

Artigo

Arquitetura cognitiva humana e diretrizes que podem influenciar na aprendizagem do estudante na educação online.

Human cognitive architecture and guidelines that can influence student learning in online education.

Arquitectura cognitiva humana y pautas que pueden influir en el aprendizaje de los estudiantes en la educación en línea.

Andressa Falcade¹, Laís Falcade², Ilse Abegg³

Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Cap-UFRGS)
Porto Alegre - RS, Brasil

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria-RS, Brasil
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria-RS, Brasil

Resumo

Este escrito é um recorte de uma investigação de doutorado que tem por objetivo mapear diretrizes para minimização da sobrecarga cognitiva em materiais didáticos e ambientes virtuais de ensino e aprendizagem para cursos presenciais e a distância. O primeiro objetivo específico desta investigação foi apontar diretrizes que minimizem a carga cognitiva em materiais didáticos e ambientes virtuais de ensino e aprendizagem a partir de uma análise documental dentro de estudos como a Teoria da Carga Cognitiva, da Teoria cognitiva da aprendizagem multimídia, da usabilidade de interfaces e do aprendizado eletrônico. Neste momento abordaremos a análise documental das diretrizes da Teoria da Carga Cognitiva, apontadas por Sweller, de forma a torná-las mais acessíveis a todos os leitores que dela desejarem se apropriar. Neste artigo foram feitas associações entre essas diretrizes de modo que foi possível definir nove categorias de carga cognitiva.

Abstract

This paper is an excerpt from doctoral research that aims to map guidelines for minimizing cognitive overload in teaching materials and virtual teaching and learning environments for classroom and distance courses. The first specific objective of this investigation was to point out guidelines that minimize the cognitive load in didactic materials and virtual teaching and learning environments from a document analysis within studies such as the Theory of Cognitive Load, the Cognitive Theory of multimedia learning, the usability of interfaces and e-learning. At this point, we will approach the documentary analysis of the Cognitive Load Theory guidelines, pointed out by Sweller, in order to make them more accessible to all readers who wish to appropriate it. In this

¹ Docente do Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Doutora em Educação pela Universidade Federal de Santa Maria. ORCID id: <https://orcid.org/0000-0002-6651-1685> E-mail: andressafalcade@gmail.com

² Docente no Colégio Estadual Maria Rocha de Santa Maria, doutoranda em Educação pela Universidade Federal de Santa Maria. ORCID id: <https://orcid.org/0000-0002-4570-8518> E-mail: laisfalcade@gmail.com

³ Docente da Universidade Federal de Santa Maria, Doutora em Informática na Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. ORCID id: <https://orcid.org/0000-0001-8621-6985> E-mail: ilse.abegg@ufsm.br

article, associations were made between these guidelines so that it was possible to define nine categories of cognitive load.

Resumen

Este escrito es un extracto de una investigación doctoral que tiene como objetivo mapear pautas para minimizar la sobrecarga cognitiva en materiales didácticos y entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje para cursos presenciales y a distancia. El primer objetivo específico de esta investigación fue señalar lineamientos que minimicen la carga cognitiva en materiales didácticos y entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje a partir de un análisis documental dentro de estudios como la Teoría de la Carga Cognitiva, la Teoría Cognitiva del aprendizaje multimedia, la usabilidad de interfaces y aprendizaje electrónico. En este punto abordaremos el análisis documental de los lineamientos de la Teoría de la Carga Cognitiva, destacados por Sweller, con el fin de hacerlos más accesibles a todos los lectores que deseen aprovecharlos. En este artículo, se hicieron asociaciones entre estas pautas de modo que fue posible definir nueve categorías de carga cognitiva.

Palavras-chave: Estrutura cognitiva, Material Didático, Educação a distância.

Keywords: Cognitive psychology, Courseware, Distance education.

Palabras clave: Estructura cognitiva, Material didáctico, Educación a distancia.

Introdução

Quando falamos em ensinar e aprender, na maioria das vezes não nos preocupamos em como o sujeito aprende, mas sim em como trabalhar o conteúdo necessário para o ensino de determinada disciplina. Para que o processo de aprendizagem seja realmente significativo, é necessário analisar a forma com que os conteúdos são assimilados pela memória do estudante, pois o esforço mental utilizado na aprendizagem, principalmente em ambientes multimídia, pode prejudicar na aquisição de um novo conhecimento.

Nesse sentido, a Teoria da Carga Cognitiva (TCC) estuda o processo de aquisição do conhecimento dentro da memória humana, desde a percepção de algo novo até o resgate de conhecimentos prévios (Santos e Tarouco, 2007), ou seja, essa teoria analisa como os recursos mentais de aprendizagem trabalham para que os conteúdos disponibilizados pelo professor se tornem parte do conhecimento intrínseco do aluno. Segundo Nunes e Giraffa (2003) este conhecimento é iniciado pela memória sensorial, que dura em média dois segundos a partir de um estímulo externo dos cinco sentidos, passando pela memória de trabalho que dura ao passo que é estimulada a pensar no assunto, até que o conteúdo se torne parte da memória de longo prazo, sendo assim aprendido e internalizado.

De forma a compreender melhor os aspectos de carga cognitiva que podem auxiliar ou prejudicar o aprendizado do estudante, a investigação de doutorado do qual este artigo foi retirado, tem por objetivo mapear diretrizes para minimização da sobrecarga cognitiva em materiais didáticos e ambientes virtuais de ensino e aprendizagem para cursos presenciais e a distância. Esse mapeamento foi realizado dentro das teorias da carga cognitiva e da aprendizagem multimídia, da usabilidade de interfaces e do aprendizado eletrônico. Neste artigo serão abordadas somente as informações referentes à

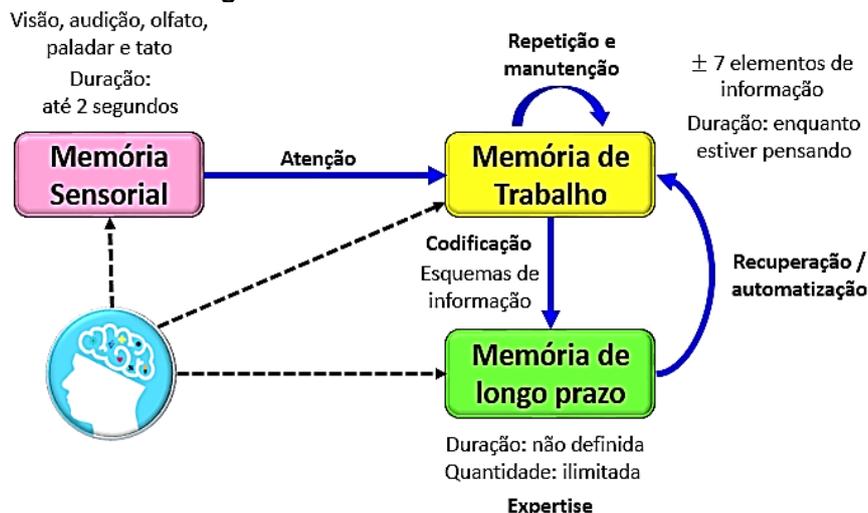
arquitetura cognitiva humana e sua influência na aprendizagem, bem como conceitos chave da estrutura da informação e as diretrizes da Teoria da Carga Cognitiva apresentados por Clark et al. (2006).

Estas informações serão utilizadas para a construção de um framework que avaliará a carga cognitiva de materiais didáticos e ambientes virtuais de ensino e aprendizagem, permitindo maiores condições de aprendizagem aos estudantes, principalmente nos tempos atuais de educação online e remota.

