetivos próprios das atividades mas nos restantes os procedimentos a adotar são mais flexíveis e poder-se-iam melhorar substancialmente.

Outra análise interessante é avaliar a verdura, a partir dos valores de IPE, de cada projeto analisado (Figura 4.5), representado no gráfico da figura pela sua referência e incluindo no mesmo conjunto todos os livros que o constituem.

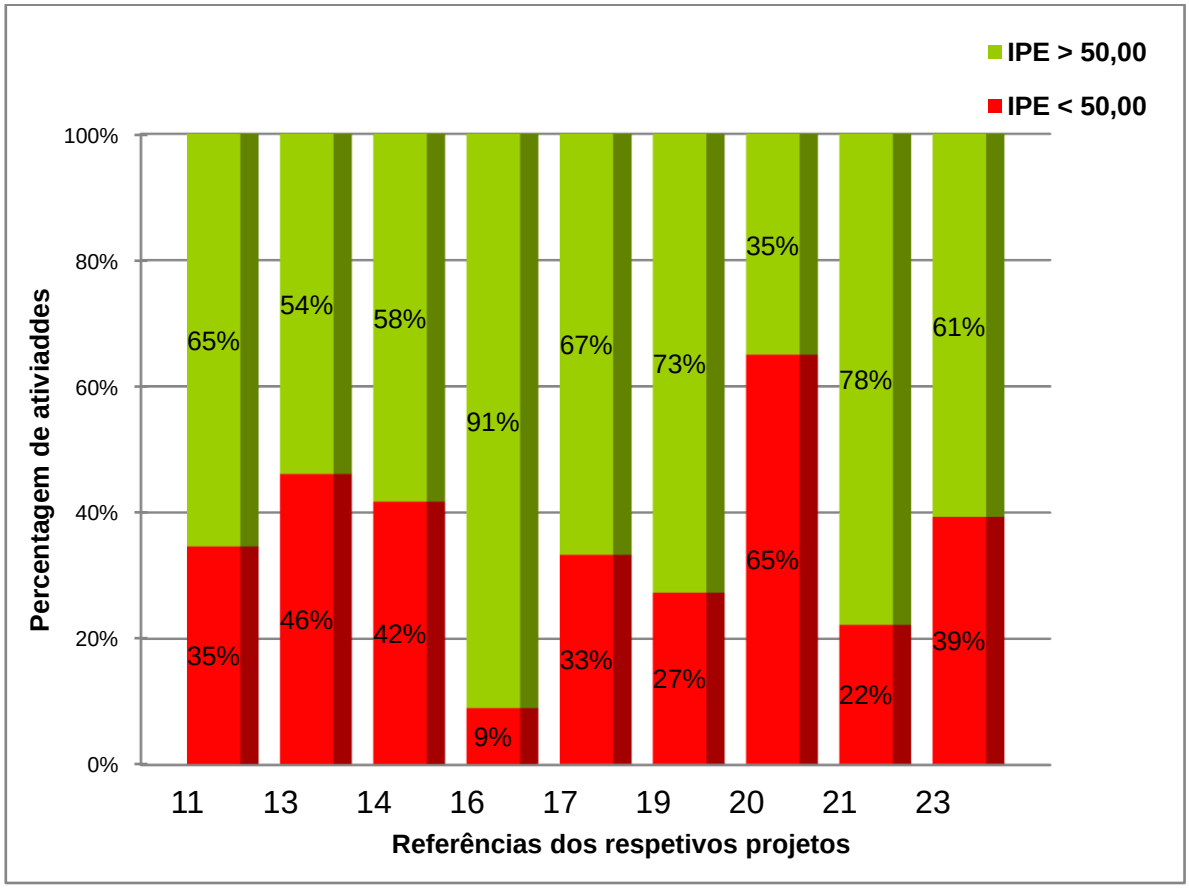


Figura 4.5. Número de atividades, e respetivos valores de IPE, por projeto.

Com este gráfico (Figura 4.5) pretende-se concluir qual o projeto que sugere uma maior percentagem de atividades com verdura significativa, tomando como valor de

comparação o valor 50,00. Ao fazer-se uma análise individual para cada projeto verifica-se que:

- o projeto, de referência **11**, sugere quase 35% de atividades com valores de IPE entre 0 e 41,67;
- os projetos, referidos pelos números **13** e **14**, incluem mais de 50% de atividades com valores de IPE maiores, ou iguais a 50,00;
- mais de 90% das atividades propostas pelo projeto referenciado por **16** tem valores de IPE superiores a 50,00;
- os projetos de referências **17, 19** e **21** apresentam entre 20 e 35 % de atividades com valores de IPE inferiores a 50,00;
- o projeto referido como **20** tem, apenas, 35% de atividades com valores de IPE iguais, ou superiores, a 50,00;
- o projeto de referência **23** apresenta cerca de 60% de atividades com valores de IPE iguais ou, superiores, a 50,00.

