

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO**

Andressa Falcade

**FACCE: UM FRAMEWORK PARA AVALIAR A CARGA COGNITIVA
NA EDUCAÇÃO**

Santa Maria, RS
2021

Andressa Falcade

**FACCE: UM FRAMEWORK PARA AVALIAR A CARGA COGNITIVA NA
EDUCAÇÃO**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora em Educação**.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Dr.^a Ilse Abegg

Santa Maria, RS
2021

Falcade, Andressa
FACCE: UM FRAMEWORK PARA AVALIAR A CARGA COGNITIVA NA
EDUCAÇÃO / Andressa Falcade.- 2021.
160 p.; 30 cm

Orientador: Ilse Abegg
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Educação, Programa de Pós-Graduação em
Educação, RS, 2021

1. Teoria da Carga Cognitiva 2. Teoria Cognitiva da
Aprendizagem Multimídia 3. Usabilidade de interfaces 4.
Design Instrucional 5. Educação on-line I. Abegg, Ilse
II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.



Você é livre para:

Compartilhar- copie e redistribua o material em qualquer meio ou formato.

Adaptar - remixar, transformar e construir sobre o material para qualquer finalidade, mesmo comercialmente.

Sob os seguintes termos:

Atribuição - você deve dar o crédito apropriado, fornecer um link para a licença e indicar se alterações foram feitas. Você pode fazer isso de qualquer maneira razoável, mas não de qualquer forma que sugira que o licenciante endossa você ou seu uso.

Sem restrições adicionais - Você não pode aplicar termos legais ou medidas tecnológicas que restrinjam legalmente outras pessoas de fazerem qualquer coisa que a licença permita.

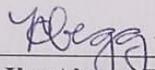
E-mail: andressafalcade@gmail.com.

Andressa Falcade

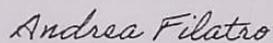
**FACCE: UM FRAMEWORK PARA AVALIAR A CARGA COGNITIVA NA
EDUCAÇÃO**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do
Programa de Pós-Graduação em Educação da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,
RS), como requisito parcial para obtenção do
grau de **Doutora em Educação**.

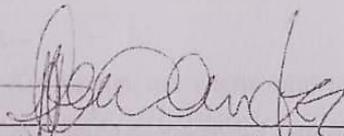
Aprovado em: 15 de dezembro de 2021:



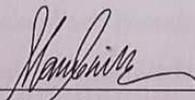
Ilse Abegg, Dr^a (UFSM)
(Presidente/Orientadora)



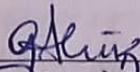
Andrea Cristina Filatro, Dr^a (SENAC/SP)



José Artur Barroso Fernandes, Dr (UFF)



Marie Jane Carvalho, Dr^a (UFRGS)



Giliane Bernardi, Dr^a (UFSM)

Santa Maria, RS
2021

Andressa Falcade

**FACCE: UM FRAMEWORK PARA AVALIAR A CARGA COGNITIVA NA
EDUCAÇÃO**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora em Educação**.

Aprovado em: 15 de dezembro de 2021:

Ilse Abegg, Dr^a (UFSM)
(Presidente/Orientadora)

Andrea Cristina Filatro, Dr^a (SENAC/SP)

José Artur Barroso Fernandes, Dr (UFF)

Marie Jane Carvalho, Dr^a (UFRGS)

Giliane Bernardi, Dr^a (UFSM)

Santa Maria, RS
2021

AGRADECIMENTOS

A concretização desta tese teve a participação de muitas pessoas, que de alguma forma contribuíram através do seu auxílio, dedicação e compreensão nesses quase 5 anos de estudo. De forma especial gostaria de agradecer:

À minha orientadora, Prof. Dr^a Ilse Abegg, pela dedicação e paciência nas mensagens às 5 horas da tarde em domingos de descanso e por compartilhar seu conhecimento e experiência. Você me deu liberdade para voar em minhas próprias loucuras e deixou que eu mesma encontrasse o meu caminho.

Aos professores do PPGE que compartilharam seus conhecimentos em sala de aula, em especial à prof. Dr^a Nara Ramos, que me ensinou como escrever bons objetivos e a pensar criticamente a verdadeira contribuição de uma tese.

À amiga Flávia Covalesky de Souza Rodrigues que compartilhou comigo aprendizagens, confissões e risadas. Além de colega de aula, você foi companheira de almoço, parceira nas idas e vindas da UFSM e nos passeios ao Shopping. Quem disse que no doutorado a gente só estuda?

Aos colegas e amigos do IFFar – campus Santo Augusto: Renira Carla Soares, Juliani Natalia dos Santos, Paulo Henrique de Souza Oliveira, Isabel Padoim, Ana Letícia de Oliveira, Cleitom José Richter, Márcia Rossmann, Márcia Fink, Mariléia Gollo de Moraes e Adão Caron Cambraia e aos colegas da UAB do IFFar, Vantoir Roberto Brancher e Siomara Broch. Vocês me ajudaram a pensar, a construir e a usar o tempo a meu favor. Abriram portas significativas e tornaram a minha vida mais feliz.

À amiga Aliane Loureiro Krassmann, que viu na minha pesquisa um Framework, sendo a responsável por mostrar a direção quando eu via vários caminhos, mas não me encontrava em nenhum. Você sempre foi uma inspiração.

Ao amigo Uianes Luiz Rockenbach Biondo por ter ajudado a tirar as minhas ideias do papel e por ter tornado o Framework uma realidade. Sem você este projeto não teria se tornado o que é.

À minha família, que sempre demonstrou orgulho e me deu forças para continuar. Ao meu avô Hildo Pilatti, que perguntava sobre a pesquisa e escutava com atenção todas as minhas explicações. À minha tia Bernardete Pilatti que me atendia aos domingos quando eu perdia a motivação de escrever e sempre me dizia: “você precisa continuar escrevendo, nem que seja mais um pouco, uma hora termina”.

Ao meu pai Vilmar Falcade, que teve paciência com os períodos de abandono enquanto eu escrevia. Você fez tudo o que estava ao seu alcance para que eu pudesse me dedicar a essa conquista.

Aos amigos Paulo Henrique de Souza Oliveira e Alexandre Oppenheimer que se tornaram família quando a minha não pode estar presente. Que estiveram comigo nos momentos mais difíceis e que tornaram a vida um pouco mais leve. Vocês serão família para sempre.

À minha irmã, Laís Falcade, que dedicou seu tempo para viver comigo essa conquista. Obrigada por ser o vento que chacoalha e faz mudar, por ser o porto seguro para onde voltar, por ser a força quando a minha faltou, por ser o abraço que sempre me confortou. Obrigada por ter nascido junto comigo para que eu nunca estivesse sozinha.

Em especial à minha mãe, Ivete Pilatti Falcade, que me acompanhou por quase todo o doutorado e que fez um cantinho para que eu pudesse estudar. Claro que esse cantinho era do lado dela. Não posso deixar de agradecer pela ajuda nas palavras que me faltavam, por me fazer pensar quando as ideias se confundiam. Hoje você não está aqui para ver essa conquista, mas foi você quem disse: “não basta fazer, é preciso terminar”. E hoje eu terminei e dedico essa vitória a você.

A todos meu muito obrigada.

*A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar,
não seremos capazes de resolver os problemas causados pela
forma como nos acostumamos a ver o mundo.*
(Albert Einstein)

RESUMO

FACCE: UM FRAMEWORK PARA AVALIAR A CARGA COGNITIVA NA EDUCAÇÃO

AUTORA: ANDRESSA FALCADE

ORIENTADORA: ILSE ABEGG

Com o grande avanço da tecnologia para a educação, há de se considerar a maneira como ocorre a oferta do conhecimento nas esferas digitais e a sua interferência na aprendizagem do estudante, uma vez que apenas transpor os mesmos recursos do ensino presencial para o ensino on-line não condiz com as necessidades impostas por essa nova modalidade. Um dos aspectos que podem ser considerados para a qualificação da educação on-line é a carga cognitiva exigida para a apresentação de conteúdos e a organização de ambientes tecnológicos, que está relacionada ao esforço mental do estudante envolvido no processo de ensino e aprendizagem. Neste sentido, o problema de pesquisa foi: O que pode auxiliar professores e instituições na identificação de cargas cognitivas elevadas e permitir melhor balanceamento destas para que o estudante alcance os objetivos de aprendizagem de modo mais concreto? Pensando nisso, a proposta desta tese é: Instrumentalizar a avaliação da carga cognitiva na Educação. Para atingir esse objetivo, primeiramente, foi realizada uma aproximação das ideias e conceitos a fim de identificar as convergências entre a Teoria da Carga Cognitiva, a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, as Diretrizes do Aprendizado Eletrônico e os Princípios de Usabilidade de Interfaces. A partir da identificação dessas convergências foi possível apontar aspectos para o balanceamento da carga cognitiva na educação sendo os mesmos dispostos em duas categorias: apresentação de conteúdos e organização de ambientes tecnológicos. Com base nesses aspectos, construíram-se dois checklists de modo a instrumentalizar a avaliação da carga cognitiva que, integrados a todas as informações teóricas estudadas, compuseram o Framework FACCE, hospedado na internet para garantir maior visibilidade da ferramenta. De modo a identificar indícios de qualidade da ferramenta, foram realizadas duas avaliações. A primeira avaliação utilizou a técnica do Percorso Cognitivo sendo aplicada com três especialistas em design de interfaces a fim de identificar possíveis dificuldades de interpretação no uso do Framework. Algumas das inconsistências identificadas nessa avaliação foram alteradas com a finalidade de manter a regularidade de uma interface para outra, melhorar o feedback apresentado e melhorar a legibilidade da informação. A segunda avaliação foi realizada com treze participantes em ambiente controlado, onde executaram interações com a ferramenta através de um roteiro previamente estipulado. Ao final, eles responderam ao questionário da escala SUS, identificando problemas relacionados à Aprendizagem, Satisfação, Erros, Memorização e Eficiência. Após as análises, o Framework FACCE atingiu 88,26 pontos, sendo classificado como “melhor imaginável” entre os níveis de qualidade da usabilidade da interface. Os resultados apontaram que a ferramenta teve boa aceitabilidade por parte dos envolvidos, sendo descrita como fácil de usar, fácil de aprender, com pouco ou nenhum erro ou inconsistência e boa regularidade entre as interfaces. Por fim, destaca-se que os participantes alegaram ter construído novas aprendizagens diante da interação com a ferramenta e que pretendem usá-la com frequência em suas atividades profissionais. Com isso, é possível concluir que o Framework tem grande potencial entre o público-alvo e pode oferecer maior condição de qualidade da oferta da educação quando utilizada.

Palavras-chave: Teoria da Carga Cognitiva, Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, Usabilidade de interfaces, Design Instrucional, Educação.

ABSTRACT

FACCE: A FRAMEWORK TO ASSESS THE COGNITIVE CHARGE IN EDUCATION

AUTHORA: ANDRESSA FALCADE

ADVISOR: ILSE ABEGG

With the great advance in technology for education, one has to consider the way in which knowledge is offered in the digital spheres and its interference in student learning, since it only transposes the same resources from face-to-face teaching to online teaching. It does not match the needs imposed by this new modality. One of the aspects that can be considered for the qualification of online education is the cognitive load required for the presentation of content and the organization of technological environments, which is related to the mental effort of the student involved in the teaching and learning process. In this sense, the research problem was: What can help professors and institutions in identifying high cognitive loads and allow them to better balance them so that the student can reach the learning objectives in a more concrete way? With this in mind, the purpose of this thesis is: To implement the assessment of cognitive load in Education. To achieve this goal, first, an approximation of ideas and concepts was carried out in order to identify the convergences between the Cognitive Load Theory, the Cognitive Theory of Multimedia Learning, the Electronic Learning Guidelines and the Interface Usability Principles. From the identification of these convergences, it was possible to point out aspects for balancing the cognitive load in education, which are arranged in two categories: content presentation and organization of technological environments. Based on these aspects, two checklists were built in order to instrumentalize the assessment of cognitive load which, integrated with all the theoretical information studied, made up the FACCE Framework, hosted on the internet to ensure greater visibility of the tool. In order to identify evidence of the tool's quality, two evaluations were carried out. The first evaluation used the Cognitive Path technique, being applied with three experts in interface design in order to identify possible interpretation difficulties in using the Framework. Some of the inconsistencies identified in this assessment were changed in order to maintain regularity from one interface to another, improve the feedback presented and improve the readability of the information. The second evaluation was carried out with thirteen participants in a controlled environment, where they performed interactions with the tool through a previously stipulated script. At the end, they answered the SUS scale questionnaire, identifying problems related to Learning, Satisfaction, Errors, Memorization and Efficiency. After the analyses, the FACCE Framework reached 88.26 points, being classified as "best imaginable" among the quality levels of the usability of the interface. The results showed that the tool had good acceptance by those involved, being described as easy to use, easy to learn, with little or no errors or inconsistencies and good regularity between the interfaces. Finally, it is noteworthy that the participants claimed to have built new learning in the face of interaction with the tool and that they intend to use it frequently in their professional activities. With this, it is possible to conclude that the Framework has great potential among the target audience and can offer a better quality condition in the provision of education when used.

