



**POLITÉCNICO
DE LEIRIA**

ESCOLA SUPERIOR
DE EDUCAÇÃO
E CIÊNCIAS SOCIAIS

**Exploração didática de recursos digitais multimédia
em Ciências Naturais: um estudo com professores dos
2º e 3º ciclos no ensino de processos**

Dissertação de Mestrado

António Marco Moreira Pedrosa

Trabalho realizado sob a orientação de
Professor Doutor Filipe Santos, ESECS, Instituto Politécnico de Leiria

Leiria, março de 2022

Utilização pedagógica das TIC

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS SOCIAIS

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LEIRIA

AGRADECIMENTOS

Jamais conseguiria alcançar esta meta sozinho e, por isso, quero deixar as minhas palavras de apreço a todos os envolvidos, direta ou indiretamente, nesta investigação, com especial destaque para:

Prof. Filipe Santos, meu orientador. A ele devo um profundo agradecimento pelo saber partilhado, pela disponibilidade, pelas críticas e opiniões, pelo alento nos momentos mais difíceis, pelo trato rigoroso, amável e simples.

Às direções das escolas, nomeadamente do Colégio Conciliar de Maria Imaculada (Leiria), Instituto Educativo do Juncal (Juncal) e Agrupamento de Escolas de S. Martinho do Porto, por me facilitarem o acesso aos seus professores.

Aos meus colegas que se prestaram a colaborar nesta investigação, autorizando a gravação e análise das suas aulas, e que estiveram sempre disponíveis para as entrevistas: Cláudio Santos, Daniela Coutinho, Isabel Nunes e Rita Santos.

Aos meus colegas de ano de matrícula no mestrado: um grupo de pessoas que rapidamente se prestaram a ser apoio uns dos outros.

Por último, mas em primeiro lugar, aos entes que me rodeiam e dão sentido à minha vida: a minha esposa, as minhas filhas, a minha mãe, a minha irmã, os meus sogros e os meus cunhados. Ao longo deste percurso pequeno, que foi esta investigação, assim como ao longo do grande percurso, que é a minha vida, nunca estive só nem desamparado, antes sim rodeado de afeto e compreensão. A eles dedico este trabalho.

RESUMO

Uma parte importante dos ensinamentos de Ciências Naturais gira à volta de processos, como por exemplo a fotossíntese, uma erupção vulcânica, a circulação sanguínea, entre outros. Estes costumam ser difíceis de compreender pelos alunos devido à sua complexidade e, em muitos casos, por representarem conceitos abstratos. Os recursos digitais multimédia, especificamente os que envolvem animações, poderão ser uma estratégia útil, pois uma animação permite ver evolução de um fenómeno no tempo e a imagem permite tornar o abstrato em concreto.

Sabemos que a maioria dos professores usa recursos animados deste tipo (PowerPoint, vídeos, Gifs, entre outros), pelo que se pergunta como é que estes recursos são usados/explorados na sala de aula.

Esta tese apresenta um estudo onde se analisa o uso destes recursos, cruzando a sua conceção/edição com a exploração feita pelos professores, através da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia (TCAM), uma teoria cognitiva que sugere vários princípios para explicação de processos com recursos ao multimédia. Para isso foram analisadas aulas e entrevistados 4 professores de Ciências Naturais, quando estavam a lecionar processos, procurando compreender a intenção didática aquando da exploração dos recursos multimédia.

Os dados parecem sugerir que os professores aplicam alguns dos princípios da TCAM na exploração destes recursos, embora levando os alunos a alguma carga extrínseca (carga cognitiva que não colabora para a construção de esquemas cognitivos), com gestão pouco eficiente da carga intrínseca (carga cognitiva vinculada à complexidade do conteúdo do material pedagógico), o que introduz limitações à carga cognitiva generativa (carga cognitiva que oferece sentido para o recurso instrucional). Verifica-se que alguns dos princípios não são aplicados por haver dificuldade aplicá-los em contexto de sala de aula, ainda que a distância, por haver alheamento por parte dos professores ou ainda por os referidos professores terem a convicção de que alguns princípios não apresentam relevância pedagógica.

Palavras chave

Carga Cognitiva, Ensino das Ciências Naturais, Multimédia, Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia, Tecnologias de Informação e Comunicação

ABSTRACT

An important part of Natural Science teaching revolves around processes, such as photosynthesis, a volcanic eruption, blood circulation and others. These are often difficult for students to understand due to their complexity and, in many cases, because they represent abstract concepts. Digital multimedia resources, specifically those involving animations, could be a useful strategy, as an animation allows us to see the evolution of a phenomenon in time and the image allows us to turn the abstract into concrete.

We know that most teachers use animated resources of this type (PowerPoint, videos, Gifs, among others), so one wonders how these resources are used/explored in the classroom.

This thesis presents a study where the use of these resources is analyzed, crossing their design/editing with the exploitation made by teachers, through TCAM, a cognitive theory that suggests several principles for explaining processes with multimedia resources. For this purpose, lessons were analyzed and 4 Natural Science teachers were interviewed when they were teaching processes.

The data seem to suggest that teachers apply some of the TCAM principles in the exploration of these resources, although with some extrinsic load (cognitive load that does not collaborate to the construction of cognitive schemas), with little efficient management of the intrinsic load (cognitive load linked to the complexity of the content of the pedagogical material), which introduces limitations to the generative cognitive load (cognitive load that offers meaning to the instructional resource). Some of the principles are not applied because it is difficult to apply them in a classroom context, even at a distance, because teachers are not aware of them or because they believe that some principles have no pedagogical relevance.

Keywords

Cognitive Load, Natural Science Teaching, Multimedia, Cognitive Theory of Multimedia Learning, Information and Communication Technology

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Palavras chave	iv
Abstract.....	v
Key words	vi
Índice Geral	vii
Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas	x
Abreviaturas	xi
1. Introdução	12
1.1. Motivação e contextualização	12
1.2. Pergunta de partida e objetivos	13
1.2.1. Organização da dissertação	13
2. Enquadramento Teórico	15
2.1. Ensino e aprendizagem das Ciências Naturais	15
2.1.1. O uso de recursos didáticos	15
2.1.2. Dificuldades no ensino das Ciências Naturais	17
2.2. A aprendizagem multimédia na sociedade do conhecimento.....	17
2.2.1. Sociedade e Educação: uma evolução tautócrona	17
2.2.2. A apropriação da tecnologia na aprendizagem	18
2.2.3. Uso de slides gerados por computador	19
2.2.4. Obstáculos ao uso das tic – literacia digital / mudar práticas	22
2.2.5. Teoria da Carga Cognitiva	23
2.3. Teoria cognitiva da aprendizagem multimédia	24
2.3.1. Canais Duplos	26

2.3.2. Capacidade Limitada	27
2.3.3. Processamento Ativo	28
2.3.4. Os Princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia	28
2.3.5. Instrução e TCAM	36
3. Metodologia.....	38
3.1. Pergunta de partida e objetivos de investigação	38
3.2. Paradigma e tipo de estudo	39
3.3. Casos em estudo	39
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolha de dados	40
3.5. Técnicas de análise de dados	42
3.6. Considerações éticas	43
4. Apresentação e discussão de resultados	44
4.1. Objetivo 1	44
4.1. Objetivo 2	69
5. Conclusões.....	88
Limitações do estudo	89
Sugestões para Estudos Futuros	90
Bibliografia.....	91
Anexos	95
Anexo 1 – Tabela de observação	96
Anexo 2 – Transcrição das entrevistas aos docentes.....	98
Anexo 3 - Pedido de autorização aos Encarregados de Educação	108
Anexo 4 - Pedido de autorização às escolas	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Processamento de informação (Mayer)	25
Figura 2- “print-screens” do vídeo utilizado pelo Professor A	44
Figura 3- “print-screens” do vídeo utilizado pelo professor B	47
Figura 4- “print-screens” do vídeo utilizado pelo professor B	51
Figura 5- “print-screen” do vídeo utilizado pelo professor C	54
Figura 6- “print-screens” do vídeo utilizado pelo professor C	57
Figura 7- “print-screen” do vídeo utilizado pelo professor D.....	60
Figura 8- “print-screens” do vídeo utilizado pelo professor D.....	63
Figura 9- “print-screen” do vídeo utilizado pelo professor D.....	66

ÍNDICE DE TABELAS

Quadro 1- Os Princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia	28
Quadro 2- Resultados da observação, segundo os princípios da TCAM, da aula do Professor A	45
Quadro 3- Resultados da observação, segundo os princípios da TCAM, da aula 1 do Professor B	48
Quadro 4- Resultados da observação, segundo os princípios da TCAM, da aula 2 do Professor B	51
Quadro 5- Resultados da observação, segundo os princípios da TCAM, da aula 1 do Professor C	55
Quadro 6- Resultados da observação, segundo os princípios da TCAM, da aula 2 do Professor C	57
Quadro 7- Resultados da observação, segundo os princípios da TCAM, da 1ª parte da aula do Professor D	60
Quadro 8- Resultados da observação, segundo os princípios da TCAM, da 2ª parte da aula do Professor D	63
Quadro 9- Resultados da observação, segundo os princípios da TCAM, da 3ª parte da aula do Professor D	66
Quadro 10- Análise de conteúdo segundo os princípios da TCAM da entrevista ao Professor A	70
Quadro 11- Análise de conteúdo segundo os princípios da TCAM da entrevista ao Professor B	72
Quadro 12- Análise de conteúdo segundo os princípios da TCAM da entrevista ao Professor C	76
Quadro 13- Análise de conteúdo segundo os princípios da TCAM da entrevista ao Professor D	79

ABREVIATURAS

TCAM – Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia

TCC – Teoria da Carga Cognitiva

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

CN – Ciências Naturais

1. INTRODUÇÃO

1.1. Motivação e contextualização

Uma parte dos conteúdos em Ciências Naturais está ligada a **processos** e, como um processo representa geralmente a evolução no tempo de um determinado fenómeno, a explicação didática destes exige muitas vezes uma combinação de medias, baseados em vídeos/animações convenientemente “explicados” (sob a forma de texto escrito ou narrado).

Geralmente os professores usam o PowerPoint¹ para a combinação desses media, pelas vantagens que lhe estão associadas: permite fazer “animações” (elementos visuais que mudam ao longo do tempo) integrando-a com outros tipos de media, como texto e som. Porém, muitas vezes os alunos referem que a explicação “foi complexa”, tanto pela dificuldade do tema em si como por dificuldade em compreender a combinação (integração) dos elementos que o professor colocou no “quadro”. É por vezes considerada “confusa” pelos alunos, não compreendendo a ligação entre as várias imagens, textos e a própria narração do professor acerca de todo o processo.

De forma similar, os **conceitos** que fazem parte dos conteúdos da disciplina de Ciências Naturais são, em muitos casos, complexos e repletos de sub conceitos. A utilização de materiais didáticos é, por vezes, mais complexificadora do que simplificadora da aprendizagem por parte dos alunos. Quando, por exemplo, um simples esquema (ou mapa de conceitos) surge na sua totalidade de uma só vez provoca, frequentemente, uma complexidade de interpretação muito superior à que decorreria de uma organização por partes dos diferentes constituintes de um determinado conceito. Neste caso, a utilização de recursos didáticos devidamente construídos ou, em alternativa, devidamente manipulados pelo professor, surgirá como uma forma de facilitar o processo de aprendizagem e integração de conceitos, tanto dos simples como dos mais intrincados.

Desta forma, há a sugestão de existir uma maior dificuldade proveniente da integração “deficiente” desses “multi media”, ou seja, existe uma complexidade que poderia ser subtraída no processo de ensino/aprendizagem com a utilização de “material didático de maior qualidade”.

¹ Neste trabalho, o termo “PowerPoint” refere-se a apresentações que recorram a este software da Microsoft ou a software similar (software de apresentação gráfica).

1.2. Pergunta de partida e objetivos

Assim, coloca-se a seguinte pergunta de partida: **Como são ensinados processos em CN com recursos didáticos multimédia?**

Também se formularam os seguintes objetivos de investigação:

1 - Analisar como são utilizados os vários recursos didáticos multimédia no processo Ensino/Aprendizagem em contexto de sala de aula;

2 - Analisar a intenção didática dos professores do uso da abordagem.

Para responder a estes objetivos/pergunta de investigação, assentar-se-á este estudo na TCAM (Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia), uma teoria cognitiva da aprendizagem assente em doze princípios que permitem eliminar a sobrecarga cognitiva “extrínseca” aquando da apresentação de um material multimédia, isto é, a carga cognitiva que resulta de uma má exploração/conceção do material e que, por isso, poderia ser eliminada pelo professor (sugerindo uma correta organização para a prática pedagógica do uso das mesmas). Nesta base, a cognição necessária para a compreensão do material seria apenas a “intrínseca”, aquela associada à complexidade do processo/conceito por si, que deve ser bem gerida e, adicionalmente, na otimização da carga generativa, no sentido de tornar o exercício mental mais produtivo.

Assim, o presente trabalho pretende analisar se, na prática docente em aulas de Ciências Naturais dos segundo e terceiro ciclo, os princípios da TCAM são aplicados na utilização de recursos didáticos multimédia para o ensino de processos e conceitos.

1.2.1. Organização da dissertação

Sendo assim, o presente trabalho está dividido em 5 capítulos:

No primeiro capítulo – Introdução – procede-se a uma apresentação geral do estudo, definição do problema, a sua relevância e objetivos. Realiza-se um enquadramento da temática abordada no estudo, dando uma perspetiva da literatura consultada e considerada relevante para a concretização deste trabalho. Neste sentido, aborda-se a realidade atual

do ensino das Ciências Naturais nos segundo e terceiros ciclos, a aplicação das TIC em aulas de Ciências Naturais e uma breve resenha acerca da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia.

O segundo capítulo – Enquadramento teórico – inclui o estudo bibliográfico das principais dificuldades encontradas no processo de Ensino/Aprendizagem das Ciências Naturais, em especial com recurso a ferramentas multimédia. Explora-se a evolução das ferramentas digitais disponíveis e a sua utilização por parte dos professores. Neste capítulo é apresentada a TCAM e são explorados os seus princípios.

O terceiro Capítulo – Metodologia - inclui a apresentação e justificação da metodologia utilizada neste estudo.

No quarto capítulo - Resultados e Discussão - neste capítulo inclui-se a análise dos dados recolhidos na observação das aulas, assim como os dados recolhidos a partir das entrevistas realizadas aos professores. Encontram-se organizados em tabelas e sob a forma de sumário.

No quinto e último capítulo – Considerações Finais - apresentam-se as conclusões desta investigação, as principais limitações do estudo e propostas de estudos futuros.

No final constam as referências bibliográficas e os anexos.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1. Ensino e aprendizagem das Ciências Naturais

2.1.1. O uso de Recursos didáticos

Investigadores em ensino de um modo geral, e em particular, no ensino de Ciências Naturais, têm vindo cada vez mais a explorar novas metodologias para auxiliar o professor no processo de ensino-aprendizagem, valorizando a utilização de diversos recursos didáticos. Para Castoldi (2006), “... com a utilização de recursos didático-pedagógicos pensa-se em preencher as lacunas que o ensino tradicional geralmente deixa e, com isso, além de expor o conteúdo de uma forma diferenciada, faz dos alunos participantes do processo de aprendizagem”. (Castoldi 2006, p. 985)

Para Souza (2007, p.111), “Recurso didático é todo o material utilizado como auxílio no processo de ensino-aprendizagem do conteúdo proposto para ser aplicado, pelo professor, aos seus alunos”. A variedade de recursos didáticos que podem ser utilizados é grande, principalmente para os professores de Ciências Naturais, por ser uma disciplina que trabalha com conteúdos de Física, Química, Geologia e Biologia e outros temas transversais.

O professor deve variar ao máximo a utilização dos recursos didáticos, levando em consideração a adequação em cada momento ou cada fase do processo de ensino. Às vezes, a aplicação de um determinado tipo de recurso didático atinge os objetivos educacionais propostos numa dada situação e não noutra.

Devido à importância que os recursos didáticos desempenham na aprendizagem, faz-se necessário conhecer algumas das suas funções e importância. Para Graells (2000), os recursos didáticos apresentam algumas funções, como: fornecer informações, orientar a aprendizagem, exercitar habilidades, motivar, avaliar, fornecer simulações, fornecer ambientes de expressão e criação.

Para Souza (2007), “Utilizar recursos didáticos no processo de ensino-aprendizagem é

importante para que o aluno assimile o conteúdo trabalhado, desenvolvendo a sua criatividade, coordenação motora e habilidade de manusear objetos diversos que poderão ser utilizados pelo professor na aplicação das suas aulas”. (Souza 2007, p.112-113).

Segundo ainda Souza (2007, p. 113), “O uso de recursos didáticos deve servir de auxílio para que no futuro os alunos aprofundem, apliquem os seus conhecimentos e produzam outros conhecimentos a partir desses”. Para que isso ocorra, é necessário que o professor **dê significância ao conteúdo** que está a ser ministrada, mostrando ao aluno aplicações práticas do conteúdo no seu cotidiano, para que, numa perspectiva científica, ele possa interferir no seu ambiente de forma positiva e consciente, caracterizando assim, uma aprendizagem com significado.

Apesar dos benefícios desempenhados pelos recursos didáticos, não são todos os professores que exploram esses benefícios. Segundo Krasilchik (2004) citada por Escolano (2010), isso acontece por falta de confiança ou por comodismo por parte do professor. Geralmente usa quase exclusivamente o manual como recurso para as aulas. Castoldi (2009, p. 685) também afirma que, “... a maioria dos professores tem uma tendência para adotar métodos tradicionais de ensino, por medo de inovar ou mesmo pela inércia, há muito estabelecida, no sistema de ensino”.

Para superar esse comodismo estabelecido no sistema educativo, Souza (2007, p. 111) afirma que: “O professor deve ter formação e competência para utilizar os recursos didáticos disponíveis e muita criatividade”. Para isso, afirma ainda o autor que “O uso de materiais didáticos no ensino escolar, deve ser sempre acompanhado de uma reflexão pedagógica quanto à sua verdadeira utilidade no processo de ensino e aprendizagem, para que se alcance o objetivo proposto. Não se pode perder em teorias, mas também não se deve utilizar qualquer recurso didático por si só sem objetivos claros”. (Souza, 2007, p.113) Para que os recursos didáticos possam promover uma aprendizagem significativa, é necessário que o professor esteja preparado, capacitado e tenha criatividade para explorar os recursos que estão ao seu dispor, com o objetivo de aproveitar todos os benefícios que os mesmos possam proporcionar. (Rodrigues, 2016)

Os benefícios alcançados com a utilização de recursos didáticos são grandes, porém, ainda existe grande dependência de alguns professores em adotar recursos pouco eficazes, comprometendo a aprendizagem no ensino de ciências.

2.1.2. Dificuldades no ensino das Ciências Naturais

A abstração dos Processos e conceitos

Um grande número de estudantes sugeriu, num estudo efetuado por Çimer (2012), que no ensino de biologia, os professores deveriam utilizar materiais visuais. Como a biologia inclui muitos **conceitos e processos abstratos** que requerem observação, os participantes indicaram que deveriam ver o que estão a aprender. Assim, afirmaram que em biologia, se os professores utilizarem vários materiais e ferramentas de ensino e aprendizagem visuais, tais como figuras, modelos, simulações de computador, vídeos, materiais 3-D, e objetos da vida real, tanto o ensino como a aprendizagem de biologia podem tornar-se mais eficazes (Çimer, 2004, 2007).

A complexidade dos Processos e conceitos

São vários os estudos que indicaram que os estudantes se lembram melhor das ideias ou conceitos que são apresentados de forma a **relacionar os seus canais sensoriais**, por exemplo, representações áudio e visuais, imagens, gráficos, modelos e multimédia (Reid, 1990; Joyce et al., 2000; Nayar e Pushpam, 2000; Çimer, 2004). Ensinar com materiais visuais pode dar um significado mais concreto às palavras, mostrar conexões e relações entre ideias explicitamente, fornecer um canal útil de comunicação e mensagens verbais fortes e imagens memoráveis na mente dos estudantes, e tornar as aulas **mais interessantes** para os estudantes. (Cyrs, 1997; Harlen, 1999; Newton, 2002; Çimer, 2004, 2007). No final, isto torna a aprendizagem de biologia mais eficaz.

2.2. A aprendizagem multimédia na sociedade do conhecimento

2.2.1. Sociedade e Educação: uma evolução tautócrona

A educação enfrenta hoje grandes desafios. Mas serão estes “novos desafios” novos? Se por um lado se pode argumentar que sim, também se pode argumentar que não. A evolução da sociedade em geral e do ensino em particular é uma constante (Coutinho & Lisboa, 2011). Quando recuamos às publicações sobre inovação na educação, por exemplo, dos anos 70, verificamos que a adaptação do ensino às novas exigências que

agora se defende é apenas a continuação do que tem sido uma mutação constante na educação ao longo do tempo. A diferença é que atualmente **a rápida evolução da tecnologia** faz com que essa adaptação tenha que ser mais célere que nunca. Uma análise profunda da evolução da espécie humana em termos biológicos, mostra que o corpo humano tem mudado ao longo do tempo, e os últimos séculos não são exceção: tem havido um aumento de tamanho e peso. Essa análise mostra que, da mesma forma que muda o corpo, também a mente e a mentalidade mudam, sendo que esta última abala profundamente, entre outros, o sistema escolar (Hassenforder, 1974).

Também o acesso generalizado à informação pode ser uma mais valia no processo ensino aprendizagem, mas ter acesso à informação não basta, assim como não basta utilizar **ferramentas digitais** inovadoras em sala de aula, quando não são devidamente aproveitadas as suas potencialidades. Na verdade, alguns estudos demonstram que o uso de tecnologia na sala de aula só por si pode não ser vantajoso, mas sim que a inovação constante pode tornar-se necessária para despoletar excitação e, assim, o interesse por parte dos estudantes. Demonstram que o conteúdo é mais facilmente apreendido por parte dos estudantes graças à excitação pelo contacto com nova tecnologia, e não pelo conteúdo em si. (Levasseur & Kanan Sawyer, 2006)

A acompanhar as mudanças sociais estão também os programas. A evolução da ciência e da pedagogia nos seus mais variados campos despoletou, a nível mundial, a necessidade de elaborar também programas com conteúdos constantemente modernizados. Para dar resposta às exigências cada vez mais específicas da sociedade moderna, os conteúdos programáticos sofrem recorrentes alterações.

2.2.2. A apropriação da tecnologia na aprendizagem

Ao longo do tempo, a educação teve que se adaptar às novas realidades sociais, num processo contínuo, recorrendo às tecnologias digitais de informação, assim como reformular os ambientes de aprendizagem (Jonassen, n.d.). Já em 1974, Hassenforder referia que “A investigação mostra já sem hesitação que os novos meios (...) são de uma eficácia comparável à aula tradicional quanto aos resultados escolares.”, “Este movimento não deixará de aumentar devido ao grande aperfeiçoamento desta tecnologia, graças, por exemplo, ao desenvolvimento do ensino assistido por computadores.” (Hassenforder, 1974).