Desta análise conclui-se que o projeto com atividades mais verdes, segundo este estudo, é o projeto de referência 16 e o menos verde o projeto referido com o número 20.

4.2 Desenvolvimento profissional e pessoal

O contacto com esta vertente mais verde da Química iniciou-se com a ingressão numa das cadeiras propostas no curso de mestrado, Pedagogia da Química Verde – Educação para a Sustentabilidade, e desde logo os novos conceitos abordados se revelaram uma ferramenta muito útil enquanto docente. Como tantos outros colegas de profissão, a componente prática que desenvolvia nas minhas aulas, maioritariamente no âmbito do Ensino Básico, baseava-se, apenas, nas sugestões dos manuais disponíveis para o respetivo ano de escolaridade; muitas vezes sem lugar a uma reflexão significativa sobre o protocolo apresentado.

Depressa me apercebi que estavam enraizados, na minha prática profissional, materiais e procedimentos que revelavam alguns constrangimentos do ponto de vista ambiental, e num sentido mais lato, de Desenvolvimento Sustentável. Um dos mais gritantes prendia-se com os resíduos produzidos e respetivo tratamento. Em todas as escolas em que lecionei não havia a prática comum de encaminhar os resíduos para empresas responsáveis por este tratamento, ficando as substâncias armazenadas (por

vezes deficitariamente) durante anos na escola. Esta problemática encontra facilmente uma melhoria nos princípios da QV: ao haver uma ponderação inicial sobre qual o processo mais verde a desenvolver para obter determinado objetivo poder-se-á evitar uma maior quantidade de resíduos ou então obter resíduos menos perigosos. E esta ponderação só é possível se os docentes estiverem na posse das mais diversas informações (níveis de perigosidade, renovabilidade, degradabilidade) relativamente às substâncias que vão manusear.

Para desenvolver este estudo foi necessário recorrer às fichas SDS das substâncias, saber onde as encontrar e mais importante interpretá-las; ações que tomei pela primeira vez na minha prática docente durante este trabalho pois a recolha de informação sobre as substâncias que utilizava cingia-se apenas à observação dos respetivos rótulos.

A análise das várias atividades propostas pelos vários livros dos projetos trouxe um conhecimento muito mais profundo, não só sobre as características das substâncias, mas também sobre os vários processos a que estas são sujeitas durante as atividades. Ou seja, neste momento a minha preparação para entender, e consequentemente explicar, determinados processos é muito mais sólida e vasta, uma mais-valia para o objetivo principal da minha profissão, explicar. Durante esta análise, e porque do estudo fazem parte algumas sugestões de melhoria da verdura das atividades, toda a minha prática docente, que se relaciona com o Ensino Básico e em especial com o sétimo ano de escolaridade, se revolucionou face ao conhecimento adquirido, mais atento e inquiridor, no que à verdura diz respeito.

Logicamente, e porque acredito que neste momento só é professor quem efetivamente gosta da profissão, o conhecimento que adquiri enquanto professora transbordou para a minha vertente enquanto cidadã. Por me ter tornado mais atenta para a necessidade de instruirmos os nossos estudantes no sentido de também eles serem mais precavidos com o ambiente e pelo simples facto de me sentir mais formada e educada neste aspeto.

Acreditar que com este trabalho poderei contribuir para alertar, quer docentes quer autores de projetos escolares, para uma melhor sustentabilidade do planeta a começar na escola, reveste-se de um sentimento de orgulho pelo resultado alcançado e de contribuição para a sociedade.

4.3 Implicações educacionais

Toda a lógica dos resultados apresentados assenta no pressuposto de que este trabalho será de maior relevância para os docentes do que propriamente para os/as estudantes; principalmente pela pouca maturidade que estes revelam neste nível de escolaridade. No entanto considero que facilmente um/uma estudante desta faixa etária conseguiria optar corretamente por um de dois processos que lhe fossem apresentados com o mesmo objetivo, apenas por comparação das EV e do valor de IPE. As conclusões que se retiram da visualização da estrela são muito intuitivas, desde que seja explicado ao jovem o que se está a comparar.

Um pouco mais complexo, quer para docentes quer para estudantes, será todo o processo para chegar à construção das EV; no entanto a sua compreensão será facilitada se os intervenientes estiverem familiarizados com o sistema GHS e os critérios para a análise da verdura tendo por base a EV e que agilizou este tipo de estudo[(140)].

Naturalmente este estudo pretende ser uma ferramenta mais direcionada para os docentes, até porque é muito atual no que às atividades diz respeito. A consulta das fichas elaboradas, e disponíveis no Catálogo de Verdura[(28)], é rápida e muito prática, ficando o docente com as informações mínimas necessárias para fazer a sua opção de qual a melhor atividade a desenvolver.