Key words: Cognitive Load Theory, Cognitive Theory of Multimedia Learning, Interface Usability, Instructional Design, Education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Ciclo da pesquisa-ação.	29
Figura 2	Score do SUS	39
Figura 3	Transposição didática.	45
Figura 4	Sistema de Memória Humana.....	48
Figura 5	Formato que gera atenção dividida.....	54
Figura 6	Formato que não gera atenção dividida.	54
Figura 7	Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia.....	69
Figura 8	Menu principal do FACCE.....	92
Figura 9	Página inicial do FACCE.....	92
Figura 10	Logomarcas do FACCE.....	93
Figura 11	Imagem interativa - Arquitetura cognitiva humana.....	94
Figura 12	Imagem interativa - Carga Cognitiva	95
Figura 13	Linha do tempo dos estudos	96
Figura 14	Imagens interativas: Teorias	97
Figura 15	Conexões entre os estudos.....	98
Figura 16	Infográfico de apresentação dos autores.....	99
Figura 17	Páginas detalhadas dos autores	100
Figura 18	Criadores do Framework FACCE.	101
Figura 19	Apresentação dos princípios para ambientes tecnológicos.....	102
Figura 20	Princípio da redundância para ambientes tecnológicos.....	102
Figura 21	Página inicial dos princípios para a apresentação de conteúdo.	103
Figura 22	Princípio da coerência para apresentação de conteúdo.....	104
Figura 23	Informações de abertura da avaliação de conteúdo.	112
Figura 24	Checklist Categoria Multimídia e modalidade	113
Figura 25	Categoria Proximidade espacial e temporal	114
Figura 26	Categoria coerência e design de tela na avaliação do ambiente tecnológico.	119
Figura 27	Relatório da avaliação do ambiente tecnológico.	120
Figura 28	Questões ímpares do SUS: Afirmativas positivas.....	140
Figura 29	Questões pares do SUS: Afirmativas negativas.....	141

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Diretrizes da Teoria da Carga Cognitiva.	57
Quadro 2	Aproximações entre as obras: TCAM, TCC, Princípios de Usabilidade de Interfaces e Aprendizado Eletrônico.	83
Quadro 3	Princípios para o balanceamento da carga cognitiva na apresentação de conteúdo.....	85
Quadro 4	Princípios para o balanceamento da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico.....	88
Quadro 5	Checklist para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo.....	105
Quadro 6	Checklist para avaliação da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico.....	115
Quadro 7	Tarefas e ações estipuladas para avaliação de percurso cognitivo	124
Quadro 8	Percepções transcritas da avaliação.	143

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CSS	Linguagem de Estilização em Cascata
DI	Design Instrucional
EAD	Educação a Distância
FACCE	Framework para a Avaliação da Carga Cognitiva na Educação
FPEP	Formação de Professores para Educação Profissional
HTML	HyperText Markup Language
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
MEC	Ministério de Educação e Cultura
MOOC	<i>Massive Open Online Course</i>
MS	Mapeamento Sistemático
OMS	Organização Mundial de Saúde
PC	Percurso Cognitivo
PEG	Programa Especial de Graduação
PHP	Hypertext Preprocessor
SUS	System Usability Scale
TCAM	Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia
TCC	Teoria da Carga Cognitiva
TISE	Congresso Internacional de Informática Educativa
UAB	Universidade Aberta do Brasil
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
WEB	World Wide <i>Web</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	JUSTIFICATIVA.....	24
2	CONCEPÇÃO METODOLÓGICA: PESQUISA AÇÃO EDUCACIONAL	28
2.1	REVISÃO DA LITERATURA.....	32
2.2	PÚBLICO-ALVO: SUJEITOS DA PESQUISA	33
2.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	34
2.4	ESTRATÉGIAS E INSTRUMENTOS PARA A COLETA DE DADOS	35
3	MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM: O DESAFIO DA PRODUÇÃO BALANCEADA	40
3.1	TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA	43
4	CARGA COGNITIVA: PRINCÍPIOS E DIRETRIZES PARA O SEU BALANCEAMENTO.....	47
4.1	TEORIA DA CARGA COGNITIVA	47
4.1.1	Arquitetura cognitiva humana e a construção da aprendizagem.....	48
4.1.2	Estrutura da Informação e a Carga Cognitiva.....	51
4.1.3	Diretrizes da Teoria da Carga Cognitiva.....	56
4.1.3.1	Categoria 1 - Diagramas/Imagens.....	58
4.1.3.2	Categoria 2 - Integração Audiovisual.....	59
4.1.3.3	Categoria 3 - Atenção Dividida.....	60
4.1.3.4	Categoria 4 - Legibilidade do conteúdo.....	60
4.1.3.5	Categoria 5 - Materiais de Apoio.....	61
4.1.3.6	Categoria 6 - Processo de Ensino.....	62
4.1.3.7	Categoria 7 - Exemplos Resolvidos e Variação de Contexto.....	63
4.1.3.8	Categoria 8 - Formação e Resgate de Esquemas de Informação.....	65
4.1.3.9	Categoria 9 - Expertise do Usuário.....	66
4.2	TEORIA COGNITIVA DA APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA (TCAM).....	68
4.2.1	Princípio da multimídia.....	70
4.2.2	Princípio da proximidade espacial.....	70
4.2.3	Princípio da proximidade temporal.....	71
4.2.4	Princípio da coerência.....	71
4.2.5	Princípio da modalidade.....	72
4.2.6	Princípio da Redundância.....	72

4.2.7	Princípio da Pré-Formação.....	73
4.2.8	Princípio da Sinalização.	74
4.2.9	Princípio da Personalização.....	74
4.3	APRENDIZADO ELETRÔNICO E USABILIDADE DE INTERFACES	75
5	PRINCÍPIOS DE BALANCEAMENTO DA CARGA COGNITIVA.....	82
5.1	PRINCÍPIOS DE BALANCEAMENTO DA CARGA COGNITIVA NA APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO.	85
5.2	PRINCÍPIOS DE BALANCEAMENTO DA CARGA COGNITIVA NA INTERAÇÃO COM O AMBIENTE TECNOLÓGICO.	88
6	FRAMEWORK PARA AVALIAÇÃO DA CARGA COGNITIVA.....	91
6.1	AVALIAÇÃO DA CARGA COGNITIVA.....	105
7	VALIDAÇÃO DO FRAMEWORK FACCE	122
7.1	INSPEÇÃO TÉCNICA DE INTERFACE: PERCURSO COGNITIVO	122
7.1.1	Preparação da avaliação por Percurso Cognitivo.	123
7.1.2	Coleta e interpretação dos dados do percurso cognitivo.....	125
7.1.3	Consolidação e Relato dos Resultados	131
7.2	AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DO FACCE.....	133
7.2.1	Caracterização dos participantes.	133
7.2.2	Roteiro da avaliação de Usabilidade	134
7.2.3	Aplicação do System Usability Scale (SUS).....	135
7.2.3.1	Aprendizagem	136
7.2.3.2	Satisfação	137
7.2.3.3	Erros e Memorização	138
7.2.3.4	Eficiência	139
7.2.3.5	Análise geral do SUS	140
7.2.4	Outras considerações sobre a avaliação.....	145
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	147
	REFERÊNCIAS.....	150

1 INTRODUÇÃO

Meu nome é Andressa Falcade e me considero professora de informática, atuando não só, como docente na educação básica e superior, como também, apoio pedagógico de cursos mediados por tecnologias. Primeiramente gostaria de salientar que sou filha de professores e, por tal motivo, a influência pela carreira docente vem de berço. Ainda na Educação Básica fiz o curso Normal, antigo Magistério, no qual realizei monitoria nos laboratórios de informática da escola, bem como alguns estágios curriculares junto a alunos que me motivaram a continuar na carreira docente. Na graduação tive a oportunidade de cursar Licenciatura em Computação pelo Instituto Federal Farroupilha – Campus Santo Augusto, onde pude adentrar à docência em informática que me levou a buscar outras formações nessa área.

Ao final da graduação iniciei o curso de Pós-Graduação em nível de Especialização na área de Educação Interdisciplinar. Ao término da Especialização, me desafiei a praticar a carreira docente, quando comecei a trabalhar como professora temporária no ensino Técnico e Tecnológico do Instituto Federal Farroupilha – Campus Alegrete. Essa experiência me fez querer continuar na docência para o ensino superior, fazendo-me buscar o Mestrado em Ciência da Computação na Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Consegui me dedicar a área de Computação Aplicada, voltada a Ambientes Virtuais de Aprendizagem, no qual desenvolvi estudos referentes à aplicação de Design Instrucional em Mundos Virtuais, bem como implementei um sistema para gerenciamento de recursos educacionais ciente de expertise para o uso de professores em ambientes tridimensionais.

O conceito de Design Instrucional estudado no mestrado, me fez repensar a forma de ensinar e aprender, levando-me a buscar outros estudos que pudessem permitir a qualificação desse processo. Dessa forma, me deparei com a Carga Cognitiva, o que me fez voltar à academia, a fim de responder as dúvidas que foram surgindo através das leituras. Como já conhecia a UFSM e por morar na mesma cidade, o Doutorado em Educação me pareceu um bom caminho. Por esse motivo, pesquisei sobre os professores e encontrei uma afinidade entre as minhas ideias e as pesquisas da professora Ilse Abegg. Ao adentrar no programa, a professora me direcionou para a educação a distância, mais especificamente ao curso de Formação de Professores para Educação Profissional (FPEP) ofertado no âmbito do Programa Especial de Graduação (PEG) na modalidade EaD, da UFSM/UAB. Infelizmente, devido a várias limitações que serão explicadas no decorrer desta pesquisa e a declaração de pandemia pela Organização Mundial de Saúde - OMS em decorrência da disseminação do vírus da Covid-19 no início de 2020, não pude seguir com este público-alvo. Contudo, consegui manter a direção

da pesquisa dentro da educação on-line, que me permitiu conservar as temáticas básicas e ampliar a abrangência dos resultados aqui apresentados.

1.1 JUSTIFICATIVA

Por muito tempo a Educação a Distância (EAD) foi pensada apenas como a junção de professores e estudantes que estavam distantes geograficamente, de forma a permitir às pessoas o acesso ao conhecimento onde quer que estivessem. Com o progresso da sociedade, deu-se um crescimento da EAD através da evolução da tecnologia e do surgimento da Internet, e segundo Moore (2007), lugares distintos puderam ser aproximados através do uso de algum elemento tecnológico. Neste contexto, com o advento da tecnologia, a educação ganhou espaço em ambientes conectados à Internet dando forma à Educação On-line como “uma evolução das gerações da EAD [...], um fenômeno da cibercultura” (SANTOS, 2009a, p.5659).