De acordo com Stinghen, Regiane (Santos Stinghen, 2016) as TIC são uma ferramenta de ensino ainda precária, e não estão a ser objeto tido como importante numa sociedade em que esse método só vem a crescer e atualizar-se. Demonstrou que o uso da tecnologia não significa, necessariamente, que os alunos melhorem o seu desempenho nas avaliações tradicionais. Percebeu-se que a aprendizagem depende diretamente da compreensão, e utilizar aplicativos sem um preceito pedagógico pode não ser tão importante para o conteúdo que se quer repassar. (Santos Stinghen, 2016)

Uso das TIC em ciências

Um dos momentos fulcrais do início da profunda relação entre ensino e tecnologias modernas aconteceu em 1956, quando J.R. Zacharias, professor do Massachusetts Institute of Technology, nos EUA, sugeriu a **produção de filmes** para o ensino de física moderna (processos) aos alunos do ensino secundário. A partir desta sugestão, foram produzidos **manuais, guias para professores, material experimental e filmes** destinados a um curso de física de nível secundário. Seguiu-se o mesmo método para o ensino da biologia, na mesma instituição. Estes foram projetos desenhados e elaborados no sentido da evolução da pedagogia moderna, em que é dada importância à experimentação pelos alunos e à descoberta dos princípios gerais subjacentes à matéria de ensino. Como afirmava Bruner (Bruner, 1961), faz-se um esforço para pôr em evidência a própria estrutura dos conhecimentos ensinados. Os resultados destes esforços revelaram-se, na altura, eficazes, mas foram progressivamente prejudicados por falta de formação dos professores: “O entusiasmo inicial declinou”. (Hassenforder, 1974, p.63).

2.2.3. Uso de slides gerados por computador

Atualmente verifica-se uma proliferação do uso de um tipo de multimédia, os “PowerPoint”, privilegiando-se o uso dos denominados slides gerados por computador. Assim, questiona-se: “Se os slides gerados por computador aumentam a estimulação sensorial das mensagens de instrução, como é que este aumento da estimulação pode melhorar ou inibir o processamento da informação?” (Levasseur & Kanan Sawyer, 2006) Investigadores ligaram a excitação elevada a atributos mediáticos como o **movimento** (Detenber & Simons, 1998), a cor (Farley & Grant, 1976), **imagens vivas** (Biocca, 2002), e **música** (Seidman, 1981). De facto, as mensagens dos meios de comunicação contendo

altos níveis de estimulação sensorial são geralmente associadas a altos níveis de excitação do público (Grabe, 2000). A investigação indica que a excitação influencia a forma como os indivíduos codificam e armazenam mensagens. Especificamente, os indivíduos prestam mais atenção às mensagens excitantes, e também se lembram melhor de tais mensagens (Grabe, 2000). Além disso, a **teoria da excitação** (Weiner, 1990, 1992) estabelece uma ligação positiva entre a excitação e a aprendizagem. Em termos mais específicos, os materiais instrucionais emocionalmente excitantes aumentam a motivação da aprendizagem e os subsequentes resultados da aprendizagem. **A Teoria Cognitiva da aprendizagem multimédia**, assim como a **teoria da dupla codificação de Paivio** (1990) também podem ser utilizadas para defender os benefícios pedagógicos dos diapositivos gerados por computador. A dupla codificação sugere que o processamento de informação humana envolve dois sistemas independentes, mas interligados: o visual e o auditivo. Mas, se por um lado o uso de conteúdos gerados por computador pode promover a aprendizagem, por outro podem sobrecarregar os recursos de processamento de informação dos alunos. Nesse caso, há uma boa probabilidade de os alunos processarem conteúdos instrucionais menos significativos em detrimento de conteúdos instrucionais mais significativos. (Levasseur & Kanan Sawyer, 2006)

Mais ainda, a investigação mostra que os slides gerados por computador não produzem geralmente diferenças significativas nos resultados de aprendizagem quando comparados com formas mais tradicionais de auxílios visuais, tais como simples quadros a giz ou até mesmo retroprojetores. (Levasseur & Kanan Sawyer, 2006) Assim, os professores precisam de aprender que para produzirem slides gerados por computador vale a pena o esforço de conceber cuidadosamente diapositivos com maiores **benefícios de processamento de informação, obedecendo a determinadas regras**.

De uma perspetiva de comunicação visual, Tufte (2003b: 22) calcula “o formato de slides PP [PowerPoint] tem provavelmente a pior relação sinal/ruído de qualquer método conhecido de comunicação em papel ou ecrã de computador”. Pode-se afirmar que, em consonância com Mayer, o PowerPoint aumenta a necessidade do uso de um processamento extrínseco, levando ao desperdício de poder de cognição por parte dos alunos. Este pacote de software “eleva o formato sobre o conteúdo” (Tufte 2003a), transformando tudo num argumento de venda. Na medida que os professores usem o

PowerPoint como uma ferramenta para melhorar as práticas de ensino, algumas questões devem ser examinadas:

- A que formas de pensamento, a que estilos de ensino e aprendizagem se estão a habituar os educadores e estudantes?
- O PowerPoint privilegia modos particulares de saber sobre os outros?
- Como é que o PowerPoint pode exatamente afetar os hábitos da mente? (Adams, 2006)

Para entender a forma como um software pode moldar a forma de pensar e de produzir materiais por parte dos professores, e como W. Churchill, sugere: "nós moldamos os nossos edifícios e depois, os nossos edifícios moldam-nos". Se assumirmos que todos os objetos convidam-nos a estender ou a mudar a nossa relação com o nosso mundo, então também podemos aplicar a mesma lógica em relação aos materiais multimédia utilizados no ensino. Estas melhorias ou transformações podem ser pequenas ou profundas, mas o espectro de efeitos é frequentemente imprevisível e invisível até o objeto ser integrado de forma transparente nas nossas vidas. (Adams, 2006) Os telemóveis, por exemplo, alteraram dramaticamente a forma como alguns de nós se mantêm em contacto uns com os outros, desafiando e reenquadrando noções anteriormente estáveis como disponibilidade e autonomia, e espaços públicos e privados. (Arnold 2003)

Turkle (em Coutu 2003) sugere que, por exemplo, o PowerPoint "não é apenas uma ferramenta mas um objeto evocativo que afeta os nossos hábitos mentais", o que deixou em aberto questões como o que seria o convite vocativo do PowerPoint aos professores e aos alunos, e como poderia este software de apresentação moldar 'os nossos hábitos de mente'.

Ao utilizar esta ferramenta de software de produtividade, como o PowerPoint, um professor é de certa forma encarregado de remodelar um espaço especialmente concebido para a utilização do escritório numa sala de aula habitável. Assim, ao agarrar o PowerPoint como uma ferramenta, um professor é simultaneamente ajudado, enredado e limitado por decisões de desenho particulares incorporadas neste software. Como educadores, estamos inclinados a escolher a opção que parece oferecer o caminho mais

simples e mais rápido para o nosso fim desejado - uma boa apresentação pedagógica. (Adams, 2006)

2.2.4. Obstáculos ao uso das tic – literacia digital / mudar práticas

Estudos revelam que as TIC na prática em sala de aula, para alguns professores, são bem mais do que um desafio: torna-se uma contradição, respondida em muitas situações pela negação. A hipótese de que obstáculos epistemológicos estão presentes na construção do conhecimento em TIC pelos professores é legítima e estes possuem obstáculos didáticos quanto aos seus conhecimentos em TIC. O professor resiste às contradições inerentes às adaptações que procura fazer, obstruindo a aquisição de novos conhecimentos. (Rejane Niedersberg Schuhmacher, de Pinho Alves Filho, & Schuhmacher, 2017).

Esta realidade, que até agora não se havia constituído como pertinente, leva o docente a questionar a utilização dos recursos mais tradicionais, como vídeos e apresentações em software de apresentação gráfica (SAG), como o Microsoft PowerPoint, o Google Slides, o Apple Keynote, entre outros. Estes softwares de apresentação gráfica são uma das ferramentas mais utilizadas no contexto de sala de aula, com especial relevância no ensino as Ciências Naturais. (Adams, 2006)

Contudo, a elaboração de recursos educativos (área do design instrucional) exige conhecimento específico de várias disciplinas, entre as quais o cognitivismo, que têm em conta os processos cognitivos do aluno envolvidos na compreensão do material, bem como as questões da sobrecarga cognitiva, entre outras, muitas vezes resultantes não da complexidade da matéria em si mas da forma como o recurso educativo foi elaborado. Desta forma, verifica-se que muitos recursos produzidos pelos professores exigem do aluno processamento desnecessário (**processamento extrínseco**) que poderia ser reduzido se este tivesse consciência destes princípios da psicologia cognitiva. (Mayer, 2009)

Em particular, na área da aprendizagem multimédia – a integração de várias formas de representar informação (texto, imagem, vídeo, etc) para potenciar a aprendizagem – desenvolveu-se uma teoria cognitiva, a teoria cognitiva da aprendizagem multimédia

/TCAM), proposta por Richard Mayer, e na qual cerca de 12 princípios já foram estudados e consolidados cientificamente. (Mayer, 2009)

De acordo com a investigação de Mayer (2009) (Mayer & Moreno, n.d.) a aprendizagem humana dá-se a partir de um processo ativo que compreende a atenção às informações relevantes, a organização mental das informações selecionadas e, por fim, a associação destas informações aos aprendizagens prévias. Através da aplicação dos princípios da Teoria cognitiva da aprendizagem multimédia (TCAM), o processo ensino aprendizagem é tão mais eficiente quanto melhor estes são aplicados, e isso inclui as apresentações multimédia.

2.2.5. Teoria da Carga Cognitiva

Conforme Sweller et al. (2011), cada material instrucional com o qual os estudantes aprendem irá exigir uma determinada carga cognitiva para que ocorra a aprendizagem, sendo que esta carga cognitiva irá depender também do design instrucional do referido material. Estas cargas cognitivas podem ser classificadas em três tipos:

- **Carga cognitiva extrínseca ou estranha:** é a carga cognitiva que não colabora para a construção de esquemas cognitivos. Esta ocorre devido ao acúmulo de um design instrucional fraco, que não está relacionado ao propósito formativo.

- **Carga cognitiva intrínseca ou essencial:** é a carga cognitiva vinculada à complexidade do conteúdo do material pedagógico, ou seja, é o exercício mental realizado pelo estudante devido à dificuldade imposta pelo próprio tema abordado no material instrucional.

- **Carga cognitiva relevante ou generativa:** é a carga cognitiva que oferece sentido para o recurso instrucional, ou seja, o exercício mental torna-se produtivo devido à aquisição de informações relevantes, que oferecem a possibilidade de construção de esquemas mentais mais complexos, tornando a aprendizagem relevante.

A carga cognitiva do material instrucional não seria um problema se não houvesse a limitação da capacidade cognitiva humana, conforme descrito anteriormente. Neste

sentido, de acordo com Mayer (2009), existem três aspetos a serem considerados quando discorremos sobre aprendizagem por meio de materiais instrucionais:

1. A cognição humana é constituída por dois canais diferentes para o processamento das informações: o canal visual e o canal auditivo;
2. A memória humana possui uma capacidade limitada de processamento de informação em ambos os canais;
3. O processo formativo só ocorrerá quando houver processamento cognitivo essencial, no que se refere às informações oriundas dos dois canais, auditivo e visual.

Nesse sentido, Mayer (2009) afirma, no contexto da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia (TCAM), que os materiais instrucionais multimédia são recursos excelentes para a prática docente, tendo em vista que neste tipo de ferramenta é possível utilizar os dois principais canais de processamento de informação (o visual e o auditivo), com o intuito de não sobrecarregar somente uma via de captação de informação. Entretanto, para Mayer, o uso dos dois canais não garante que a sobrecarga não ocorra, pois isto está vinculado às formas como os dois canais são utilizados.

2.3. Teoria cognitiva da aprendizagem multimédia

Richard Mayer, cientista norte-americano, desenvolveu com base em resultados experimentais a TCAM.

A aprendizagem multimédia é fundamentada na hipótese de que “as mensagens educacionais ou instrucionais multimédia”, que são concebidas ou geradas a partir da forma como a mente humana funciona, têm mais probabilidade de levar a que haja uma aprendizagem significativa do que as outras que não o são (Braga, 2018). As teorias cognitivas da aprendizagem multimédia baseiam-se em 3 princípios da ciência cognitiva da aprendizagem:

- o sistema humano de processamento de informação inclui canais duplos para o processamento visual/pictórico e auditivo/verbal;
- cada um dos canais tem uma capacidade de processamento limitada;

- a aprendizagem ativa implica a execução de um conjunto coordenado de processos cognitivos durante essa mesma aprendizagem.

O **sistema humano de processamento de informação** inclui **canais duplos para o processamento visual/pictórico e auditivo/verbal**. Desta forma, Mayer postulou e verificou que as pessoas aprendem melhor através de **palavras e imagens** (integração de ambos) do que apenas através de palavras (denominado por Mayer como o *Princípio Multimédia*). No percurso da sociedade moderna, as palavras constituíram o principal formato do ensino. Nos dias de hoje, os avanços tecnológicos tornaram as formas pictóricas de ensino mais acessíveis (Braga, 2018).

A TCAM, assentando também em que “a aprendizagem ativa implica a execução de um conjunto coordenado de processos cognitivos durante essa mesma aprendizagem” especifica 5 processos cognitivos durante a aprendizagem (ver figura 1):

1. escolha (**seleção**) das palavras relevantes no texto ou narrativa apresentada e escolha das imagens (**seleção**) relevantes das ilustrações apresentada;
2. **organização** das palavras selecionadas numa representação verbal coerente e **organização** das imagens selecionadas numa representação pictórica coerente
3. **integração** das representações pictóricas e verbais com os conhecimentos anteriores (capacidades gráficas dos computadores).

No entanto o facto de aplicarmos imagens às palavras não garante uma melhoria da aprendizagem. Então a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia procura compreender como as palavras e imagens devem ser utilizadas para desenvolver a aprendizagem humana. O que é uma mensagem educacional multimédia? É uma comunicação que contem palavras e imagens destinadas a promover a aprendizagem. Esta comunicação pode ser feita por qualquer meio seja em papel ou computador.

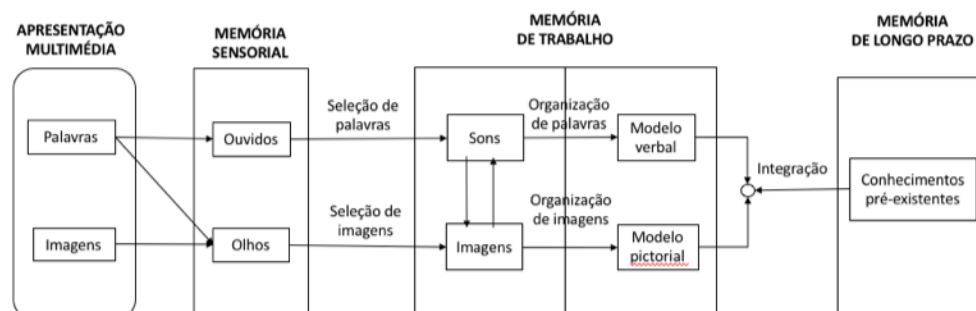


Fig. 1 – Processamento de informação (Mayer)

2.3.1. Canais Duplos

Mayer (2009) afirma que, nos seres humanos, o processamento de informações visuais e auditivas ocorre por dois canais distintos, sendo auditivo/verbal e visual/pictórico. Portanto, quando uma imagem, vídeo, fotos ou textos (palavra escrita) são apresentadas aos olhos essas informações são processadas pelo canal visual. Se a informação vier em forma de narrações (palavra narrada) ou sons não verbais a informação é processada no canal auditivo.

Para Mayer, os canais podem ser diferenciados de duas formas. A primeira é através do modo de apresentação e, para isso, é necessário saber se o estímulo apresentado é verbal (palavra dita/escrita) ou não-verbal (imagens, vídeos, sons de fundo). O autor enfatiza que este conceito está em sintonia com a Teoria da Dupla Codificação, de Allan Paivio (1991) que postula que apesar das atividades dos sistemas visuais e auditivos serem cooperativas, estes funcionam de modo independente. Porém, os dois sistemas mantêm ligações, sendo um não verbal e outro verbal. Para Paivio, essa ligação entre os códigos verbal e visual fortalece a memória.

Segundo Mayer, a segunda forma de diferenciar os canais duplos é através da modalidade sensorial. Nesta situação, é necessário saber se os aprendizes processam as mensagens primeiro através dos olhos ou dos ouvidos. Nesta abordagem, um dos canais processa os recursos visuais e o outro os recursos auditivos. Para Mayer, este conceito está diretamente ligado com o modelo da memória de trabalho, proposto por Baddeley (1986).

Mayer ressalta que também é possível que o aprendiz consiga converter a informação que antes foi recebida por um canal em sinais que podem ser processados pelo outro canal. Podemos imaginar a palavra vento: é possível que a informação que foi recebida pelos olhos, seja convertida mentalmente em sons (som do vento), que são processados pelo canal auditivo.

2.3.2. Capacidade Limitada

O ser humano possui uma capacidade limitada para o processamento de informações que podem ser processadas simultaneamente no canal auditivo e no visual. O aprendiz só retém uma parte das informações na memória de trabalho e não uma cópia exata. Deve-se considerar também que a aprendizagem significativa exige um processamento mais intenso.

Quando o emissor apresenta ao recetor uma imagem ou uma animação ele (o recetor) só consegue reter na memória de trabalho algumas partes de cada momento, e não uma cópia exata da animação, o mesmo ocorre quando é apresentada uma narração: o recetor só retém uma parte das informações e não uma cópia exata de tudo que foi narrado.

Sabendo que existe uma capacidade limitada para o processamento de informações, torna-se necessário medir qual é essa capacidade cognitiva. Para isso, Mayer apresenta o teste de amplitude da memória, elaborado por Miller (1956) e Simon (1980).

Diante das restrições biológicas da nossa capacidade de processamento, Mayer afirma que somos obrigados a tomar decisões e a implementar estratégias. Sendo assim, é necessário definir quais são as informações que devem ter maior atenção e quais as redes que deverão ser formadas com os conhecimentos prévios. As características do sujeito, da tarefa e das estratégias utilizadas intervêm no processo metacognitivo. (Flavell 1979)

Todos os indivíduos dispõem de uma estrutura mental e dos processos cognitivos. Porém, é por meio do sistema de controlo executivo que esses diferentes processos se potencializam. Este sistema de controlo executivo utiliza diferentes recursos e exerce diversas funções. Influencia todas as fases do processamento, supervisiona a receção dos dados e o funcionamento da memória. Através da atenção, ativa e atualiza o conhecimento necessário, decide sobre a transferência das informações da memória de curto prazo (MCP) - também denominada como memória de trabalho - para a memória de longo prazo (MLP), seleciona procedimentos para a elaboração e a organização das informações. (Baddeley, 2006)

2.3.3. Processamento Ativo

O pressuposto do processamento ativo defende que os seres humanos atuam ativamente na construção de uma representação mental durante o processo cognitivo, portanto, o recetor presta atenção à informação, organiza a informação e integra-a com os seus conhecimentos, ou seja, as suas experiências. Portanto, para Mayer os seres humanos são processadores ativos na busca do sentido das representações Multimédia.

Por exemplo, a palavra casa: existem casas grandes, pequenas, novas, antigas, altas, baixas. Temos no nosso cérebro ideias que nos ajudam a identificar uma casa quando estamos diante dela, independente das suas peculiaridades, portanto, as “ideias” que temos de casa, formam o conceito de casas. Na verdade, os conceitos servem como um guia para criarmos ideias mais elaboradas sobre determinado assunto. Isso ocorre com base nas nossas vivências e conhecimentos adquiridos anteriormente, contribuindo assim para a construção de novos conceitos ou de conceitos mais elaborados.

2.3.4. Os Princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia

Tendo em vista os pressupostos envolvidos no processamento das informações, Mayer (2009) apresenta princípios que podem orientar a elaboração de materiais multimédia, assim como a exploração de materiais pré-concebidos, para o processo de ensino e aprendizagem, no intuito de eliminar o máximo possível o processamento cognitivo desnecessário, administrar o processamento cognitivo essencial e viabilizar o processamento cognitivo generativo. (Braga, 2018)

Quadro 1 – Os Princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia

Princípios	Descrição	Pontos em comum
Princípio da Coerência	A aprendizagem ocorre de forma mais eficiente quando as imagens, sons e palavras escritas, todos irrelevantes, encontradas nos materiais multimédia, são descartados. Também o instrumento multimédia não deve conter conceitos diferentes no mesmo slide, nem deve conter também múltiplas imagens no mesmo slide.	Cinco princípios inspirados pelo objetivo de reduzir o processamento supérfluo e evitar a sobrecarga da memória de trabalho, aumentando as chances de se alcançar uma aprendizagem

Princípio da Sinalização	<p>A aprendizagem ocorre de forma mais eficiente quando o aluno é orientado para focar-se no material essencial, ajudando-o a selecionar materiais visuais e auditivos mais importantes para a construção coerente de um modelo mental.</p> <p>As pessoas aprendem melhor a partir de uma mensagem multimídia, quando o texto é sinalizado. A utilização de negrito, itálico, cores e etc. são exemplos de sinalização.</p>	considerável. Mas existem situações onde essa sobrecarga acontece, mesmo quando toda a informação supérflua já foi eliminada. Nesse caso, existe um problema quando o processamento das informações essenciais somadas ao processamento criativo excede a capacidade cognitiva da memória de trabalho. A contenção desse problema passa pelos próximos três princípios da TCAM, que visam justamente gerenciar o processamento essencial.
Princípio de Redundância	<p>A aprendizagem ocorre de forma mais eficiente por meio de imagem e palavras faladas do que imagens, palavras faladas e palavras escritas. Isso significa dizer que a aprendizagem ocorre de forma mais eficiente com uso dos dois canais na apresentação de uma a mesma informação.</p>	
Princípio da Atenção Dividida no Espaço	<p>Aprende-se com maior facilidade quando textos e imagens são colocados perto um do outro no momento em que são exibidos.</p>	
Princípio da Atenção Dividida no Tempo	<p>Aprende-se de forma mais eficiente com palavras narradas e imagens apresentadas ao mesmo tempo do que de forma separada.</p>	
Princípio da Segmentação	<p>A aprendizagem ocorre de forma mais eficiente quando as informações são apresentadas de forma fragmentada, por partes. O aluno aprende melhor quando o material exibido está segmentado em partes pequenas.</p>	<p>A carga de informações essenciais, também estaria devidamente gerenciada, a fim de não sobrecarregar a memória de trabalho ainda mais.</p> <p>Partindo dessa situação, um último problema levantado por Mayer (2009, p. 221-222) estaria relacionado com a hipótese do aprendizagens-ativas. Nele, as informações</p>
Princípio do Pré-treino	<p>A aprendizagem ocorre de forma mais eficiente quando os alunos recebem um “pré-treino” sobre os componentes-chave (palavras/características) do tema abordado no material multimídia.</p>	

Princípio da Modalidade	A aprendizagem ocorre de maneira mais eficiente por meio de imagens e palavras narradas, do que por meio de imagens e palavras escritas, pois cada tipo de informação será processado por um canal diferente.	selecionadas a partir do novo material apresentado necessitam estabelecer uma estrutura mental coerente com o intuito de consolidar e relacionar esse novo conteúdo com o conhecimento prévio. Deve-se atentar, contudo, para a existência de situações onde, mesmo dispendo de capacidade cognitiva para tal, o aprendizagens-ativas não se efetive por falta de motivação ou desinteresse da própria pessoa.
Princípio da Personalização	A aprendizagem é mais consistente quando as informações são exibidas através de diálogo informal do que formal. Esta maior consistência foi observada exclusivamente em alunos novatos, sendo que em alunos mais experientes não foram observadas diferenças.	Mayer (2009, p. 223-262) assinala os quatro princípios que objetivam o favorecimento das aprendizagens-ativas, com vista a alcançar a aprendizagem.
Princípio da Voz	Aprende-se com maior facilidade com uma narração com voz humana natural do que uma voz mecanizada.	
Princípio da imagem	A imagem do instrutor no ecrã não gera aprendizagens mais significativas.	
Princípio multimédia	Aprende-se com mais facilidade a partir de palavras e imagens do que apenas palavras, desde que as imagens sejam coerentes com o contexto.	