5. Referências

(1) Anastas, P.T.; Warner, J. C.; *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press, London, 1998.

(2) Lancaster, M.; *Green Chemistry – An Introductory Text*, The Royal Society of Chemistry, 2002.

(3) Winterton, N.; *Twelve more green chemistry principles*, Green Chemistry **3,** 2001, G73- G75.

(4) Anastas P. et al, *Exploring Opportunities in Green Chemistry and Engineering Education – A Workshop to the Chemical Sciences Roundtable*, The National Academy Press, Washington, 2007.

(5) Bello, A.; Caldeira, H.; Costa, J. A. L.; Lopes, J. M. G; Magalhães, M. C.; Martins, I. P; Patrício, A.; Pina, E. P.; Pinto, P.; San-Bento, C.; Simões, M. O.; Simões, T. S.; Soares, T., *Programa de Física e Química A, 10º ou 11º anos, Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*, Ministérios da Educação, Departamento do Ensino Secundário, 2001, disponível em *http://dge.mec.pt/data/ensinosecundario/Programas/fisica_quimica_a_10.pdf*, (acedido em Ago 2014).

(6) Bello, A.; Caldeira, H.; Costa, J. A. L.; Lopes, J. M. G; Magalhães, M. C.; Martins, I. P; Patrício, A.; Pina, E. P.; Pinto, P.; San-Bento, C.; Simões, M. O.; Simões, T. S.; Soares, T., *Programa de Física e Química A, 10º ou 11º anos, Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*, Ministérios da Educação, Departamento do Ensino Secundário, 2003, disponível em *http://dge.mec.pt/data/ensinosecundario/Programas/fisica_quimica_a_11.pdf*, (acedido em Ago 2014).

(7) Braguez, F.; Damião H.; Ferreira, A. J.; Festas I.; Fiolhais C.; Matos, M. G.; Nogueira R.; Portela, C.; Rodrigues S.; Ventura G.; *PROGRAMA DE FÍSICA E QUÍMICA A, 10.º e 11.º anos, Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*, Ministérios da Educação e da Ciência, 2014, acessível em *http://www.dgidc.min-edu.pt/metascurriculares/data/metascurriculares/E_Secundario/programa_fqa_10_11.pdf* (acedido em Ago 2014)

(8) Freire A. M.; Galvão C.; Lopes A. M. S.; Neves A.; Oliveira M. T.; Pereira M.; Santos M. C.; Vilela M. C.; *Orientações Curriculares do 3.º Ciclo para as Ciências Físicas e Naturais*, Ministério da Educação - Departamento da Educação Básica, 2001, acessível em *http://dge.mec.pt/metascurriculares/data/metascurriculares/E_Basico/eb_cfn_orient_curriculares_3c.pdf* (acedido em Ago 2014)

(9) Costa, D. A.; Machado, A. A. S. C.; Ribeiro, M. G. T. C.; *Análise da Verdura das Actividades Laboratoriais do 10º Ano do Ensino Secundário*, Química, Bol. S.P.Q.**115,** 2009, 41-49.

(10) Costa, D. A.; Machado, A. A. S. C.; Ribeiro, M. G. T. C.; *Análise da Verdura das Actividades Laboratoriais do 11º Ano do Ensino Secundário* Química, Bol. S. P. Q., **2011**, 123, 63.

(11) Antunes, C. M.; Costa, A.; Ferreira, F. *Laboratorium 7- Ciências Físico-Químicas* Areal Editores, S.A, Porto, 2012.

(12) Antunes, C. M.; Costa, A.; Ferreira, F. *Laboratorium 7- Ciências Físico-Químicas- Caderno de atividades* Areal Editores, S.A, Porto, 2012.

(13) Bastos, G.; Costa, J. A. *A Terra em Transformação - Ciências Físico-Químicas – volume 2;* Editorial o Livro, Lisboa, 2002.

(14) Beleza, M. D.; Cavaleiro, M. N. G.C. *Novo FQ 7* Asa Editores II, S.A, Lisboa, 2012.

(15) Beleza, M. D.; Cavaleiro, M. N. G.C. *Novo FQ 7- Caderno de atividades* Asa Editores II, S.A, Lisboa, 2012.

(16) Castro, A. F.; Correia, E.; Januário, D. N. *Explora 7 - Ciências Físico-Químicas,* Porto Editora, Porto, 2012.

(17) Costa, S.; Fiolhais, C.; Fiolhais, M.; Gil, Victor; Morais, C.; *Universo FQ 7ºano* Texto Editores Lda, Lisboa, 2012.

(18) Costa, S.; Fiolhais, C.; Fiolhais, M.; Gil, Victor; Morais, C.; *Universo FQ 7ºano – Caderno de Atividades* Texto Editores Lda, Lisboa, 2012.