Moran (2006) já dizia à época, que a educação on-line estava em seus primórdios, sendo uma ramificação da Educação a Distância. Segundo o autor, a educação on-line “é utilizada em situações em que a educação presencial não dá conta” (MORAN, 2006, p.41), ou mesmo para “trazer contribuições significativas para a educação presencial [...], flexibilizando tempos e espaços e ampliando os espaços de ensino e aprendizagem, até agora praticamente confinados à sala de aula” (MORAN, 2006, p.42).

Nos tempos atuais, em que o distanciamento social é praticamente uma regra de sobrevivência devido a pandemia, a educação está sendo adaptada às possibilidades permitidas pela tecnologia. O que muitos estão chamando de Educação a Distância é o que podemos chamar de ensino presencial transposto, em muitos casos para uma educação on-line, sendo declarada por muitos especialistas como ensino remoto. Antes, porém, já era permitida a oferta na modalidade semipresencial de parte da carga horária dos cursos. Primeiro com base no art. 81 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, e no disposto na Portaria MEC nº. 4.059, de 10 de dezembro 2004, que permitia 20% da carga horária e, atualmente, com a Portaria nº 2.117 de 6 de dezembro de 2019 as Instituições de Ensino Superior podem ofertar até 40% da carga horária total de cursos presenciais na Modalidade de Educação a Distância (BRASIL, 2019), demonstrando que a convergência da educação presencial com a educação on-line está em crescimento em nosso país.

A fim de promover a educação on-line, muitas instituições de ensino buscaram ambientes tecnológicos para sustentar a interação entre alunos e professores, bem como para

disponibilizar recursos didáticos e ofertar atividades avaliativas. Dentre esses ambientes é possível citar o Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem Moodle e o [®]Google Classroom.

Apesar dos muitos benefícios que esses ambientes trouxeram para a educação on-line, ainda existem algumas dificuldades que podem ser observadas em seu uso, como a inexperiência de alguns estudantes nessas plataformas e a grande oferta de materiais que podem estar além da necessidade das disciplinas, como também além da capacidade de leitura e apreensão do conteúdo pelos estudantes.

Embora a evolução tecnológica tenha modificado e melhorado o acesso ao conhecimento, muitos aspectos da educação presencial ainda estão sendo repetidos na educação a distância (ARRUDA, 2012) e, para o autor, essa repetibilidade influencia no modo como as pessoas recebem as informações. Pelli e Rosa afirmam que:

As ferramentas tecnológicas e pedagógicas utilizadas de maneira isolada no processo de ensino podem prejudicar a aprendizagem que é desencadeada no ensino na modalidade a distância. Ressalta-se que os materiais utilizados na modalidade presencial ainda são frequentemente empregados sem nenhuma alteração didática no ensino a distância (2016, p.27).

A partir do que Pelli e Rosa (2016) apontam, é necessário refletir com cuidado a implantação de um ensino on-line, observando principalmente a organização dos ambientes tecnológicos de ensino e aprendizagem e a produção de conteúdos próprios, uma vez que as formas de ensinar e aprender também são distintas da modalidade presencial.

Para tanto, buscou-se nos estudos de Sweller *et al.* (1998), Mayer (2002), Filatro (2008) e Nielsen (1994), um embasamento que permitisse uma nova forma de pensar a educação a fim de amenizar as dificuldades encontradas no processo de ensino e aprendizagem relacionadas à Carga Cognitiva exigida do estudante que busca uma formação de qualidade.

De acordo com Pollock *et al.* (2002), a carga cognitiva refere-se ao esforço mental utilizado pelo estudante na realização de atividades. Segundo o autor a forma como os recursos pedagógicos são oferecidos podem influenciar na compreensão do conteúdo e na construção de sua aprendizagem. Para Sweller *et al.* (1998), a carga cognitiva pode ser dividida em duas dimensões que, juntas, afetam o desempenho dos estudantes: carga mental, quando baseada em tarefas, e esforço mental, quando baseado no aluno, ou seja:

Carga mental refere-se à carga que é imposta pelas demandas de tarefas (ambientais). Essas demandas podem pertencer a aspectos intrínsecos à tarefa, como interatividade de elementos, que são relativamente imunes a manipulações instrucionais e a aspectos

externos à tarefa associados ao Design Instrucional. Já o esforço mental refere-se à quantidade de capacidade cognitiva ou recursos que são realmente alocados para acomodar as demandas da tarefa (SWELLER, *et al.*, 1998, p.9).

Para Sweller *et al.* (1998), é importante reconhecer os elementos responsáveis por essa carga, analisando cada aspecto envolvido na aprendizagem do estudante. Sendo assim, este trabalho tem como elementos principais de estudo, aspectos que podem balancear a carga cognitiva no uso de conteúdos utilizados dentro de ambientes tecnológicos de ensino e aprendizagem.

Pensando no que foi exposto até aqui, é importante refletir sobre a carga cognitiva envolvida no processo de aprendizagem e assim, o problema desta pesquisa foi: O que pode auxiliar professores e instituições na identificação de cargas cognitivas elevadas e permitir melhor balanceamento destas para que o estudante alcance os objetivos de aprendizagem de modo mais concreto? Com isso, o objetivo geral desta tese é instrumentalizar a avaliação da carga cognitiva na Educação.

A fim de concretizar o objetivo geral desta pesquisa foram elencados os seguintes objetivos específicos:

- a) Problematizar as convergências entre teorias que abordam carga cognitiva.
- b) Identificar aspectos para o balanceamento da carga cognitiva na Educação.
- c) Propor um framework para avaliar a carga cognitiva na Educação.
- d) Avaliar o framework junto a professores e especialistas em Educação.

Na sequência desta tese, temos o segundo capítulo que aborda o método da pesquisa-ação educacional, apresentando o público-alvo da pesquisa, os procedimentos metodológicos e as estratégias e instrumentos para a coleta e análise de dados. No terceiro capítulo fala-se um pouco dos materiais didáticos e da transposição didática para a qualidade do conhecimento disponibilizado aos estudantes.

No quarto capítulo é exposto o referencial teórico, trazendo a Teoria da Carga Cognitiva, a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, o Design de Interface para o Aprendizado Eletrônico e os Princípios de Usabilidade de Interfaces, a fim de gerar um panorama dos conceitos e diretrizes que permitem o balanceamento da carga cognitiva na educação.

O quinto capítulo oferece os primeiros resultados da pesquisa com os princípios para o balanceamento da carga cognitiva na educação, elencados a partir do estudo das obras estudadas. No sexto capítulo tem-se o desenvolvimento do Framework para a avaliação da carga cognitiva na Educação, seguido da avaliação da ferramenta e os resultados alcançados no sétimo

capítulo. Por fim, no capítulo oito são discutidas as considerações finais e as projeções para trabalhos futuros.

2 CONCEPÇÃO METODOLÓGICA: PESQUISA AÇÃO EDUCACIONAL

Pensando nas dificuldades e potencialidades oriundas da evolução tecnológica, este estudo utilizou como metodologia a Pesquisa-ação Educacional, a fim de investigar as possibilidades de avaliação da carga cognitiva na educação. A escolha metodológica se justifica porque contribui com a transformação de percepção do professor quanto às suas práticas pedagógicas (FRANCO, 2016), uma vez que pode “produzir ressignificações do que fazemos ou pensamos” implicando na reconstrução dos sujeitos envolvidos, ou seja, “se faz com os professores e não sobre os professores” (FRANCO e BETTI, 2018, p.21-22).

São muitas as interpretações significativas do que realmente a pesquisa-ação representa, por tal motivo, esta tese fez o uso da definição descrita por Kemmis e McTaggart (1988) que descrevem a pesquisa-ação como uma investigação coletiva que busca melhorar as condições sociais e educativas dos participantes envolvidos, bem como ampliar a “compreensão dessas práticas e das situações em que estas têm lugar” (1988, p. 9, grifo nosso). De forma complementar, Thiollent (2011, p.13-14) afirmou que a pesquisa-ação “supõe uma forma de ação planejada de caráter social, educacional, técnico ou outro”, sendo um instrumento de investigação para “grupos, instituições, coletividades de pequeno ou médio porte” (p.15), dando “ênfase à análise de diferentes formas de ação” (p.15).

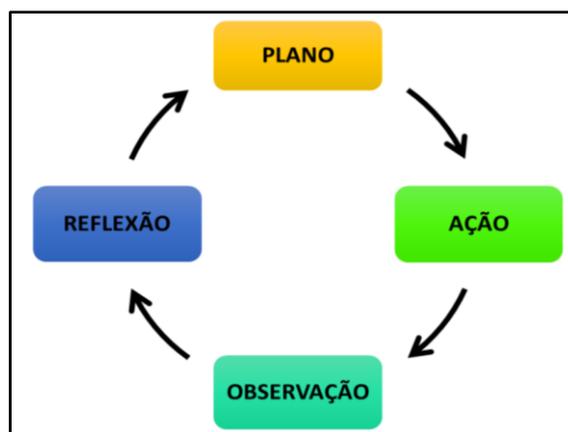
Para Barbier (2007, p.32), a pesquisa-ação “supõe uma conversão epistemológica, isto é, uma mudança de atitude da postura acadêmica do pesquisador”, ou seja, a aplicação da pesquisa não deixará ileso nem pesquisador, nem os participantes da pesquisa, pois ambos se envolvem na investigação. Grundy (1988, p.353) já defendia em seus estudos a importância de escolher o sentido epistemológico da pesquisa-ação a ser realizada. Segundo o autor existem três sentidos: a) A pesquisa-ação técnico-científica; b) A pesquisa-ação prático-deliberativa; e c) A pesquisa-ação crítico-emancipatória. O primeiro sentido aborda, dentre outros aspectos, que o pesquisador pode estar apartado do objeto de estudo, enquanto nos dois últimos, o pesquisador deve estar envolvido com a investigação, sendo o problema definido na situação em que o pesquisador está inserido. A partir dessas observações, este estudo fez uso da perspectiva da pesquisa-ação técnico-científica, uma vez que nesta forma de investigação o problema pode ser definido *a priori*. Além disso, a relação sujeito/objeto é separada - o pesquisador é só pesquisador -, o propósito da pesquisa é baseado na solução de problemas e a compreensão dos eventos ocorre através da explicação de causas e efeitos.

Historicamente, a pesquisa-ação foi utilizada no contexto social, porém fortaleceu-se na educação, que “buscava formas de melhorar as práticas docentes e os resultados educativos”

(FRANCO e BETTI, 2018, p.17). Assim, a pesquisa-ação desenvolvida no âmbito escolar tornou-se a pesquisa-ação educacional que, segundo Franco e Betti (2018), possui quatro vertentes principais: a) A primeira é baseada em Corey, guiada para o treinamento de habilidades; b) A segunda é fundamentada em Feldman, Elliott e Stenhouse e tem por objetivo desenvolver a autonomia profissional docente nas tomadas de decisões pedagógicas; c) A terceira baseia-se em Carr e Kemmis e busca a formação pedagógica do docente como intelectual crítico e; d) A quarta fundamenta-se em Freire e Fals Borba sendo pautada na emancipação das classes oprimidas, não tendo preocupação com a produção científica do conhecimento. A partir do que foi exposto sobre as vertentes da pesquisa-ação, escolheu-se para este estudo a terceira vertente, apresentada acima. Essa escolha deu-se devido à perspectiva cíclica baseada em Lewin (1965), que descreve a pesquisa-ação como passos desenvolvidos em espiral, compostos por planejamento, ação e avaliação do resultado da ação (KEMMIS e MCTAGGART, 1988).

Para Kemmis e Mctaggart (1988), o processo de pesquisa-ação começa com a ideia geral do que se deseja melhorar ou transformar e a partir dessa ideia geral é escolhida uma temática originada das preocupações do grupo envolvido para que seja investigada. Após essa escolha é realizada uma exploração preliminar a fim de analisar os impactos que a pesquisa pretende alcançar junto aos envolvidos e, por fim, o grupo define um plano de ação a ser realizado. Segundo os autores, o plano de ação é o primeiro aspecto de quatro, que completam os ciclos espiralados da pesquisa-ação, juntando-se a ele a ação, a observação e a reflexão, como pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1 - Ciclo da pesquisa-ação.