2. Arquitetura Cognitiva Humana

A aprendizagem é um processo contínuo que ocorre na memória do indivíduo, diretamente relacionada à percepção que ele tem do meio em que vive. Para Moreira e Masini (2001) o ser atribui significado à sua realidade ao passo que se relaciona com o mundo, tendo esses significados como ponto de partida para a construção de novos significados. A percepção humana é responsável por essa significação a partir do momento em que permite a entrada da informação no cérebro, que é filtrada pela atenção e armazenada na memória (Ferraz, 2007). Esse processo é dado pela arquitetura cognitiva humana que é formada pelas memórias sensorial, de curto prazo ou de trabalho e a memória de longo prazo (Kirschner, 2002), como pode ser vista na Figura 1.

Figura 1 - Sistema de Memória Humana



Fonte: Adaptado de Atkinson e Shiffrin (1968) e Souza (2010).

Para Atkinson e Shiffrin (1968) a memória sensorial recebe informações dos sentidos humanos (visão, audição, olfato, paladar e tato), sendo os sentidos visual e auditivo definidos, pelos autores, como mais eficazes, pois, não exigem atenção na retenção da informação. Segundo Baddeley (1997), a memória sensorial não é consciente, sendo responsável por capturar elementos externos como um canal entre o mundo e a memória de trabalho e tendo duração menor de um segundo.

As informações retidas na memória sensorial são transferidas para a memória de trabalho a partir da atenção a elas dirigida, sendo a memória de trabalho responsável pelo processamento dessas informações de forma a gerar aprendizagens antes de serem guardadas na memória de longo prazo (Sweller et al. 1998). Para Eysenck e Keane (2017, p. 227) “a capacidade da memória de

trabalho se refere à quantidade de informação que um indivíduo consegue processar e armazenar ao mesmo tempo”.

Miller (1955) afirma que a memória de trabalho tem espaço limitado para processamento e pode manipular, em média, mais ou menos sete elementos de informação de cada vez. Sweller et al. (1998) complementam afirmando que, se a memória de trabalho for pensada de acordo com a sua função (processar, organizar, comparar, ou trabalhar com as informações) essa quantidade diminui para dois ou três elementos informacionais. Para os autores, as interações entre os elementos também exigem memória de trabalho diminuindo a capacidade de armazenamento de informações.

Exemplificando a fala de Miller (1955), Ferraz (2007) trata como elemento de informação todo e qualquer dado armazenado na memória de trabalho, que pode ser ampliado para blocos de informação ao passo que se relacionam entre si. Sweller et al. (p.5, 1998) define elemento como “qualquer coisa que tenha sido ou precise ser aprendida”. Assim, seguindo a ideia de Miller (1955) mais ou menos sete letras ou números podem ser armazenados na memória de trabalho, “se essas letras forem agrupadas em palavras, podem ser sete palavras, e se essas palavras forem agrupadas em frases, serão sete frases” (Ferraz, 2007, p. 51-52). Esse processo de interação dos elementos de informação é chamado por Sweller et al. (1998) de construção de esquemas.

A quantidade de informação contida em cada esquema é dependente do passar do tempo e das experiências de cada um com relação ao conhecimento, ou seja, quanto maior o esquema, mais relações ocorreram entre dados individuais e mais complexos eles se tornam (Sweller et al, 1998; Ferraz, 2007). Os esquemas são armazenados na memória de longo prazo, que tem espaço ilimitado para armazenagem, porém não processa informações. Para Kirschner (2002) o ser humano não está completamente consciente do funcionamento e das informações contidas da memória de longo prazo, segundo o autor o conhecimento armazenado neste espaço é resgatado pela memória de trabalho, que é consciente e permite o monitoramento das atividades realizadas junto aos elementos do saber.

Quando os esquemas são resgatados da memória de longo prazo para serem relacionados com elementos na memória de trabalho eles são tratados como uma única unidade de processamento (Kirschner, 2002), ou seja, apesar de conter diversas informações relacionadas, o esquema ocupa um espaço muito pequeno na memória de trabalho, permitindo um maior número de informações simultâneas em uso.

Essa maximização da memória de trabalho ocorre devido à automatização dos esquemas armazenados na memória de longo prazo e é relacionada com a expertise do estudante com relação ao conhecimento, ou seja, quanto maior a experiência naquele saber menos ele precisa pensar, e, conseqüentemente, menos memória de trabalho é utilizada (Sweller et al. 1998). Por exemplo, quando uma pessoa está aprendendo a ler ela precisa analisar cada letra e o seu relacionamento na formação de palavras e frases. Contudo, quando uma pessoa já tem domínio dessa parte, ela poderá utilizar a capacidade de processamento da memória de trabalho para a interpretação do texto (Sweller et al. 1998).

Outra forma de maximizar o uso da memória de trabalho foi tratada pela teoria de Baddeley (1992). Essa teoria exprime que a capacidade máxima de

utilização da memória de trabalho pode se dar através do uso dividido desse espaço. Em seu estudo o autor dividiu a memória de trabalho em uma unidade central de processamento, com dois sistemas de apoio para retenção e manipulação de informações, um visual espacial e um ciclo fonológico (auditivo) (Baddeley, 1992). Para Souza (2010) a independência desses dois sistemas de apoio pode gerar a utilização máxima ou mesmo aumentar a capacidade da memória de trabalho se “comparado com o uso de apenas um dos sistemas (ou auditivo ou visual)” (Souza, 2010, P. 54). Miller (1955) já dizia que quando a capacidade da memória de trabalho é excedida, o raciocínio perde em desempenho podendo gerar um prejuízo na formação de esquemas informacionais para armazenamento na memória de longo prazo, o que pode levar a uma aprendizagem menos eficiente.

Segundo Eysenck e Keane (2017) a aprendizagem e a memória se relacionam através de três estágios: codificação, armazenamento e recuperação, sendo o primeiro estágio representado pelo processo de apresentação do material de aprendizagem, o segundo estágio está contido na armazenagem da informação na memória de longo prazo por meio da formação de esquemas relacionando as informações e o terceiro estágio é o processo de recuperação da informação da memória.

Levando em consideração os estágios de relacionamento da memória do estudante e a sua aprendizagem, é possível lembrar o estudo de Groot (1965) que trouxe uma visão real dessa relação através do cenário de um jogo de xadrez. Para o autor a diferença de capacidade entre jogadores de xadrez experientes e não experientes estava nas configurações de jogo armazenadas na memória de longo prazo, oriundas da sua utilização frequente e não de uma capacidade maior da memória de trabalho para processamentos complexos, ou seja, o resgate de informações previamente armazenadas na memória de longo prazo, davam aos mestres do xadrez uma vantagem que não tinha relação com a capacidade da memória de trabalho e sim com a expertise dentro daquele cenário. Nesse sentido, Sweller et al. (1998, p.3) afirmam que:

a proeza intelectual humana provém do conhecimento já armazenado na memória de longo prazo e não da capacidade de se envolver em longas e complexas cadeias de raciocínio na memória ocupacional. O conhecimento sobre as limitações da memória de trabalho sugere que os seres humanos são particularmente pobres em um raciocínio complexo, a menos que a maioria dos elementos com os quais raciocinamos tenha sido anteriormente armazenado na memória de longo prazo. A memória de trabalho é simplesmente incapaz de interações altamente complexas usando elementos novos (Sweller et al., 1998, p.3).

Com a afirmação de Sweller et al. (1998), podemos concluir que o resgate de informações da memória de longo prazo pode tornar a aprendizagem mais eficaz, visto que os elementos novos se relacionam a esquemas previamente processados e armazenados, permitindo uma ampliação do conhecimento já existente ao invés da construção de um novo esquema de informação.

Conhecer a estrutura cognitiva humana e sua forma de processar informações é fundamental àqueles que buscam concretizar o processo de ensino e aprendizagem. Assim, na próxima seção serão apresentadas as estruturas de informação e a sua relação com a carga cognitiva envolvida em ambientes multimídia, buscando uma compreensão mais aprofundada da sua influência na produção de materiais didáticos e na estruturação de cursos em ambientes informatizados.