De uma forma mais extensiva, Mayer descreve os princípios e exemplifica da seguinte forma:

O **princípio da exposição multimédia** informa que as pessoas aprendem melhor a partir de palavras e imagens do que apenas a partir de palavras. Segundo Mayer (2009, p.223-241) os estudantes que são expostos a um material contendo apenas palavras têm hipóteses muito menores de construir um modelo mental visual rico em conexões com o modelo mental sonoro. Por outro lado, a apresentação tanto de imagens quanto de palavras de maneira simultânea confere melhores condições aos estudantes de gerarem modelos mentais visuais e sonoros integrados entre si. O autor destaca ainda que este

princípio tende a ser muito mais impactante para estudantes dos níveis iniciais, uma vez que, por princípio, estudantes dos níveis mais avançados não necessitariam de maiores orientações para estabelecerem conexões entre as suas representações mentais sonoras e visuais.

O **princípio da coerência** sugere que as pessoas aprendem melhor quando materiais supérfluos são excluídos da apresentação, mesmo que tais informações sejam interessantes. Para ilustrar este princípio, Mayer (2009, p. 89-107) fornece evidências empíricas recolhidas a partir de apresentações sobre como se formam os raios elétricos e como os vírus da gripe se reproduzem no organismo humano. No primeiro exemplo, adicionou-se à apresentação a informação de que, em média, 150 cidadãos norte-americanos são mortos anualmente por raios elétricos. No segundo exemplo, adicionou-se a informação de que pacientes sexualmente ativos demonstram uma imunidade muito maior a resfriados do que os que se abstêm de atividade sexual. A partir disso, aplicaram-se os testes de retenção e de transferência no grupo de controle e no grupo de teste, demonstrando que o desempenho dos dois grupos de teste foi significativamente inferior ao desempenho dos dois grupos de controle. Segundo Mayer, (2009, p. 19-21), os testes demonstraram que adicionar informações irrelevantes à aprendizagem do tema principal em si, ainda que interessantes, reduz a efetividade da aprendizagem. O mesmo pode ser aplicado a imagens ilustrativas para enfeitar e tornar a apresentação mais atraente. A menos que esses elementos sejam diretamente relevantes para o entendimento do que está a ser ensinado, esses recursos atrapalham a aprendizagem ao invés de ajudarem.

No **princípio da sinalização**, tem-se que as pessoas aprendem melhor quando são adicionados elementos que conferem destaque às partes mais importantes da apresentação. A sinalização colabora para guiar a atenção do estudante para os elementos-chave da aula, reduzindo o seu processamento supérfluo e ajudando-o a construir e consolidar significado a partir deles.

As pessoas aprendem melhor a partir de imagens e narração do que a partir de imagens, narração mais texto escrito. Esta constatação originou o **princípio da redundância**, no qual a efetividade da aprendizagem multimídia depende do correto aproveitamento dos dois canais, o sonoro e o visual, de maneira harmoniosa e complementar. Segundo Mayer (2009, p. 118-134), isto é alcançado quando se utiliza a narração para explicar um processo enquanto estímulos visuais, como figuras ou animações, são exibidos para

ilustrar o que está a ser explicado. A partir do momento que se adiciona texto escrito, contendo a transcrição do que está a ser narrado, provoca-se um processamento supérfluo no estudante, tanto por estimulá-lo a alternar a sua atenção visual entre a imagem e o texto escrito, quanto pela tendência de o mesmo dedicar algum esforço mental na comparação do que está a ser narrado com o que está a ser transcrito. Mayer, entretanto, faz algumas notáveis ressalvas a este princípio, que vão desde exemplos mais óbvios, como quando uma pessoa tem limitações auditivas ou não é completamente fluente no idioma em que estuda, até exemplos menos óbvios, como quando a apresentação é realizada em ritmo bastante lento, sobrando tempo para os olhos passearem por todos os detalhes.

O **princípio da atenção dividida no espaço** revela que as pessoas aprendem melhor quando as palavras são dispostas próximo da parte da imagem à qual elas correspondem. Desta forma trabalha-se tanto com o canal visual, quanto com o auditivo, sem a necessidade de despende esforço cognitivo, procurando a explicação que complementa a imagem na própria página ou tela, sem exigir da memória de trabalho a retenção da imagem. Por outro lado, quando ambos os elementos se encontram imediatamente próximos, os esforços exigidos do processamento cognitivo e da memória de trabalho são muito menores, aumentando de maneira significativa as hipóteses de aquelas informações serem adequadamente assimiladas e consolidadas na memória de longo prazo. Segundo Mayer (2009, p. 135) este princípio é mais efetivo sob algumas circunstâncias, tais como a inexperiência da pessoa com o tema tratado, quando a representação visual não é perfeitamente compreensível sem palavras e quando o material apresentado é complexo.

De maneira análoga ao princípio acima, o **princípio atenção dividida no tempo** diz que as pessoas aprendem melhor quando as palavras e as imagens são apresentadas simultaneamente, ao invés de sucessivamente. A partir de experiências, Mayer (2009, p. 153-169) concluiu que, quando as palavras são exibidas antes ou depois das representações visuais correspondentes, o desempenho apresentado é significativamente inferior. A apresentação simultânea dos elementos, por outro lado, permite que os estímulos de ambas as naturezas sejam retidos na memória de trabalho com muito menos esforço cognitivo, ampliando as hipóteses da promoção de aprendizagem.

Conforme exposto, os cinco princípios listados até aqui foram inspirados pelo objetivo de **reduzir o processamento supérfluo e evitar a sobrecarga da memória de trabalho**, aumentando as hipóteses de se alcançar uma aprendizagem considerável. Mas existem

situações onde essa sobrecarga acontece, mesmo quando **toda a informação supérflua já foi eliminada**. Nesse caso, existe um problema quando o processamento das informações essenciais somadas ao processamento criativo **excede a capacidade cognitiva da memória de trabalho**. A contenção deste problema passa pelos próximos três princípios da TCAM, que visam justamente gerenciar o processamento essencial.

O **princípio da segmentação** indica que as pessoas aprendem melhor quando a mensagem multimídia é apresentada num ritmo determinado pelo usuário e não numa sequência contínua automática. Isso ocorre em situações nas quais não se compreende inteiramente uma etapa do processo antes que a próxima seja apresentada, prejudicando o estabelecimento das relações de causalidade necessárias entre as duas situações (Mayer, 2009, p. 175-188).

No **princípio do conhecimento prévio** observa-se que pessoas aprendem melhor a partir de um conteúdo multimídia quando eles estão familiarizados com os nomes e características dos principais elementos do que será ensinado. Durante o desenvolver de uma aula, um modelo de casualidades do conteúdo apresentado precisa de ser construído mentalmente. Quando se soma a este processo um esforço cognitivo para assimilar os principais nomes e características dos elementos dessa aula, e que integram esse modelo de casualidades ao mesmo tempo, frequentemente, a memória de trabalho dos indivíduos fica sobrecarregada. A partir da aplicação de testes empíricos de transferência, Mayer (2009, p. 189-199) verificou que a aplicação de um pequeno treino prévio, tal que familiarize os estudantes acerca dos principais elementos que compõem a aula apresentada, melhora significativamente a qualidade da aprendizagem obtida.

A partir do **princípio da modalidade**, é possível entender por que as pessoas aprendem melhor a partir de imagens conjugadas com palavras no formato sonoro do que com imagens conjugadas com palavras no formato textual. Neste princípio, Mayer (2009) afirma que ao apresentar imagens ou animações acompanhadas de palavras no formato textual, ambas as informações entram no sistema cognitivo do estudante a partir do mesmo canal, o visual. Ao apresentar as palavras que acompanham as imagens e/ou animações em formato exclusivamente sonoro, através de uma narração, esses estímulos são movidos do canal visual para o canal auditivo, possibilitando que o sistema visual possa processar de maneira muito mais eficiente o que está a ser apresentado, melhorando

o desempenho dos estudantes nos teste de transferência de maneira bastante significativa (Ibidem, p. 200-220).

Uma vez observados os três princípios discutidos acima, idealmente, fica maximizada, e reduzida a carga extrínseca a carga intrínseca no material multimédia. Assim como a carga de informações essenciais, também **estaria devidamente gerenciada**, a fim de não sobrecarregar a memória de trabalho ainda mais. Partindo desta situação, um último problema levantado por Mayer (2009, p. 221-222) estaria relacionado com a hipótese do aprendizagens-ativas. Nele, as informações selecionadas a partir do novo material apresentado necessitam de estabelecer uma estrutura mental coerente com o intuito de consolidar e relacionar este novo conteúdo com o conhecimento prévio. Deve-se atentar, contudo, para a existência de situações onde, mesmo dispondo de capacidade cognitiva para tal, a aprendizagem ativa não se efetive por falta de motivação ou desinteresse da própria pessoa.

Conforme dito anteriormente, promover o processamento criador é fundamental para que a aprendizagem ocorra. Deste modo, Mayer (2009, p. 223-262) assinala os quatro princípios que objetivam o favorecimento da aprendizagem ativa, com vista a alcançar a aprendizagem.

De acordo com o **princípio da personalização**, as pessoas aprendem melhor a partir de apresentações multimédia quando as palavras são apresentadas de maneira informal, em tom de conversa, ao invés de uma apresentação formal. Segundo Mayer (2009, p. 242-255), os estudantes tendem a esforçar-se mais para extrair sentido do que está a ser exposto, quando pensam que o narrador está a falar diretamente com eles. Algumas experiências conduzidas pelo autor e pela sua equipa demonstraram que modificações simples, como substituir “o pulmão” ou “o nariz” por “o teu pulmão” ou o “teu nariz”, em aulas multimédia sobre o corpo humano, obtiveram resultados positivos bastante expressivos.

O **princípio da voz** infere que as pessoas aprendem melhor quando o material multimédia exposto é narrado com uma voz humana amigável ao invés de uma voz computadorizada. As pesquisas preliminares de Mayer (2009, p. 255-260) apontam que, ao expor o conteúdo a partir de uma voz humana e amigável, tem-se a sensação de uma presença social durante o processo instrucional. Essa impressão estimula uma resposta social no

cérebro que, por sua vez, impacta positivamente na qualidade da aprendizagem. Muito embora este princípio tenha sido verificado em estudos iniciais, o autor destaca que esta parte da pesquisa não está concluída. Os resultados experimentais envolvendo este princípio estão descritos nas investigações preliminares sobre o princípio da voz. (Mayer, 2009, p. 255).

Por fim, o **princípio da imagem** diz que, não necessariamente, as pessoas aprendem melhor quando uma representação visual do narrador é apresentada junto com a narração. Mayer (2009, p. 258-262) aponta que este recurso possui um potencial efeito ambíguo. Por um lado, a representação visual do narrador, que simula interações com as pessoas, tende a estimular uma resposta social e contribuir positivamente para a qualidade da aprendizagem pelo mesmo mecanismo do princípio da voz. Por outro, a adição de imagens com nenhuma ou muito pouca relevância instrucional tende a gerar um processamento supérfluo, desperdiçando parte da capacidade cognitiva e podendo prejudicar a aprendizagem. Assim como o princípio da voz, os apontamentos acerca do princípio da imagem ainda se encontram em desenvolvimento. As experiências sobre os princípios da voz e da imagem não estão consolidadas e têm vindo a ser tratados como uma investigação preliminar.

Conforme mencionado, para determinar a validade dos princípios enunciados, Mayer (2009) conduziu uma série de experiências envolvendo testes de retenção e de transferência para medir a diferença média de desempenho entre os integrantes do grupo de teste e os integrantes do grupo de controlo. Ao todo, entre os anos de 1989 e 2008, foram realizadas noventa e três experiências, utilizando diversos testes, dos quais noventa e dois corroboraram os princípios teorizados por Mayer (2009, p. 267-268). Basicamente, os participantes dos grupos de teste recebiam as instruções multimédia elaboradas segundo os preceitos enunciados nos princípios e os participantes dos grupos de controle receberam a mesma instrução multimédia com a única diferença de que as recomendações do princípio testado em cada caso estavam ausentes. Os resultados mostraram que o desempenho médio alcançado pelos participantes dos grupos de teste foi melhor se comparado com o desempenho alcançado pelos participantes dos grupos de controlo. Todavia, a relevância do efeito positivo varia amplamente de um princípio para o outro e, para determinar o nível de relevância de cada um dos princípios, Mayer (2009) valeu-se das premissas do Teste de Cohen.

2.3.5 Instrução e TCAM

É conveniente esclarecer que quando usada como substantivo, a palavra multimédia refere-se à tecnologia ou ao meio usado para apresentar material visual ou textual. Quando empregada como adjetivo, a palavra multimédia assume outras conotações, a saber: num contexto de aprendizagem multimédia, significa aprender a partir de texto e imagens; num contexto de apresentações multimédia ou mensagens multimédia, as expressões referem-se a conteúdos que envolvem texto e imagens; num contexto de instrução multimédia, são os casos em que a apresentação de conteúdos inclui texto e imagens e que tenciona promover a aprendizagem. Sendo assim, toda a TCAM foi desenvolvida em cima da ideia de verificar que tipo de instrução multimédia seria capaz de promover uma suposta aprendizagem, caracterizando assim uma aprendizagem multimédia.

Ao definir instrução, Mayer (2009, p. 30) salientou que “a instrução refere-se às manipulações do instrutor do ambiente de aprendizagem que se destinam a promover essa mesma aprendizagem”. Numa situação de instrução multimédia, então, um instrutor procura intervir num ambiente de aprendizagem, instrução, ensino ou estudo, com o objetivo de promover a aprendizagem dos conteúdos disponibilizados, fazendo uso simultâneo de palavras e imagens.

As teorias da aprendizagem procuram responder à questão central sobre como o ser humano aprende, e a TCAM de Mayer (2009) procura, especificamente, explicar como o ser humano aprende a partir de palavras e imagens. Para o autor, a aprendizagem é um processo singular que acontece internamente no sistema cognitivo de cada indivíduo e ocorre quando existe uma modificação no conhecimento adquirido pelas experiências anteriores. A definição completa considera três partes que se complementam:

(a) “A aprendizagem é uma mudança no aprendente”;

(b) “O que se altera é o conhecimento do aprendente”;

(c) “A causa da mudança é a experiência do aprendente num ambiente de aprendizagem”. (IBIDEM, p. 59).

Mayer alerta que a tal mudança não pode ser diretamente observada, mas podem-se fazer inferências a partir de uma alteração comportamental, que envolve reorganizar e integrar conhecimentos, ao invés de, simplesmente, adicionar um novo conhecimento.

A aprendizagem, neste contexto, envolve cinco tipos de conhecimento, de acordo com Anderson et al. (2001 5 apud Mayer, 2009) e Mayer e Wittrock (2006 6 apud Mayer, 2009):

Factos – “Conhecimento sobre características das coisas e de eventos, tais como "Sacramento é a capital da Califórnia";

Conceitos – “Conhecimento de categorias, princípios, ou modelos, tais como saber o que é um cão ou como funciona um sistema de roldanas”;

Processos – “Conhecimento de processos específicos passo-a-passo, tais como a introdução de dados numa folha de cálculo”;

Estratégias – “Conhecimento de métodos gerais de orquestrar o próprio conhecimento para atingir um objetivo, como saber dividir um problema em subpartes”;

Crenças – “Conhecimentos sobre si próprio ou sobre como funciona a própria aprendizagem, como a crença de que "não sou bom em matemática"”. (Ibidem, p. 60)

3. METODOLOGIA

3.1. Pergunta de partida e objetivos de investigação

Assim, coloca-se a pergunta de partida: **Como são ensinados processos em CN com recursos didáticos multimédia?** E formularam-se os objetivos de investigação:

1- Analisar como são utilizados os vários recursos didáticos multimédia no processo Ensino/Aprendizagem em contexto de sala de aula;

2- Analisar a intenção didática dos professores do uso da abordagem.

Para que se possa compreender de uma forma precisa o estudo que aqui se apresenta, torna-se imperioso enquadrar os termos e conceitos utilizados contextualizados com a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia, que se explorará ao longo desta tese.

Está-se a usar uma teoria que assenta em princípios de design de um recurso didático específico, o das “apresentações multimédia”, e que para explicar processos em Ciências Naturais costuma ter o formato de vídeo didático, com combinação de imagem/vídeo e áudio. Na definição desta teoria, a narração feita pelo professor para dar sentido a um material didático não existiriam pois faria parte do material didático em si. Contudo, e de uma forma geral, os professores de Ciências Naturais em sala de aula costumam usar menos o vídeo e mais os softwares de apresentação gráfica, como o PowerPoint. Ou seja, a parte da imagem/vídeo/animação faz parte do recurso didático em si, mas o professor toma parte do áudio para si, sob a forma de narração. O professor pode também ter um papel na parte dos elementos visuais apresentados, pois pode controlá-los por animação por outras formas (ex: sinalizar, com o ponteiro do rato, a parte de interesse).

Em suma, nesta tese toma-se o sistema “recurso didático + ação do professor (narração, sinalização, etc) é tido como “apresentação multimédia”. Assim, multimédia será a integração de todos os elementos visuais e auditivos (do recurso didático ou do professor) que permitem compreender uma mensagem pedagógica (ex: fotossíntese).

3.2. Paradigma e tipo de estudo

A metodologia escolhida para a realização da pesquisa foi a **qualitativa**, pois permite uma melhor compreensão do objeto estudado dado que se pretende a descrição de um processo (uma lição em CN). De acordo com Carmo & Ferreira (2008) a investigação qualitativa é “descritiva”, e o investigador é o “instrumento” de recolha de dados; a validade e a fiabilidade dos dados depende muito da sua sensibilidade, conhecimento e experiência. O principal problema da investigação qualitativa, segundo os mesmos autores, é a questão da objetividade do investigador. (Carmo & Ferreira, 2008)

Em investigação qualitativa “a preocupação central não é a de saber se os resultados são suscetíveis de generalização, mas sim a de que outros contextos e sujeitos a eles podem ser generalizados”. (Bogdan e Biklen, 1994)

3.3. Casos em estudo

Para definir os casos em estudo, foram seguidos os seguintes critérios: professores de biologia, a ensinar processos (ex: fotossíntese, ...), com apoio de recursos multimédia (filmes, slides, etc) nas aulas.

Foram escolhidos para participar voluntariamente na pesquisa 4 professores de Ciências Naturais, de 3 instituições de ensino diferentes. Destes quatro professores, um leciona numa escola pública e três em escolas do ensino particular e cooperativo com contrato de associação.

- Um docente (Professor A) leciona o 3º ciclo, mais propriamente o 8º ano de escolaridade, e a aula observada incidia sobre o conceito de ecossistema. O docente utilizou um vídeo produzido por uma editora. Apesar de “ecossistema” ser, em rigor, um conceito, ele é definido à base das interações/relações/dinâmicas entre os “atores” constituintes (meio, seres, relações entre seres, relações ...), o que o torna adequado e propenso ao uso de ferramentas multimédia, como é provado neste caso.
- Outro docente (Professor B) leciona turmas do 2º ciclo, mais propriamente do 6º ano de escolaridade, e as matérias sobre as quais as aulas observadas

incidiram eram relativas a sistemas do corpo humano, em particular o sistema respiratório, e neste foquei-me em particular no processo das trocas gasosas ao nível pulmonar, a hematose pulmonar, e no processo ventilatório, os movimentos respiratórios. Este docente utilizou como recursos multimédia apresentações PowerPoint produzidas por editoras, nas quais estavam incluídos alguns vídeos.

- Outro docente (Professor C) leciona o 3º ciclo, mais propriamente o 8º ano de escolaridade, e as aulas observadas incidiram sobre o processo de fotossíntese e sobre a transmissão de energia e de matéria através de cadeias tróficas. O docente utilizou uma apresentação PowerPoint produzida por uma editora.
- Outro docente (Professor D) leciona o 3º ciclo, mais propriamente o 9º ano de escolaridade, e as aulas observadas incidiram sobre o sistema excretor. Este docente utilizou um vídeo e um PowerPoint, ambos produzidos por uma editora.

3.4. Técnicas e Instrumentos de recolha de dados

Para responder ao objetivo de investigação 1, e de forma a ver como eram *utilizados* os recursos em sala de aula usou-se a **técnica de observação**. A observação é uma técnica que consiste em “*selecionar informação pertinente, através dos órgãos sensoriais e com recurso à teoria e à metodologia científica, a fim de poder descrever, interpretar e agir sobre a realidade em questão*”. (Carmo & Ferreira, 2008)

Para isso, foi solicitado aos participantes que gravassem as aulas a ser observadas. Tendo em conta que o estudo foi realizado numa altura em que, devido à pandemia de Covid-19, as aulas gravadas decorreram em Ensino a Distância. Esta circunstância mostrou-se como facilitadora da investigação por vários fatores: a utilização de recursos digitais por parte dos professores era de cariz praticamente obrigatório; a gravação da aula tornou-se mais prática; a presença de um máquina de filmar em contexto de sala de aula presencial poderia acarretar constrangimentos para o professor, para os alunos e para a interação entre estes, o que não sucedeu neste caso.

A gravação em vídeo das aulas permitiu uma análise mais minuciosa e precisa dos indicadores a observar e, para os registar, usou-se como **instrumento uma grelha de observação** (ver anexo 1). Uma vez que a TCAM assenta em princípios (doze) que foram

testados empiricamente, considerou-se como categorias de análise, a aplicação (ou não), por parte do docentes, desses princípios. Contruiu-se uma grelha onde se identificava o princípio e assinava a sua aplicação e, quando possível, diferenciava essa aplicação na imagem e/ou no texto (narrado ou escrito)

Para responder ao objetivo de investigação 2, que objetivava conhecer a intenção didática por parte do professor, usou-se a **técnica do inquérito**, e como **instrumento o inquérito por entrevista**. As entrevistas são o instrumento ideal para este objetivo do estudo uma vez que se pretendia uma descrição profunda, por parte do docente, da intencionalidade que deu ao uso do recurso.

Uma vez que requer que o investigador seja já detentor de informação suficiente para estruturar os instrumentos de recolha de dados, e poder, portanto, conceber um guião de entrevista com questões mais precisas que se aplica à amostra da população-alvo, e que representa uma vantagem por haver questões relevantes, cuja resposta não se encontra na documentação disponível.

Contudo, é importante perceber-se que um informador é um recipiente de informação relevante, mas é também um filtro da própria informação. O investigador deverá evitar limitar-se a funcionar como caixa de ressonância dos seus informadores, os quais têm uma perceção filtrada (necessariamente parcial) da realidade. (Carmo & Ferreira, 2008)

De acordo com as múltiplas situações em que podem ocorrer, as entrevistas assumem diversos formatos de modo a adequar-se convenientemente às contingências do ambiente e aos objetivos que o investigador se propõe atingir. Para ter uma noção da diversidade que pode assumir a estrutura e a estratégia de uma entrevista selecionou-se a tipologia a partir da proposta de classificação de entrevistas de Madeleine Grawitz (1993). De acordo com esta autora pode-se classificar as entrevistas de acordo com um continuum, variando entre um máximo e um mínimo de liberdade concedida ao entrevistado e o grau de profundidade da informação obtida. A tipologia resultante apresenta seis tipos de entrevista que Grawitz classifica em três grupos: entrevistas predominantemente informais, entrevistas mistas e entrevistas predominantemente formais.