Fonte: adaptado de Kemmis e Mctaggart (1988).

Como pode ser visto na Figura 1, o ciclo da pesquisa-ação está dividido em 4 etapas: plano, ação, observação e reflexão. Segundo Kemmis e McTaggart (1988) o plano é uma ação organizada, que deve antecipar tudo aquilo que se pretende realizar, sendo flexível para adaptação em casos inesperados ou limitações que não haviam sido previstas. Já a etapa de ação é a aplicação do plano com o grupo de pesquisa. Para os autores essa fase reconhece na prática ideias em ação, utilizando-as como plataforma para um novo desenvolvimento na ação posterior. Kemmis e McTaggart (1988) reconhecem que as ações devem ser flexíveis e abertas a mudanças, respondendo às circunstâncias impostas pela realidade.

Já a observação, tem por objetivo documentar a ação realizada, sendo necessária para identificar as limitações que só ocorrem na prática. Essa documentação, criada a partir da observação, é importante para a última fase do ciclo, a reflexão, pois permite lembrar a ação ocorrida. Para Kemmis e McTaggart (1988) a reflexão é uma discussão entre os participantes, que permite conduzir uma ressignificação dos pontos de vista dos envolvidos sobre a situação, proporcionando uma base para um plano revisado que inicia um novo ciclo da pesquisa-ação.

A partir do que foi exposto, este estudo teve como concepção a pesquisa-ação para responder ao seguinte problema: O que pode auxiliar professores e instituições na identificação de cargas cognitivas elevadas e permitir melhor balanceamento destas para que o estudante alcance os objetivos de aprendizagem de modo mais concreto? A definição deste problema passou por diversas modificações, devido às limitações encontradas no decorrer da pesquisa. Quando da qualificação do projeto desta pesquisa, o problema do estudo era: Como produzir materiais didáticos em ambientes virtuais para o balanceamento da carga cognitiva do estudante na EAD? Este problema foi identificado dentro do curso de Formação de Professores para Educação Profissional (FPEP) ofertado no âmbito do Programa Especial de Graduação (PEG) na modalidade EAD, da UFSM/UAB. Na ocasião, houve uma grande reclamação por parte dos estudantes com relação à quantidade de material de leitura e de atividades avaliativas que o curso demandava.

Até o final do ano de 2019, o curso FPEP EAD seria utilizado como público-alvo desta pesquisa, contudo ele está sendo reformulado devido a Resolução 2/2015 que “Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada” (BRASIL, 2015). Nesta reformulação, serão incluídas novas disciplinas e atualizadas as ementas de disciplinas que ficarem no projeto de forma a se adequarem à nova resolução. Como não havia, no momento, uma previsão para o retorno das

atividades de ensino, devido ao fato de não haver novos editais para oferta de cursos EAD no âmbito da Universidade Aberta do Brasil (UAB), foi necessária a adaptação de vários aspectos.

Primeiramente foi mantido o problema e alterado o público-alvo, sendo escolhido então o curso de Licenciatura em Matemática EAD do Instituto Federal Farroupilha - IFFar, com o qual a pesquisadora obteve vínculo em novembro de 2019, como professora conteudista pela UAB. A nova escolha se deu uma vez que a pesquisa permaneceu na modalidade a distância e o problema levantado no FPEP ser recorrente, também, no novo curso escolhido. Contudo, ao se fazer uma reflexão mais profunda, optou-se por realizar uma pesquisa mais ampla a fim de alcançar não apenas um determinado curso, mas sim permitir a aplicação dos resultados deste estudo em diferentes contextos educativos.

Essa mudança de direção permitiu a ampliação da aplicação da pesquisa de forma mais concreta, uma vez que resultou em um instrumento que poderá ser utilizado por qualquer pessoa ou Instituição na busca da qualificação da educação através do balanceamento da carga cognitiva no processo de ensino e aprendizagem.

Após todas essas modificações, o objetivo geral da pesquisa também foi adaptado, a fim de alcançar uma possível solução para o novo problema. Assim, o objetivo geral deste estudo foi: Instrumentalizar a avaliação da carga cognitiva na Educação. Os objetivos específicos também sofreram algumas modificações, tanto para concretizar o objetivo geral, quanto para manter a pesquisa no tempo previsto do doutorado. Portanto, os objetivos específicos foram:

- Problematizar as convergências entre teorias que abordam carga cognitiva.
- Identificar aspectos para o balanceamento da carga cognitiva na Educação.
- Propor um framework para avaliar a carga cognitiva na Educação.
- Avaliar o framework junto a professores e especialistas em Educação.

A partir dos objetivos acima listados, formaram-se três ciclos realizados na pesquisa: a) No primeiro ciclo foram analisadas a Teoria da Carga Cognitiva (SWELLER *et al.* 1998), a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (MAYER, 2002), os Princípios da Aprendizagem Eletrônica (FILATRO, 2008) e os Princípios de Usabilidade de Interfaces (NIELSEN, 1994), expondo um panorama das diretrizes que permitem o balanceamento da carga cognitiva no processo de ensino e aprendizagem; b) No segundo ciclo as diretrizes de balanceamento da carga cognitiva foram utilizados para a construção de um Framework de avaliação da educação; c) No terceiro e último ciclo, o Framework foi avaliado por profissionais que possuem experiência na educação, a fim de identificar melhorias a serem implementadas na ferramenta antes da sua divulgação ao público.

Nas próximas seções podem ser observadas a revisão de literatura, o público-alvo (sujeitos) da pesquisa, os procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento deste estudo e as estratégias e instrumentos de coleta de dados.

2.1 REVISÃO DA LITERATURA

Com objetivo de identificar possíveis trabalhos relacionados à tese, foi realizado um Mapeamento Sistemático (MS) baseado no método descrito por Kitchenham e Charters (2007) a fim de gerar um panorama das pesquisas publicadas.

No método utilizado, a pesquisa se divide em três etapas: planejamento, condução e análise dos resultados. No planejamento, são definidas a questão da pesquisa, o período e o local de busca, a *string* a ser utilizada na detecção de estudos relacionados e os critérios de inclusão e exclusão que permitem a distinção entre os textos que devem ou não ser considerados.

Assim, a questão da pesquisa escolhida foi: Como a carga cognitiva tem sido avaliada na educação? A *string* de busca é formada pelos termos principais que englobam a questão da pesquisa, os termos definidos foram: “carga cognitiva” *and* “educação” *and* “avaliação”. A busca foi realizada no Google acadêmico uma vez que este ambiente reúne publicações científicas de diferentes revistas e bancos de dados indexados. O período foi delimitado para cinco anos (2015-2020) e o idioma escolhido foi o português.

A busca inicial retornou 54 resultados que passaram pela condução do MS. Nesta fase, o título, o resumo e as palavras-chave são lidas para a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. Após essa primeira seleção, os textos são lidos na íntegra e os critérios de inclusão e exclusão são novamente aplicados. As pesquisas resultantes da fase de condução são analisadas a fim de responder à questão da pesquisa.

Neste MS buscaram-se estudos que apresentavam avaliação da carga cognitiva aplicada a qualquer processo de ensino e aprendizagem em ambientes. Na primeira seleção 46 estudos foram rejeitados, 2 deles eram citações, 3 eram revisões sistemáticas, 3 representavam livros ou revistas completas, não estudos propriamente ditos e 38 não utilizavam carga cognitiva. Desta forma, restaram 6 estudos para a leitura completa, sendo 2 deles rejeitados por não apresentarem a aplicação prática da carga cognitiva, fazendo apenas a menção conceitual ao tema.

Quatro textos participaram da análise dos resultados: DAVID *et al.* (2015) – artigo apresentado no Congresso Internacional de Informática Educativa (TISE); TIMBONI (2016) –

dissertação de mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina; RAUBER (2016) – dissertação de mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina; NOVAES (2017) – dissertação de mestrado da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. As três dissertações de mestrado apresentaram propostas pedagógicas que aplicavam os conceitos de carga cognitiva, 2 para o ensino de física no ensino médio e 1 sobre o ensino de genética na Educação de Jovens e Adultos, sendo esta última a única proposta avaliada, onde os professores responderam que o material seria efetivo ao que se propunha.

O artigo apresentado no TISE expôs a produção e aplicação de um checklist para a avaliação da qualidade dos conteúdos digitais de uma disciplina do curso de Licenciatura em Física a distância do Sistema UAB. O checklist proposto é resultante do comparativo entre Teoria da Aprendizagem Multimídia, princípios de usabilidade de interfaces e aspectos de natureza linguística, que gerou um questionário de 27 questões, sendo 12 perguntas relacionadas à parte tecnológica e 15 perguntas relacionadas à linguística. O questionário foi aplicado nos materiais didáticos digitais e os resultados mostraram que eles estão adequados aos conceitos de carga cognitiva. Os autores pretendem aprofundar as relações entre os conceitos utilizados para avaliações de materiais didáticos digitais a fim de fortalecer o processo de aprendizagem.

A partir do exposto, conclui-se que, os estudos em português dentro do período levantado, apresentaram poucas aplicações práticas relacionadas à avaliação da carga cognitiva na educação. Com isso, pode-se indicar a importância do Framework desenvolvido nesta tese como instrumento de reflexão e aplicação dos conceitos de balanceamento da carga cognitiva na educação compilados dos estudos de Sweller *et al.* (1998), Mayer (2002), Nielsen (1994) e Filatro (2008).

Os estudos resultantes do mapeamento sistemático não foram utilizados para análises posteriores visto que apresentam aplicações de partes pontuais das teorias utilizadas como base nessa tese e, portanto, não se caracterizavam como fontes integrais de estudos sobre carga cognitiva.

2.2 PÚBLICO-ALVO: SUJEITOS DA PESQUISA

A presente pesquisa foi realizada no contexto da Educação como um todo, porém a avaliação da ferramenta se deu na perspectiva do ensino On-line. Pensando nisso, o público-alvo ao qual esta pesquisa buscou atingir foram os profissionais envolvidos no processo educacional ofertado através da mediação de alguma tecnologia, podendo ser abrangido,

portanto, a educação a distância, a educação on-line, a educação remota entre outros formatos educativos.

Dentre os profissionais que podem fazer uso da ferramenta produzida estão: a) professores; b) produtores de conteúdos educacionais; c) desenvolvedores e gerentes de ambientes virtuais de ensino e aprendizagem; d) profissionais de apoio pedagógico; e) gestores de instituições de ensino; não sendo limitada aos profissionais aqui citados.

Como forma de conhecer as necessidades específicas desse grupo, foram convidados alguns profissionais que se enquadravam nas especificidades apontadas acima para avaliar a ferramenta aqui produzida, de modo a identificar dificuldades que estes possam enfrentar na aplicação dela em suas atividades cotidianas.

Importante destacar que, em razão de uma parte da pesquisa ter tido a participação direta de pessoas, este projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da UFSM em 20 de agosto de 2021, sendo aprovado e recebendo o número CAAE 49233321.0.0000.5346.

2.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Considerando a pesquisa do tipo pesquisa-ação e os ciclos apontados no início deste capítulo, esta seção visa descrever cada um dos ciclos de modo a esclarecer os procedimentos a serem realizados.

No primeiro ciclo foi realizada uma análise documental da Teoria da Carga Cognitiva, da Teoria da Aprendizagem Multimídia das diretrizes para o aprendizado eletrônico e dos Princípios de Usabilidade de Interfaces, a fim de gerar um panorama sobre os aspectos que permitem o balanceamento da carga cognitiva em ambientes de ensino-aprendizagem. Primeiramente, foram feitas análises pontuais em cada um dos textos, sendo descritos os seus aspectos principais. Após essa leitura, foi realizado um cruzamento de informações a fim de identificar características que se assemelhavam. Desta forma foi possível gerar a convergência dos aspectos através de um quadro que abrangeu as informações pontuais de cada estudo. Esse quadro permitiu a definição de princípios para o balanceamento da carga cognitiva na interação com o conteúdo e com o ambiente tecnológico.