3. Estrutura da Informação e a Carga cognitiva

Ao estudar o processo de aquisição do conhecimento na memória do sujeito, Sweller e Chandler (1994) dividiram a carga cognitiva em duas especificações: a primeira refere-se àquela que é causada pela dificuldade própria do conteúdo chamada carga cognitiva intrínseca, e a segunda refere-se àquela que é causada pela forma como o conteúdo é apresentado ao estudante, chamada de carga cognitiva extrínseca.

Souza (2010) exemplifica a carga cognitiva intrínseca da seguinte maneira: “aprender a encontrar a solução da equação diferencial $mx = kx$ nunca será tão fácil quanto aprender que $2 + 2 = 4$ ” (Souza, 2010, p.61). Nesse sentido, Carvalho (2002, p.14) afirma que “a carga cognitiva intrínseca depende da dificuldade inerente ao material apresentado: quantos elementos são e qual a relação entre eles”, ou seja, se cada elemento do saber é apreendido separadamente, a carga cognitiva é considerada baixa. Em contraponto, a existência de muitos elementos que se relacionam entre si gera uma carga cognitiva alta (Sweller et al., 1998).

Sweller e Chandler (1994) afirmam que a não interação entre os elementos de informação que serão aprendidos geram uma carga cognitiva intrínseca baixa devido à natureza serial da aprendizagem, ao passo que tarefas que exigem alta interação entre os elementos de informação têm por consequência uma pesada carga cognitiva intrínseca, pois a compreensão do conhecimento só se dará através do trabalho simultâneo de vários elementos.

Para Sweller et al. (p.7, 1998) “um material é difícil de entender quando consiste em muitos elementos que interagem e que não podem ser facilmente mantidos na memória de trabalho”, contudo, para os autores, a experiência de cada aprendiz com relação ao conteúdo a ser aprendido pode ser um fator importante no que diz respeito à quantidade de elementos que podem ser manipulados simultaneamente. Como comentado na seção anterior, uma pessoa que possui expertise em determinado saber pode tratar vários elementos como um só na memória de trabalho (esquemas de informação), enquanto que uma pessoa sem expertise irá tratar cada conceito como novo, podendo sentir dificuldades na sua assimilação quando existe uma grande demanda de processamento. Nesse sentido, torna-se fundamental reconhecer os conhecimentos prévios dos estudantes, a fim de oferecer o melhor caminho de aprendizagem buscando atingir resultados mais significativos.

Uma questão que preocupou Pollock et al. (2002) e Merrienboer e Sweller (2005) foi a imutabilidade da carga cognitiva intrínseca tratada nos primeiros estudos sobre o conceito, pois, segundo os autores, se a carga cognitiva intrínseca de um conteúdo exigisse mais do que a capacidade da memória de trabalho pode suportar, este conhecimento jamais poderia ser

aprendido. Assim, Clark et al. (2006) afirmaram em seu estudo que a carga cognitiva intrínseca pode ser reduzida a partir da eliminação de alguns elementos da interação, porém advertem que essa eliminação não permite a total compreensão do conceito.

Por exemplo, em um aplicativo do computador, você pode omitir explicações e somente dizer aos aprendizes que passos seguir. Esses passos podem ser facilmente processados na memória de trabalho. Nesse ponto, a compreensão não ocorrerá, mas, uma vez que o material reduzido tenha sido aprendido, ele pode ser remontado juntamente com a informação omitida para resultar na compreensão (Clark et al., 2006, p. 320).

O que os autores tentaram expor neste trecho é que, uma vez separado o conceito complexo como um todo ele pode não ser compreendido na sua totalidade, porém tornará mais fácil a sua assimilação ao passo que é introduzido aos poucos no aprendizado do estudante. Quando ele já tiver se apropriado daquele primeiro conhecimento transformando-o em esquema dentro da memória de longo prazo ele estará pronto para receber o restante da informação de modo a relacioná-la com os conhecimentos já absorvidos.

Santos e Tarouco (2007) afirmam que quando a carga intrínseca é muito alta, pode-se controlá-la segmentando e arranjando o conteúdo em sequência, de maneira que otimize a quantidade de elementos interativos a qualquer tempo. Isto porque interatividade significa que diversos elementos do conhecimento devem ser coordenados para a realização de uma série de atividades a fim de não causar sobrecarga cognitiva na memória de trabalho dos estudantes.

Além da carga cognitiva intrínseca ao conteúdo, existe a carga cognitiva extrínseca que está relacionada ao modo como o conteúdo é apresentado ao estudante. Paas e Merrienboer (1994) dividiram a carga cognitiva extrínseca em relevante e irrelevante e após experimentos que associaram essa carga ao formato como determinado conteúdo é abordado.

Ao aplicarem a carga cognitiva em seus estudos, Paas e Merrienboer (1994) verificaram que existem técnicas para apresentar o conteúdo que geram uma maior aprendizagem do estudante do que outras. Dentre as técnicas podemos citar a variabilidade de contexto e a atenção dividida.

A atenção dividida refere-se à forma como determinado conteúdo é apresentado visualmente ao estudante. Segundo Souza (2010) normalmente os materiais didáticos são apresentados em mais de uma fonte de informação, geralmente textos e figuras.

Como tradicionalmente o texto ou fica embaixo, em cima, ou do lado do diagrama, ou seja, texto e diagrama ficam espacialmente separados, isso obriga o aluno a olhar, ora para o texto, ora para o diagrama. Sua atenção fica dividida entre as duas fontes de informação (diagrama e texto) espacialmente afastadas (Souza, 2010, p.45).

Para o autor essa atenção dividida causa uma sobrecarga cognitiva, pois o estudante precisa mudar a sua atenção entre dois espaços diferentes para que compreenda o conteúdo. Esta dificuldade pode ser eliminada pela “integração

espacial dessas fontes, ou seja, o texto seja colocado ‘em cima’ do seu correspondente referente no diagrama” (Souza, 2010, p. 45), como pode ser observado nas Figuras 2 e 3. Para Sweller et al. (1998) quando a integração dos elementos ocorre fisicamente como na Figura 3 a memória de trabalho é poupada do processamento dessa integração o que minimiza a carga cognitiva envolvida.

Clark et al. (2006) verificaram posteriormente que essa integração de texto e imagem só é válida quando a visualização isolada dos elementos não permite a interpretação do conhecimento, porém afirmam que a redundância de uma explicação no texto e na imagem será neutro em relação à aprendizagem, não gerando prejuízo ao estudante.

Figura 2 - Formato que gera atenção dividida.

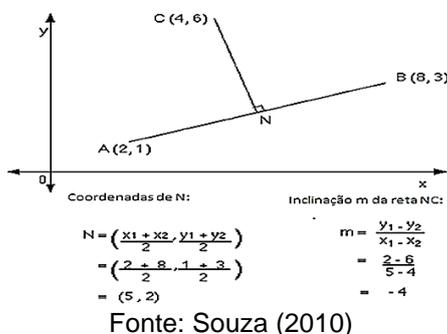
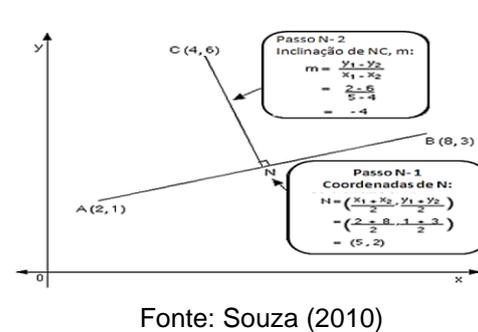


Figura 3 - Formato que não gera atenção dividida.