Para criação do **guião da entrevista** procedeu-se do seguinte modo: depois de observadas as aulas, e feita a análise da grelha de observação, o investigador, conhecendo os princípios que foram respeitados e os que foram violados, preparou guiões específicos

para cada docente procurando que estes justificassem as ações/decisões tomadas no uso do recurso.

Assim, e para o estudo em causa, adotou-se **um grau intermédio de informalidade**, através de entrevista centrada. As entrevistas podem ser consultadas no anexo 2.

3.5. Técnicas de análise de dados

Berelson (1952,1968), definiu análise de conteúdo como “uma técnica de investigação que permite fazer uma descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto das comunicações, tendo por objetivo a sua interpretação”. (Carmo & Ferreira, 2008)

Posteriormente foram propostas outras definições. Por exemplo, Cartwright (1953), para além do “conteúdo manifesto da comunicação”, estende a Análise de Conteúdo a “todo o comportamento simbólico” e Stone (1966) define-a como: “ uma técnica que permite fazer inferências, identificando objetiva e sistematicamente as características específicas da mensagem”. A Análise de Conteúdo orienta-se para a formalização das relações entre temas, permitindo traduzir a estrutura dos textos. (Carmo & Ferreira, 2008)

Noutras definições, ainda, a referência à quantificação desaparece.

Como Grawitz (1993) põe em evidência, a inferência corresponde ao alargamento da técnica, a qual permite daí em diante pôr em relação aspetos literais e aspetos sociológicos. Desaparecem as exigências de manifesto no que diz respeito ao conteúdo e de descrição quantitativa, e aparecem as noções de forma e de estrutura.

Aplica-se ao presente estudo a análise de exploração e análise de verificação, que corresponde à distinção entre a análise de documentos que tem como finalidade a verificação de uma hipótese, cujo objetivo é bem definido e conduz à quantificação dos resultados; e aquela cuja finalidade é fundamentalmente explorar. (Carmo & Ferreira, 2008)

A análise indireta que procura uma interpretação do que se encontra latente sob a linguagem expressa é geralmente considerada como característica de uma análise de tipo qualitativo; mas, por vezes a partir de uma análise quantitativa indireta, para além do que

é manifesto num discurso, por inferência, pode chegar-se a conclusões sobre o que propositadamente não foi dito ou escrito.

Desta forma, para ambos os dados recolhidos com ambos os instrumentos, procedeu-se à análise de conteúdo tendo em conta, e como já referido, os 12 princípios da TCAM. (categorias de análise correspondem aos 12 princípios da TCAM)

3.6. Considerações éticas

Foi entregue um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aos Professores e alunos, com conhecimento das Direções dos Agrupamentos de Escolas ou Escolas não Agrupadas assim como com conhecimentos dos Encarregados de Educação dos alunos envolvidos, (conforme Anexos 3 e 4). O instrumento de pesquisa foi a gravação e posterior análise de aulas de Ciências Naturais, dos 2º e 3º ciclos, com incidência nos momentos em que os Professores procediam à utilização de recursos multimédia no sentido de lecionar um processo ou um conceito.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1. Objetivo 1

A partir da observação direta de aulas de Ciências Naturais a alunos dos 6º, 8º e 9º anos, em contexto de pandemia mundial e, conseqüentemente, em ensino a distância, registaram-se os dados que a seguir se apresentam.

Apresentam-se a seguir os dados recolhidos na aula do Professor A, onde a aprendizagem pretendida era o conceito de “Ecosistema”. Esta aula, que decorreu no dia 10/02/2021 era destinada a alunos do 8º ano de escolaridade e o recurso utilizado foi um vídeo com som (texto falado). Este recurso foi utilizado conforme disponibilizado pela editora, sem modificações por parte do docente, sendo esta a Porto Editora.

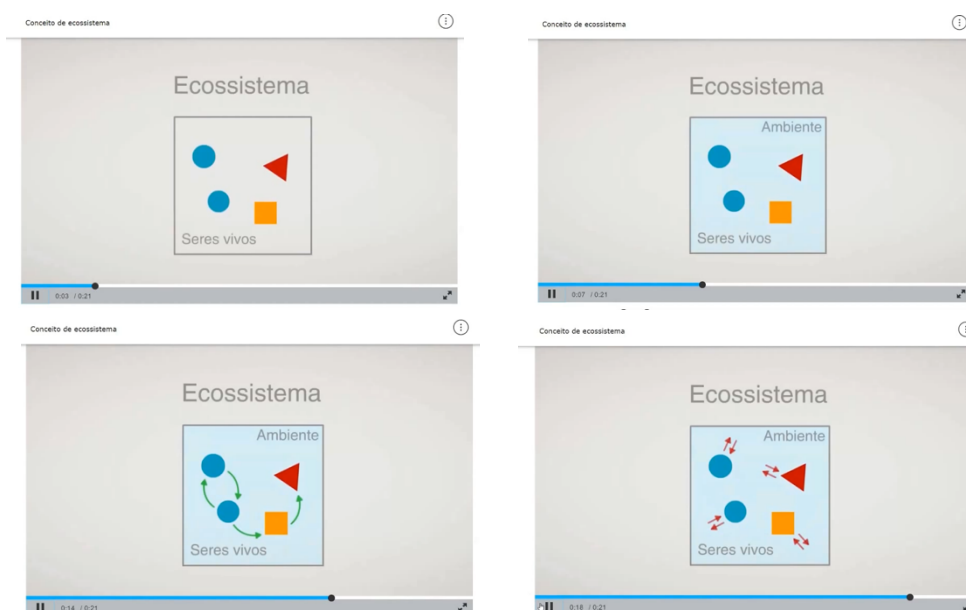


Figura 2 – “print-screens” do vídeo utilizado pelo Professor A.

Em relação à “aula” do Professor A, recolheram-se as seguintes evidências, a partir de análise de conteúdo:

Quadro 2 – Resultados da observação, segundo os princípios da TCAM, da aula do Professor A.

Princípio	imagem	Palavras (escritas e narradas)
Coerência	Princípio corretamente aplicado: imagem simples, sem elementos externos ao objetivo de aprendizagem; Há uma imagem única que vai mudando, de acordo com a narração, as partes destacadas.	Princípio corretamente aplicado: texto narrado relativo apenas ao essencial do objetivo de aprendizagem.
Sinalização	Princípio aplicado corretamente: os nomes dos conceitos surgem na imagem e são narrados simultaneamente. As relações entre os diferentes conceitos são sinalizadas através de setas.	Não há sinalização.
Redundância	(Não aplicável)	O princípio está corretamente aplicado uma vez que o texto escrito apenas apresenta os conceitos principais mencionados no texto narrado.
Modalidade	(Não aplicável)	A mensagem verbal está narrada, como defende o princípio da Teoria.
Atenção dividida no espaço	Princípio parcialmente aplicado: o texto “seres vivos” devia estar mais junto das formas que os representam.	(não aplicável)
Atenção dividida no tempo	Princípio corretamente aplicado: o texto narrado surge sincronizado com as animações.	
Segmentação	Princípio não aplicável por se tratar de um vídeo muito curto. (Não haverá sobrecarga cognitiva)	
Pré-Treino	Princípio não aplicável por se tratar de um conceito e não de um processo.	
Modalidade	Princípio corretamente aplicado: apresenta uma imagem com animações e a narração do conceito.	

Personalização	(não aplicável)	
Voz	(não aplicável)	Princípio corretamente aplicado: o vídeo é narrado por voz humana.
Imagem	<i>O princípio da imagem não será analisado por não haver estudos conclusivos acerca do benefício.</i>	
Multimédia	Princípio corretamente aplicado: existe, neste recurso, imagem e texto, sob a forma verbalizada.	

Aula 1 do Professor B.

Apresentam-se a seguir os dados recolhidos na **aula 1** do Professor B, onde a aprendizagem pretendida era a hematose pulmonar e tecidual. Esta aula, que decorreu no dia 02/03/2021 era destinada a alunos do 6º ano de escolaridade e o recurso utilizado foi um vídeo com som (texto falado). Este recurso foi utilizado conforme disponibilizado pela editora, sem modificações por parte do docente, sendo esta a Porto Editora.

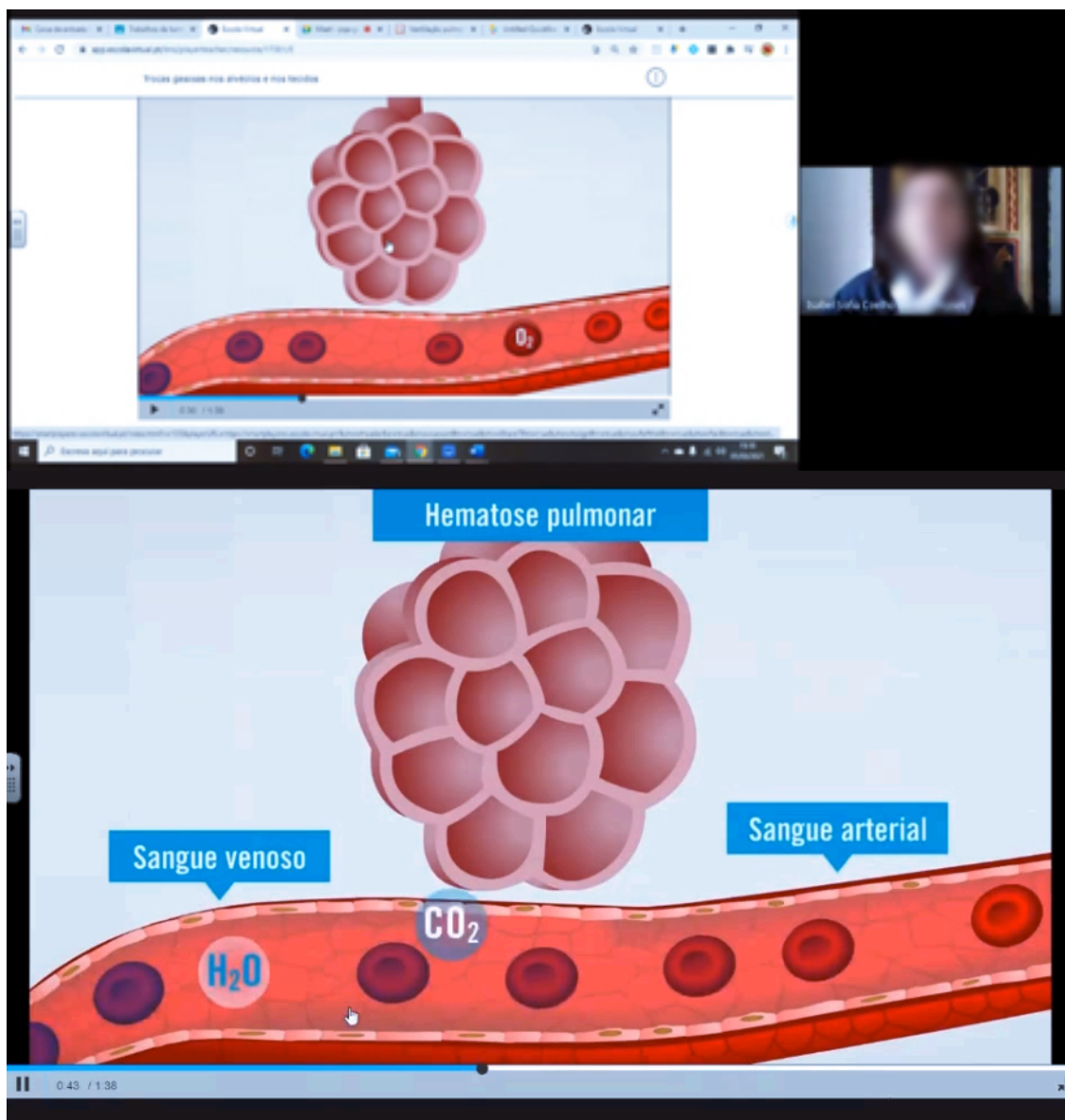


Figura 3 – “Print screens” do vídeo utilizado pelo Professor B.

Em relação à aula do Professor B, recolheram-se as seguintes evidências, a partir de análise de conteúdo:

Quadro 3- Resultados da observação, segundo os princípios da TCAM, da aula 1 do Professor B

Princípio	imagem	Palavras (escritas e narradas)
Coerência	Princípio não aplicado corretamente: o vídeo não ocupava o ecrã todo, em alguns momentos, deixando elementos do ambiente de trabalho da professora visíveis (elementos estranhos à aprendizagem)	Princípio não aplicado corretamente: surgem, por vezes, sons emitidos pela plataforma utilizada na aula que podem, por serem externos, perturbar a atenção dos alunos.
Sinalização	Princípio aplicado corretamente: quando o narrador refere “os alvéolos pulmonares e os capilares sanguíneos”, há sinalização (através de destaque na imagem), mas dos dois elementos em conjunto, não permitindo a sua correta distinção. A professora detetou esta falha, fez pausa no vídeo e sinalizou, com o rato, os diferentes constituintes visíveis na imagem, assim como através de gesticulação. O narrador, quando refere que, quando há inspiração, os alvéolos pulmonares ficam cheios, não há correspondência na imagem. A professora colmatou esta falha, fazendo pausa no vídeo e sinalizando o processo com movimento do rato e com gesticulação. Quando refere que há passagem de oxigénio dos alvéolos para os capilares e de dióxido de carbono e vapor de água dos capilares para os	Princípio aplicado corretamente: a professora fez várias pausas no vídeo e sinalizou, com diferente entoação, os diferentes elementos visíveis na imagem.

	<p>alvéolos, há uma animação a sinalizar esse processo.</p> <p>Quando o narrador refere que há passagem de oxigênio dos capilares para as células e dióxido de carbono e vapor de água das células para os capilares, há uma animação a sinalizar esse processo. A professora colmatou esta falha, fazendo pausa no vídeo e sinalizando o processo com movimento do rato e com gesticulação.</p> <p>No momento em que o narrador refere a transformação do sangue venoso em arterial, surgem setas que sinalizam corretamente os dois estados do sangue.</p> <p>No momento em que o narrador refere a transformação do sangue arterial em venoso, surgem setas que sinalizam corretamente os dois estados do sangue.</p> <p>Nos momentos em que o narrador faz referência à alteração da constituição gasosa do sangue, a professora faz pausa e sinaliza com o rato o sangue venoso e o sangue arterial.</p>	
Redundância	(Não aplicável)	Não há violação deste princípio. Ao longo do vídeo surge texto escrito, mas apenas os conceitos principais, sendo assim irrelevante.
Atenção dividida no espaço	Princípio aplicado corretamente: a localização do texto em relação à imagem é correta.	(Não aplicável)

Atenção dividida no tempo	Princípio não aplicado corretamente: há alguns momentos em que não há sincronização entre animação e texto narrado. A professora procura colmatar esta falha fazendo pausas no vídeo. A pausa divide no tempo a imagem da narração, logo, também viola o princípio.	
Segmentação	Princípio aplicado pela professora, que fez pausas no vídeo de modo a aplicar a segmentação.	
Pré-Treino	Princípio corretamente aplicado: os principais conceitos relativos à hematóse pulmonar já eram conhecidos pelos alunos, tendo sido estudados em aulas anteriores.	
Modalidade	Princípio corretamente aplicado: apresenta uma imagem com animações e a narração do conceito.	
Personalização	(Não aplicável)	Princípio nem sempre aplicado: linguagem formal por parte do narrador e por parte da professora. Aplicado, por exemplo, no momento em que se refere às estruturas do sistema vascular, a professora verbaliza: “nos nossos pulmões” em vez de: “nos pulmões”.
Voz	(Não aplicável)	Princípio aplicado: texto narrado por locutor humano e pela professora.
Imagem	<i>O princípio da imagem não será analisado por não haver estudos conclusivos acerca do benefício.</i>	
Multimédia	Princípio aplicado: existe, neste recurso, imagem e texto, sob a forma verbalizada.	

Aula 2 do Professor B.

Apresentam-se a seguir os dados recolhidos na **aula 2** do Professor B, onde a aprendizagem pretendida era a ventilação pulmonar. Esta aula, que decorreu no dia 02/03/2021 era destinada a alunos do 6º ano de escolaridade e o recurso utilizado foi um vídeo com som (texto falado). Este recurso foi utilizado conforme disponibilizado pela editora, sem modificações por parte do docente, sendo esta a Leya Editores.



Figura 4 – “Print screens” do vídeo utilizado pela Professora B.

Em relação à aula 2 do Professor B, recolheram-se as seguintes evidências, a partir de análise de conteúdo:

Quadro 4- Resultados da observação, segundo os princípios da TCAM, da aula 2 do Professor B

Princípio	imagem	Palavras (escritas e narradas)
Coerência	<p>O vídeo não ocupava o ecrã todo, deixando elementos do ambiente de trabalho da professora visíveis (elementos estranhos à aprendizagem).</p> <p>No momento em que é feita a descrição do movimento do diafragma, surge na animação a imagem do diafragma e dos</p>	<p>O facto de o chat da plataforma utilizada nesta aula (Google Meet) estar ativo, levou a que, numa ocasião, se ouvisse o som que sinaliza uma nova mensagem, podendo este ser um elemento externo perturbador.</p>

	pulmões. Os pulmões não deviam ter aparecido nesta fase, pois apenas servem como elemento decorativo.	
Sinalização Uma animação e mudança de cor é uma sinalização.	Houve sinalização dos diferentes movimentos respiratórios, através de animação. Na descrição das principais alterações provocadas pelos movimentos respiratórios, há sinalização através de setas. No momento em que surge o conceito de expiração, surgem setas a indicar o movimento da caixa torácica. A professora fez pausa no vídeo e reforçou a sinalização com o movimento do rato e, posteriormente, sinaliza esses movimentos com gestos.	No texto narrado, há um reforço na entoação dos principais conceitos, sinalizando-os. No momento em que surge o conceito de expiração, a professora fez pausa no vídeo e reforçou a sinalização verbalizando as principais alterações e destacando, com diferente entoação, os principais conceitos, como por exemplo: “o diafragma SOBE durante a expiração”.
Redundância	(Não aplicável)	Há violação deste princípio. Ao longo do vídeo surge texto narrado e escrito ao mesmo tempo, nomeadamente na descrição das principais alterações provocadas pelos movimentos respiratórios.
Atenção dividida no espaço	A localização do texto em relação à imagem obriga a que o aluno desvie o olhar da animação para poder ler o texto. Quando surge, por exemplo, a exemplificação das principais alterações na expiração, há uma animação mas também surge texto escrito posicionado à direita da imagem, o que leva o aluno a desviar o olhar, sendo assim obrigado a alternar entre a animação e o texto escrito.	(Não aplicável)
Atenção dividida no tempo	Princípio não cumprido: não há sincronização entre animação e texto narrado. No momento em que o texto narrado se refere	

	<p>ao movimento de inspiração, a animação reflete o movimento de inspiração mas também o de expiração.</p> <p>Na descrição das principais alterações provocadas pelos movimentos respiratórios, o texto narrado não é coincidente com a animação, referindo movimentos e alterações que não coincidem com a animação.</p> <p>Na descrição das principais alterações provocadas pelos movimentos respiratórios surgem setas e sobreposição de imagens que não estão sincronizadas com o texto narrado. A professora detetou esta falha e colmatou-a parcialmente usando o rato para sinalizar alguns elementos, como por exemplo a localização, movimento e características do diafragma.</p> <p>Na descrição das principais alterações provocadas pelos movimentos respiratórios surgem setas e sobreposição de imagens que não estão sincronizadas com o texto narrado. A professora detetou esta falha e colmatou-a parcialmente usando o rato para sinalizar alguns elementos, como por exemplo a localização, movimento e características do diafragma.</p>	
Segmentação	Princípio não aplicado.	
Pré-Treino	Princípio corretamente aplicado: os principais conceitos relativos à hematose pulmonar já eram conhecidos pelos alunos, tendo sido estudados em aulas anteriores.	
Modalidade	<p>Princípio parcialmente violado por haver texto escrito. No início do vídeo surgem apenas os nomes dos conceitos, mas na descrição destes conceitos surge, sob a forma escrita, todo o texto narrado.</p> <p>Quando o vídeo entra na fase de exploração das diferenças entre os movimentos inspiratório e expiratórios, surge texto escrito sobre o processo, que devia ser apenas narrado.</p>	
Personalização		Princípio nem sempre aplicado: linguagem maioritariamente formal por parte do narrador e por parte da professora.
Voz		Texto narrado por locutor humano e pela professora.
Imagem	<i>O princípio da imagem não será analisado por não haver estudos conclusivos acerca do benefício.</i>	
Multimédia	Princípio aplicado: existe, neste recurso, imagem e texto, sob a forma verbalizada.	

Aula 1 do Professor C

Apresentam-se a seguir os dados recolhidos na **aula 1** do Professor C, onde a aprendizagem pretendida era as cadeias tróficas. Esta aula, que decorreu no dia 23/03/2021, era destinada a alunos do 8º ano de escolaridade e o recurso utilizado foi uma apresentação PowerPoint. O recurso foi utilizado conforme disponibilizado pela editora, sem modificações por parte do docente, sendo esta a Porto Editora.

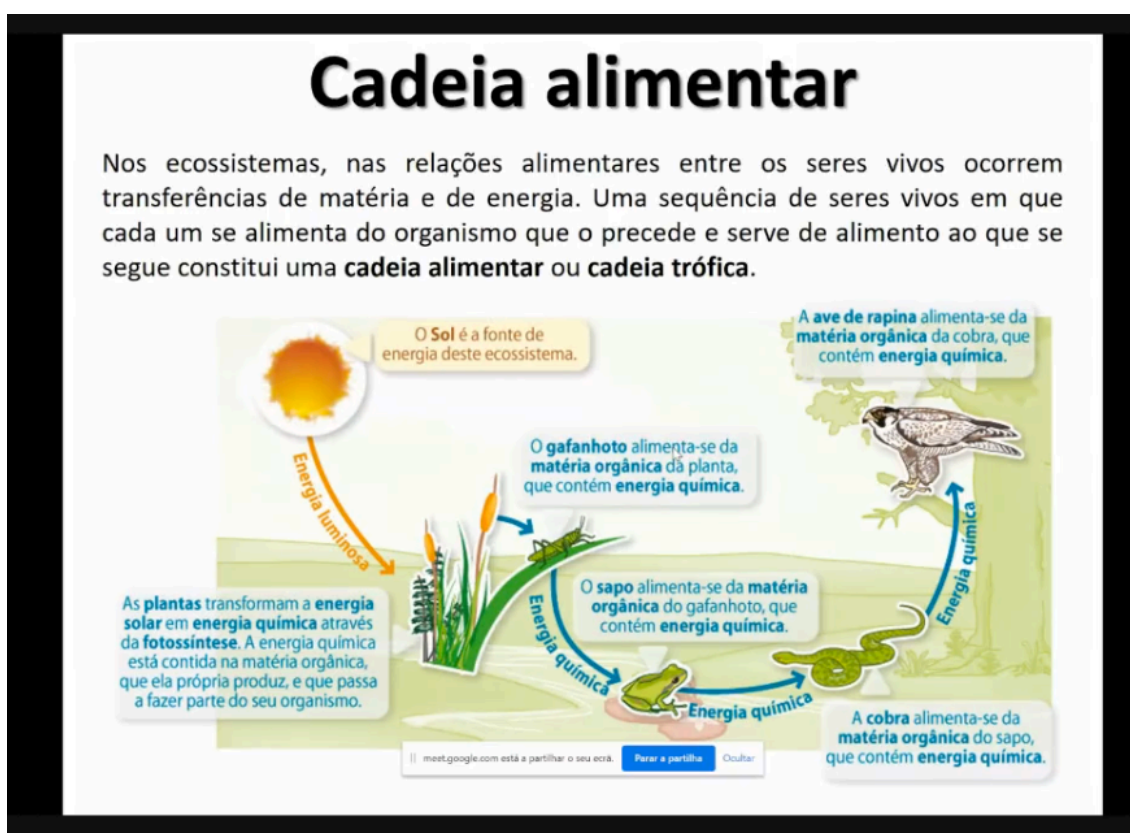


Figura 5 – “Print screen” do vídeo utilizado pela Professor C.