O segundo ciclo abrangeu a construção do Framework que permitiu a instrumentalização da avaliação da carga cognitiva na Educação, tendo como início do seu desenvolvimento o primeiro semestre de 2020. O objetivo principal da ferramenta foi permitir que professores e instituições pudessem qualificar a sua oferta de educação a partir da avaliação de seus conteúdos e aulas em ambientes tecnológicos.

Contudo, além da avaliação, o Framework disponibiliza, também, a exposição dos conceitos de Arquitetura Cognitiva Humana, Teoria da Carga Cognitiva, Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, Princípios do aprendizado eletrônico e Heurísticas da Usabilidade de Interfaces, além dos aspectos de balanceamento da carga cognitiva na interatividade com o conteúdo e com o ambiente tecnológico que servem de base para o instrumento de avaliação.

Para uma apresentação mais atrativa desses conceitos, foi utilizado o site *Genially*, que permite a produção gratuita de infográficos, vídeos, imagens interativas, gamificações, entre outros recursos de conteúdo. Os materiais produzidos nessa ferramenta podem ser compartilhados nas redes sociais, através de *links*, além de permitir a incorporação do material produzido em qualquer site, através da geração de um código fonte que transporta todas as configurações definidas pelos autores.

O Framework foi implementado utilizando algumas ferramentas da Web: a sua estrutura principal é baseada na Linguagem de Marcação de Hipertextos (HTML), na versão 5; a parte visual utiliza elementos da Linguagem de Estilização em Cascata (CSS), na versão 3, e as classes de estilização do Framework Bootstrap, na versão 4. O Framework Bootstrap permitiu que a ferramenta desenvolvida fosse responsiva, ou seja, o seu conteúdo se ajusta conforme a resolução do dispositivo eletrônico na qual é executado. Duas linguagens foram utilizadas para as interações na ferramenta: JavaScript, na versão 6, para interações com a interface do Framework; e a Linguagem PHP Hipertext Processor (PHP), na versão 5, para o processamento dos dados. Ambas essas linguagens foram necessárias para a estruturação e apresentação dos relatórios oriundos do checklist de avaliação. Todo o desenvolvimento utilizou o editor de código fonte aberto denominado Notepad++.

O terceiro e último ciclo abrangeu a avaliação do Framework que ocorreu em duas etapas. Na primeira etapa a interface da ferramenta foi avaliada utilizando-se a técnica de Percurso Cognitivo buscando prever erros de projeto de interfaces sem a participação direta de usuários (BARBOSA E SILVA, 2010). Num segundo momento, o Framework passou por uma avaliação de usabilidade de interface por profissionais citados no público-alvo desta pesquisa a fim de identificar possíveis melhorias na sua concepção a partir do olhar do usuário final sobre a ferramenta.

2.4 ESTRATÉGIAS E INSTRUMENTOS PARA A COLETA DE DADOS

A pesquisa em educação tem um viés interdisciplinar que busca investigar a intervenção intencional através da “ação didático-pedagógica junto a setores populacionais” com o objetivo

de compreender esse agir e o seu potencial de transformação nos indivíduos envolvidos (GATTI, 2002, p.61). Para tanto, ela utiliza conhecimentos estudados em áreas básicas como sociologia e psicologia para construir a sua forma de ação, necessitando apresentar uma contribuição diferente daquelas expostas nas áreas base (GATTI, 2002, p. 62).

Segundo Gatti (2002), pesquisa é “um conhecimento que ultrapassa nosso entendimento imediato na explicação ou na compreensão da realidade que observamos” (GATTI, 2002, p.9). A autora afirma ainda que “não há conhecimento absoluto e definitivo. Os conhecimentos são sempre relativamente sintetizados sob certas condições ou circunstâncias, dependendo das teorias, dos métodos, das temáticas que o pesquisador escolhe para trabalhar” (GATTI, 2002, p.10).

Em outros termos, a pesquisa serve para solucionar problemas e/ou responder incógnitas de acordo com critérios pré-estabelecidos, sendo o seu resultado um conhecimento que se vincula a essas questões e à interpretação dos dados que são informações das quais “nos servimos para a geração de algum conhecimento que acrescenta alguma coisa à compreensão do problema que nos interessa” (GATTI, 2002, p.11).

São muitas e diversificadas as estratégias e instrumentos para a coleta de dados em pesquisas educacionais. Gibbs (2009, p.17) cita a existência de pelo menos dez técnicas de produção e tratamento de dados, sendo elas: a) Entrevistas individuais ou grupos focais e suas transcrições; b) Observação participante etnográfica; c) Correio eletrônico; d) Páginas, notícias e conversas em bate-papos da internet; e) Propaganda impressa, filmada ou televisionada; f) Vídeos; g) Documentos como livros e revistas, h) Diários; i) Fotografias; j) Filmes. Hoje, devido à evolução das Tecnologias de Informação e Comunicação, têm-se outras possibilidades, principalmente a partir do desenvolvimento de sistemas que foram criados para facilitar o tratamento de dados.

Gibbs (2009), quando fala em pesquisa qualitativa, defende a importância de identificar aspectos sociais dos indivíduos. Segundo o autor, esses aspectos podem ser observados nas experiências, comunicações, interações, bem como na análise de documentos utilizados nessas interações, que incluem “qualquer forma de comunicação humana – escrita, auditiva ou visual; por comportamento, simbolismos ou artefatos culturais” (p.8).

Como instrumentos de levantamento de dados, foram utilizadas a pesquisa bibliográfica e a análise documental no primeiro ciclo, expondo um panorama das diretrizes que permitem o balanceamento da carga cognitiva no processo de ensino e aprendizagem; no segundo ciclo foi realizada uma avaliação diagnóstica (percurso cognitivo) para identificação dos erros de interface; no terceiro ciclo foi realizada uma avaliação empírica (usabilidade) da ferramenta

produzida, sendo utilizados o questionário System Usability Scale (SUS) (BROOKE, 1996) e o protocolo verbal *Think Aloud* (ERICSSON e SIMON, 1993).

Para Cechinel *et al.* (2016), a pesquisa bibliográfica “se embasa diretamente nas fontes científicas e materiais impressos e editados, como livros, enciclopédias, ensaios críticos, dicionários, periódicos, artigos, teses, etc” e se diferencia da pesquisa documental pela natureza das fontes, uma vez que esta utiliza-se de “materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa” (GIL, 2008, p. 45) e, segundo o autor, as duas pesquisas podem utilizar o mesmo método de aplicação.

A avaliação diagnóstica da interface realizada com a técnica de Percurso Cognitivo (PC) teve como foco investigar a facilidade de aprendizado através da exploração, onde o investigador descreve uma sequência de ações a serem realizadas para desempenhar uma tarefa dentro da ferramenta e explorar as possíveis dificuldades que o usuário final efetivamente teria para realizá-las (BARBOSA E SILVA, 2010). Essa avaliação permite identificar possíveis melhorias na interação com o Framework.

A avaliação de usabilidade de interface envolve usuários reais ou potenciais para a verificação do seu desempenho na interface. Nessa avaliação os usuários realizam atividades controladas dentro do ambiente e compartilham as suas impressões através de questionários ou entrevistas que são utilizadas para descobrir o grau de satisfação deles.

As análises e percepções da ferramenta pelos avaliadores foram levantadas através do uso do questionário SUS e do protocolo verbal *Think Aloud*. Para Gil (2008, p. 121), o questionário é uma técnica de investigação com levantamento de dados mais rápida, sendo composta por “um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas, aspirações, temores”, entre outros. A escolha deste tipo de instrumento se deu devido ao afastamento social imposto pela Pandemia da Covid-19, que foi necessário à época sendo a possibilidade de continuidade da investigação.

O SUS (System Usability Scale), é uma escala de avaliação de interfaces criada por John Brooke, em 1996 usando três medidas de usabilidade, presentes na ISO 9241-11 de 1998 que trata de requisitos ergonômicos: a) eficácia; b) eficiência e; c) satisfação. Na ISO essas medidas são definidas da seguinte forma:

Eficácia: Acurácia e completude com as quais usuários alcançam objetivos específicos. Eficiência: Recursos gastos em relação à acurácia e abrangência com as quais usuários atingem objetivos. Satisfação: Ausência do desconforto e presença de atitudes positivas para com o uso de um produto (ABNT, 1998, p.3)

Ao todo, o SUS possui 10 questões com 5 níveis de manifestação na escala Likert (CUNHA, 2007), que vão de “discordo totalmente” até “concordo totalmente” passando pelas opções “discordo parcialmente”, “indiferente” e “concordo parcialmente”.

As 10 questões do SUS foram adaptadas para esta pesquisa e ficaram da seguinte forma (BROOKE, 1996):

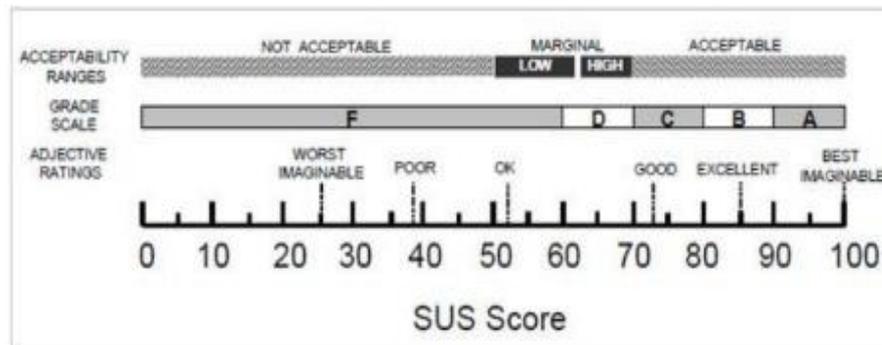
- 1) Eu gostaria de usar o Framework FACCE com frequência.
- 2) Eu considero o Framework FACCE desnecessariamente complexo.
- 3) Eu considerei o Framework FACCE fácil de usar.
- 4) Eu considero que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o Framework FACCE.
- 5) Eu considero que as várias funções do Framework FACCE estão muito bem integradas, ou seja, a combinação das etapas funciona de forma completa.
- 6) Eu considero que o Framework FACCE apresenta muita inconsistência.
- 7) Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar o Framework FACCE rapidamente.
- 8) Eu considerei o Framework FACCE confuso de usar.
- 9) Eu me senti confiante ao usar o Framework FACCE.
- 10) Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o Framework FACCE.

Segundo Braum (2019) é possível relacionar as questões do SUS às seguintes Heurísticas de Nielsen (2012): “Facilidade de aprendizagem — perguntas 3, 4, 7 e 10; Eficiência — perguntas 5, 6 e 8; Facilidade de memorização — pergunta 2; Minimização dos erros — pergunta 6; Satisfação — perguntas 1, 4, 9” (BRAUM, 2019, P. 4).

A escala SUS gera uma medida geral de usabilidade da ferramenta avaliada. A contagem dos pontos envolve primeiro a soma da pontuação de cada questão, sendo que cada uma delas pode variar de 0 (zero) a 4 (quatro). “Para os itens 1,3,5,7 e 9, a contribuição da pontuação é a posição da escala menos 1. Para os itens 2,4,6,8 e 10, a contribuição é 5 menos a posição da escala. Após a soma das pontuações deve ser realizada a multiplicação da mesma por 2,5 para obter o valor global de SUS” (BROOKE, 1996, p.5).

Segundo Brooke (2013), a pontuação do SUS pode variar de 0 (zero) a 100 (cem), permitindo a interpretação da avaliação da usabilidade global da ferramenta, através de alguns adjetivos, como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Score do SUS



Fonte: Brooke (2013).

Como pode ser visto na Figura 2, a avaliação global da usabilidade de uma ferramenta pode ser “pior imaginável” (0 até 25), “fraco” (entre >25 e <40), “ok” (40 até ± 52), “bom” (± 52 até ± 74), “excelente (± 74 até 85), “melhor imaginável” (>85).