Já a variabilidade de contexto foi observada no estudo de Paas e Merrienboer (1994), quando buscaram verificar a sua influência na aprendizagem dos estudantes através de problemas resolvidos. Souza (2010, p. 77) definiu variabilidade de contexto como “problemas que tivessem contextos variados, isto é, problemas com estruturas similares, porém com histórias/enunciados diferentes”. Inicialmente, Paas e Merrienboer (1994) pensavam que a alta variabilidade de contexto geraria uma Carga Cognitiva elevada o que influenciaria negativamente a aprendizagem. Porém, através de seus experimentos, puderam perceber indícios de aprendizagem superior àqueles estudantes que foram submetidos a problemas com enunciados semelhantes.

Souza (2010) afirma que, a variabilidade de contexto pode ser uma alternativa que torna a aprendizagem mais significativa ao estudante permitindo uma melhor integração dos conceitos na formação dos esquemas de informação dentro da memória de longo prazo. Apesar disso, afirma que é necessário tomar cuidado com os limites da memória de trabalho, pois, por mais eficiente que possa ser a variabilidade de contexto para a aprendizagem, quando esse aumento de carga cognitiva chegar ao extremo do potencial da memória de trabalho a aprendizagem do estudante será prejudicada.

Para Sweller et al. (1998), a carga cognitiva extrínseca é determinada pelo Design Instrucional, sendo a carga relevante o reflexo de um esforço que contribui na criação de esquemas de informação para armazenagem na memória de longo prazo, enquanto a irrelevante reflete o esforço necessário para processar instruções mal projetadas. Para os autores um Design Instrucional que

despreze e/ou ignore as particularidades da memória humana é inevitavelmente deficiente.

Pensando nisso o Design Instrucional tem como objetivo “reduzir a carga cognitiva extrínseca e redirecionar a atenção dos aprendizes para os processos cognitivos que são diretamente relevantes para a construção de esquemas” (Sweller et al., 1998, p.9).

Para Souza (2010), sempre que há um excesso de informação para processamento na memória de trabalho (sobrecarga cognitiva), os recursos mentais não conseguem transformar o conteúdo ministrado em conhecimento. Quando esta informação é transmitida via ambientes computacionais, é necessário analisar tanto o processo mental para interpretar os comandos da máquina, quanto para processar o real conteúdo da instrução/ensino. Por isso, uma boa organização do conteúdo em um ambiente educacional na web deve reduzir a quantidade de processamento direcionado à interatividade com o sistema e maximizando o processamento das informações que estão sendo ensinadas.

Essa abordagem de conteúdo dentro de um ambiente de aprendizagem multimídia tem um papel fundamental na forma como ocorre a aprendizagem, isto porque, além da aprendizagem de determinado conteúdo o estudante se vê em um ambiente no qual muitas vezes não tem experiência, podendo ocasionar uma sobrecarga da memória de trabalho naqueles que não apresentam familiaridade com ambientes informatizados.

Para Santos (2009), a utilização de ambiente multimídia para apoio ao ensino e aprendizagem pode sobrecarregar a memória de trabalho “gerando uma sensação de frustração ou ansiedade pela não compreensão das novas informações” (Santos, p. 32, 2009). Segundo a autora a combinação de novos conhecimentos com um ambiente virtual pode diminuir a eficiência da aprendizagem do estudante, visto que há um esforço da memória de trabalho em processar tanto a utilização do ambiente quanto os novos conhecimentos disponibilizados.

Santos (2009) afirma que “o uso adequado da carga cognitiva na criação de recursos usados no processo de ensino possibilita que a memória de trabalho direcione seus esforços mentais para integrar novos conhecimentos e habilidades nos esquemas pré-existentes na memória de longo prazo e na criação de novos esquemas” (p. 32-33).

A fim de encontrar critérios que permitam a organização de ambientes virtuais de ensino e aprendizagem, bem como da produção de materiais didáticos que minimizem a carga cognitiva irrelevante e maximizem a aprendizagem com o aumento da carga cognitiva relevante, nesta seção serão elencadas e discutidas as 29 diretrizes da Teoria da Carga Cognitiva.

4. Diretrizes da Teoria da Carga Cognitiva

A partir de experimentos realizados por Clark et al. (2006) os autores elencaram em seu livro denominado “*Efficiency in Learning: evidence-based guidelines to manage cognitive load*”, 29 diretrizes para minimização da carga cognitiva irrelevante e maximização da carga cognitiva relevante. Segundo Souza (2010), essas diretrizes têm por objetivo maximizar o uso da memória de trabalho de forma que o estudante trabalhe com mais carga cognitiva relevante

para sua aprendizagem, sendo que as primeiras vinte diretrizes buscam, especificamente, a redução da carga cognitiva irrelevante “enquanto as diretrizes 21 a 24 têm como objetivo comum a geração de carga cognitiva relevante” (Souza, 2010, p. 125).

A partir de uma análise sobre as diretrizes da teoria da carga cognitiva descritas por Clark et al. (2006), separou-se as mesmas em 9 categorias, dispostas no Quadro 1.

Quadro 1 - Diretrizes da Teoria da Carga Cognitiva.

Categoria	Descrição da Diretriz
C1 - Diagramas/ Imagens	Usar diagramas como forma de otimização de tarefas que necessitam de observação espacial.
	Usar diagramas para a aprendizagem de conteúdos que envolvem relações espaciais.
	Usar diagramas como forma de aprofundar a compreensão dos estudantes.
C2 - Integração Áudio/ Visual	Utilizar áudios para narrar diagramas.
	Utilizar marcações que sinalizem e/ou indiquem partes mais importantes em conteúdos visuais e textuais.
C3 - Atenção dividida	Integrar diagramas com seus respectivos textos explicativos.
	No ensino de aplicações computacionais, fazer a integração de palavras e imagens na explicação.
C4 - Legibilidade do conteúdo	Utilizar apenas conteúdos essenciais.
	Eliminar tudo que for estranho ao conteúdo como imagens, textos e áudios.
	Eliminar a redundância na apresentação de conteúdo.
C5 - Materiais de apoio	Fornecer materiais de apoio ao ensino sobre o conteúdo trabalhado que possa ser visualizado posteriormente.
	Elaborar materiais de apoio ao ensino do conteúdo aplicando as técnicas da Teoria da Carga Cognitiva.
C6 - Processo de ensino	No ensino de sistemas, apresentar os componentes individualmente antes do processo completo.
	No ensino, separar saberes que servirão de apoio e/ou suporte dos passos procedimentais.
	Não utilizar tarefas integrais que exijam grande integração de elementos informacionais com a vida real.
	Gerenciar a Carga Cognitiva do ensino quando o processo de aprendizagem se der em ritmo controlado pelo Design Instrucional. Quando for possível, permita ao estudante que ele siga seu próprio ritmo de aprendizagem.

C7 - Exemplos resolvidos/ variação de contexto	Utilizar exemplos resolvidos em substituição a alguns problemas a resolver.
	Utilizar problemas parcialmente resolvidos para a construção da aprendizagem.
	Fazer a transição de exemplos resolvidos para problemas parcialmente resolvidos, para exercícios a resolver utilizando a técnica forward fading.
	Gerenciar a Carga Cognitiva Estranha na apresentação de exemplos resolvidos e problemas parcialmente resolvidos.
	Utilizar a variabilidade de contexto a fim de promover a construção de esquemas de informação na memória de trabalho.
	Incentivar as auto explicações de exemplos e problemas a resolver.
C8 - Formação e resgate de esquemas de informação	Fornecer atividades que gerem a automatização de habilidades e conhecimentos novos.
	Promover a utilização mental de conhecimentos complexos após a formação de esquemas de informação na memória de longo prazo.
C9 - Expertise do usuário	Criar textos de simples e fácil compreensão para estudantes com pouca expertise no conteúdo abordado.
	Evitar a interrupção de leitura em estudantes com pouca habilidade.
	Eliminar a redundância na apresentação de conteúdos para estudantes experientes.
	Fazer a transição de exemplos resolvidos para problemas a resolver na medida em que o estudante for aprendendo.
	Para estudantes com pouca expertise, elaborar aulas com objetivos diretos e explícitos ao invés de utilizar a técnica de ensino por redescoberta guiada.