Em relação à aula do Professor C, recolheram-se as seguintes evidências, a partir de análise de conteúdo:

Quadro 5- Resultados da observação, segundo os princípios da TCAM, da aula 1 do Professor C

Princípio	imagem	Palavras (escritas e narradas)
Coerência	Princípio parcialmente aplicado: - tem imagens dos animais e plantas envolvidos na cadeia; - apresenta mais que um conceito no mesmo slide.	Princípio parcialmente aplicado: - apresenta mais que um conceito no mesmo slide.
Sinalização	Princípio corretamente aplicado nas seguintes situações: - uso de negrito no texto das legendas, que ajuda a destacar os conceitos mais importantes; - uso de negrito no texto principal, destacando o conceito em estudo; - a imagem de fundo (ambiente) está esbatida, não causando conflito com os seres vivos representados. Princípio incorretamente aplicado nas seguintes situações: - a Professora não sinalizou nenhum elemento enquanto se referia verbalmente a cada um deles: [“ A energia luminosa vem do sol e, através da fotossíntese, vai ser transformada e incorporada na matéria orgânica da própria planta sob a forma de energia química”]	Princípio parcialmente aplicado: o aluno é orientado parcialmente a focar-se no tema principal através de indicações orais: - a professora pergunta: “Qual é o animal que vai obter parte da energia química que a planta contém?”.
Redundância	(Não aplicável)	Princípio violado: existe texto escrito que é também lido pela professora. Exemplo: o conceito de cadeia alimentar é relatado verbalmente e encontra-se sob a forma de

		texto escrito no slide apresentado.
Modalidade	Princípio parcialmente violado por haver texto escrito sobreposto à imagem.	
Atenção dividida no espaço	(Não aplicável)	Princípio corretamente aplicado: a localização do texto em relação à imagem é correta.
Atenção dividida no tempo	Princípio violado: por diversas ocasiões, a professora refere conceitos e conteúdos que serão abordados mais tarde, deixando muitos conceitos suspensos na cognição do aluno.	
Segmentação	Princípio não respeitado: há uma mistura entre o processo da fotossíntese e o conceito de cadeia trófica.	
Pré-Treino	Princípio corretamente aplicado: os principais conceitos já eram conhecidos pelos alunos, tendo sido estudados em aulas anteriores.	
Personalização	(não aplicável)	Princípio parcialmente aplicado: a professora variava a referência aos animais entre: “os animais precisam de energia química” e “nós precisamos de energia química”.
Voz	(não aplicável)	Princípio corretamente aplicado: texto narrado pela professora.
Imagem	<i>O princípio da imagem não será analisado por não haver estudos conclusivos acerca do benefício.</i>	
Multimédia	Princípio corretamente aplicado: existe, neste recurso, imagem e texto, sob a forma verbalizada.	

Aula 2 do Professor C.

Apresentam-se a seguir os dados recolhidos na **aula 2** do Professor C, onde a aprendizagem pretendida era a fotossíntese. Esta aula, que decorreu no dia 23/03/2021, era destinada a alunos do 8º ano de escolaridade e o recurso utilizado foi uma apresentação PowerPoint. O recurso foi utilizado conforme disponibilizado pela editora, sem modificações por parte do docente, sendo esta a Porto Editora.

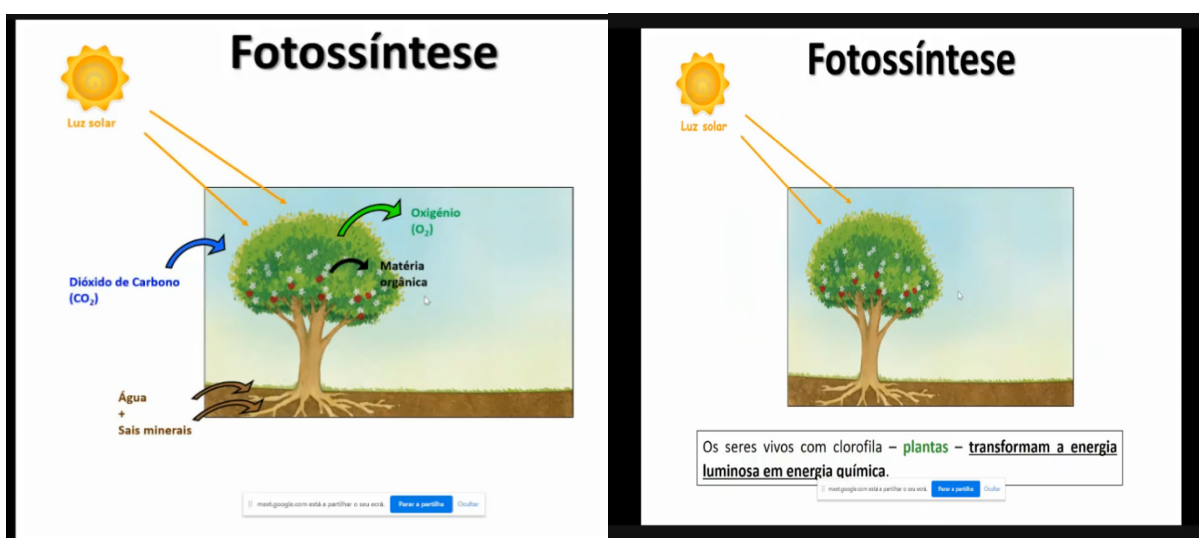


Figura 6 – “Print screens” do vídeo utilizado pela Professora C.

Em relação à aula 2 do Professor C, recolheram-se as seguintes evidências, a partir de análise de conteúdo:

Quadro 6- Resultados da observação, segundo os princípios da TCAM, da aula 2 do Professor C

Princípio	imagem	Palavras (escritas e narradas)
Coerência	Princípio corretamente aplicado: a imagem não apresenta gráficos nem textos irrelevantes para a aprendizagem.	Princípio aplicado corretamente.
Sinalização	Princípio corretamente aplicado nas seguintes situações:	Princípio parcialmente violado: a professora sinaliza verbalmente os produtos da fotossíntese, oxigênio e matéria orgânica, mas de

	<p>- o uso de setas a indicar o percurso dos diferentes elementos.</p> <p>Princípio incorretamente aplicado nas seguintes situações:</p> <p>- uso de diferentes cores para cada elemento, que parece ser aleatório e desnecessário;</p> <p>- falta uma indicação gráfica da absorção de CO₂ e da água e sais minerais em alturas diferentes</p>	forma dessincronizada com a animação.
Redundância	(Não aplicável)	Princípio corretamente aplicado: é usada a imagem em conjunto com narração por parte da professora.
Modalidade	Princípio corretamente aplicado: sem texto escrito que compita com a narração.	
Atenção dividida no espaço	(Não aplicável)	Princípio corretamente aplicado: a localização do texto em relação à imagem é correta.
Atenção dividida no tempo	<p>Princípio violado:</p> <p>- À medida que a descrição acerca da fotossíntese decorre, é solicitado aos alunos que retenham informação acerca de conceitos que apenas serão explicados posteriormente.</p> <p>Há uma descoordenação entre o momento em que a professora nomeia alguns processos (como a absorção de CO₂) e o surgimento da sinalização do mesmo na imagem.</p>	
Segmentação	Princípio corretamente aplicado: a sequência respeita uma ordem de conceitos e processos que se encontram segmentados, auxiliada pelo uso correto do princípio da sinalização. (através de animação)	
Pré-Treino	<p>Princípio corretamente aplicado:</p> <p>- a professora refere que já foram abordados conceitos como “cloroplasto” e “clorofila”;</p> <p>- a professora refere que o processo da fotossíntese já fora abordado anteriormente.</p>	
Personalização	(não aplicável)	Princípio violado: a professora referia-se à necessidade de oxigénio e de

		energia química por parte “dos seres vivos”, mas podia ter referido “por nós, os seres vivos”.
Voz	(não aplicável)	Princípio corretamente aplicado: texto narrado pela professora.
Imagem	<i>O princípio da imagem não será analisado por não haver estudos conclusivos acerca do benefício.</i>	
Multimédia	Princípio corretamente aplicado: existe, neste recurso, imagem e texto, sob a forma verbalizada.	

Aula do Professor D

Apresentam-se a seguir os dados recolhidos na aula da Professor D, onde a aprendizagem pretendida era a estrutura e funcionamento do sistema excretor. Esta aula, que decorreu no dia 03/03/2021 era destinada a alunos do 9º ano de escolaridade. Nesta aula foram utilizados 3 recursos diferentes, que serão analisados independentemente. Estes foram:- dois vídeos denominados por: “Função do sistema urinário na regulação do organismo” e “Modelo do rim”; - uma apresentação PowerPoint denominada por: “Importância da função excretora na regulação do organismo humano”. Os recurso foram utilizados conforme disponibilizado pela editora, sem modificações por parte d docente. As fontes dos recursos foram a Porto Editores (Escola Virtual) em relação aos vídeos e a Areal Editora em relação à apresentação PowerPoint.

1ª parte: Vídeo “Função do sistema urinário na regulação do organismo”.

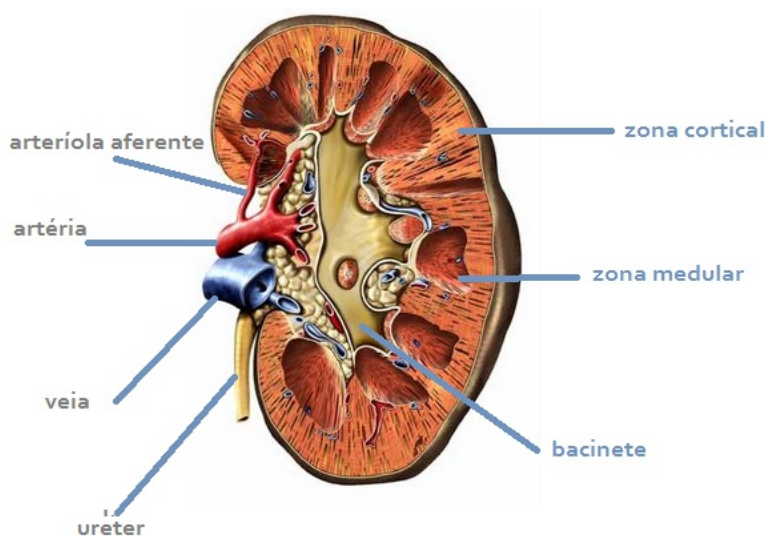


Figura 7 – “Print screen” do vídeo utilizado pelo Professor D.

Em relação este recurso, recolheram-se as seguintes evidências, a partir de análise de conteúdo:

Quadro 7- Resultados da observação, segundo os princípios da TCAM, da 1ª parte da aula do Professor D

Princípio	imagem	Palavras (escritas e narradas)
Coerência		Princípio aplicado corretamente.

<p>Sinalização</p>	<p>Princípio violado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No momento em que se refere verbalmente a célula há uma mudança de cor que a sinaliza . - Quando há a descrição de diferentes órgão humanos, apenas alguns são sinalizados, através de mudança de cor, deixando outros por sinalizar à medida que são narrados. Quando se refere verbalmente os pulmões, estes são sinalizados, mas quando se refere verbalmente a pele, esta não é sinalizada. - Na descrição do processo de formação da urina, há movimento na imagem mas sem nenhuma relação com o texto narrado, o que é errado. - A exibição de todos os sistemas em simultâneo gera carga cognitiva desnecessária, não havendo sinalização do sistema a ser abordado. Todos os órgãos, além do urinário, deveriam estar esbatidos. - O texto narrado nem sempre coincide com o texto escrito. A narradora, por exemplo, refere-se ao “sistema urinário”, mas no vídeo surgem as palavras: “rins e bexiga”. - Não há correlação entre a narração e a imagem no momento em que é narrada a sequência da formação da urina. 	<p>Princípio aplicado: os conceitos chave estão sinalizados com destaque de cor no corpo do texto escrito.</p>
--------------------	---	--

Redundância	(Não aplicável)	Princípio corretamente aplicado na secção do vídeo explorada. (excetua-se a síntese)
Modalidade	Princípio nem sempre corretamente aplicado: há mensagem verbal, mas também muito texto escrito.	
Atenção dividida no espaço	Princípio corretamente aplicado. As legendas surgem junto às respetivas imagens.	
Atenção dividida no tempo	Princípio corretamente aplicado.	
Segmentação	Fazendo parte de uma sequência de aprendizagem, em conjunto com os restantes recursos, o princípio está bem aplicado.	
Pré-Treino	Princípio violado. Há alguns conceitos, como “concentração das substâncias no sangue” ou “metabolismo celular” que requereriam pré conhecimentos.	
Personalização		Princípio não aplicado. Tratando-se de sistemas do corpo humano, quando a narração refere: “A bexiga armazena a urina” em vez de “A tua bexiga armazena a urina”.
Voz		Princípio aplicado corretamente: o texto é narrado por locutor humano.
Imagem	<i>O princípio da imagem não será analisado por não haver estudos conclusivos acerca do benefício.</i>	
Multimédia	Princípio aplicado: existe, neste recurso, imagem e texto, sob a forma verbalizada.	

2ª parte: Apresentação PowerPoint “Importância da função excretora na regulação do organismo humano”.

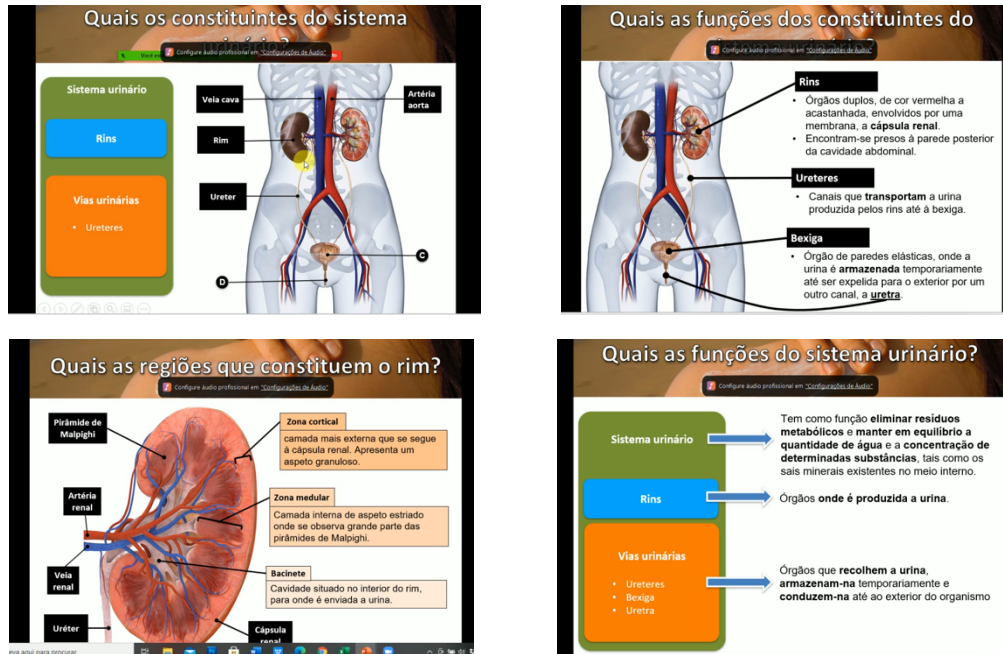


Figura 8 – “Print screens” do vídeo utilizado pelo Professor D.

Em relação este recurso, recolheram-se as seguintes evidências, a partir de análise de conteúdo:

Quadro 8- Resultados da observação, segundo os princípios da TCAM, da 2ª parte da aula do Professor D

Princípio	imagem	Palavras (escritas e narradas)
Coerência	<p>Princípio violado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Na imagem de fundo da apresentação surge a imagem de parte de uma pessoa a tomar banho, irrelevante para o objetivo pretendido. - O tema abordado é o sistema urinário, mas a imagem de capa da apresentação remete para a pele. 	<p>Princípio violado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - As legendas do corpo humano surgem inicialmente substituídas por letras, o que faria sentido num momento de avaliação, mas não de aprendizagem expositiva. - É também referido, ao longo da apresentação, outro sistema do corpo humano, o sistema digestivo, o que pode levar a uma sobrecarga cognitiva.

Sinalização	<p>Princípio aplicado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A professora sinaliza com o rato as os diferentes constituintes do sistema urinário à medida que se vai referindo a eles verbalmente. - A professora ativou a animação das legendas 4, 5 e 6, sem ter narração (uso) para elas. Isto porque a professora estava a usar a imagem para falar de espetos fisiológicos e as legendas 4, 5 6 eram sobre características morfológicas. Ela aproveitou para repetir/consolidar os conhecimento. - O sistema urinário surge destacado na imagem, estando os restantes sistemas esbatidos. 	Há sinalização dos principais conceitos em diferentes cores, assim como o destaque, através de letras mais marcadas, de alguns conceitos principais no texto escrito.
Redundância	(Não aplicável)	Há muito texto escrito na apresentação que descreve o processo e que é verbalizado também, o que determina a violação deste princípio.
Modalidade	Princípio corretamente aplicado.	
Atenção dividida no espaço	<p>Princípio violado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - as legendas estão ligadas à imagem por uma linha se encontram alinhadas por uma questão estética, mas afastadas do órgão a que dizem respeito. - há duas mensagens a ser transmitidas em simultâneo: uma (legendas em caixa preta) pretende nomear os diferentes constituintes do sistema urinário, e outra mensagem (nomes nas caixas coloridas, mais à esquerda) pretende organizar os constituintes do sistema em relação às suas funções. 	
Atenção dividida no tempo	<p>Princípio aplicado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - quando é referido verbalmente: “Isto é o bacinete” , a professora aponta imediatamente para o bacinete. - Em determinado momento da apresentação, as designações dos diferentes componentes do sistema urinário surgem 	

	<p>tapadas por um ponto de interrogação, surgindo essas designações apenas no momento em que são verbalizadas.</p> <p>Princípio violado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - a professora faz um resumo completo dos temas que irão ser abordados com a imagem de capa sempre presente, o que pode provocar sobrecarga. - há uma mistura de conceitos que pode produzir uma sobrecarga cognitiva. Por exemplo, quando a professora descreve os constituintes do sistema, acaba por explicar a função da bexiga enquanto armazém de urina, ainda antes de enunciar os restantes constituintes. 	
Segmentação	Fazendo parte de uma sequência de aprendizagem, em conjunto com os restantes recursos, o princípio está bem aplicado.	
Pré-Treino	Não se aplica.	
Personalização		Princípio aplicado parcialmente. Em alguns momentos, a professora refere “os nossos rins”, e noutros refere “os rins do ser humano”.
Voz		Texto narrado pela professora.
Imagem	<i>O princípio da imagem não será analisado por não haver estudos conclusivos acerca do benefício.</i>	
Multimédia	Princípio aplicado: existe, neste recurso, imagem e texto, sob a forma verbalizada.	

3ª parte: Vídeo “Modelo do rim”.

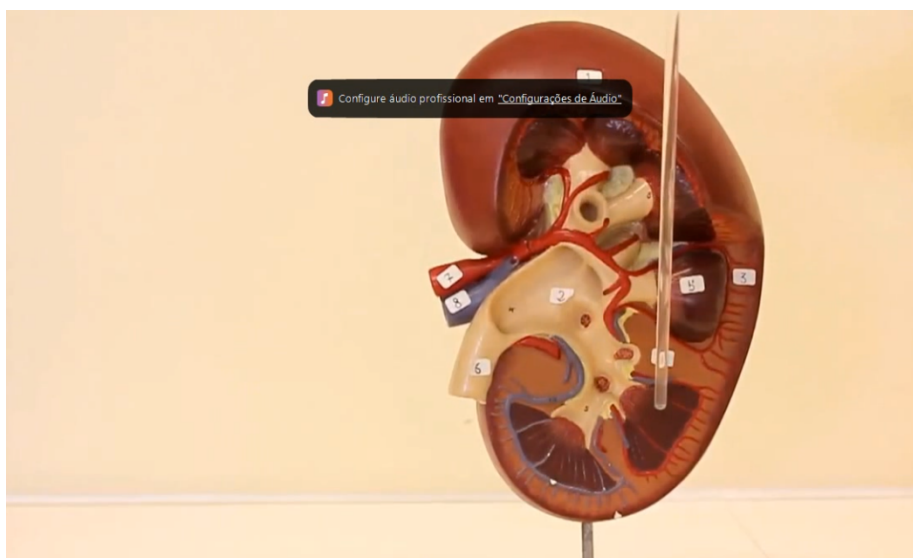


Figura 9 – “Print screen” do vídeo utilizado pelo Professor D.

Em relação este recurso, recolheram-se as seguintes evidências, a partir de análise de conteúdo:

Quadro 9- Resultados da observação, segundo os princípios da TCAM, da 3ª parte da aula do Professor D

Princípio	imagem	Palavras (escritas e narradas)
Coerência	Apresenta apenas uma imagem estática o que, para o objetivo a atingir, está correto.	Princípio aplicado corretamente. Existe, contudo, um som de fundo (aparentemente de um televisor) que pode levar o aluno a desconcentrar-se.
Sinalização	Princípio corretamente aplicado. À medida que o texto verbalizado refere as diferentes estruturas do rim, estas são assinaladas com recurso a uma vareta.	Princípio não aplicado.
Redundância	(Não aplicável)	Princípio aplicado corretamente.
Modalidade	Princípio aplicado corretamente.	
Atenção dividida no espaço	Não aplicável, uma vez que se trata apenas de uma imagem estática, sem texto escrito.	

Atenção dividida no tempo	Princípio aplicado corretamente.	
Segmentação	Fazendo parte de uma sequência de aprendizagem, em conjunto com os restantes recursos, o princípio está bem aplicado.	
Pré-Treino	Não aplicável.	
Personalização	Não aplicável	Princípio não aplicado corretamente.
Voz		Texto narrado por locutor humano.
Imagem	<i>O princípio da imagem não será analisado por não haver estudos conclusivos acerca do benefício.</i>	
Multimédia	Princípio aplicado: existe, neste recurso, imagem e texto, sob a forma verbalizada.	

Sumariando, verifica-se que a maior categoria de princípios não aplicados pelos professores é aquela relativa à carga cognitiva extrínseca. De acordo com a teoria que serve de base ao presente estudo sabe-se que a carga cognitiva é um fator sempre presente na interação do aluno com o recurso, porque cada um dos elementos ou dos objetos do recurso deve ser interpretado e conseqüentemente consome alguns recursos cognitivos do utilizador. Seria importante escolher um recurso didático que apresentasse uma carga extrínseca reduzida (ou que o professor não introduza essa carga na exploração do recurso) e que pudesse maximizar o processamento do conhecimento que está a ser ensinado (gerir a carga intrínseca). Analisados à luz da Teoria da Carga Cognitiva e da TCAM, alguns recursos utilizados pelos professores apresentam sobreposição de elementos, o que leva a sobrecarga cognitiva, e como resultado um menor desempenho do processo cognitivo (Sweller et al., 2011). Por exemplo, houve sobreposição de texto e narração do mesmo, o que segundo a teoria causa uma sobrecarga cognitiva em função de ocupar dois canais de percepção (visão e audição) ao mesmo tempo e com informações redundantes, o que pode interferir negativamente no processo de aprendizagem.