3 MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM: O DESAFIO DA PRODUÇÃO BALANCEADA

O ensino-aprendizagem on-line vem se aprimorando a cada dia, contudo, permanece a utilização dos mesmos materiais didáticos que permitem a exposição dos conhecimentos a serem apreendidos. Para Meksenas (2001), o material didático é um recurso, midiático ou não, que tem a finalidade de servir ao propósito educacional. Possoli e Cury (2009) vão além, afirmando que “os materiais didáticos são aqueles associados a situações de ensino-aprendizagem e, por isso, possuem características específicas na apresentação dos conteúdos” (p. 3450). Para as autoras, os materiais didáticos podem ser separados em três tipos “impressos (como livros, apostilas e guias de estudo), audiovisuais (como transmissões radiofônicas e televisivas) e digitais (como os Ambientes Virtuais de Aprendizagem – AVA e recursos de informática e internet)” (POSSOLI e CURY, 2009, p.3450).

Segundo Peters (2001) e Rodrigues (2004), a evolução da EAD vista pelo viés dos materiais didáticos, pode ser dividida em cinco modelos: a) por correspondência; b) por conversação; c) professoral; d) tecnológico de extensão e; e) tutorial. O modelo por correspondência pode ser considerado como a primeira geração da educação a distância, sendo usado até meados de 1970. Este modelo se caracterizou pela utilização da escrita para substituir a fala na comunicação, primariamente, com as cartas informativas e após, com a “inclusão de material impresso com lições e exercícios” (MALLMANN, 2008, p.53), sendo fatores determinantes para a distribuição desse material, “a intervenção da imprensa e a criação do sistema de correio” (MALLMANN, 2008, p.53).

Já o modelo por conversação transformou-se em um material didático simplesmente informativo para uma simulação de diálogo entre professor e aluno. Nesta transformação, Aretio (1994) definiu um padrão para produção impressa de material didático, com onze aspectos: 1) Linguagem acessível e familiar ao estudante; 2) Textos narrativos com a utilização de exemplos e destaque para ideias principais; 3) Sinalização; 4) Epígrafes; 5) Atender às experiências prévias dos estudantes e uso de verbos de ação; 6) Aplicação dos conhecimentos através de exercícios e aplicações; 7) Atividades de reforço; 8) Exemplos; 9) Organização da informação; 10) Utilização de realces e; 11) Uso de ilustrações para apresentar o conteúdo.

Mallmann (2008) comenta ainda que, a partir do modelo por conversação, originou-se o modelo por conversação guiada a qual era utilizada em “materiais impressos encaminhados, roteiros organizados em apresentações e transmissões de áudio ou vídeo e, atualmente, para materiais on-line” (p.54).

O terceiro modelo de material didático é o professoral, que segundo Mallmann (2008), tem por objetivo cumprir com as funções exercidas pelo professor no ensino presencial. Segundo a autora, algumas dessas funções são: “despertar o interesse dos estudantes, a exposição sequencial dos conteúdos, os exercícios e aplicação dos conteúdos [...] por meio de uma organização adequada” (p.55). O modelo professoral passou a contar com a tecnologia, quando os computadores pessoais começaram a fazer parte da Educação a Distância na década de 1990, através de softwares didáticos e ambientes virtuais de ensino e aprendizagem. Em resumo, no modelo professoral o docente “constrói diversas estratégias para oferecer subsídios suficientes ao estudo dos estudantes” (MALLMANN, 2008, p.55).

Na sequência surgiu o modelo tecnológico de extensão que, segundo Peters (2001), não tem o cuidado com a produção de materiais didáticos específicos para o ensino a distância. Mallmann (2008) comenta que a ideia desse modelo é “a gravação e distribuição de audiocassetes, acompanhados dos livros didáticos e das atividades presenciais realizadas na universidade” (p.56). Preti (1996) cita o Mobral e o Telecurso 2000, como algumas experiências desse modelo no Brasil.

O quinto e último modelo é o tutorial, onde o material didático “assume uma função de aconselhamento, introdução às temáticas, previsão de tempo de estudos” podendo ser “sistemas que incorporam sons, imagens, animações e permitem que os próprios estudantes controlem a sequência das atividades com feedbacks e auto-avaliações” (MALLMANN, 2008, p.57). Para Paulsen (2002), a geração atual de materiais didáticos pode necessitar do acompanhamento de tutoriais pedagógicos para seus usuários.

Segundo Barbosa (2005), a grande preocupação no ensino a distância está na produção do material didático, pois este “assume o papel de mediador principal, senão o único, das interações dos alunos com os conteúdos” (p.8). Lima e Santos (2017, p.115) complementam dizendo que:

[...] mais importante que apresentar os conteúdos de um curso em seu material didático é oferecer aportes teóricos e estratégias metodológicas, em uma perspectiva interativa, que motive o aluno na busca de conhecimentos e o estimule a resolver os desafios que lhe são propostos.

Nesta perspectiva, a presença do professor na EAD se transforma, cabendo a ele a escolha das estratégias a serem apresentadas, tanto nos recursos digitais quanto nos impressos utilizados pelos estudantes (MALLMANN e CATAPAN, 2007, p.3). Sendo assim, Moore (1993) afirma que a distância física da EAD não influencia na comunicação entre professores e

estudantes, mas a má organização dos materiais didáticos e das tecnologias interativas pode sim gerar esse distanciamento comunicativo.

Possoli e Cury (2009) complementam essa fala dizendo que “na EAD a integração e complementaridade dos materiais utilizados estabelecem a eficácia da vinculação do aluno com o conhecimento” (p.3453), sendo que o professor não é substituído pelos materiais didáticos, mas sim torna-se expressivo na interação por meio das mídias. Para as autoras, existem quatro características essenciais aos materiais didáticos na educação a distância: “ser interativo, dialógico, multimídia e estimular a autonomia do aprendiz” (p.3453), sendo essas características interdependentes no processo educativo.

Em concordância com essas características pode-se destacar os critérios para a produção de materiais didáticos definidos por Lima e Santos (2017), sendo eles: a) Observar a estrutura dos cursos; b) empregar uma linguagem dialogada; c) Nortear o conteúdo em conformidade com os objetivos de aprendizagem; d) Apresentar leiaute que desperte atenção e motivação; e) Fazer uso de ilustrações; f) Considerar os conhecimentos, necessidades e interesses dos alunos; g) Integrar uma equipe multidisciplinar para a produção dos materiais didáticos; h) Fornecer feedback e favorecer a retenção do conteúdo; i) Especificar a produção de materiais didáticos impressos.

Além dos critérios listados acima, Lima e Santos (2017), também citam a transposição didática como um fator determinante na qualidade dos materiais didáticos para o ensino a distância, uma vez que é através desta prática que os conhecimentos científicos são transformados em conteúdos reais de ensino. Para os autores existem algumas competências necessárias à transposição didática que garantem a consolidação dos objetivos da aprendizagem:

a) saber adotar critérios de relevância na escolha dos conteúdos que compõem sua disciplina; b) saber identificar de que maneira os aspectos mais relevantes dos conteúdos a serem trabalhados se relacionam entre si e com outros conhecimentos afins; c) ter o domínio do conhecimento que escolhe por meio do qual a aprendizagem vai se realizar; d) saber contextualizar esse conhecimento; e) ser capaz de antecipar, pressupor como o aluno poderá construir novos conhecimentos a partir do trabalho com o conhecimento definido a priori; f) dominar estratégias de abordagens do conhecimento, mobilizar técnicas de ensino e usar a imaginação para facilitar o acesso aos conceitos centrais (Lima e Santos, 2017, p.109-110).

Essas competências citadas por Lima e Santos (2017), demonstram que não basta apenas cuidar dos métodos e estratégias utilizadas na elaboração dos materiais didáticos, mas também é necessário ter cuidado com a essência do conhecimento que será apreendido através desses

materiais. De forma a compreender melhor a transposição didática, poderão ser vistos na próxima seção o seu conceito, bem como os aspectos relevantes da sua utilização na transformação do conhecimento científico em conhecimento a ser ensinado nos materiais didáticos.

3.1 TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Uma instituição de ensino busca, em sua prática, promover o aprendizado do estudante sobre conhecimentos produzidos, primeiramente, por autores como Einstein, Newton, Piaget e outras teorias complexas, sem perder suas propriedades e características fundamentais. Segundo Polidoro e Stigar (2010), estes conhecimentos devem ser apresentados “adequando-o às possibilidades cognitivas dos alunos e exemplificando de acordo com a sua realidade circundante” (POLIDORO e STIGAR, 2010, p.155).

À prática de transformar conhecimentos científicos em conhecimentos que se aproximam da realidade dos estudantes para serem ensinados em sala de aula dá-se o nome de Transposição Didática. O termo Transposição Didática surgiu em 1975, na tese de doutorado do sociólogo francês Michel Verret que estudou as formas de transposição de saberes¹ (LEITE, 2004). O termo foi debatido novamente em 1985 por Chevallard em seu livro *La Transposition Didactique* que trata das “transposições que um saber sofre quando passa do campo científico para o campo escolar” (POLIDORO e STIGAR, 2010, p.154).

Em seu livro, Chevallard (1991), bem como Astolfi (1997), comentam que os saberes podem ser subdivididos em três categorias: saber sábio, saber a ensinar e saber ensinado. O saber sábio pode ser definido pelo conhecimento científico estudado por acadêmicos e pensadores de áreas específicas - matemática, ciências humanas, computação, entre outras - e transformados em artigos, livros e outros materiais de forma a permitir a divulgação daquilo que foi “descoberto” ou “melhorado” a partir de pesquisas realizadas em ambientes formais. Alves Filho reflete que o saber sábio é “o produto do trabalho do cientista ou intelectual relativo a uma forma de entendimento sobre a realidade” (ALVES FILHO, 2000, p 176). Para o autor, este saber é constituído do processo íntimo de diálogo do intelectual em busca de respostas, que ao ser transformado em produto publicável pode perder a contextualização do processo no qual foi gerado.

¹ Saberes são os conhecimentos científicos.

Já o saber a ensinar foi definido por Chevallard (1991) e Astolfi (1997), como o conhecimento contido nos livros didáticos, recursos educacionais, objetos de aprendizagem, hipertextos, imagens, gráficos, dentre muitos outros materiais que expressam o conhecimento científico de forma didática e apreensível em ambiente educativo. Para Matos Filho *et al.* (2008) os livros didáticos são comumente utilizados em sala de aula como o único material disponível para nortear o trabalho do professor, mas Polidoro e Stigar (2010) afirmam que o livro didático não deve ser o único instrumento de transposição didática a ser utilizado, apesar de ter um papel significativo na formação acadêmica do estudante.

Por fim, o saber ensinado é caracterizado por Boligian (2003), como o saber trabalhado em sala de aula pelo professor, orientado pelos “conteúdos selecionados e estabelecidos pelos currículos oficiais e pelos conteúdos programáticos dos livros didáticos” (BOLIGIAN, 2003, p. 4). Chevallard (1991) comenta que as atividades escolhidas pelo professor como textos para leitura, vídeos, exemplos práticos de vivências reais e atividades propostas para consolidação do aprendizado podem ser definidos como saber ensinado.

Todas essas transformações ocorrem com o saber, principalmente porque a comunidade científica e a comunidade escolar possuem objetivos diferentes (MENEZES, 2006). Segundo a autora, o que se busca na escola não é a aprendizagem literal do conhecimento científico como foi produzido por seus pares e sim tornar o saber ensinável e apreensível ao estudante dentro do ambiente educativo. Chevallard (1991) aprofunda esse debate dizendo que o saber passa por duas transformações antes de ser abordado junto aos estudantes: a) transposição externa; b) transposição interna.