Fonte: Próprios autores.

Nas próximas seções, as categorias apresentadas no Quadro 1 serão exploradas com mais detalhes.

4.1 Categoria 1 - Diagramas/Imagens

A primeira categoria refere-se à utilização de diagramas e/ou imagens para representação espacial de conteúdo. Ela é composta por três diretrizes: “usar diagramas como forma de otimização de tarefas que necessitam de observação espacial”, “usar diagramas para a aprendizagem de conteúdos que envolvem relações espaciais” e “usar diagramas como forma de aprofundar a compreensão dos estudantes”.

Segundo Clark et al. (2006), a utilização de diagramas para a aprendizagem de um conteúdo permite que o estudante visualize na prática uma atividade ao invés de fazer uma relação imaginária dele dentro da memória de trabalho. Ou seja, quando existir uma representação gráfica que exemplifique o que está descrito de modo textual, o estudante não terá que utilizar a memória

de trabalho para fazer isso, minimizando a carga cognitiva envolvida na compreensão do conteúdo.

Souza (2010) cita como exemplos, os conteúdos de matemática, química e física, como saberes que são melhor absorvidos quando explanados através de representações gráficas aplicadas.

4.2 Categoria 2 - Integração Audiovisual

A segunda categoria apresentada no Quadro 1 é a integração audiovisual, composta por duas diretrizes da Teoria da Carga Cognitiva: “utilizar áudios para narrar diagramas” e “utilizar marcações que sinalizem e/ou indiquem partes mais importantes em conteúdos visuais e textuais”. Essas duas diretrizes vão ao encontro da teoria de Baddeley (1992), discutida na seção que fala da arquitetura cognitiva humana e a construção da aprendizagem, que dividiu a memória humana em dois segmentos (auditivo e visual).

Para Souza (2010) o que a primeira diretriz dessa categoria busca é uma maximização da utilização da memória de trabalho através da divisão da carga de trabalho entre auditivo e visual, ou seja, quando um diagrama for apresentado para exemplificação do conteúdo, é interessante que a sua explicação seja feita de forma narrativa auditiva e não textual.

Já a segunda diretriz dessa categoria complementa a primeira sugerindo a utilização de símbolos e códigos que direcionem a atenção do estudante àquilo que está sendo explicado na narração. Porém, é melhor aplicado quando utilizado em apresentações dinâmicas, vídeos e ou explicações em sala de aula. Segundo Clark et al. (2006), é necessário manter um documento textual com essas explicações a fim de que o que foi narrado possa ser revisto em momentos futuros.

4.3 Categoria 3 - Atenção Dividida

A terceira categoria do Quadro 1 representa o efeito da atenção dividida, já discutido na seção 3 (Estrutura da Informação e a Carga Cognitiva). Esta categoria é formada por duas diretrizes: “integrar diagramas com seus respectivos textos explicativos” e “no ensino de aplicações computacionais, fazer a integração de palavras e imagens na explicação”.

A primeira diretriz dessa categoria sugere a integração de textos e diagramas quando eles são complementares e imprescindíveis para a compreensão de conteúdos complexos. Segundo Clark et al. (2006) essa integração visual minimiza a carga cognitiva, pois não exige essa integração dentro da memória de trabalho do estudante.

A segunda diretriz dessa categoria refere-se à atenção dividida no ensino de aplicações computacionais, ou seja, quando são ensinados sistemas de computador, é necessário integrar a apresentação do sistema com a sua explicação. Souza (2010) relembra, nas discussões sobre essa diretriz, a validade da integração de narração ao invés de texto nas explicações junto a imagens.

4.4 Categoria 4 - Legibilidade do conteúdo

A quarta categoria do Quadro 1 é a legibilidade do conteúdo que envolve três diretrizes de carga cognitiva: “utilizar apenas conteúdos essenciais”, “eliminar tudo que for estranho ao conteúdo como imagens, textos e áudios” e “eliminar a redundância na apresentação de conteúdos”.

Para Cavique (2008, p.59) a legibilidade “é usualmente associada ao tipo de vocabulário utilizado” em documentos. Porém, para Silva e Santos (2009), a legibilidade é a capacidade de gerar significado a partir das percepções visuais e depende da “facilidade e rapidez de captar, decodificar e compreender a informação” (p. 1917).

De maneira geral, esta categoria informa a necessidade de se retirar de qualquer material ou ambiente de aprendizagem todo tipo de distração, redundâncias e explicações demasiadas. Clark et al. (2006) afirmam que a expertise do especialista ou professor é maior do que a expertise do estudante em conteúdos a serem ensinados e quando o professor ou especialista se detém a explicações interessantes, porém desnecessárias ao aprendizado naquele momento, o estudante pode sofrer uma sobrecarga cognitiva. Souza (2010, p. 133) complementa dizendo que “a equivocada crença do ‘quanto mais melhor’ acaba por gerar nos especialistas (o que inclui os professores) uma tendência em falar demais sobre o assunto que dominam”.

Segundo Clark et al. (2006), uma aula que aplique a categoria de legibilidade de conteúdo é aquela que separa aquilo que é necessário ser ensinado daquilo que é bom ou legal ser conhecido. Nesse sentido, o planejamento de qualquer aula, seja ela presencial ou a distância, também precisa levar em consideração a produção de materiais didáticos e a organização de recursos midiáticos. Para Souza (2010, p. 133) “os textos a serem utilizados no ensino devem ser escritos de forma concisa, usando somente as palavras essenciais à transmissão do conteúdo, ou seja, devem-se eliminar as informações relacionadas, porém desnecessárias”.

Além da simplificação de textos em materiais didáticos também é importante pensar na retirada de elementos gráficos como imagens, figuras e vídeos que podem ser complementares ao saber a ser aprendido, contudo não são estritamente necessários para a compreensão do conteúdo. Isso porque a memória de trabalho é limitada no que diz respeito à quantidade de informações retidas simultaneamente e no seu tempo de armazenagem para manipulação.

Para Souza (2010) a apresentação de conhecimentos novos deve ser constante, ou seja, sem interrupções para acréscimo de novas informações. Isso porque, segundo o autor, a interrupção do raciocínio e a sua retomada posterior “entra em choque com a limitação temporal da Memória de Trabalho” (p. 134), sendo assim, “a combinação dessas duas ações (interrupção de um raciocínio e acréscimo de informações) pode comprometer a aprendizagem (Souza, 2010, p. 134).

Pensando nisso, tornar os conteúdos e as explicações legíveis pode ser um passo importante na minimização da carga cognitiva de trabalho e consequentemente na ampliação da aprendizagem pelo estudante.

4.5 Categoria 5 - Materiais de Apoio

A quinta categoria do Quadro 1 refere-se a materiais de apoio como minimização da carga cognitiva e envolve duas diretrizes: “fornecer materiais de apoio ao ensino sobre o conteúdo trabalhado que possa ser visualizado posteriormente” e “elaborar materiais de apoio ao ensino do conteúdo aplicando as técnicas da Teoria da Carga Cognitiva”.

A principal ideia dessa categoria, bem como da sua primeira diretriz, é oferecer materiais didáticos que sirvam de apoio para a aprendizagem, minimizando a quantidade de informação a ser retida da memória e elevando o tempo para que o conhecimento faça parte dos esquemas de informação, uma vez que fica disponível para acesso futuro. A segunda diretriz, complementa a primeira no que diz respeito à forma como esse material de apoio é desenvolvido, pois oferecer material de apoio sem que este seja construído com base nas técnicas de gerenciamento de carga cognitiva pode não alcançar os objetivos da aprendizagem.