Também, relativamente à carga intrínseca, se verificou a presença de uma sobrecarga causada pela narração contínua de atividades, ou seja, a narração não é interrompida quando é selecionada outra atividade, ficando a narração da atividade anterior como pano de fundo. Esta falta de segmentação não permite o processamento de um segmento de informação antes do início do segmento seguinte. Na mesma lógica, e no que diz respeito

ao pré-treino, parece não ter sido aplicado em múltiplas alturas, uma vez que são introduzidos conceitos externos ou não diretamente relacionados com o tema à medida que este é narrado, mas carece de confirmação através de entrevista com os professores.

Deste modo, independentemente da intencionalidade do professor, terá havido implicações na aprendizagem por parte dos alunos, não só por um aumento na carga extrínseca, mas também na gestão da carga intrínseca.

4.2. Objetivo 2

Principais conclusões decorrentes das entrevistas aos docentes.

Para responder ao objetivo 2 foram feitas entrevistas (ver entrevista no anexo 2) aos docentes, entre os dias 18 e 26 de fevereiro de 2022, por meio de videoconferência. Aos docentes foi mostrada gravação das suas aulas com uma dupla finalidade: para que relembassem o tema que foi abordado e os recursos utilizados, dada a grande distância temporal que separou a gravação da aula e a realização da entrevista, e também para que pudessem ter um ponto de vista externo da sua própria aula.

Optou-se por abordar apenas alguns princípios da TCAM com cada professor, sendo a sua seleção feita de acordo com a pertinência da sua aplicação ou não aplicação, e para esclarecer situações em que não ficou claro, através da análise das aulas, se houve ou não intenção didática por parte do professor em aplicar ou não aplicar determinado princípio.

De seguida mostra-se a análise de conteúdo feita decorrente dessas entrevistas, divididas por professor.

Professor A

No caso particular desta aula, o tema abordado não se enquadra na categoria de “processo”, mas sim de um “conceito”. Contudo, tratando-se de um conceito com um elevado nível de complexidade, procedeu-se à sua análise. Além disso, por se tratar de um recurso multimédia de muito curta duração e praticamente sem a intervenção do professor, a análise recai mais para a conceção do recurso e não tanto para a exploração deste por parte do professor.

Quadro 10- Análise de conteúdo segundo os princípios da TCAM da entrevista ao Professor A

Princípio da atenção dividida no espaço	Nem sempre aplica, mas reconhece a sua importância.	“Os alunos perceberiam o que era o ambiente e o que eram os seres vivos porque havia narração”
Princípio da sinalização	Princípio aplicado com intenção pedagógica, mas nem de forma sempre eficaz	“Eu acho que a imagem em si não é das mais simples, porque até já a usei num exercício numa ficha de avaliação, e esta questão dos círculos e dos triângulos é confusa”
Princípio da redundância	Princípio aplicado com intenção pedagógica	“Achei que a narração ajudaria de facto a compreender este tema. Não me parece que fosse necessário existir texto escrito.”
Princípio da modalidade	Princípio aplicado com intenção pedagógica	[<i>não acrescentei texto</i>] “porque já havia um locutor a fazer a contextualização e eu esperei que o vídeo, só por si, permitisse que os alunos recebessem a mensagem. “

Assim, neste caso, verificou-se que se trata de um recurso que respeita, na sua globalidade, os princípios da TCAM (aqueles passíveis de ser utilizados quando o conteúdo é um conceito). A **sinalização** é corretamente aplicada, embora introduza uma carga extrínseca desnecessária por haver a substituição de figuras de seres vivos por formas geométricas de cores diferentes. Há uma violação da **atenção dividida no espaço**, reconhecida pelo professor, mas que, segundo este, é compensada pela narração que contextualiza, pelo facto de se tratarem apenas de duas palavras e porque é respeitada a

atenção dividida no tempo, uma vez que as palavras surgem na animação no momento exato em que são relatadas.

Salienta-se que, neste caso particular, parece haver outras intenções por parte do professor para além da pedagógica. O facto de mencionar que usa o recurso também para introduzir “*uma voz diferente da do professor*” parece sugerir que o valor motivacional tem algum peso na decisão de usar recursos multimédia em aulas (em particular, no ensino a distância).

É também referido que o vídeo foi mostrado duas vezes pelo facto de uma só não ter sido suficiente para a total integração do conhecimento por parte dos alunos, mas, como referido em entrevista, não existe intenção explícita de recorrer a outras teorias didáticas que defendem a repetição como uma forma de melhorar a integração da aprendizagem, mas antes como forma de colmatar a curta duração do vídeo que, segundo o professor, pode determinar que não haja tempo para os alunos compreenderem um conceito tão complexo.

Professor B

Análise da entrevista relativa às aprendizagens pretendidas: ventilação pulmonar e hematose pulmonar e tecidual.

Quadro 11 – Análise de conteúdo segundo os princípios da TCAM da entrevista ao Professor B.

Princípio da coerência	Nem sempre aplicou, mas reconheceu-lhe importância.	<i>[Em relação aos itens que aparecem no ecrã para além da imagem referente ao assunto da aula] Talvez possa. <u>Nunca tinha reparado ou parado para pensar nisso.</u> Como o foco principal é mesmo o vídeo, acho que os outros são mesmo secundários. No entanto, como as crianças são todas diferentes, se calhar algum perde-se, entretido, com aqui que eu tenho na tela. Não tenho a certeza se isso acontece ou não.</i>
Princípio da sinalização: nem sempre aplicado, mas reconheceu-lhe importância.	Sinaliza, com intenção didática	<i>Estava a usar o rato [para apontar] porque queria que eles olhassem para o local exato que eu pretendia, ou seja, para chamar à atenção a troca gasosa que estava ali a ser feita.</i> <i>[usei diferentes tons de voz] para focar aquilo que eu queria que eles prestassem mais atenção, para ajudá-los a identificar os temas principais do conteúdo que estava a ser abordado.</i>
	Não sinaliza	<i>Eu por acaso acho que há alunos que se fixam muito na imagem e, por isso, em alguns momentos, eu, professora, devia estar mais calada, porque às vezes estamos a falar mas os alunos não estão a ouvir: estão apenas atentos à imagem, e dentro da cabeça deles estão-se a formar representações que não têm nada a ver com o que estão a ouvir (estariam). É algo sobre o qual tenho vindo a refletir. Sem dúvida que sinalizar com o rato ajuda na orientação do foco.</i>

Princípio da segmentação	Aplicado com diferentes intenções pedagógicas.	<i>[Fiz várias pausas no vídeo] As pausas no vídeo serviram (...) para ver se eles estavam comigo e se não se distraíam, até porque, quando faço essas pausas no vídeo até faço uma pergunta, para ver se os ouço, para ver se os tenho “agarrados” aquilo que eu pretendo que eles estejam a perceber. Tenho que ver se eles estão lá, visto que o ensino era à distância.</i>
	Intenção didática 1: <u>Para manter a atenção dos alunos.</u>	
	Intenção didática 2: Para consolidar os conhecimentos.	<i>Se calhar introduzia no vídeo algumas paragens com algumas questões ou esquemas de “consolidação intermédia” (...) por uma questão de tempo e não tinha conhecimentos suficientes para fazer essas alterações. O ritmo de trabalho, nomeadamente nesta realidade de ensino a distância, não me permitiu adquirir conhecimentos suficientes para fazer as coisas como gostaria, como editar um vídeo destes.</i>
Princípio da personalização (Ressalva-se que, de acordo com o próprio Mayer afirma que este princípio foi impactante apenas em alunos novatos.)	<u>Personaliza intencionalmente.</u>	<i>Acho que é muito importante dizer “os nossos pulmões” para nos apropriarmos mais daquela matéria. Eles assim têm mais consciência de que aquele processo acontece dentro do nosso corpo, de que é um mecanismo que acontece com eles, não é uma coisa externa ou longe da realidade deles.</i>
Princípio da redundância	Nem sempre aplicado, mas reconhece a sua importância.	<i>Se calhar [durante uma apresentação de conteúdos] devia haver dois momentos: um em que eu falo da matéria e outro individual, em que eles leriam o que está escrito. Acho que, havendo as duas coisas, o aluno que opta por me ouvir não vai ler, e o aluno que opta por ler não me vai ouvir. Portanto, terá de haver aqui</i>

		<i>esses dois momentos: um em que eu falo e outro em que eles leem.</i>
--	--	---

Parece ser um professor que aplica os princípios (intenção didática), e, em relação aos que não aplica, aceitar a sua pertinência pedagógica.

Verificou-se que, de um modo geral as ações/attitudes do professor ao longo da atividade que pareciam ser uma aplicação da TCAM, eram-no de facto. Ou seja, houve intenção didática e essa intenção estava de acordo com a TCAM e os seus vários princípios, conforme observado na tabela.

Destaca-se, de acordo com a observação da aplicação do recurso em aula, o respeito pelos princípios da **sinalização** e **segmentação**. De acordo com o observado e com as declarações em entrevista, o docente considera serem de suma importância. No caso da sinalização, evidencia sensibilidade para a redução do processamento supérfluo e da sobrecarga da memória de trabalho (Mayer, 2009). O docente garante a orientação dos alunos por vários métodos, através de **estímulos visuais** (uso do ponteiro do rato, por exemplo) e **auditivos** (pausas no discurso e entoação distinta de determinadas palavras), para o assunto que pretende, naquele momento, abordar. Em relação à segmentação, há preocupação por parte do docente, ainda que apenas recorrendo a pausas no vídeo, em não sobrecarregar a memória de trabalho ainda mais e tendo o cuidado de selecionar informações, a partir do novo material a ser apresentado, de modo a estabelecer uma estrutura mental coerente e permitir assim consolidar e relacionar esse novo conteúdo com o conhecimento prévio (Mayer, 2009). Considerando que esta aula se destinava a alunos do 6º ano de escolaridade, considera o docente que o princípio da **personalização** é aplicável (nos movimentos respiratórios) e resulta numa aprendizagem mais consistente, não só pelo recurso a uma linguagem mais informal, mas também, e segundo a mesma, da “apropriação dos conceitos”.

O docente recorre ainda a outras teorias pedagógicas, nomeadamente quando refere que é importante a repetição de determinados conceitos, que levarão a uma melhor consolidação dos conhecimentos. Esta metodologia pedagógica, associada ao comportamentalismo, que postula que a aprendizagem ocorre pela exposição repetida da situação (Andrade, Neto, Oliveira, & Brito, 2021).

Verificou-se também na entrevista que alguns princípios pedagógicos poderiam ser aplicados caso o docente tivesse a literacia digital necessária para reelaborar o recurso pedagógico.

Professor C

Análise da entrevista relativa às aprendizagens pretendidas: cadeias tróficas e fotossíntese

Quadro 12 – Análise de conteúdo segundo os princípios da TCAM da entrevista ao Professor C.

Princípio da atenção dividida no tempo	<u>Nem sempre aplica</u> , mas reconhece a sua importância.	<i>[...tanta informação junta, alguma da qual só será analisada posteriormente] Acho que não, porque no fundo, <u>eles acabam por se perder um bocado nesta informação toda</u>. Deveria ser algo mais visual e menos descritivo. Até poderia estar este desenho, mas sem aquela descrição toda.</i>
Princípio da sinalização	<u>Nem sempre aplica</u> , mas reconhece a sua importância .	<i>(...) estava tão concentrada na aula, que <u>não usei o rato para os orientar</u>. Não usei, mas podia jurar que tinha usado. Efetivamente, se eu apontasse com o rato cada parte em particular de que estava a falar, teria ajudado muito os alunos a organizarem a informação.</i>
Princípio da redundância	Não o aplica por <u>outras razões pedagógicas</u> , mas reconhece a sua importância .	<i>[Existência de muito texto escrito] Por outro lado, também me parece que <u>estes textos escritos também ajudavam os alunos a seguirem o meu raciocínio</u>. Se calhar, <u>ao lerem estes textos enquanto eu estava a explicar, ajudava-os a não se perderem tanto na matéria (...)</u> olhando agora à distância, se calhar pode ser mais prejudicial que benéfico.</i>
Princípio da coerência	Nem sempre aplica. Por vezes <u>reconhece a sua importância</u> , outras não .	<i>Mudava o esquema, que, vendo agora, parece-me <u>demasiado complexo</u> [demasiados conceitos ao mesmo tempo]. Os alunos olhando para ali, vão perceber logo algumas interações onde eles vão perceber imediatamente quais são as relações alimentares, mas se calhar, para iniciar o tema das cadeias alimentares, <u>se calhar usaria algo mais simples</u>.</i> <i>Porque, tal como já tinha falado anteriormente, <u>a existência de O₂ na atmosfera é uma das condições essenciais para a existência de vida</u>. Não lhes estou a</i>

		<i>dar novidade nenhuma. Eles precisam de saber que as plantas nos fornecem mais do que só a comida. Mais ainda, à frente iremos falar sobre o ciclo do oxigênio.</i>
Princípio da modalidade	<u>Nem sempre aplica</u> , mas reconhece a sua importância. A não aplicação prende-se com outros motivos pedagógicos.	<i>Se estivéssemos em aulas normais, ou seja, presenciais, o meu PowerPoint <u>não teria este texto todo</u>. Mas eu construí estes recursos propositadamente para o ensino a distância e a pensar também no estudo autónomo dos alunos.</i>
Princípio da personalização (Ressalva-se que, de acordo com o próprio Mayer afirma que este princípio foi impactante apenas em alunos novatos.)	Não o aplica por <u>outras razões pedagógicas</u> .	<i>[Dizer “os seres vivos precisam de O₂”, em vez de “nós precisamos de O₂”] Sim, claro. <u>Nós somos só um dos seres que utilizarão o oxigênio.</u></i>
Princípio da segmentação	<u>Nem sempre aplica</u> , mas reconhece a sua importância.	<i>(...) <u>podia ter feito aparecer cada nível de cada vez</u>. Assim, eles viam só a parte que surgia a cada momento.</i>

Parece ser um professor que aplica apenas alguns dos princípios, e, em relação aos que não aplica, nem sempre parece aceitar a sua pertinência pedagógica.

O docente reconheceu que o **princípio da atenção dividida no tempo**, em consonância com o **princípio da coerência**, não foram aplicados por dois motivos: um de índole pedagógica, uma vez que referiu que estes eram destinados a serem usados na aula por si assim como para ser usado pelos alunos posteriormente, em estudo autónomo; e outro por não ter tido consciência da importância destes princípios no momento em que produziu/utilizou o recurso em causa. Ainda assim, após visualizar a gravação da aula, reconheceu imediatamente que teria sido mais benéfico para os alunos se houvesse uma

coordenação mais rigorosa entre o texto escrito e o narrado. O docente entendeu que quando apresentou as palavras antes ou depois das representações visuais correspondentes, o desempenho apresentado poderá ser efetivamente inferior (Mayer, 2009, p. 153-169). Ainda em relação à **coerência**, e apesar de Mayer concluir que adicionar informações irrelevantes à aprendizagem do tema principal em si, ainda que interessantes, reduz a efetividade da aprendizagem (Mayer, 2009, p. 19-21), há um momento em que o docente considera que é pertinente uma abordagem mais abrangente da temática em detrimento da aplicação deste princípio, por isso, de acordo com a sua percepção, ser mais benéfico para a aprendizagem. Ao introduzir a utilização do O2 por parte dos seres vivos, neste contexto, pode ser interpretado como um “pormenor de sedução” (Mayer, 2009).

Mostrou-se sensível à aplicação do princípio da **modalidade**, apesar de não ter respeitado sempre. Compreende e concorda que ao apresentar imagens ou animações acompanhadas de palavras no formato textual, ambas as informações entram no sistema cognitivo do estudante a partir do mesmo canal, o visual (Mayer, 2009). Justificou-o com o facto de se tratarem de aulas específicas para ensino a distância, o que determinou mudanças na estrutura dos recursos utilizados. Refere que, se fossem pensados para aulas presenciais, numa altura “normal”, a quantidade de texto escrito seria significativamente menor.

Verificou-se também na entrevista que alguns princípios pedagógicos poderiam ser aplicados caso o docente tivesse a literacia digital necessária para reelaborar o recurso pedagógico.

Professor D

Análise da entrevista relativa à aprendizagem pretendida: o sistema urinário.

Quadro 13 – Análise de conteúdo segundo os princípios da TCAM da entrevista ao Professor D.

Princípio da atenção dividida no tempo	Nem sempre aplica, mas reconhece a sua importância.	<i><u>Sim, acho que [o assunto narrado não coincidir com o vídeo] pode dispersar a atenção dos alunos, porque alguns podem estar focados no que se ouve e outros no que está escrito e, portanto, uns ouviram e não leram e outros leram mas não ouviram. A informação acabou por não chegar na sua totalidade a todos os alunos.</u></i>
Princípio da sinalização	Aplica com intenção didática ou <u>reconhece a sua importância.</u>	<p><i>Acho que é prejudicial [o torso aparecer junto com o sistema urinário]. Como não se conseguiria ver o sistema urinário porque, de frente, ficaria escondido pelo sistema digestivo, se calhar no vídeo este devia desaparecer, para se ver o urinário e <u>depois destacá-lo.</u> Isto serviria para mostrar a localização dele.</i></p> <p><i>[Não alterei o recurso] porque é um vídeo que já estava pronto a usar e eu não saberia mudar. <u>Se fosse um PowerPoint, e se eu tivesse mais tempo, até mudaria, mas um vídeo não consigo.</u></i></p> <p><i>Acho que o facto de os nomes [de uma legenda] estarem escondidos e aparecer um de cada vez ajuda os alunos a organizarem a informação. Esta forma de apresentação direciona a atenção para um nome de cada vez.</i></p>
Princípio do Pré-treino	Aplicado.	<i>Eu [não expliquei o conceito porque]julgo que eles já conheciam esse conceito, porque não seguimos o programa como ele está previsto nas aprendizagens essenciais, e o conceito de metabolismo celular já havia sido referido no início do ano letivo. Eu vou sempre aproveitando para rever</i>

		<i>conceitos já abordados no decorrer das aulas.</i>
Princípio da coerência	Nem sempre aplicado, mas reconhece a sua importância em determinadas situações.	<i>O tema que estamos a abordar, no geral, é o sistema excretor, mas nesta aula em particular, estamos a falar do sistema urinário em específico e, por isso, se calhar não devia estar focada a pele. Em vez de esta estar destacada, devia ser algo mais específico do sistema urinário.</i>
	Não o aplica por <u>outras razões pedagógicas.</u>	<i>[Misturo os temas do sistema urinário e digestivo porque] Eu acho que os alunos no 9º ano de escolaridade já devem ter a percepção de que os sistemas estão todos interligados. <u>Eles devem perceber que os sistemas do corpo humano funcionam em cooperação para garantir a homeostasia.</u> Por isso eu acho importante que eles percebam todas essas ligações e associações. Mais ainda porque esta matéria tem uma aplicação prática direta na vida de cada um deles, uma vez que ganham percepção do funcionamento do seu próprio organismo. <u>Apesar de, no programa, falarmos sobre cada sistema separadamente, é importante fazer sempre esta ligação entre os diferentes sistemas.</u> Se calhar se fossem crianças mais pequenas, esta interligação seria mais difícil de perceber.</i>
Princípio da atenção dividida no espaço	<u>Não reconhece por outras razões pedagógicas.</u>	<i>[a legenda estar afastada da imagem por uma linha] Nunca pensei nisso. A mim, não faz diferença nenhuma, mas se faz alguma diferença [para os alunos] não consigo dizer. Do ponto de vista estético faz sentido, até porque como tem uma descrição de cada elemento por baixo e não caberia se estivesse mais próximo da imagem. <u>Mas eles estão habituados desde pequenos a fazer legendas assim: usa-se uma seta, para puxar para fora, e escreve-</u></i>

		<i>se aí. Não sei se fará alguma diferença. Aliás, acho que não faz diferença.</i>
Princípio da modalidade	<u>Nem sempre aplica</u> , mas reconhece a sua importância. A não aplicação prende-se com outros motivos pedagógicos.	<i>Acho que [demasiado texto escrito] prejudica. É <u>demasiada informação escrita que também foi verbalizada</u>. Faria sentido haver dois recursos semelhantes, mas com algumas diferenças específicas para momentos específicos: um recurso com muito menos texto escrito para ser usado nas aulas, e outro com mais texto escrito para o estudo autónomo.</i>
Princípio da personalização (Ressalva-se que, de acordo com o próprio Mayer afirma que este princípio foi impactante apenas em alunos novatos.)	Não o aplica por <u>outras razões pedagógicas</u> .	<i>[Dizer só “rins” em vez de “os nossos rins”] Sim, faz. <u>Não existem só os nossos rins, dos humanos</u>. Acho que deveria ter usado apenas a expressão “os rins”, sem fazer referência à espécie. <u>Até porque na aula fomos dissecar rins de porco</u>. Se calhar, e apenas, porque a imagem no PowerPoint corresponder a um corpo humano, eu disse “os nossos rins”.</i>

Parece ser um professor que aplica apenas alguns dos princípios, e, em relação aos que não aplica, nem sempre parece aceitar a sua pertinência pedagógica.

O docente reconheceu importância a muitos dos princípios e referiu, em entrevista, que houve alguns que não aplicou por não estar sensibilizada para eles. Por outro lado, referiu que alguns parecem-lhe desnecessários, não lhes reconhecendo importância pedagógica. Percebeu-se que o docente valoriza a **sinalização** como um princípio muito importante, apesar de nem sempre o ter respeitado, reconheceu por diversas vezes no decorrer da entrevista que, se utilizado, teria ajudado na redução do processamento supérfluo e da sobrecarga da memória de trabalho, garantindo a orientação dos alunos. Em relação ao princípio da **modalidade**, o docente referiu explicitamente que não foi cumprido, e, por isso, ao apresentar imagens acompanhadas de palavras no formato textual, ambas as informações entraram no sistema cognitivo do estudante a partir do mesmo canal, o visual (Mayer, 2009). Apesar de considerar o princípio pertinente, selecionou este recurso para que servisse duas funções: utilização no decorrer da aula e para estudo autónomo. Apesar

de entender que, numa situação ideal deveria produzir 2 recursos distintos, uma para cada situação, não o fez.

O docente, em relação ao princípio da **coerência** (mais que um conceito em cada slide), assim como da **segmentação**, refere que considera mais importante, para este nível de ensino (9º ano de escolaridade), uma abordagem que considere o funcionamento do organismo como um todo, fazendo referências a outros sistemas e não só apenas àquele que era o objetivo desta aula, que era o sistema urinário. Esta metodologia pedagógica poderá estar associada ao comportamentalismo, que postula que a aprendizagem ocorre pela exposição repetida da situação (Andrade et al., 2021), ou seja, o professor, tendo de fazer um compromisso, opta pelo comportamentalismo. Mayer diria que se aprendem melhor o conhecimento que se está a repetir à custa daquele que era suposto aprender na aula em questão.

Considera também que o princípio da **atenção dividida no espaço** pode não ser relevante neste caso, uma vez que a “estética” utilizada neste tipo de recurso é familiar aos alunos desde há muito tempo e, por isso, não considera que haja qualquer tipo de sobrecarga relacionada com o facto de os nomes dos constituintes do sistema urinário estarem afastados da imagem. Desta forma, poderá ter desencadeado um esforço cognitivo extra, na medida em que foi necessário ao aluno procurar a explicação que complementa a imagem na própria página exigindo mais memória de trabalho para a retenção da imagem (Mayer, 2009). Salvaguarda-se aqui que, segundo o próprio Mayer (2009, p. 135) este princípio é mais efetivo sob algumas circunstâncias, tais como a inexperiência da pessoa com o tema tratado, quando a representação visual não é perfeitamente compreensível sem palavras e quando o material apresentado é complexo.