A transposição externa ocorre na “noosfera” ou esfera do pensamento (BOLIGIAN, 2003). Para Chevallard (1991), ela é caracterizada pela transformação do saber sábio em saber a ser ensinado, quando profissionais como autores de manuais, inspetores e didáticos pensam os conteúdos que serão ensinados a partir dos conhecimentos científicos e acadêmicos. Esses conteúdos a serem ensinados são definidos por pessoas que:

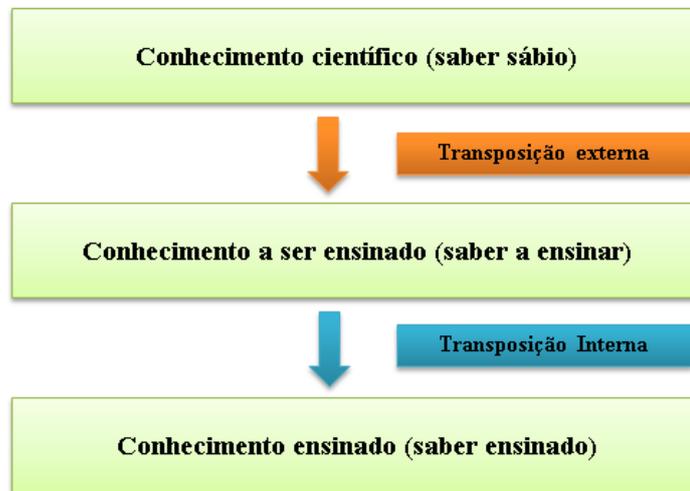
[...] pensam a respeito do sistema de ensino e que, de certa forma, decidem ‘o que’ será ensinado dos conhecimentos científicos e ‘como’ estes devem ser adaptados no sentido de tornarem-se hábeis para que sejam transpostos para a sala de aula (BOLIGIAN, 2003, p.16)

Já a transposição interna (CHEVALLARD, 1991) é caracterizada pela transformação do saber a ser ensinado em saber ensinado, quando o professor, de posse dos materiais didáticos transforma/escolhe os conteúdos, as atividades, os exemplos contidos no saber a ensinar e

promove a aula pensando na mediação das dificuldades do estudante. O saber ensinado, ponta final da transposição didática, é tarefa do professor, que, segundo Scolari e Grandó (2013), tem autonomia de seguir absolutamente um material didático pronto ou “incrementar a sua própria transposição transformando e decodificando os conteúdos de acordo com a realidade de seus alunos” (SCOLARI e GRANDÓ, 2013, p. 4).

Todo o processo de transformação dos saberes científicos em saberes ensinados, passando pelos saberes a serem ensinados, realizados nas transposições externa e interna está representado na Figura 3.

Figura 3 - Transposição didática.



Fonte: Adaptação de Chevallard (1991)

A partir das transformações apresentadas anteriormente e dos resultados a que elas se propõem, Chevallard (1991) e Astolfi (1997) comentam que as modificações do saber, geradas pela transposição didática, enfrentam alguns problemas que podem ser associados ao distanciamento entre o saber sábio e o saber ensinado. Para os autores, a vigilância epistemológica pode ser utilizada como prática na minimização deste distanciamento, uma vez que serve de exame do relacionamento entre conhecimento científico e o conhecimento ensinado na escola a fim de verificar se eles se equivalem ou se apenas a nomenclatura permanece comum entre ambos.

Astolfi (1997) e Chevallard (1991) definiram algumas regras a fim de minimizar o distanciamento entre o saber sábio e o saber ensinado:

- a) Modernização necessária do saber escolar: Atualização de conteúdos de ensino para aproximá-los dos conhecimentos acadêmicos.
- b) Luta contra a obsolescência didática: refere-se ao envelhecimento do saber que afasta o saber ensinado do saber sábio e tende a torná-lo ilegítimo. Esta regra relaciona-se diretamente à preocupação da vigilância epistemológica anteriormente comentada. Além disso, aproxima o saber ensinado do conhecimento socialmente banalizado (a especificidade, legitimidade do trabalho do professor).
- c) Articulação entre o novo e o antigo: refere-se à modernização do conhecimento.
- d) Facilidade de ser traduzido em exercícios e lições: é a capacidade do elemento de designar algo a aprender e de fazer exercícios.
- e) Uma arma contra o fracasso do ensino de uma noção: fazer desaparecer as dificuldades dos alunos, aprendendo a aperfeiçoar o conhecimento destes.

Entre o saber sábio e o saber ensinado, existem alguns papéis definidos para que ocorra a transposição didática. Segundo Astolfi (1997) existem três sujeitos principais: pesquisadores, autores de livros didáticos e professores. Esses papéis são fundamentais nesse processo de transformação do conhecimento científico em saber a ser ensinado, uma vez que são eles os responsáveis por reconhecer/apontar como um conhecimento científico poderá ser apresentado aos estudantes.

Assim, os pesquisadores são responsáveis por realizar os debates que geram avanços no conhecimento, resolvendo problemas e provando (demonstrando) soluções a seus pares. Já os autores de livros didáticos atualizam elementos recentes do conhecimento, transformando o saber em proposições de atividades e exercícios e, por fim, os professores que buscam ensinar o conhecimento aos estudantes minimizando as dificuldades de trabalho e comunicação didática, ordenando a preferência sobre o saber.

É importante destacar aqui que os próprios professores também podem ser autores de materiais didáticos. Por exemplo no contexto da EAD, principalmente no âmbito da UAB, existem dois tipos de professores, os conteudistas que são responsáveis pela produção de Materiais Didáticos e os professores formadores, que são os responsáveis pelas atividades didático-pedagógicas junto aos estudantes. Apesar dessa distinção de funções, muitos profissionais exercem as duas atribuições.

4 CARGA COGNITIVA: PRINCÍPIOS E DIRETRIZES PARA O SEU BALANCEAMENTO

Neste capítulo serão descritas as características da Teoria da Carga Cognitiva (TCC), proposta por Sweller *et al.* (1998), da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM), de Mayer (2002), das Heurísticas de Usabilidade de Interfaces de Nielsen (1994) e do estudo sobre Aprendizado Eletrônico da Filatro (2008), apontando os princípios e diretrizes destacados pelos autores para o balanceamento da carga cognitiva.

4.1 TEORIA DA CARGA COGNITIVA

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 efetivo, 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.

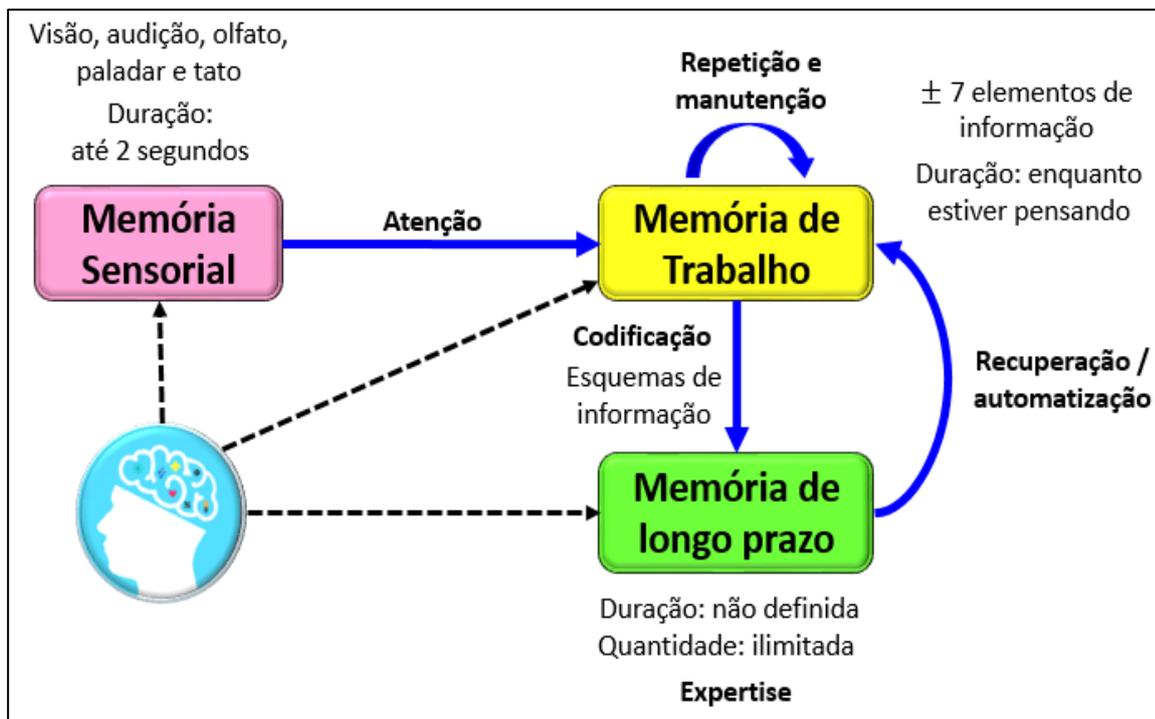
Nesse sentido, a Teoria da Carga Cognitiva (TCC) estuda o processo de aquisição do conhecimento dentro da memória humana, desde a percepção de algo novo até o resgate de conhecimentos prévios (SANTOS e TAROUÇO, 2007), ou seja, essa teoria analisa como os recursos mentais de aprendizagem trabalham para 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 enquanto é estimulada a pensar no assunto, até que o conteúdo se torne parte da memória de longo prazo, sendo assim aprendido e internalizado.

Nas subseções que seguem serão apresentados os aspectos da arquitetura cognitiva humana e sua influência na aprendizagem, bem como conceitos chave da estrutura da informação e formas de medição da carga cognitiva de materiais didáticos e estrutura organizacional em ambientes multimídia.

4.1.1 Arquitetura cognitiva humana e a construção da aprendizagem

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 enquanto 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 atribuição de significados 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 4.

Figura 4 - 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 dois segundos.

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 “a capacidade da memória de trabalho se refere à quantidade de informação que um indivíduo consegue processar e armazenar ao mesmo tempo” (EYSENCK e KEANE, 2017, p. 227).

Miller (1955) afirma que a memória de trabalho tem espaço limitado para processamento e pode manipular, em média, 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.

Como exemplo à 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, enquanto 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 na 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 no armazenamento da informação na memória de longo prazo por meio da formação de esquemas relacionando as informações. O terceiro estágio é o processo de recuperação da informação contida na 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.

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.

4.1.2 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, enquanto 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 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 enquanto 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, associaram essa carga ao formato como determinado conteúdo é abordado.

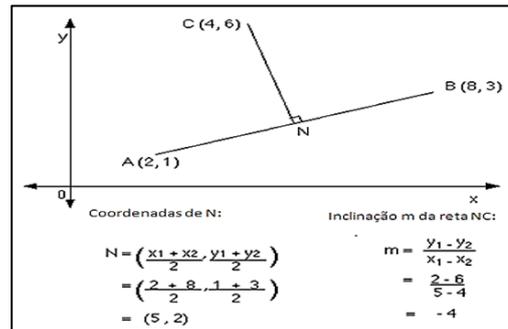
Ao aplicarem a carga cognitiva em seus estudos, Paas e Merrienboer (1994) verificaram que existem técnicas para apresentar o conteúdo que geram uma maior aprendizagem do estudante do que outras. Dentre as técnicas podemos citar a variabilidade de contexto e a atenção dividida.

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).

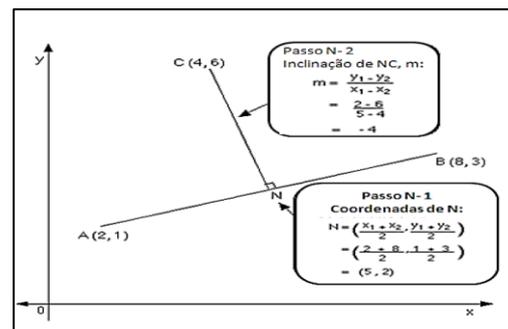
Para o autor essa atenção dividida causa uma sobrecarga cognitiva, pois o estudante precisa mudar a sua atenção entre dois espaços diferentes para que compreenda o conteúdo. Esta dificuldade pode ser eliminada pela “integração espacial dessas fontes, ou seja, o texto seja colocado ‘em cima’ do seu correspondente referente no diagrama” (SOUZA, 2010, p. 45), como pode ser observado nas Figuras 5 e 6.