(19) Duarte, C. A.; Maciel, N. *À Descoberta do Planeta Azul 7 - Terra em Transformação CFQ* Porto Editora, 2012.

(20) Lopes, F.; Pires, I.; Ribeiro, S. *Desafios 7ºano – Ciências Físico-Químicas* Santillana, Carnaxide, 2012.

(21) Rebelo, A. A.; Rebelo, F. *C=FQ$_7$ Terra em Transformação* Raiz Editora, Lisboa, 2012.

(22) Rebelo, A. A.; Rebelo, F. *C=FQ$_7$ Terra em Transformação – Caderno de Laboratório* Raiz Editora, Lisboa, 2012.
(23) Resende, F.; Ribeiro, M.; Silva, A. J.; Simões, C.; *Zoom 7 – Terra em Transformação, Ciências Físico-Químicas,* Areal Editores, Porto, 2012.
(24) A. A. S. C. Machado, "*Química e Desenvolvimento Sustentável – QV, QUIVES, QUISUS*", Boletim S. P. Q. **95** (2004) 59-67.
(25) Sítio oficial MERCK - Empresa da área Farmacêutica e dos Químicos, acessível a partir de *http://www.merckmillipore.com/PT/en* (acedido Ago 2014)
(26) Sítio oficial SIGMA-ALDRICH - Empresa da área Farmacêutica e dos Químicos, acessível a partir de *https://www.sigmaaldrich.com/safety-center.html* (acedido Ago 2014)
(27) Sítio oficial LABCHEM - Empresa de produtos químicos, acessível a partir de *http://www.labchem.com/* (acedido Set 2014)
(28) Catálogo Digital de Verdura de Atividades Laboratoriais para o Ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias* acedido Set 2014)
(29)Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/53* (acedido Set 2014)
(30)Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/5* (acedido Set 2014)
(31)Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/70* (acedido Set 2014)
(32)Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/85* (acedido Set 2014)
(33)Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/71* (acedido Set 2014)
(34)Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/72* (acedido Set 2014)
(35)Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/73* (acedido Set 2014)
(36)Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/66* (acedido Set 2014)
(37)Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/44* (acedido Set 2014)
(38)Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/45* (acedido Set 2014)
(39)Informações sobre o brometo de prata, acessível a partir de *http://pt.wikipedia.org/wiki/Brometo_de_prata* (acedido em Ago 2014)
(40)Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/74* (acedido Set 2014)
(41)Informações sobre a fusão do chocolate, acessível a partir de *http://ativista.wordpress.com/2008/03/11/como-derreter-chocolate-corretamente/* (acedido em Ago 2014)
(42)Informações sobre a fusão do chocolate, acessível a partir de *https://www.nestleprofessional.com/brazil/pt/SiteArticles/Pages/chocolates_destaques.aspx?UrlReferrer=https%3a%2f%2fwww.google.pt%2f* (acedido em Ago 2014)
(43)Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/75* (acedido Set 2014)
(44)Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/77* (acedido Set 2014)
(45)Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/76* (acedido Set 2014)
(46)Informações sobre a sublimação do iodo, acessível a partir de *https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&cad=rja&uact=8&ved=0CFMQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww.educacionquimica.info%2Finclude%2Fdownloadfile.php%3Fpdf%3Dpdf1295.pdf&ei=g-*

boU6XEG4ec0QXg8YCIBA&usg=AFQjCNHuBpxet6x0Va91GxT95tGqZ0rovQ&sig2=6Vi0TEYmykDGjshiDkORIg (acedido Ago 2014)

(47) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/130 (acedido Set 2014)

(48) Informações sobre a decomposição, por ação do calor, do bicarbonato de sódio, acessível a partir de http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0100-40422003000400026&script=sci_arttext (acedido Set 2014)

(49) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/131 (acedido Set 2014)

(50) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/133 (acedido Set 2014)

(51) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/134 (acedido Set 2014)

(52) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/161 (acedido Set 2014)

(53) Informações sobre a decomposição, por ação do calor, do açúcar, acessível a partir de http://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/resources/highschool/chemmatters/archive/chemmatters-december-2010-sugar-an-unusual-explosive.pdf (acedido Set 2014)

(54) Informações sobre a decomposição, por ação do calor, do açúcar, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/experiencias_detalhe.php?id=199 (acedido Set 2014)

(55) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/116 (acedido Set 2014)

(56) Informações sobre a decomposição, por ação do calor, do magnésio, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/ficheiros/fichas/828/introdu%E7ao.pdf (acedido Set 2014)

(57) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/114 (acedido Set 2014)

(58) Informações sobre a combustão da vela acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/documentosespeciais/vela/vela.ppt (acedido Set 2014)

(59) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/141 (acedido Set 2014)

(60) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/143 (acedido Set 2014)

(61) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/156 (acedido Set 2014) garrafa azul