Verificou-se também na entrevista que alguns princípios pedagógicos poderiam ser aplicados caso o docente tivesse a literacia digital necessária para reelaborar o recurso pedagógico.

Síntese dos resultados

Das várias ações, com ou sem intenção didática de acordo com princípios da TCAM observadas no decorrer das aulas observadas, salienta-se o seguinte:

- O princípio da **sinalização** é globalmente aceite como importante. Parece que os quatro docentes compreendem que a aprendizagem ocorre de forma mais eficiente quando o aluno é orientado para focar-se na secção do recurso que é essencial, ajudando-o a orientar-se visual e auditivamente para a construção coerente de um modelo mental (Mayer, 2009). As formas de sinalização utilizadas foram variadas, sendo que algumas faziam parte dos próprios recursos, e outras foram aplicadas pelos professores. Em relação às formas de sinalização que fazem parte do recurso, percebeu-se, através das entrevistas, que são reconhecidas e valorizadas pelos professores. Assim, observaram-se as seguintes:

- nas imagens através de:

- contraste entre cores mais vivas e outras mais esbatidas (integrada no recurso);
- utilização de cor em cima de branco ou preto (integrada no recurso);
- movimento da/na imagem (aumento gradual do tamanho da parte da imagem a destacar; movimento de setas) (integrada no recurso);
- surgimento e desaparecimento de partes da imagem, de forma intermitente ou permanente (integrada no recurso);
- apontando com a seta do rato (aplicada pelo professor).

- no texto escrito através de:

- tamanhos de letra diferentes (palavras mais importantes com letra maior) (integrada no recurso);
- negrito e/ou itálico (integrada no recurso);
- letras com cores diferentes (integrada no recurso);
- apontando com a seta do rato (aplicada pelo professor).

- aparecimento e desaparecimento de texto, de forma intermitente ou definitiva (integrada no recurso).

- no texto narrado através de:

- pausas no discurso (integrada no recurso e aplicada pelo professor);

- diferentes formas de entoação (integrada no recurso e aplicada pelo professor).

Ainda assim, em algumas alturas o princípio foi violado por negligência, ou seja, sem haver qualquer intenção pedagógica decorrente dessa não sinalização. Houve situações em que o professor não usou a seta do rato para sinalizar por se ter esquecido bem como imagens com informações variadas que careciam de destaque na parte a ser abordada.

- O princípio da **modalidade**, intimamente associado ao princípio da **redundância**, são também referidos por todos os docentes como sendo importantes e que os aplicam em circunstâncias de “normalidade”, ou seja, quando recorrem a recursos multimédia em contexto de sala de aula. Fica a percepção de que, tendo em conta que as aulas observadas se concretizaram em contexto de pandemia e, como consequência, em ensino a distância, parece ter afetado a qualidade dos recursos. Foi referido que se sacrificaram estes dois princípios pelo facto de os recursos terem sido selecionados/construídos com dupla finalidade: utilização em aula e para estudo autónomo, sendo, para isso, os recursos fornecidos posteriormente aos alunos. Os docentes referiram que, numa situação ideal, os recursos deveriam ter duas versões: uma para aplicar no decorrer da aula e outra, com características diferentes como a existência de texto escrito nos slides, para o estudo autónomo.

- O princípio da **coerência** foi respeitado, quase sempre, em relação à presença de imagens, sons e palavras escritas irrelevantes. Relata-se apenas o uso de algumas informações ditas “interessantes” ou, por outras palavras, “de sedução”, no sentido de manter o interesse dos alunos no assunto abordado, de forma verbal. Por outro lado, em vários recursos foi observada a presença de mais que um conceito no mesmo slide, assim como mais que uma imagem. Esta presença de mais que um conceito no mesmo slide faz com que a aprendizagem não ocorra da forma mais eficiente (Mayer, 2009). Mais uma vez, os docentes referiram que, analisando os prós e contras, acham mais vantajoso usar estas “curiosidades”, irrelevantes para o assunto em causa e que aumentam o

processamento supérfluo (Mayer, 2009), mas que permitem manter os alunos mais interessados e propensos à aprendizagem.

- Verificou-se também, na maioria das situações, a correta aplicação do princípio da **atenção dividida no tempo**. No que diz respeito a este princípio, parece haver sensibilidade dos docentes em relação à sua pertinência: fazer uma apresentação simultânea dos elementos permite que os estímulos de ambas as naturezas (visual e auditivo) sejam retidos na memória de trabalho com muito menos esforço cognitivo, ampliando as hipóteses da promoção de aprendizagem. Refere-se apenas algumas violações pontuais, que decorreram de momentos de “descuido” por parte do professor. Este referiu que estava tão concentrado no assunto que acabou por dessincronizar o seu discurso com a animação.

- O princípio da **atenção dividida no espaço** foi um dos princípios mais violados nas observações realizadas. De acordo com o observado e com as entrevistas realizadas, no caso particular do ensino das Ciências Naturais, a aplicação deste princípio parece assumir um papel secundário em detrimento dos aspetos estético e de organização do texto escrito. O facto de haver muitas legendas, com elementos muito próximos uns dos outros nas imagens exibidas, leva a que se coloque o texto afastado da imagem, por uma questão de espaço. Quando questionados, os professores referiram que não percecionam este facto como tendo influência na aprendizagem por parte dos alunos. Um docente referiu, mais ainda, que o facto de os alunos estarem habituados a esta forma de apresentação do texto afastado da imagem, ligado por setas ou linhas, faz com que isso não seja relevante na sua aprendizagem.

- O princípio do **pré-treino** parece ter sido aplicado (ou seja, com intenção pedagógica). Em determinados momentos das aulas observadas, os docentes usaram termos e conceitos que não faziam parte integrante da aprendizagem pretendida nessa aula (aula observada), e que poderiam causar sobrecarga cognitiva. Em entrevista, quando questionados especificamente sobre isto, os docentes referiram que esses termos e conceitos haviam sido já abordados em aulas anteriores (algumas recentes, outras mais afastadas temporalmente) e que, portanto, representavam conceitos e termos já conhecidos. Embora os docentes não tenham explicitamente dito na entrevista que o fizeram com o propósito de “pré-treino”, há essa sugestão uma vez que em alguns casos o programa oficial foi “ajustado” para respeitar o pré-treino. De notar que nesta investigação, o conceito de pré-

treino é usado de forma mais ampla do que aquela que Mayer aplica: para esta investigação, o “pré-treino” tem de ser “pré”, isto é, os conceitos são ensinados antes do processo em si, sendo irrelevante se esses conceitos foram ensinados nas aulas imediatamente anteriores.

- O princípio da **segmentação** foi, na generalidade dos casos, aplicado corretamente, com intenção pedagógica. Dos recursos multimédia utilizados, alguns já respeitavam este princípio na sua conceção e, no caso em que esta segmentação não era suficientemente vinculada, os docentes recorriam a outras estratégias para o aplicar. Salienta-se o caso dos vídeos. É mencionado que este tipo de recurso é mais difícil de alterar, quer por falta de literacia digital dos docentes, quer por falta de tempo para o fazerem. Para compensar, os docentes fazem pausas no vídeo de forma a fragmentar a informação em partes mais pequenas, aumentando assim a eficiência da aprendizagem (Mayer, 2009). Ressalva-se, contudo, que essas pausas, por vezes, servem outra intenção pedagógica, que é a da repetição. Denotou-se uma tendência para a aplicação de estratégias pedagógicas associadas ao comportamentalismo, como o é a repetição, o que poderá subverter a intenção pedagógica de fazer pausas no vídeo para fragmentar a informação.

- O princípio da **personalização** foi o que representou uma variação maior de intenções pedagógicas no seu uso ou na sua violação. Por um lado, um docente referiu que o utilizou por compreender que a linguagem mais informal e a própria apropriação do tema abordado (que se compreende facilmente por se tratar do corpo humano) reflete-se numa aprendizagem mais consistente. Por outro lado, dois docentes referiram que, apesar de manterem um diálogo mais informal que formal, não concordam com a apropriação dos conceitos (preferem referir “os rins” do que “os nossos rins”, por exemplo) por considerarem que, do ponto de vista de um maior rigor científico, os alunos devem ter a perceção da universalidade dos sistemas, conceitos e termos, e que poderia haver o risco de estes percecionarem os conteúdos como sendo aplicáveis apenas ao ser humano.

Refira-se também que se verificou em várias alturas a existência de uma **carga cognitiva extrínseca ou estranha**, isto é, “carga cognitiva que não colabora para a construção de esquemas cognitivos. Esta ocorre devido ao acúmulo de um design instrucional fraco, que não está relacionado ao propósito formativo” (Sweller et al., 2011). O que acontece com frequência é uma tentativa por parte dos docentes de envolver outros conteúdos com o atual, quer sejam conteúdos do passado (“lembram-se quando falamos dos constituintes

do sangue?”), quer de conteúdos que irão ser abordados futuramente (“... graças à fotossíntese, como vamos ver mais tarde.”). Refira-se que Mayer aborda também três diferentes tipos de Processamento Cognitivo: - o Processamento Cognitivo Estranho, que diz respeito a um material multimídia fraco e que não atende aos objetivos de aprendizagem por conta da sua má concepção na transmissão da mensagem, desperdiçando uma capacidade cognitiva preciosa (Mayer, 2009, p. 80); - o Processamento Cognitivo Essencial, que pode acontecer durante a aprendizagem do aluno, servindo “para representar o material essencial na memória de trabalho, que é determinado pela complexidade inerente do material” (Mayer, 2009, p. 81). Para exemplificar, um aluno quando desconhece um conteúdo deixa passar muitos detalhes apresentados no material multimídia porque não são compreendidos por ele. A complexidade do material atrapalha o entendimento do aluno e este por sua vez tenta concentrar-se em tudo e com isso sobrecarrega a sua capacidade cognitiva; o Processamento Cognitivo Generativo, que pode ser desenvolvido durante a aprendizagem multimídia e “é o processamento cognitivo que acontece durante a aprendizagem e visa dar sentido ao material essencial, podendo ser atribuído ao nível de motivação do aluno” (Mayer, 2009, p. 81). Ou seja, é necessária a criação de um material multimídia atrativo e instigante para o aluno, para que haja envolvimento e interação dele com a atividade, promovendo o processamento cognitivo generativo. A instrução multimídia quando aliar o processamento cognitivo essencial com o generativo, garantirá sucesso na retenção e na transferência, gerando a aprendizagem significativa. O professor precisa de “reduzir o processamento cognitivo estranho, gerir o processamento cognitivo essencial, e promover o processamento cognitivo generativo” (Mayer, 2009, p. 81).

É também relevante salientar que, de acordo com o observado, parecem haver princípios que são cumpridos de uma forma mais natural que outros. Não foi possível determinar se isto acontece devido à formação acadêmica ou contínua dos docentes em causa, ou se mesmo pela natureza comunicativa humana, mas denota-se que princípios como a **sinalização, atenção dividida no tempo e modalidade** são aplicados e, quando não o são, não acontece com qualquer intenção pedagógica alternativa, pela totalidade dos docentes observados. Em contrapartida, princípios como a **coerência, atenção dividida no espaço e personalização** não ocorrem de uma forma tão natural, e a pertinência da sua aplicação é posta em causa por alguns docentes.

5. CONCLUSÕES

Vistos todos os pontos expostos, nesta parte sintetiza-se a investigação realizada.

Regra geral, os professores parecem aplicar a maioria dos princípios da TCAM, o que sugere que a aprendizagem de processos em Ciências Naturais é feita com o mínimo de carga extrínseca, com uma boa gestão da carga intrínseca (evitando uma sobrecarga cognitiva) e com promoção da carga generativa, ou seja, concebidas em conformidade com o funcionamento da mente humana e, portanto, com maior probabilidade de levar a que haja uma aprendizagem mais significativa.

Verifica-se também que estes utilizam um conjunto diversificado de estratégias para a aplicação de cada um dos princípios. Por intermédio de pequenos pormenores, como diferentes entoações em palavras chave dos textos narrados, o uso da seta do rato (no caso da sinalização), pausas em vídeos (de forma a segmentar conteúdo em partes mais pequenas), verbalizar os fenómenos quando estes são destacados no recurso (imagens a surgir, animações, momentos específicos num vídeo), a existência de poucos elementos externos ao conteúdo específico a abordar na aula, conseguem aplicar o princípio ainda que este não esteja patente, de forma objetiva, no recurso utilizado, potenciando e melhorando assim a sua qualidade pedagógica.

Contudo, verifica-se que uma parte dos professores ainda aplica princípios didáticos que interferem com os princípios da TCAM, como os da repetição. Isto sugere, de acordo com o enquadramento teórico escolhido (TCAM) que a aprendizagem se faz com mais carga extrínseca. Esta constatação decorre da observação das aulas, onde parece haver estratégias que adicionam informação que pode, de certa forma, não colaborar para a construção de um esquema cognitivo. Quando questionados sobre a motivação para a não aplicação destes princípios, que reduziriam significativamente a carga cognitiva extrínseca, os professores referiram, em grande parte, que acreditavam que as vantagens do uso desses princípios didáticos, relacionados com outras teorias didáticas como o comportamentalismo, superavam as desvantagens.

Conclui-se também, de acordo com o observado e registado nas entrevistas, que os professores violam por vezes os princípios pelas circunstâncias de uma aula “presencial”. Existem condicionantes numa aula, com um número de alunos que varia entre os 15 e os 29, ausentes nos estudos de Mayer na TCAM realizados a partir de vídeos e fora de um

contexto de salas de aula do ensino básico. A interrupção da aula por parte dos alunos, com questões que queriam colocar, com dúvidas ou até mesmo em situações de indisciplina ou abstração, assim como algum alheamento por parte dos professores implica, por vezes, à violação de alguns princípios, levando a um aumento da carga extrínseca, ao aumento da dificuldade em gerir a carga intrínseca e reduzindo a promoção da carga generativa.

A realidade das aulas em regime de ensino a distância foi um fator que alterou a natureza dos recursos e a sua exploração pelos professores acabou por atender a outros critérios que não apenas a sua utilização em contexto de sala de aula. Os professores referiram, explicita ou implicitamente, que numa sala de aula presencial, usariam recursos diferentes, e a sua exploração também sofreria alterações, ou seja, os resultados desta tese mostram exploração de recursos na realidade contextualizada da pandemia.

Por fim, verifica-se que existem alguns princípios que não são vistos pelos professores como tendo relevância pedagógica. Não é possível concluir se esta convicção advém de falta de formação inicial, de hábitos criados ao longo da experiência profissional ou no respeito por outras teorias pedagógicas que não o cognitivismo, mas sugere que seria pertinente existir formação didática contínua de professores, mais especificamente em relação à TCAM, assim como em literacia digital.

Limitações do Estudo

Uma limitação sentida no decurso desta investigação foi o facto de alguns instrumentos de recolha de dados não funcionarem convenientemente e alguns dados recolhidos serem ambíguos, uma vez que se tornava difícil interpretar a real intenção pedagógica do professor, em determinadas ocasiões. No cruzamento dos dados recolhidos na observação das aulas com as entrevistas, sentiu-se que alguma interpretação poderia ser subjetiva e que, portanto, na entrevista deveria ter recorrido a outras ou mais perguntas de seguimento, de forma a dissipar a subjetividade acerca da intenção pedagógica do professor.

A falta de literacia digital, por parte de alguns professores, limitou também a recolha de dados, nomeadamente a gravação de mais aulas. Houve, por exemplo, uma professora que gravou o vídeo da aula, mas não o áudio, tornando assim essa recolha inutilizável.

Outro fator a ser considerado é que a quantidade de professores participantes pode ser vista como pequena, o que constitui outra limitação da pesquisa decorrente da dificuldade do levantamento de dados no campo, principalmente mediante a situação de calamidade provocada pela pandemia mundial e isolamento social, ocasionada pela Covid-19. Uma quantidade maior de participantes na amostra seria o mais recomendável. Porém, apesar do número de participantes não muito expressivo, os resultados foram recolhidos e tratados com cuidado e rigor. Da mesma forma seria importante analisar mais aulas dos mesmos professores (amostragem de aulas maior) e, em consequência, uma maior variedade de processos (como processos químicos, físicos, geológicos, etc).

Sugestões para Estudos Futuros

Com este estudo reiteramos, apresentam-se como pertinentes futuras investigações mais particularizadas em relação a alguns princípios da TCAM quando aplicados a alunos do ensino básico. Mostrou-se que alguns princípios são transversalmente aplicados por todos os professores, mas com estratégias diferentes, que mereciam ser estudadas e compreendidas mais profundamente.

Outra sugestão que parece relevante para futuras investigações é a de realizar investigação semelhante, mas recorrendo a um grupo de professores com formação prévia em TCAM, de forma a compreender em que circunstâncias aplicaríamos ou não os princípios, ou seja, quais seriam os critérios de decisão da aplicação de vários princípios pedagógicos (por exemplo, e como visto na análise dos resultados, o princípio da repetição em detrimento do princípio da coerência).

Outro ponto interessante seria o de realizar um estudo com alunos, onde se pudesse medir a aprendizagem destes, mostrando a relevância da aplicação de alguns princípios da TCAM em função do nível de ensino, procurando assim conhecer melhor os domínios de aplicação desses vários princípios, como o próprio Mayer refere.

BIBLIOGRAFIA

- Adams, C. (2006). PowerPoint, habits of mind, and classroom culture. *Journal of Curriculum Studies*, 38(4), 389–411. <https://doi.org/10.1080/00220270600579141>
- Anderson, L. W.; Krathwohl, D. R.; Airasian, P. W.; Cruikshank, K. A.; Mayer, R. E.; Pintrich, R. E.; Raths, J. A taxonomy of learning for teaching: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Addison-Wesley-Longman, 2001.
- Andrade, D. E. da S., Neto, A. F. P. P., Oliveira, C. A. de, & Brito, J. A. (2021). Comportamentalismo, Cognitivismo e Humanismo: uma revisão de literatura. *Revista Semiárido De Visu*, 7(2), 222–241. <https://doi.org/10.31416/rsdv.v7i2.95>
- Anjos, L. F. R. dos, Oliveira, M. E. P. de, & Caixeta, J. E. (2010). A percepção de professores sobre o uso das tecnologias de informação e de comunicação - TIC's no processo de ensino. *I Simpósio Regional de Educação/Comunicação*.
- Arnold, M. (2003) On the phenomenology of technology: the 'Janus-faces' of mobile phones. *Information and Organization*, 13, 231–256. http://www.hps.unimelb.edu.au/about/staff/michael_arnold/Janus_face_of_Mobile_Phones.pdf
- Biocca, F. (2002). The evolution of interactive media: Toward "being there" in nonlinear narrative worlds. In M. C. Green, J. J. Strange, & T. C. Brock (Eds.), *Narrative impact: Social and cognitive foundations* (pp. 97-130). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Bogdan, R.; Bikelen, S., 1994 *Investigação Qualitativa em Educação*, Porto Editora.
- Braga, A. N. (2018). A Teoria Cognitiva Da Aprendizagem Multimídia e o desenvolvimento de atividades de alfabetização matemática.
- Bruner, J. S. (1961). *The art of discovery*. *Harvard Educational Review*, 31, 21–32.
- Carlotto, M. S., & Dos Santos Palazzo, L. (2006). Síndrome de burnout e fatores associados: Um estudo epidemiológico com professores. *Cadernos de Saude Publica*, 22(5), 1017–1026. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x2006000500014>
- Carmo, H., & Ferreira, M. M. (n.d.). *Metodologia da Investigação* (2ª Edição, ed.). Universidade Aberta.
- Churchill, Winston, 28 de Outubro de 1943 à Câmara dos Comuns, "restaurada em todos os aspetos essenciais à sua antiga forma, conveniência e dignidade" (The Churchill Centre 2005).
- Çimer, A. (2012). What Makes Biology Learning Difficult and Effective: Students' Views. *Educational Research and Reviews*, 7(3), 61–71. <https://doi.org/10.5897/ERR11.205>

- Conte, E., & Martini, R. M. F. (2015). As Tecnologias na Educação: uma questão somente técnica? *Educação & Realidade*, 40(4), 1191–1207. <https://doi.org/10.1590/2175-623646599>
- Coutinho, C., & Lisbôa, E. (2011). Sociedade da informação, do conhecimento e da aprendizagem: desafios para educação no século XXI. *Revista de Educação*, 18(1), 5–22.
- Cyphert, D (2004) The problem of PowerPoint: visual aid or visual rhetoric? *Business Communication Quarterly*, 67(1), 80–84.
- Da Silva Bodião, I., & Formosinho, J. (2010). A profissionalidade docente na educação básica em Portugal: Depoimentos de alguns professores. *Educação e Pesquisa*, 36(1), 403–418. <https://doi.org/10.1590/S1517-97022010000100014>
- David G. Levasseur & J. Kanan Sawyer (2006) Pedagogy Meets PowerPoint: A Research Review of the Effects of Computer-Generated Slides in the Classroom, *The Review of Communication*, 6:1-2, 101-123, DOI: 10.1080/15358590600763383
- Davoglio, T. R., Santos, B. S. dos, Davoglio, T. R., & Santos, B. S. dos. (2017). Motivação docente: reflexões acerca do construto. *Avaliação: Revista Da Avaliação Da Educação Superior (Campinas)*, 22(3), 772–792. <https://doi.org/10.1590/s1414-40772017000300011>
- Detenber, B. H., & Simons, R. F. (1998). Roll 'em: The effects of picture motion on emotional responses. *Journal of Broadcasting and Electronic Media*, 42, 113-127.
- Farley, F. H., & Grant, A. P. (1976). Arousal and cognition: Memory for color versus black and white multimedia presentation. *The Journal of Psychology*, 94, 147-150.
- Gomes, A. R., Montenegro, N., Peixoto, A. M. B. da C., & Peixoto, A. R. B. da C. (2010). Stress ocupacional no ensino: um estudo com professores dos 3º ciclo e ensino secundário. *Psicologia & Sociedade*, 22(3), 587–597. <https://doi.org/10.1590/S0102-71822010000300019>
- Grabe, M. E. (2000). Packaging television news: the effects of tabloid on information processing and evaluative responses. *Journal of Broadcasting and Electronic Media*, 44, 581-598.
- Hassenforder, J. (1974). *A Inovação no Ensino*, Livros Horizonte
- Horta, M. J. (n.d.). Educação e inovação: preparando as nossas crianças e os nossos jovens para uma sociedade da informação e do conhecimento – desafios pedagógicos. 17–34.
- Jonassen, D. (n.d.). O uso das novas tecnologias na educação a distância e a aprendizagem construtivista.
- Levasseur, D. G., & Kanan Sawyer, J. (2006). Pedagogy Meets PowerPoint: A Research Review of the Effects of Computer-Generated Slides in the Classroom. *Review of Communication*, 6(1–2), 101–123. <https://doi.org/10.1080/15358590600763383>

- Lima, L. C. (n.d.). *A democratização do governo das escolas públicas em Portugal*.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (n.d.). *Multimedia learning I A Cognitive Theory of Multimedia Learning: Implications for Design Principles*.
- Mayer RE. Multimedia learning. Second edition. Santa Barbara: University of California; 2009. 304 p.
- Mayer, R. E.; Wittrock, M. Problem solving. In: Alexander, P. A.; Winne, P. H. (Eds.), *Handbook of educational psychology*. New Jersey: Erlbaum, 2006. p. 287-304.
- Paivio, A. (1990). *Mental representations: A dual coding approach*. New York: Oxford University Press.
- Palestra à faculdade UNA - "Os desafios da Educação na Sociedade do Conhecimento"
https://www.youtube.com/watch?v=vqkUWJINT_k&feature=youtu.be
- Rejane Niedersberg Schuhmacher, V., de Pinho Alves Filho, J., & Schuhmacher, E. (2017). *As barreiras da prática docente no uso das tecnologias de informação e comunicação Barriers of educational practice in the use of information and communications technology*. (3), 563–576.
<https://doi.org/10.1590/1516-731320170030002>
- Rodrigues, S. M. (2016). Utilização de recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem de biologia em turmas de 1º e 2º anos de ensino médio em escolas de educação básica em santa maria / rs Na metodologia aplicada sempre procuro despertar nos alunos o interesse e o env. *Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Iniciação*, 590–594.
- Santos Stinghen, R. (2016). *Universidade federal de santa catarina curso de especialização educação na cultura digital*.
- Seidman, S. A. (1981). On the contributions of music to media production. *Educational Communication Technology Journal*, 29, 1, 49-61.
- Sweller, J. (1988.) Cognitive load during problem solving: Effects on learning, *Cognitive Science*, 12, pp. 257-285.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Cognitive load theory. Retrieved from <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4419-8126-4>.
- Thees, Andréa. “Aprendi no YouTube!”: investigação sobre estudar matemática com videoaulas. Rio de Janeiro, 2019. 260 f. Tese. (Doutorado em Educação) –Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2019.
- Torriglia, P. L., Celia, M., & Moraes, M. De. (1990). * *Universidade Federal de Santa Catarina*. ** *Universidade Federal de Santa Catarina, CNPq*. 149.
- Tufte, E. R. (2003a) PowerPoint is evil: power corrupts. PowerPoint corrupts absolutely. *Wired*, 11(09),

September. Available online at: <http://www.wired.com/wired/archive/11.09/ppt2.html>, accessed 7 July 2005.