Segundo Souza (2010), os subsídios de apoio à memória de trabalho devem ser preferencialmente em formato visual, ao invés de textos, quando se tratar de relações espaciais, isso porque, segundo Clark et al. (2006), o material visual gera uma diminuição da carga cognitiva nessas tarefas uma vez que a memória de trabalho não precisa processá-la mentalmente.

Souza (2010) afirma ainda, ser necessário tomar cuidado com o efeito da atenção dividida, ou seja, colocar o material de apoio o mais próximo de onde será utilizado, e, também, com o efeito da redundância, expondo nesse material o menor número de informações possível.

4.6 Categoria 6 - Processo de Ensino

A sexta categoria do Quadro 1 diz respeito ao processo envolvido no ensino de novos conteúdos e abrange quatro diretrizes da teoria da carga cognitiva: “no ensino de sistemas, apresentar os componentes individualmente antes do processo completo”, “no ensino, separar saberes que servirão de apoio e/ou suporte dos passos procedimentais”, “não utilizar tarefas integrais que exijam grande quantidade de integração de elementos informacionais com a vida real” e “gerenciar a Carga Cognitiva do ensino quando o processo de aprendizagem se der em ritmo controlado pelo Design Instrucional. Quando for possível, permita ao estudante que ele siga seu próprio ritmo de aprendizagem”.

As duas primeiras diretrizes dessa categoria envolvem a complexidade de conteúdos e procedimentos bem como o envolvimento da carga cognitiva intrínseca. Segundo Clark et al. (2006), a segmentação de conteúdos e processos complexos evita sobrecarga cognitiva, uma vez que não exige do estudante a aprendizagem do todo e sim das partes primeiro. Quando as partes já foram transformadas em esquemas de informação na memória de longo prazo elas podem ser resgatadas de forma a permitir a compreensão do todo sem sobrecarregar a memória de trabalho.

A terceira diretriz dessa categoria refere-se a atividades da vida real a serem resolvidas pelos estudantes, o que Clark et al. (2006) chamou de *whole-task* ou tarefa-completa/integral. Segundo os autores, a aprendizagem pode ocorrer através de tarefas que os alunos teriam de realizar em suas vidas

cotidianas e que envolvam os conhecimentos aprendidos em sala de aula. Contudo, essas tarefas podem sobrecarregar a memória de trabalho uma vez que envolvem a interação de muitos componentes de informação. Assim, para a elaboração de tarefas-completas, é necessário observar a carga cognitiva envolvida, particionando as atividades de forma a minimizar ao máximo o esforço cognitivo do estudante (Clark et al. 2006).

Souza (2010) afirma que, em muitas tarefas-completas, a memória de trabalho pode ser sobrecarregada mesmo que seja particionada de forma a ter uma menor quantidade de elementos de informação em processamento ao mesmo tempo. O autor sugere que esse tipo de atividade gera uma sobrecarga maior em estudantes iniciantes, sendo mais indicada a estudantes com nível de expertise elevado em grande parte dos elementos informacionais relacionados à tarefa.

A última diretriz desta categoria refere-se ao ritmo imposto na aprendizagem do estudante. Os materiais em texto permitem que o estudante determine o seu próprio ritmo de aprendizagem, dando autonomia na pausa e retomada da leitura, enquanto uma explicação oral do professor ou uma interação síncrona (tempo real) em um ambiente de educação online, o estudante não tem o controle desse ritmo (Souza, 2010).

Nesse sentido, é importante em sistemas instrucionais o cuidado para não sobrecarregar a memória de trabalho, utilizando as técnicas de minimização da carga cognitiva, como por exemplo oferecer um material de apoio para acesso posterior quando ocorrerem explicações verbais.

4.7 Categoria 7 - Exemplos Resolvidos e Variação de Contexto

A sétima categoria do Quadro 1 expõe a utilização de exemplos resolvidos e a sua variação de contexto para a aprendizagem e engloba seis diretrizes da teoria da carga cognitiva: “utilizar exemplos resolvidos em substituição a alguns problemas a resolver”, “utilizar problemas parcialmente resolvidos para a construção da aprendizagem”, “fazer a transição de exemplos resolvidos para problemas parcialmente resolvidos, para exercícios a resolver utilizando a técnica forward fading”, “gerenciar a Carga Cognitiva Estranha na apresentação de exemplos resolvidos e problemas parcialmente resolvidos”, “utilizar a variabilidade de contexto a fim de promover a construção de esquemas de informação na memória de trabalho” e “incentive as a exploração de exercícios a resolver através de auto explicações”.

Para entender as diretrizes desta categoria é interessante conhecer melhor o que Sweller e Cooper (1985) denominaram de Efeito do Problema Resolvido. Em seus experimentos, os autores aplicaram a prática de resolução de problemas com e sem exemplos resolvidos. No primeiro grupo os estudantes receberam 8 exercícios para resolver enquanto o segundo grupo recebeu 4 exercícios para resolver e 4 exercícios resolvidos. Após essa prática, os dois grupos receberam outros 6 exercícios para resolver, sendo que o primeiro grupo demorou o dobro do tempo para terminar a atividade. Com esse estudo, Sweller e Cooper (1985) verificaram que intercalar exercícios a resolver com exercícios resolvidos promove uma aprendizagem mais eficiente e com menos esforço cognitivo do que a prática de resolução de vários exercícios.

Aprimorando esses experimentos, Clark et al. (2006) verificaram que, quando os exemplos resolvidos não são substituídos por exemplos a resolver no passar do tempo, a atividade também sobrecarrega a memória de trabalho gerando um efeito reverso. Assim, os autores sugerem a troca gradual de exemplos resolvidos para exemplos parcialmente resolvidos - onde os estudantes recebem exercícios com alguns passos resolvidos e outros a serem completados - até que o estudante receba apenas exercícios a resolver.

Nos exercícios parcialmente resolvidos, a quantidade de passos resolvidos é gradualmente diminuída até que o estudante trabalhe apenas com exercícios a resolver. A essa transição foi dada o nome de procedimento de *fading* (Renkl, 2002) que, segundo o autor, pode acontecer para frente ou para trás, *forward* e *backward* respectivamente. No *forward fading* são omitidas as resoluções dos primeiros passos, deixando os últimos resolvidos; já no *backward fading* são omitidas as resoluções dos últimos passos, deixando os primeiros resolvidos. Para Moreno (2006), a sequência *forward fading* é superior à *backward fading*, pois engaja o estudante na resolução do exercício já nos primeiros passos da atividade.

Além disso, na utilização de qualquer exercício, deve-se tomar cuidado com características que possam ampliar a carga cognitiva extrínseca, eliminando, por exemplo o efeito da atenção dividida e a da redundância.

As duas últimas diretrizes desta categoria englobam a variação de contexto e auto explicações de exemplos resolvidos. Segundo Clark et al. (2006) a utilização de exemplos resolvidos e exercícios a resolver com objetivos e conteúdos similares, porém com contextos diferentes, geram um aumento da carga cognitiva do estudante. Para Paas e Merrienboer (1994), esse aumento de carga cognitiva também pode ocasionar um maior aprendizado dos estudantes quando a carga exigida não extrapola os limites da memória de trabalho. Esse efeito foi denominado de paradoxo da transferência (Paas e Merrienboer, 1994), pois ia contra a ideia inicial da teoria da carga cognitiva, a qual dizia que o aumento da carga cognitiva dificultava a aprendizagem do estudante.

Em seus experimentos os autores puderam verificar que estudantes que recebiam exercícios resolvidos com contextos similares eram expostos a uma carga cognitiva menor, contudo, apresentavam uma dificuldade maior na formação de esquemas de informação da memória de longo prazo. Souza (2010) afirma que quando são usados exemplos resolvidos e exercícios a resolver com contextos distintos, os estudantes maximizam a sua capacidade de transpor a resolução de um problema para outro adaptando as soluções possíveis para situações diferentes.