(62) Informações sobre a oxidação-redução da glicose, catalisada pelo azul de metileno, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/v2/ficheiros/fichas/879/Introdu%E7%E3o.pdf (acedido Set 2014)

(63) Informações sobre a oxidação-redução da glicose, pelo azul de metileno, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/ficheiros/fichas/1039/Oxida%E7%E3o%20e%20Redu%E7%E3o%20da%20Glucose%20atrav%E9s%20do%20Licor%20de%20Fheling.pdf (acedido Set 2014)

(64) Informações sobre a oxidação-redução da glicose, catalisada pelo azul de metileno, acessível a partir de http://www.math.colostate.edu/~shipman/47/volume12009/hamilton.pdf (acedido Set 2014)

(65) Informações sobre a oxidação-redução da glicose, catalisada pelo azul de metileno, acessível a partir de http://chemed.chem.purdue.edu/demos/main_pages/19.1.html (acedido Set 2014)

(66) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/157 (acedido Set 2014)

(67) Informações sobre a eletrolise, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/ficheiros/fichas/836/Introdu%E7%E3o.pdf (acedido Set 2014)

(68) Informações sobre a eletrolise da agua, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/ficheiros/fichas/1028/Electr%F3lise%20da%20%E1gua.pdf (acedido Set 2014)

(69) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/111, protocolos b) e c) (acedido Set 2014)

(70) Informações sobre eletrolise do cloreto de cobre(II), acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/ficheiros/fichas/1030/Electr%F3lise%20do%20Cloreto%20de%20Cobre.pdf* acedido Set 2014)

(71) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/165* (acedido Set 2014)

(72) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/166* (acedido Set 2014)

(73) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/167 (acedido* Set 2014)

(74) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/168* (acedido Set 2014)

(75) Informações sobre a reação do ácido nítrico com o cobre, inserido no estudo do ciclo do cobre, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/ficheiros/fichas/1204/Ciclo_cobre_intro.pdf* (acedido Set 2014)

(76) Informações sobre a reação do ácido nítrico com o cobre, inserido no estudo do ciclo do cobre, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/ficheiros/fichas/1231/Prot_micro_otim.pdf* (acedido Set 2014)

(77) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/107* (acedido Set 2014)

(78) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/92* protocolo a) (acedido Set 2014)

(79) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/169* (acedido Set 2014)

(80) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/94* protocolo a) (acedido Set 2014)

(81) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/95* protocolos b) e c) (acedido Set 2014)

(82) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/127* protocolos a) e b) (acedido Set 2014)

(83) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/170* (acedido Set 2014)

(84) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/109* (acedido Set 2014)

(85) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/171* (acedido Set 2014)

(86) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/172* (acedido Set 2014)

(87) Ellis H. *Book of Data* Revised Nuffield Advanced Science, Nuffield – Chelsea Curriculum Trust, Longman, Group Limited, Essex, 1984

(88) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/173* (acedido Set 2014)

(89) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/177* (acedido Set 2014)

(90) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/178* (acedido Set 2014)

(91) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/179* (acedido Set 2014)

(92) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/180* (acedido Set 2014)

(93) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/181* (acedido Set 2014)

(94) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/182* (acedido Set 2014)

(95) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/183* (acedido Set 2014)

(96) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/184* (acedido Set 2014)

(97) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/185* (acedido Set 2014)

(98) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/186* (acedido Set 2014)

(99) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/187* (acedido Set 2014)

(100) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/188* (acedido Set 2014)

(101) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/189* (acedido Set 2014)

(102) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/190* (acedido Set 2014)

(103) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/191* (acedido Set 2014)

(104) Informações sobre a identificação da água com sulfato de cobre(II), acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/experiencias_detalhe.php?id=168* (acedido Set 2014)

(105) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/192* (acedido Set 2014)

(106) Braathen P. C; Rubinger M. M. M; Teófilo, R. F., *Reação relógio iodeto/iodo,* Química Nova na Escola, **16**, 41-44, 2002. Acessível em *http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16_A10.pdf* (acedido Set 2014)

(107) Informações sobre a identificação do amido com o iodo, acessível em *http://pontociencia.org.br/gerarpdf/index.php?experiencia=172* (acedido Set 2014)

(108) Informações sobre a identificação do amido com o iodo, acessível em *http://www.engquimicasantossp.com.br/2012/03/reacao-de-landolt.html* (acedido Set 2014)

(109) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/193* (acedido Set 2014)

(110) Silva J. L. da; Stradiotto N. R.; *Soprando na água de cal,* Química Nova na Escola, **10**, 51-53, 1999. Acessível em *http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/exper2.pdf* (acedido Set 2014)

(111) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/194* (acedido Set 2014)

(112) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/195* (acedido Set 2014)