Tufte, E. R. (2003b) *The Cognitive Style of PowerPoint* (Cheshire, CT: Graphics Press LLC).

Turkle, S. (2004) The fellowship of the microchip: global technologies as evocative objects. In M. M. Suárez-Orozco and D. B. Qin-Hilliard (eds), *Globalization: Culture and Education in the New Millennium* (Berkeley, CA: University of California Press), 97–113.

Vasconcellos, M., & Vilela, M. L. (2017). Limites e possibilidades da formação inicial para o desenvolvimento de práticas docentes autônomas. *Educar Em Revista*, (63), 157–172. <https://doi.org/10.1590/0104-4060.46646>

Veraszto, E. V., Silva, D., Miranda, N. A., & Simon, F. O. (2009). Tecnologia : buscando uma definição para o conceito Technology : looping for a definition for the concept. *Prisma*, I(8), 19–46.

Weiner, B. (1990). History of motivational research in education. *Journal of Educational Psychology*, 82, 616-622.

Weiner, B. (1992). Motivation. In M. Alkin (Ed.), *Encyclopedia of educational research* (6th ed., pp. 860-865). New York: Macmillan.

ZAMBON, Melissa Picchi; ROSE, Tânia Maria Santana de. Motivação de alunos do ensino fundamental: relações entre rendimento acadêmico, autoconceito, atribuições de causalidade e metas de realização. *Educ. Pesqui.*, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 965-980, out./dez. 2012.

ANEXOS

ANEXO 1 - GRELHA DE OBSERVAÇÃO

Identificação do docente

Aprendizagem pretendida:

Ano de escolaridade:

Recurso utilizado:

Fonte do recurso:

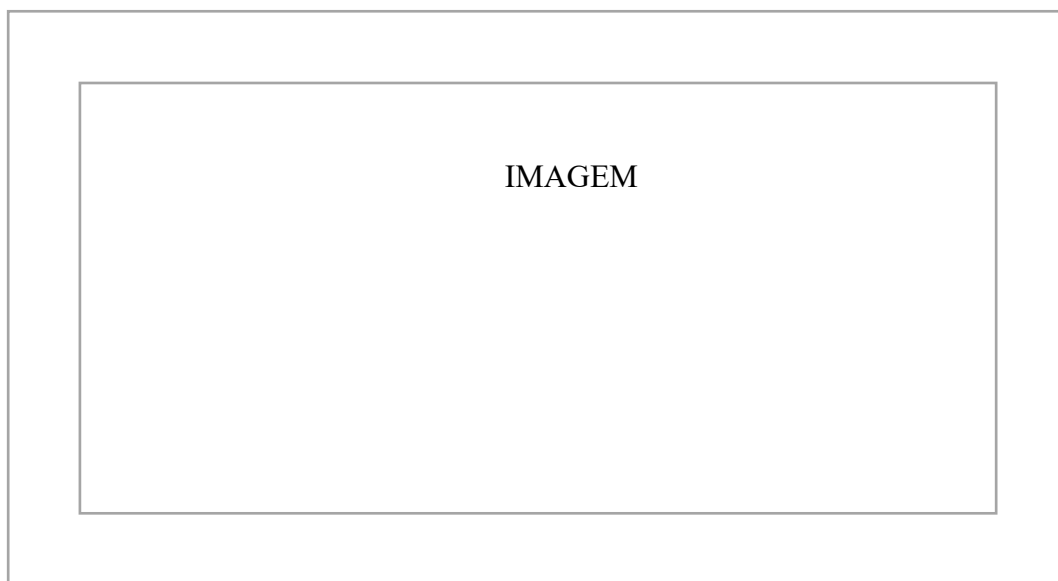


Figura XXX –

Recolha de evidências a partir de análise de conteúdo:

Princípio	imagem	Palavras (escritas e narradas)
Coerência		
Sinalização		
Redundância		
Modalidade		
Atenção dividida no espaço		
Atenção dividida no tempo		
Segmentação		
Pré-Treino		
Modalidade		
Personalização		
Voz		
Imagem		
Multimédia		

ANEXO 2 - ENTREVISTAS AOS DOCENTES

Transcrição da entrevista ao Professor A

- Porque escolheste este recurso?

Escolhi-o como forma de introduzir um novo tema, recorrendo a elemento diferente e diferenciador, para estimular a curiosidade dos alunos . Poderia também ter usado um conjunto de imagens e explorá-las. O vídeo tem a vantagem de introduzir uma voz que é diferente da do professor. No fundo, isto foi um ponto de partida para iniciar a discussão sobre um conceito que é o ecossistema.

- Achas que os alunos poderiam ter ficado confusos com as figuras que representam os seres vivos e as que representam o meio?

Eu acho que a imagem em si não é das mais simples, porque até já a usei num exercício numa ficha de avaliação, e esta questão dos círculos e dos triângulos é confusa. Os alunos perceberiam o que era o ambiente e o que eram os seres vivos porque havia narração. Se usasse só a imagem teria que haver uma intervenção minha a explicar que cada figura geométrica diferente representa espécies diferentes.

- Porque é que nunca interviestes durante a execução?

Porque já havia um locutor a fazer a contextualização e eu esperei que o vídeo, só por si, permitisse que os alunos recebessem a mensagem.

- Então consideraste que o conteúdo estava bem explicado? Faltou texto na imagem?

Sim. Achei que a narração ajudaria de facto a compreender este tema. Não me parece que fosse necessário existir texto escrito.

- Após a visualização do vídeo, os alunos não foram capazes de repetir/conhecer o conceito de ecossistema, por isso tiveste que repetir o vídeo. Porque achas que isso aconteceu?

Porque o conceito de ecossistema apresenta alguma complexidade, e porque entendi que os alunos compreenderam que o ecossistema implica o meio ambiente e os seres vivos, que é a parte fácil, mas eles não conseguiram chegar à parte das relações entre eles. Não

sei bem se não chegaram lá devido à dificuldade do conceito ou se o vídeo não foi suficientemente explícito ou por ele ser tão curto (só tem 20 segundos).

Este talvez não seja um dos melhores recursos que a E.V. tem. Eu, em contexto de sala de aula (presencial) uso muito menos este tipo de recurso, mas neste contexto, para não estar durante uma hora a debitar informações, tinha que recorrer a eles, mesmo que seja discutível se têm impacto positivo ou se vão produzir conhecimento.

- O que queres dizer com: não uso tanto? Usas menos recursos?

Eu procuro e uso vídeos na mesma, mas sou mais rigoroso naquilo que eles acrescentam. Se eu vejo que são bons para levantar uma questão problema ou ajudarem a entender algo, eu uso, mas sou muito mais cuidadoso na escolha do recurso.

Transcrição da entrevista ao Professor B

- O teu vídeo não abrange o ecrã completo, vendo-se os separadores e atalhos do teu computador (por exemplo, no minuto 10 da aula). Achas que esse pormenor pode afetar a aprendizagem dos alunos?

Talvez possa. Nunca tinha reparado ou parado para pensar nisso. Como o foco principal é mesmo o vídeo, acho que os outros são mesmo secundários. No entanto, como as crianças são todas diferentes, se calhar algum perde-se, entretido, com aqui que eu tenho na tela. Não tenho a certeza se isso acontece ou não.

- Nesta parte do vídeo (por exemplo, no minuto 18) usaste o rato para apontar qualquer coisa na imagem. Porquê?

Estava a usar o rato porque queria que eles olhassem para o local exato que eu pretendia, ou seja, para chamar à atenção a troca gasosa que estava ali a ser feita.

- Ao explicar verbalmente a matéria, usas diferentes tons de voz. Porquê?

Para focar aquilo que eu queria que eles prestassem mais atenção, para ajudá-los a identificar os temas principais do conteúdo que estava a ser abordado.

- Porque fazes tantas pausas no vídeo?

As pausas no vídeo serviram, em primeiro lugar, para ver se eles estavam comigo e se não se distraíam, até porque, quando faço essas pausas no vídeo até faço uma pergunta, para ver se os ouço, para ver se os tenho “agarrados” aquilo que eu pretendo que eles estejam a perceber. Tenho que ver se eles estão lá, visto que o ensino era à distância.

- Se fosses tu a construir este vídeo, introduzirias alguma alteração?

Se calhar introduzia no vídeo algumas paragens com algumas questões ou esquemas de “consolidação intermédia”.

- Então e porque não fizeste essas alterações?

Por uma questão de tempo e não tinha conhecimentos suficientes para fazer essas alterações. O ritmo de trabalho, nomeadamente nesta realidade de ensino a distância, não me permitiu adquirir conhecimentos suficientes para fazer as coisas como gostaria, como editar um vídeo destes.

- Acharias importante dizeres “nos nossos pulmões” em vez de “nos pulmões”?

Acho que é muito importante dizer “os nossos pulmões” para nos apropriarmos mais daquela matéria. Eles assim têm mais consciência de que aquele processo acontece dentro do nosso corpo, de que é um mecanismo que acontece com eles, não é uma coisa externa ou longe da realidade deles.

- Há um momento no vídeo (minuto 22) em que surge muito texto escrito ao lado da imagem.

- Estarão os alunos a tentar ler essa informação em vez de te estarem a ouvir?
Então o que mudarias?

Se calhar devia haver dois momentos: um em que eu falo da matéria e outro individual, em que eles leriam o que está escrito. Acho que, havendo as duas coisas, o aluno que opta por me ouvir não vai ler, e o aluno que opta por ler não me vai ouvir. Portanto, terá de haver aqui esses dois momentos: um em que eu falo e outro em que eles leem. Eu por acaso acho que há alunos que se fixam muito na imagem e, por isso, em alguns momentos, eu, professora, devia estar mais calada, porque Às vezes estamos a falar mas os alunos não estão a ouvir: estão apenas atentos à imagem, e dentro da cabeça deles estão-se a formar representações que não têm nada a ver com o que estão a ouvir (estariam). É algo sobre o qual tenho vindo a refletir.

- Achas que isso pode influenciar a concentração dos alunos? Se sim, como?

Considerarei esta questão respondida na anterior.

Transcrição da entrevista ao Professor C

1ª Parte

[Mostro-lhe o primeiro slide] (minuto 4.47)

- O que mudavas aqui?

Mudava o esquema, que, vendo agora, parece-me demasiado complexo. Os alunos olhando para ali, vão perceber logo algumas interações onde eles vão perceber imediatamente quais são as relações alimentares, mas se calhar, para iniciar o tema das cadeias alimentares, se calhar usaria algo mais simples.

- Quando surge o 1º slide, há uma grande quantidade de informação que só será abordada posteriormente:

- Faz sentido estar lá essa informação toda?

Acho que não, porque no fundo, eles acabam por se perder um bocado nesta informação toda. Deveria ser algo mais visual e menos descritivo. Até poderia estar este desenho, mas sem aquela descrição toda.

- Estarão os alunos a tentar ler essa informação em vez de te estarem a ouvir?
Então o que mudarias?

Se estivéssemos em aulas normais, ou seja, presenciais, o meu PowerPoint não teria este texto todo. Mas eu construí estes recursos propositadamente para o ensino a distância e a pensar também no estudo autónomo dos alunos. Por outro lado, também me parece que estes textos escritos também ajudavam os alunos a seguirem o meu raciocínio. Se calhar, ao lerem estes textos enquanto eu estava a explicar, ajudava-os a não se perderem tanto na matéria.

- Colocas a hipótese de poder ocorrer precisamente o inverso, ou seja, eles perderem-se mais facilmente por não se conseguirem concentrar na leitura e na audição ao mesmo tempo?

Pois, se calhar coloco. Olhando agora à distância, se calhar pode ser mais prejudicial que benéfico.

- Se estás a falar de transferência de energia, porque mudaste de conceito, falando de fotossíntese? Não achas que essa referência pode provocar alguma confusão nos alunos? (minuto 5.50)

Os alunos já estavam familiarizados com o conceito de fotossíntese. Quando abordamos o tema do equilíbrio dos ecossistemas, eu já tinha abordado a fotossíntese, superficialmente, mas abordamos. Até porque acho que não deveria introduzir alguma coisa nova além das cadeias alimentares.

- Tendo em conta a complexidade da imagem, haveria alguma forma de direcionares e conduzires os alunos para onde queres que eles olhem?

Sim. Podia ter feito aparecer cada nível de cada vez. Assim, eles viam só a parte que surgia a cada momento.

- E sem fazeres alterações ao teu material? Por exemplo, usando o rato?

Pois, claro que sim. Estava tão concentrada na aula, que não usei o rato para os orientar. Não usei, mas podia jurar que tinha usado. Efetivamente, se eu apontasse com o rato cada parte em particular de que estava a falar, teria ajudado muito os alunos a organizarem a informação.

Transcrição da entrevista ao Professor C

2ª Parte

- Mudarias alguma coisa neste slide, se pudesses? Porquê?

Sim, mudava. As setas que indicam a entrada de CO_2 e de H_2O e minerais partem de fora da imagem, podendo dar a impressão aos alunos de que estes elementos não estão presentes no meio envolvente da planta.

- Falaste aqui dos cloroplastos, mas a imagem tem tanta coisa..... Porque é que não te ocorreu apontar? (minuto 9)

Eles sabem que os cloroplastos estão nas folhas. Quando, em aulas anteriores, falamos acerca dos diferentes tipos de células, estudamos as estruturas das células vegetais, das quais fazem parte os cloroplastos, e também que estes estão presentes principalmente nas folhas das plantas. A existência dos cloroplastos está relacionada com a fotossíntese, mas não era o tema principal, daí não ter valorizado muito essa informação. Não ia estar nesta matéria a explicar tudo de raiz novamente.

- A dada altura, mencionas que o O_2 é necessário aos seres vivos para a sua sobrevivência. Porque o fizeste? Achas que isto pode “desconcentrar” o aluno porque passaste a falar de outro conceito?

Porque, tal como já tinha falado anteriormente, a existência de O_2 na atmosfera é uma das condições essenciais para a existência de vida. Não lhes estou a dar novidade nenhuma. Eles precisam de saber que as plantas nos fornecem mais do que só a comida. Mais ainda, à frente iremos falar sobre o ciclo do oxigénio.

- Quando falas no facto do O_2 e da energia química serem necessários à sobrevivência dos seres vivos, achas que faria diferença que disseses à tua/nossa sobrevivência? (min 10.25)

Sim, claro. Nós somos só um dos seres que utilizarão o oxigénio.

Transcrição da entrevista ao Professor D

1ª Parte

- Há um momento no vídeo (minuto 0.33) em que o assunto narrado não coincide com o texto escrito. Achas que isso pode atrapalhar o raciocínio dos alunos? (minuto 0.33)

Acho que sim, acho que pode dispersar a atenção dos alunos, porque alguns podem estar focados no que se ouve e outros no que está escrito e, portanto, uns ouviram e não leram e outros leram mas não ouviram. A informação acabou por não chegar na sua totalidade a todos os alunos.

- Quando surge uma imagem de um torso humano, e pretendes falar sobre o sistema urinário, e este apenas no fim, vindo “do nada”. Achas que a ausência do sistema urinário é benéfica ou prejudicial? O que mudarias? (min 00.42)

Acho que é prejudicial. Como não se conseguiria ver o sistema urinário porque, de frente, ficaria escondido pelo sistema digestivo, se calhar no vídeo este devia desaparecer, para se ver o urinário e depois destacá-lo. Isto serviria para mostrar a localização dele.

- Então, porque não alteraste o recurso?

Porque é um vídeo que já estava pronto a usar e eu não saberia mudar. Se fosse um PowerPoint, e se eu tivesse mais tempo, até mudaria, mas um vídeo não consigo.

- Achas que o facto de os alunos não conhecerem conceitos que utilizas na apresentação, como “metabolismo celular”, pode prejudicar a compreensão da mensagem que queres transmitir?

Eu julgo que eles já conheciam esse conceito, porque não seguimos o programa como ele está previsto nas aprendizagens essenciais, e o conceito de metabolismo celular já havia sido referido no início do ano letivo. Eu vou sempre aproveitando para rever conceitos já abordados no decorrer das aulas.

Transcrição da entrevista ao Professor D

2ª Parte

- No slide de introdução, mudarias alguma coisa? (minuto 3.46)

O tema que estamos a abordar, no geral, é o sistema excretor, mas nesta aula em particular, estamos a falar do sistema urinário em específico e, por isso, se calhar não devia estar focada a pele. Em vez de esta estar destacada, devia ser algo mais específico do S. urinário.

- O que mudarias? (minuto 4.23)

Não mudaria nada.

- Na legenda da imagem, surgem letras para assinalar cada constituinte do sistema em vez do nome? (minuto 4.23)

Acho que o facto de os nomes estarem escondidos e aparecer um de cada vez ajuda os alunos a organizarem a informação. Esta forma de apresentação direciona a atenção para um nome de cada vez.

- Sendo o assunto a ensinar o sistema urinário, falas bastante no sistema digestivo. Achas que pode levar a que os alunos tenham que processar muita informação que pode ser irrelevante para este assunto?

Eu acho que os alunos no 9º ano de escolaridade já devem ter a perceção de que os sistemas estão todos interligados. Eles devem perceber que os sistemas do corpo humano funcionam em cooperação para garantir a homeostasia. Por isso eu acho importante que eles percebam todas essas ligações e associações. Mais ainda porque esta matéria tem uma aplicação prática direta na vida de cada um deles, uma vez que ganham perceção do funcionamento do seu próprio organismo. Apesar de, no programa, falarmos sobre cada sistema separadamente, é importante fazer sempre esta ligação entre os diferentes sistemas. Se calhar se fossem crianças mais pequenas, esta interligação seria mais difícil de perceberem.

- Neste slide, o texto da legenda está afastado do elemento por uma linha. Porque é que o texto está afastado? (minutos 11.14 e 16.56)

Nunca pensei nisso. A mim, não faz diferença nenhuma, mas se faz alguma diferença para os alunos não consigo dizer. Do ponto de vista estético faz sentido, até porque como tem uma descrição de cada elemento por baixo e não caberia se estivesse mais próximo da imagem. Mas eles estão habituados desde pequenos a fazer legendas assim: usa-se uma seta, para puxar para fora, e escreve-se aí. Não sei se fará alguma diferença. Aliás, acho que não faz diferença.

- Ainda em relação a esta legenda (minuto 11.14), surge muito texto escrito por baixo de cada constituinte. Achas que pode beneficiar ou prejudicar os alunos?

Acho que prejudica. É demasiada informação escrita que também foi verbalizada. Faria sentido haver dois recursos semelhantes, mas com algumas diferenças específicas para momentos específicos: um recurso com muito menos texto escrito para ser usado nas aulas, e outro com mais texto escrito para o estudo autónomo.

- Quando falas nos rins, por vezes dizes “os nossos rins” e outras apenas “os rins”. Achas que faz alguma diferença?

Sim, faz. Não existem só os nossos rins, dos humanos. Acho que deveria ter usado apenas a expressão “os rins”, sem fazer referência à espécie. Até porque na aula fomos dissecar rins de porco. Se calhar porque a imagem no PowerPoint corresponder a um corpo humano, eu dizia “os nossos rins”.

ANEXO 3 – PEDIDO DE AUTORIZAÇÃO AOS ENCARREGADOS DE EDUCAÇÃO



Exmo. Encarregado de Educação,

O meu nome é António Marco Moreira Pedrosa, sou Professor no Agrupamento de Escolas de S. Martinho do Porto, no Colégio Conciliar de Maria Imaculada e investigador no âmbito do Mestrado em Utilização Pedagógica das Tic, ministrado pela Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Leiria. Para a investigação em causa, necessito de realizar a gravação de uma pequena parte de várias aulas de Ciências Naturais. Estas gravações destinam-se a analisar a prática pedagógica com recurso a materiais multimédia na abordagem aos processos naturais, e será realizada em várias instituições de ensino.

O foco da investigação será uma parte da aula, com intervenção exclusiva do docente, **não sendo analisada nem guardada qualquer informação em vídeo, imagem fixa ou áudio dos alunos da turma.**

Assim, e tendo já recebido aprovação por parte da Direção Pedagógica, venho informar que irá decorrer a **gravação de uma parte da aula online de Ciências Naturais na turma do seu educando.** Esta gravação será realizada por mim mesmo ou pelo próprio docente.

Reforço que, se no decorrer da gravação surgir alguma informação, imagem ou áudio, de qualquer aluno da turma, esta não será divulgada, armazenada nem tampouco analisada, sendo apagada de imediato.

Agradeço desde já a atenção dispensada.

Os melhores cumprimentos,

António Marco Moreira Pedrosa

ANEXO 4 – PEDIDO DE AUTORIZAÇÃO ÀS ESCOLAS



Exma. Sr(a). Diretor(a) Pedagógico(a),

no âmbito da dissertação do Mestrado em Utilização Pedagógica das Tic, ministrado pela Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Leiria, e que frequento, necessito de realizar a gravação de uma pequena parte de várias aulas de Ciências Naturais. Estas gravações destinam-se a analisar a prática pedagógica com recurso a materiais multimédia na abordagem aos processos naturais, e será realizada em várias instituições de ensino.

O foco da investigação será uma parte da aula, com intervenção exclusiva do docente, **não sendo analisada nem guardada qualquer informação em vídeo, imagem fixa ou áudio dos alunos da turma.**

Assim, e tendo já recebido resposta favorável em relação à minha intenção pelo Professor visado, nomeadamente o Professor XXX, vinha solicitar a sua autorização para a **gravação de uma aula de Ciências Naturais do (X)º ano de escolaridade.** Esta gravação será realizada por mim mesmo ou pelo próprio docente.

Agradeço desde já a atenção dispensada.

Os melhores cumprimentos,

António Marco Moreira Pedrosa