Paas e Merrienboer (1994), afirmam que essa variabilidade da prática pode gerar a transferência de conhecimentos adquiridos, permitindo ao estudante identificar características similares em contextos diferentes. O efeito da variabilidade, observado por Paas e Merrienboer (1994), deu origem aos estudos sobre carga cognitiva relevante e irrelevante (SOUZA, 2010).

Além do efeito da variabilidade explorado por Paas e Merrienboer (1994), outro fator que foi adicionado à Teoria da Carga Cognitiva foi o Efeito das Auto Explicações (Chi et al., 1989), como forma de maximizar a carga cognitiva relevante. Para Souza (2010), a auto explicação se configura no pensamento em voz alta realizado pelos estudantes, eliminando lacunas no raciocínio e

ajudando o estudante na reutilização de conhecimentos para solução de problemas semelhantes.

4.8 Categoria 8 - Formação e Resgate de Esquemas de Informação

A categoria 8 do Quadro 1 explora a formação de esquemas de informação da memória de longo prazo e o seu resgate com relação a novos conhecimentos. Essa categoria é integrada por duas diretrizes: “fornecer atividades que gerem a automatização de habilidades e conhecimentos novos” e “promover a utilização mental de conhecimentos complexos após a formação de esquemas de informação na memória de longo prazo”.

A principal ideia da primeira diretriz é fomentar a construção de esquemas de informação na memória de longo prazo, o que segundo Clark et al. (2006, p. 235) pode ocorrer com “explicações, exemplos resolvidos, exemplos parcialmente resolvidos, e prática com feedback”. Segundo os autores, a prática de atividades, pode levar o estudante a automatizar a informação na memória de trabalho, através do resgate de esquemas da memória de longo prazo.

Além disso, facilitar a relação de novos conhecimentos com saberes já armazenados na memória de longo prazo pode ser um fator determinante na aprendizagem dos estudantes (Souza, 2010). Para Clark et al (2006), a automatização dos esquemas de informação ocorre através de práticas que promovem o exercício de relação entre o que foi aprendido e o novo conhecimento de forma a integrá-los na memória de longo prazo. Em saberes complexos, é necessário construir um esquema básico de informação e ir ampliando-o através da prática de exercícios e da relação com novos saberes (Clark et al., 2006).

Essas práticas devem ser associadas às técnicas de maximização da carga cognitiva relevante, como o efeito da variabilidade, o efeito do exercício resolvido e o efeito da auto explanação, sendo necessário tomar cuidado com a carga cognitiva irrelevante, evitando o efeito da atenção dividida e o efeito da redundância, de forma a ampliar a formação de esquemas de informação na memória de longo prazo (Clark et al., 2006).

4.9 Categoria 9 - Expertise do Usuário

A nona e última categoria do Quadro 1 engloba cinco diretrizes que exploram a expertise do estudante para a aprendizagem, sendo elas: “criar textos de simples e fácil compreensão para estudantes com pouca expertise no conteúdo abordado”, “evitar a interrupção de leitura em estudantes com pouca habilidade”, “eliminar a redundância na apresentação de conteúdos para estudantes experientes”, “fazer a transição de exemplos resolvidos para problemas a resolver na medida em que o estudante for aprendendo” e “para estudantes com pouca expertise, elaborar aulas com objetivos diretos e explícitos ao invés de utilizar a técnica de ensino por descoberta guiada”.

A fim de compreender melhor essas cinco diretrizes, é importante conhecer o significado de expertise. Para French e Sternberg (1989), expertise é a capacidade de exercer de forma qualitativa uma tarefa específica de um domínio, podendo ser adquirida através da prática de habilidades. Gagné (1985) dividiu a expertise em três estágios cognitivos: inicial, intermediário e final. O

estágio cognitivo inicial trata de conceitos e comportamentos iniciais de um assunto. Já estágio cognitivo intermediário refere-se ao processo de aprendizagem, quando o estudante aprende os procedimentos e regras para sequências de informação, realizando práticas para a formação de esquemas sem obter o domínio completo do saber. Por fim, o estágio cognitivo final, que abrange os conhecimentos avançados a fim de alcançar a compreensão completa do domínio.

Nesta categoria, as diretrizes 25 a 29 da teoria da carga cognitiva buscam explorar a importância de se utilizar meios de aprendizagem que levem em consideração a expertise dos estudantes, ou seja, seu nível de conhecimento em cada domínio do saber a ser estudado. Neste sentido, Clark et al. (2006) apresenta algumas orientações para apresentação de conteúdos, tanto para estudantes mais experientes, quanto para estudantes com pouca experiência no assunto explorado.

Para Clark et al. (2006), em narrativas textuais para estudantes com pouca expertise, é necessário fornecer a total compreensão de termos não familiares através de exemplos e definições, sem que a leitura seja interrompida, além de utilizar uma forma verbal rapidamente compreensível, sinalizando tópicos importantes e oferecendo explicações detalhadas quando existirem diagramas mais complexos.

Já para estudantes experientes é necessário tomar cuidado com descrições redundantes e que demandam tempo de leitura sobre assuntos que já foram estudados. Esses estudantes tendem a se desinteressar pela leitura, na existência de uma grande quantidade de material textual repetido, principalmente quando apenas diagramas podem ser suficientes para complementação de sua aprendizagem. Além disso, pode-se incluir em meio ao texto, questões para análise, o que pode aumentar a capacidade de compreensão de estudantes mais experientes (Clark et al., 2006).

Outro aspecto observado nessa categoria é o tempo de utilização de exemplos resolvidos. Para Souza (2010), a transição de exemplos resolvidos para atividades parcialmente resolvidas deve refletir o aprendizado do estudante, ou seja, deve-se aumentar o desafio na medida que os estudantes vão avançando.

Quando a transição de exemplos resolvidos para exemplos parcialmente resolvidos e, posteriormente, para exemplos a resolver é mais rápida que a aprendizagem do estudante, ele pode sentir-se desmotivado, por não ter conseguido a total compreensão da atividade e como resultado, pode ter problemas com a compreensão dos próximos passos. Contudo, em uma situação inversa, quando a transição é mais lenta do que a aprendizagem do estudante, ele pode sentir-se desmotivado por ter que repetir coisas que já sabe e perder o interesse já que o desafio não aumentou junto com a sua expertise.

Por fim, esta categoria orienta a elaboração de aulas com objetivo de ensino explícito e com tarefas que direcionam o estudante novato para a compreensão dos conteúdos e para a formação de esquemas de informação, sem que se utilize a redescoberta guiada (Clark et al., 2006).

Segundo Mosston e Ashworth (2008) o estilo “descoberta guiada” para o ensino é representado por um conjunto de questionamentos realizados pelo professor, a fim de que o aluno descubra formas de chegar às respostas sobre

determinada atividade, partindo do aluno as decisões para a garantia da aprendizagem.

A última diretriz da teoria da carga cognitiva orienta a não utilização do estilo de descoberta guiada com estudantes novatos, pois este estilo pode gerar uma carga cognitiva estranha àqueles que não possuem um conhecimento prévio sobre a tarefa, dificultando no engajamento do estudante com a atividade, que é a principal vantagem desse estilo.

5. Considerações finais

Este estudo apresenta um recorte de uma tese de doutorado que busca mapear diretrizes para minimização da sobrecarga cognitiva em materiais didáticos e ambientes virtuais de ensino e aprendizagem. Assim, o objetivo deste trabalho foi apresentar uma análise das diretrizes da Teoria da Carga Cognitiva apontadas por Clark et al. (2006) de forma a refletir sobre as suas aplicações para a produção de materiais didáticos e organização de ambientes virtuais de ensino e aprendizagem.

Buscando compreender melhor essas diretrizes, foram realizadas leituras sobre a arquitetura cognitiva humana e como acontece o armazenamento de informações na memória humana e a partir desses conhecimentos foi possível compreender a aplicação das diretrizes da TCC para o processo de ensino aprendizagem.