(113) Cardoso R. L.; Costa J. A.; Fadigas F. S.; Fonseca A. A.;Tavares J. T. Q., *Interferência do ácido ascórbico na determinação de açúcares redutores pelo método de Lane e Eynon,* Química Nova, Vol 33, No. 4, 805-809, 2001. Acessível em *http://www.scielo.br/pdf/qn/v33n4/08.pdf* (acedido Set 2014)

(114) Informações sobre a identificação da glicose com o licor de Fehling, acessível em *http://www.explicatorium.com/LAB_Detecao_de_glicose_e_frutose.php* (acedido Set 2014)

(115) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/196* (acedido Set 2014)

(116) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/197* (acedido Set 2014)

(117) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/198* (acedido Set 2014)

(118) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/199* (acedido Set 2014)

(119) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/200* (acedido Set 2014)

(120) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/201* (acedido Set 2014)

(121) Informações sobre a identificação de catiões (análise química por via seca), acessível em *http://educa.fc.up.pt/experiencias_detalhe.php?id=166* (acedido Set 2014)

(122) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/203* (acedido Set 2014)
(123) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/204* (acedido Set 2014)
(124) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/61* (acedido Set 2014)
(125) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/207* (acedido Set 2014)
(126) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/208* (acedido Set 2014)
(127) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/209* (acedido Set 2014)
(128) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/210* (acedido Set 2014)
(129) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/211* (acedido Set 2014)
(130) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/212* (acedido Set 2014)
(131) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/213* (acedido Set 2014)
(132) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/214* (acedido Set 2014)
(133) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/215* (acedido Set 2014)
(134) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/216* (acedido Set 2014)
(135) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/217* (acedido Set 2014)
(136) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/218* (acedido Set 2014)
(137) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/219* (acedido Set 2014)
(138) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/220* (acedido Set 2014)
(139) Catálogo digital de verdura de atividades laboratoriais para o ensino da Química Verde, acessível a partir de *http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/experiencias/221* (acedido Set 2014)
(140) Machado, A. A. S. C.; Ribeiro, M. G. T. C; Yunes, S. F. "*Assessing the Greenness of Chemical Reactions in the Laboratory Using Updated Holistic Graphic Metrics Based on the Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals*" Journal of Chemical Education, (2014)

6. Anexos

Anexo I

OS DOZE PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE

Tabela 6.1 Os Doze Princípios da Química Verde

PRINCÍPIOS DA QV	DESCRIÇÃO
P1 - Prevenção	É melhor prevenir a formação de resíduos do que ter de tratá-los, depois de se terem criado, para eliminar as suas propriedades tóxicas
P2 – Economia Atómica	Os métodos sintéticos devem ser planificados de modo a maximizar a incorporação no produto final de todas as substâncias usados ao longo do processo.
P3 – Sínteses Menos Perigosas	Sempre que possível, os métodos sintéticos devem ser planificados de modo a usar e produzir substâncias não tóxicas (ou pouco tóxicas) para a saúde humana e a ecosfera.
P4 – Planificação a nível molecular de produtos mais seguros	Os produtos químicos devem ser planificados a nível molecular de modo a cumprir as funções desejadas e a minimizar a sua toxicidade
P5 - Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras	O uso de substâncias auxiliares (solventes, agentes para promover separações, etc) deve ser evitado sempre que possível; quando usados, esses agentes devem ser inócuos.
P6 - Planificação para conseguir eficiência energética	Deve-se reconhecer os impactos económicos e ambientais dos requisitos energéticos dos processos químicos e minimizá-los; quando possível, os métodos sintéticos devem ser realizados à temperatura e pressão ambientais ou próximas destas.
P7 - Uso de matérias-primas renováveis	Sempre que for técnica e economicamente praticável, devem-se usar matérias-primas e recursos renováveis de preferência a não renováveis
P8 - Redução das derivatizações	Devem-se minimizar ou, se possível, evitar derivatizações (uso de grupos bloqueadores, de passos de proteção/desproteção, e de modificações temporárias na molécula para permitir processos físicos/químicos) porque tais etapas requerem reagentes adicionais e podem produzir resíduos
P9 - Catalisadores	Devem-se preferir reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) a reagentes estequiométricos.
P10 - Planificação para a degradação	Os produtos químicos devem ser planificados a nível molecular de modo que no fim do seu uso não persistam no ambiente e se decomponham em produtos de degradação inócuos.
P11 - Análise para a prevenção da poluição em tempo real	Deve-se procurar usar métodos analíticos que permitam monitorização direta dos processos de fabrico em tempo real e controlo precoce da formação de substâncias perigosas.
P12 – Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes	As substâncias usadas e as formas da sua utilização nos processos químicos de fabrico devem minimizar o potencial de ocorrência de acidentes químicos, tais como fugas, explosões e incêndios.

Anexo II

CLASSES E CATEGORIAS DE PERIGO (GHS)

Tabela 6.2 Classes e categorias de perigo (GHS)

Perigos	Classes de perigo	Categorias de perigo
Perigos físicos	Explosivos	- Explosivos instáveis - Divisões 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6
	Gases inflamáveis (incluindo gases quimicamente instáveis)	- Categorias 1, 2 - Categoria A (gases quimicamente instáveis) - Categoria B (gases quimicamente instáveis)
	Aerossóis	- Categorias 1, 2, 3
	Gases comburentes	- Categoria 1
	Gases sob pressão	- Gases comprimidos - Gases liquefeitos - Gases liquefeitos refrigerados - Gases dissolvidos
	Líquidos inflamáveis	- Categorias 1, 2, 3, 4
	Sólidos inflamáveis	- Categorias 1, 2
	Substâncias e misturas auto-reativas	- Tipo A - Tipo B - Tipos C e D - Tipos E e F - Tipo G
	Líquidos pirofóricos	- Categoria 1
	Sólidos pirofóricos	- Categoria 1
	Substâncias e misturas suscetíveis de auto-aquecimento	- Categorias 1, 2
	Substâncias e misturas que libertam gases inflamáveis em contacto com água	- Categorias 1, 2, 3
	Líquidos comburentes	- Categorias 1, 2, 3
	Sólidos comburentes	- Categorias 1, 2, 3
	Peróxidos orgânicos	- Tipo A - Tipo B - Tipos C e D - Tipos E e F - Tipo G
	Substâncias e misturas corrosivas para os metais	- Categoria 1
Perigos para a saúde humana	Toxicidade aguda	- Categorias 1, 2, 3, 4, 5 (oral) - Categorias 1, 2, 3, 4, 5 (cutânea) - Categorias 1, 2, 3, 4, 5 (inalação)
	Corrosão/irritação cutânea	- Categorias 1, 2, 3
	Lesões oculares graves/irritação ocular	- Categorias 1, 2, 2A, 2B
	Sensibilização respiratória	- Categorias 1, 1A, 1B
	Sensibilização cutânea	- Categorias 1, 1A, 1B
	Mutagenicidade em células germinais	- Categorias 1, 1B, 2
	Carcinogenidade	- Categorias 1, 1B, 2
	Toxicidade reprodutiva	- Categorias 1, 1B, 2 - Categoria adicional sobre efeitos sobre / através da lactação
	Toxicidade para órgãos-alvo específicos por exposição única	- Categorias 1, 2, 3
	Toxicidade para órgãos-alvo específicos por exposição repetida	- Categorias 1, 2
	Perigo de aspiração	- Categorias 1, 2
Perigos para o ambiente	Perigoso para o meio ambiente aquático agudo	- Agudo 1 - Agudo 2 - Agudo 3
	Perigoso para o meio ambiente aquático crónico	- Crónico 1 - Crónico 2 - Crónico 3 - Crónico 4
	Perigo para a camada de ozono	- Categoria 1

Anexo III

PONTUAÇÃO DOS PERIGOS DAS SUBSTÂNCIAS PARA CONSTRUÇÃO DA MÉTRICA ESTRELA VERDE (EV) SEGUNDO A REGULAMENTAÇÃO GHS

Tabela 6.3 Pontuação dos perigos das substâncias para construção da métrica Estrela Verde (EV) segundo a regulamentação GHS

Perigos		Códigos de perigo	Pontuação para a EV
Físicos	Advertências de perigo	H200, H201, H202, H203, H205, H220, H222, H224, H225, H228 (categoria 1), H230, H270, H271, H272 (categoria 2), H240, H241, H242 (Tipo C & D), H250, H251, H260, H261 (categoria 2)	3
		H204, H221, H223, H226, H227, H228 (categoria 2), H229, H231, H272 (categoria 3), H242 (Tipo E & F), H252, H261 (categoria 3), H280, H281, H290	2
		Sem indicação	1
	Advertências de perigo adicionais, utilizadas apenas na União Europeia	EUH001, EUH 006, EUH 014, EUH 018, EUH 019, EUH044, EUH 209	3
		EUH209A	2
		Sem indicação	1
Saúde humana	Advertências de perigo	H300, H301, H304, H310, H311, H314, H318, H330, H331, H334, H340, H341, H350, H351, H360, H361, H370, H371, H372, H373	3
		H302, H305, H312, H315, H317, H319, H332, H335, H336, H362	2
		Sem indicação	1
	Advertências de perigo adicionais, utilizadas apenas na União Europeia	EUH029, EUH031, EUH032, EUH070, EUH071, EUH201, EUH202, EUH206, EUH207	3
		EUH066, EUH201A, EUH203, EUH204, EUH205, EUH208	2
		Sem indicação	1
Ambiente	Advertências de perigo	H400, H401, H410, H411, H420	3
		H402, H412, H413	2
		Sem indicação	1
	Advertências de perigo adicionais, utilizadas apenas na União Europeia	EUH059	3
		Sem indicação	1