Clark et al. (2006) apontaram em seus estudos, 29 diretrizes para minimização da carga cognitiva do estudante no processo de aprendizagem e após análises pontuais, as mesmas foram divididas em 9 categorias, sendo elas: C1 - Diagramas/Imagens; C2 - Integração Áudio/visual; C3 - Atenção dividida; C4 - Legibilidade do conteúdo; C5 - Materiais de apoio; C6 - Processo de ensino; C7 - Exemplos resolvidos/ variação de contexto; C8 - Formação e resgate de esquemas de informação; C9 - Expertise do usuário.

Como já mencionado, este estudo faz parte de um trabalho maior e, portanto, será utilizado, juntamente com as análises sobre a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, a Usabilidade de Interfaces e o Aprendizado Eletrônico, para a formulação de um framework de avaliação da carga cognitiva em materiais didáticos e ambientes virtuais de aprendizagem a fim de facilitar a aprendizagem online e remota. Além deste instrumento, a tese da qual foi retirado este estudo será importante para a conscientização do profissional que planeja o processo ensino aprendizagem, buscando a eficácia da aprendizagem, uma vez que é este o principal responsável pela organização do processo de construção do conhecimento.

Referências

ATKINSON, Richard; SHIFFRIN, Richard. **Human memory**: a proposed system and its control process. In. SPENCE, K. W. (Ed.) *The psychology of learning and motivation: advances in research and theory*. Vol.2. Pág.89-195. NewYork: Acedemic Press. 1968. Disponível em <<https://bit.ly/2CEfeYz>> Acesso em: 20 ago. 2018.

BADDELEY, Alan. **Human Memory**. Theory and Practice. New York: Psychology Press. 1997.

FALCADE, A.; FALCADE, L.; ABEGG, I. *Arquitetura cognitiva humana e diretrizes que podem influenciar na aprendizagem do estudante na educação online.*

BADDELEY, Alan. **Working memory.** Science, vol. 255, pág. 556–559. 1992. Disponível em <<https://goo.gl/VjkM1U>> Acesso em: 20 ago. 2018.

CARVALHO, Ana Amélia Amorim. **Multimídia, um conceito em evolução.** Revista Portuguesa de Educação, nº 15, vol.1, pág. 245-268. 2002. Disponível em <<https://goo.gl/ffw69Z>> Acesso em: 07 jan. 2019.

CAVIQUE, Luís. **Legibilidade de Artigos Científicos:** Análise de Dados da RCC. Revista de Ciências da Computação, Volume III, Ano III, nº 3, 2008. Pág. 59-65. Disponível em <<https://goo.gl/5PjLbM>> Acesso em: 17 jan. 2019.

CHI, Michelene; BASSOK, Miriam; LEWIS, Matthew; REIMANN, Peter; GLASER, Robert. **Self-Explanation:** how students' study and use examples in learning to solve problems. Cognitive Science, 1989: 145-182.

CLARK, Ruth; NGUYEN, Frank; SWELLER, John. **Efficiency in Learning:** evidence-based guidelines to manage cognitive load, San Francisco, John Wiley & Sons, San Francisco, 2006.

EYSENCK, Michael; KEANE, Mark. **Manual de Psicologia Cognitiva.** 7ª Edição. Editora: Artmed. 2017.

FERRAZ, Gustavo de Medeiros. **Análise de interface com o aluno de um sistema de gerenciamento de cursos aplicando conceitos de cognição.** (dissertação de mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais. São Paulo. 2007. 160 páginas.

FRENCH, Peter; STERNBERG, Robert. **Expertise and intelligent thinking:** when is it worse to know better? In: STERNBERG, R. J. Advances in the psychology of human intelligence. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1989. v. 5, p. 157-188.

GAGNÉ, Robert. **The conditions of learning.** New York: Holt, Rinehart and Winston, 1985.

GROOT, Adrian. **Thought and choice in chess.** The Hague, Netherlands: Mouton. (Original work published 1946.). 1965.

KIRSCHNER, Paul. **Cognitive load theory:** implications of cognitive load theory on the design of learning. Learning and Instruction 12. 2002. 10 páginas. Disponível em <https://goo.gl/NYuTVv>> Acesso em: 07 jan. 2019.

MERRIENBOER, Jeroen van; SWELLER, John. **Cognitive Load Theory and Complex Learning:** recent developments and future directions. Educational Psychology Review, 17(2), 147-176, 2005.

MILLER, George. **The magical number seven, plus or minus two:** some limits on our capacity for processing information. Psychological Review, Vol. 101, No. 2, pág. 343-352. 1955. Disponível em <<https://goo.gl/vu4R2i>> Acesso em: 20 de ago. 2018.

MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie Salzano. **Aprendizagem Significativa:** A teoria de David Ausubel. Editora Centauro, São Paulo. 2001.

FALCADE, A.; FALCADE, L.; ABEGG, I. *Arquitetura cognitiva humana e diretrizes que podem influenciar na aprendizagem do estudante na educação online*.

MORENO, Roxana. **Toward a fundamental understanding of worked example instruction**: impact of means-ends practice, Backward/Forward Fading, and adaptivity. Frontiers in Education Conference. San Diego: ASEE/IEEE, 2006. 27-31.

MOSSTON, Muska, ASHWORTH, Sara. **Teaching physical education**. 1st ed on line. San Francisco: Benjamin Cummings, 2008.

PAAS, Fred; MERRIENBOER, Jeroen Van. **Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills**: a cognitive approach. Journal of Educational Psychology, 1994: 86(1), 122-133.

NUNES, Marcelo Pereira.; GIRAFFA, Lucia Maria Martins. **A educação na ecologia digital**. PPGCC/ FACIN, PUCRS, 2003. Disponível em <<https://bit.ly/2Vhb27o>> Acesso em: 24 jun. 2020.

POLLOCK, Edwina.; CHANDLER, Paul.; SWELLER, John. **Assimilating Complex Information**. Learning and Instruction, Dezembro 2002: 12, 61-86.

RENKL, Alexander. **Learning from worked-out examples**: instructional explanations supplement self-explanations. Learning & Instruction, 2002: 529-556.

SANTOS, Leila Maria Araújo. **A Inserção de um ambiente conversacional animado em um ambiente virtual de aprendizagem a partir da teoria da carga cognitiva**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2009.

SANTOS, Leila Maria Araújo.; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. **O uso dos princípios da teoria da carga cognitiva em uma educação tecnológica**. XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2007. Disponível em <<https://goo.gl/pPFML8>> Acesso em: 09 mai.2017.

SILVA, Marcelo João Alves.; SANTOS, Roberico Celso Gomes dos. **Desenho**: Legibilidade, unidade e objetividade. XIX Simpósio nacional de geometria descritiva e desenho técnico. 2009. Pág. 1911-1922. Disponível em <<https://goo.gl/vAEud>> Acesso em 17 de janeiro de 2019.

SOUZA, Nelson Pinheiro Coelho de. **Teoria da carga cognitiva**: origem, desenvolvimento e diretrizes aplicáveis ao processo ensino aprendizagem. (Dissertação de Mestrado). Programa de pós-graduação em Educação em Ciências e Matemáticas. Universidade Federal do Pará. Belém. 2010. 175 páginas. Disponível em <<https://goo.gl/jV2EF>> Acesso em: 09 mai. de 2017.

SWELLER, John; CHANDLER, Paul. **Why some material is difficult to learn?** Cognition and Instruction, 1994: 185-233.

SWELLER, John; MERRIENBOER, Jeroen van; PAAS, Fred. **Cognitive Architecture and Instructional Design**. Educational Psychology Review, Vol.10 Nº 3 1998: 46 pág.

SWELLER, John; COOPER, Graham. **The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra**. Cognition and Instruction, 1985: 59-89.

Enviado em:26/02/2022

| Aprovado em:21/06/2023