Anexo IV

PONTUAÇÃO DOS PERIGOS DAS SUBSTÂNCIAS E CRITÉRIOS PARA PONTUAÇÃO DA DEGRADABILIDADE E RENOVABILIDADE PARA CONSTRUÇÃO DA ESTRELA VERDE

Tabela 6.4 Critérios para pontuação (p) dos princípios da QV para construção da EV

Princípio da QV	Critérios	*p*
P1 – Prevenção	Todos os resíduos são inócuos (p=1, tabela 1)	**3**
	Resíduos que envolvam perigo moderado para a saúde e ambiente (p=2, tabela 1, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3)	**2**
	Formação de pelo menos um resíduo que envolva perigo elevado para a saúde e ambiente (p=3, tabela 1)	**1**
P2- Economia atómica	Reações sem reagentes em excesso (≤10%) e sem formação de coprodutos	**3**
	Reações sem reagentes em excesso (≤10%) e com formação de coprodutos	**2**
	Reações com reagentes em excesso (>10%) e sem formação de coprodutos	**2**
	Reações com reagentes em excesso (>10%) e com formação de coprodutos	**1**
P3 – Sínteses menos perigosas	Todas as substâncias envolvidas são inócuas (p=1, tabela 1)	**3**
	As substâncias envolvidas apresentam perigo moderado para a saúde e ambiente (p=2, tabela 1, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3)	**2**
	Pelo menos uma das substâncias envolvidas apresenta perigo elevado para a saúde e ambiente (p=3, tabela 1)	**1**
P5 – Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras	Os solventes e as substâncias auxiliares não existem ou são inócuas (p=1, tabela 1)	**3**
	Os solventes e as substâncias auxiliares usadas envolvem perigo moderado para a saúde e ambiente (p=2, tabela 1, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3)	**2**
	Pelo menos um dos solventes ou uma das substâncias auxiliares usadas envolve perigo elevado para a saúde e ambiente (p=3, tabela 1)	**1**
P6 – Planificação para conseguir eficácia energética	Temperatura e pressão ambientais	**3**
	Pressão ambiental e temperatura entre 0ºC e 100ºC que implique arrefecimento ou aquecimento	**2**
	Pressão diferente da ambiental e/ou temperatura > 100 ºC ou menor do que 0 ºC	**1**
P7 – Uso de matérias primas renováveis	Todos os reagentes/matérias-primas envolvidos são renováveis (p=1, tabela 2)	**3**
	Pelo menos um dos reagentes/matérias-primas envolvidos é renovável, não se considera a água (p=1, tabela 2)	**2**
	Nenhum dos reagentes/matérias-primas envolvidos é renovável, não se considera a água (p=3, tabela 2)	**1**
P8 – Redução de derivatizações	Sem derivatizações ou com uma etapa	**3**
	Usa-se apenas uma derivatização ou duas etapas	**2**
	Usam-se várias derivatizações ou mais do que duas etapas	**1**
P9 – Catalisadores	Não se usam catalisadores ou os catalisadores são inócuos (p=1, tabela 1)	**3**
	Utilizam-se catalisadores que envolvem perigo moderado para a saúde e ambiente (p=2, tabela 1)	**2**
	Utilizam catalisadores que envolvem perigo elevado para a saúde e ambiente (p=3, tabela 1)	**1**
P10 – Planificação para a degradação	Todas as substâncias envolvidas são degradáveis com os produtos de degradação inócuos (p=1, tabela 2)	**3**
	Todas as substâncias envolvidas que não são degradáveis podem ser tratados para obter a sua degradação com os produtos de degradação inócuos (p=2, tabela 2)	**2**
	Pelo menos uma das substâncias envolvidas não é degradável nem pode ser tratado para obter a sua degradação com produtos de degradação inócuos (p=3, tabela 2)	**1**
P12 – Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes	As substâncias envolvidas apresentam perigo baixo de acidente químico (p=1, tabela 1, considerando os perigos físicos e de saúde)	**3**
	As substâncias envolvidas apresentam perigo moderado de acidente químico (p=2, tabela 1, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3, considerando os perigos físicos e de saúde)	**2**
	As substâncias envolvidas apresentam perigo elevado de acidente químico (p=3, tabela 1, considerando os perigos físicos e de saúde)	**1**

Tabela 6.5 Critérios para pontuação da degradabilidade e renovabilidade para a construção da EV.

Característica	Critério	Pontuação para a EV
Degradabilidade	Não degradáveis e que não possam ser tratados para se obter a sua degradação em produtos de degradação inócuos	3
	Não degradáveis mas que possam ser tratadas para se obter a sua degradação em produtos de degradação inócuos	2
	Degradáveis com produtos de degradação inócuos	1
Renovabilidade	Não renováveis	3
	Renováveis	1