Figura 5 - Formato que gera atenção dividida.



Fonte: Souza (2010)

Figura 6 - Formato que não gera atenção dividida.



Fonte: Souza (2010)

Para Sweller *et al.* (1998), quando a integração dos elementos ocorre fisicamente, como na Figura 5, a memória de trabalho é poupada do processamento dessa integração o que balanceia 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.

Já a variabilidade de contexto foi observada no estudo de Paas e Merriënboer (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 Merriënboer (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 que 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.

Segundo Filatro (2008, p.3) o Design Instrucional (DI) é:

A ação intencional e sistemática de ensino que envolve o planejamento, o desenvolvimento e a aplicação de métodos, técnicas, atividades, materiais, eventos e produtos educacionais em situações didáticas específicas, a fim de promover, a partir dos princípios de aprendizagem e instrução conhecidos, a aprendizagem humana.

Segundo Sweller *et al.* (1998) o Design Instrucional tem por objetivo balancear a carga cognitiva levando em consideração a carga cognitiva intrínseca do conteúdo, sabendo que elas são somativas na memória de trabalho. Ou seja, se um conhecimento possuir alta taxa de carga cognitiva intrínseca, que é medida pela dificuldade própria do saber, o Design Instrucional deve promover um esforço que seja relevante na relação de elementos para formação de esquemas de conhecimento. Caso a carga cognitiva intrínseca seja baixa, um DI mal projetado não resultará necessariamente em prejuízo na aprendizagem devido à sobrecarga da memória de trabalho, porém o estudante poderá não atingir o máximo do potencial da memória de trabalho. Pensando nisso, o DI 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 (2009b), 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, 2009b). Segundo a autora, a combinação de novos conhecimentos com um ambiente tecnológico 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 (2009b) 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 tecnológicos, bem como da produção de conteúdo que balanceiem carga cognitiva, nesta seção serão elencadas e discutidas as 29 diretrizes da Teoria da Carga Cognitiva.

4.1.3 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 o balanceamento da carga cognitiva. 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” (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.

(continua)

Categoria	Nº	Descrição da Diretriz
C1 - Diagramas/ Imagens	1	Usar diagramas como forma de otimização de tarefas que necessitam de observação espacial.
	2	Usar diagramas para a aprendizagem de conteúdos que envolvem relações espaciais.
	3	Usar diagramas como forma de aprofundar a compreensão dos estudantes.
C2 - Integração Audio/ Visual	4	Utilizar áudios para narrar diagramas.
	5	Utilizar marcações que sinalizem e/ou indiquem partes mais importantes em conteúdos visuais e textuais.
C3 - Atenção dividida	6	Integrar diagramas com seus respectivos textos explicativos.
	7	No ensino de aplicações computacionais, fazer a integração de palavras e imagens na explicação.
C4 - Legibilidade do conteúdo	8	Utilizar apenas conteúdos essenciais.
	9	Eliminar tudo que for estranho ao conteúdo como imagens, textos e áudios.
	10	Eliminar a redundância na apresentação de conteúdo.
C5 - Materiais de apoio	11	Fornecer materiais de apoio ao ensino sobre o conteúdo trabalhado que possa ser visualizado posteriormente.
	12	Elaborar materiais de apoio ao ensino do conteúdo aplicando as técnicas da Teoria da Carga Cognitiva.
C6 - Processo de ensino	13	No ensino de sistemas, apresentar os componentes individualmente antes do processo completo.
	14	No ensino, separar saberes que servirão de apoio e/ou suporte dos passos procedimentais.
	15	Não utilizar tarefas integrais que exijam grande integração de elementos informacionais com a vida real.
	16	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	17	Utilizar exemplos resolvidos em substituição a alguns problemas a resolver.

Quadro 1 - Diretrizes da Teoria da Carga Cognitiva.

(conclusão)

Categoria	Nº	Descrição da Diretriz
C7 - Exemplos resolvidos/ variação de contexto	18	Utilizar problemas parcialmente resolvidos para a construção da aprendizagem.
	19	Fazer a transição de exemplos resolvidos para problemas parcialmente resolvidos, para exercícios a resolver utilizando a técnica <i>forward fading</i> .
	20	Gerenciar a Carga Cognitiva Estranha na apresentação de exemplos resolvidos e problemas parcialmente resolvidos.
	21	Utilizar a variabilidade de contexto a fim de promover a construção de esquemas de informação na memória de trabalho.
	22	Incentive as auto explicações de exemplos e problemas a resolver.
	23	Fornecer atividades que gerem a automatização de habilidades e conhecimentos novos.
C8 - Formação e resgate de esquemas de informação	24	Promover a utilização mental de conhecimentos complexos após a formação de esquemas de informação na memória de longo prazo.
	25	Criar textos de simples e fácil compreensão para estudantes com pouca expertise no conteúdo abordado.
C9 - Expertise do usuário	26	Evitar a interrupção de leitura em estudantes com pouca habilidade.
	27	Eliminar a redundância na apresentação de conteúdos para estudantes experientes.
	28	Fazer a transição de exemplos resolvidos para problemas a resolver na medida em que o estudante for aprendendo.
	29	Para estudantes com pouca expertise, elaborar aulas com objetivos diretos e explícitos ao invés de utilizar a técnica de ensino por redescoberta guiada.

Fonte: Adaptado de (CLARK *et al.*, 2006) e (SOUZA, 2010).

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

4.1.3.1 Categoria 1 - Diagramas/Imagens.

A primeira categoria refere-se a 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 do mesmo 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, balanceando 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.

4.1.3.2 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 4.1.1 (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 direcionam 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.

A categoria de integração audiovisual também se relaciona ao Princípio da Modalidade apresentado por Mayer (2001), que será exposto na seção 4.2 Princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM).

4.1.3.3 Categoria 3 - Atenção Dividida.

A terceira categoria do Quadro 1 representa o efeito da atenção dividida, já discutido na seção 4.1.2 (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 balanceia a carga cognitiva, pois não exige essa integração dentro da memória de trabalho do estudante.

A segunda diretriz dessa categoria refere-se a 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.

O efeito da atenção dividida é denominado por Mayer (2001) na Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia como princípio da proximidade espacial, descrito de forma mais detalhada na seção 4.2.2.

4.1.3.4 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 conteúdo 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, como discutido na seção 4.2.1 (princípio da multimídia).

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 no balanceamento da carga cognitiva de trabalho e conseqüentemente na ampliação da aprendizagem pelo estudante.

4.1.3.5 Categoria 5 - Materiais de Apoio.

A quinta categoria do Quadro 1 refere-se a materiais de apoio como balanceamento 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 com o efeito da redundância, expondo nesse material o menor número de informações possível.

4.1.3.6 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, mencionada na seção 4.1.2 (estrutura da informação e a carga cognitiva) deste estudo. 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 uma ambiente on-line, 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 balanceamento da carga cognitiva, como por exemplo oferecer um material de apoio para acesso posterior quando ocorrerem explicações verbais.

4.1.3.7 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 dado 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 externa, eliminando, por exemplo, o efeito da atenção dividida e a da redundância.

As duas últimas diretrizes desta categoria englobam a variação de contexto e as 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), as auto explicações se configuram 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.

De forma geral, o que se pode observar nessa categoria é a importância da utilização de exemplos resolvidos para a aprendizagem dos estudantes, bem como da sua transição para exercícios a resolver e da maximização da carga cognitiva relevante através dos efeitos da variabilidade da prática e das auto explicações. Nas próximas seções são exploradas as duas últimas categorias que englobam as diretrizes da teoria da carga cognitiva: “formação e resgate de esquemas de informação” e “expertise do usuário”.

4.1.3.8 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).

4.1.3.9 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 conteúdo 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 o 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 conteúdo, 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 aos textos, 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.

De forma a continuar as discussões sobre a elaboração de conteúdo para ambientes tecnológicos, serão expostos na próxima seção os princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, estudada por Mayer (2002).

4.2 TEORIA COGNITIVA DA APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA (TCAM).

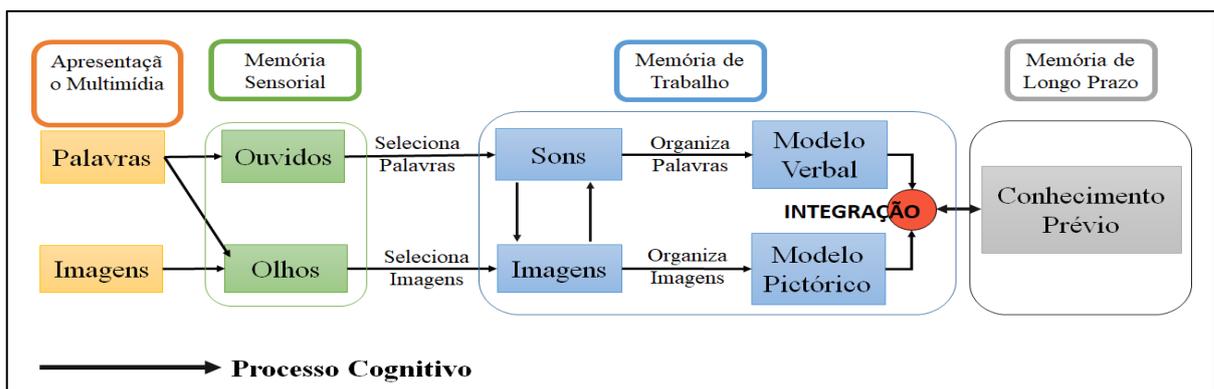
Baseada na Teoria da Carga Cognitiva, a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM) tem como princípio a construção de representações mentais a partir de imagens e textos (MAYER, 2002). Para o autor, a TCAM inclui “ambientes baseados em texto e ilustrações, ambientes baseados em computador, consistindo em narração e animação e jogos virtuais que consistem em discurso interativo e mundos animados” (MAYER, 2002, p.1), ou seja, não necessariamente reflete o uso de ambientes tecnológicos e sim do uso concomitante de representações não verbais (imagens, fotos, gráficos, vídeos, animações e sons) e representações verbais (palavras e textos escritos ou narrados) (FILATRO, 2008).

Para Filatro (2008, p.74), “os sistemas verbais e não verbais funcionam de forma independente, mas as vivências apropriadas produzem conexões entre os dois”, assim, conteúdos guardados tanto no sistema auditivo quanto no sistema visual são mais fáceis de recuperar do que aqueles salvos em apenas um desses sistemas (FILATRO, 2008). A ampliação do processamento na memória de trabalho pela sua divisão entre representações visuais e auditivas foi abordado na teoria de Baddeley (1992), já discutida na seção 4.1.1 deste texto (Arquitetura cognitiva humana e a construção da aprendizagem).

A fim de compreender melhor a TCAM precisamos definir alguns significados. Segundo Mayer (2002) e Santos (2013), a Aprendizagem Multimídia, é a transposição de imagens e palavras para uma representação mental (aprender com palavras e imagens) e a Instrução Multimídia é a forma de apresentação dessas imagens e palavras com o objetivo de gerar aprendizagem.

Segundo Mayer (2002), a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia foi construída a partir de três suposições: a) a primeira refere-se ao canal duplo, ou seja, que o ser humano possui dois canais separados para processamento de informações: visuais e auditivas; b) a segunda suposição remete à capacidade limitada da memória de trabalho, ou seja, as pessoas têm uma determinada quantidade de material que pode ser processado em cada canal da memória (mais informações na seção 4.1.1); e c) a suposição de processamento ativo, ou seja, formação de modelos mentais através dos materiais relevantes disponibilizados, bem como a sua integração com conhecimentos previamente adquiridos. Pensando nesses pressupostos, a Aprendizagem Multimídia pode ser representada através da Figura 7.

Figura 7 - Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia.



Fonte: Adaptado de Mayer (2002).

A partir do exposto na Figura 7, podemos observar que a entrada de informação pela memória sensorial ocorre através dos sentidos da audição e da visão, onde o ser humano seleciona as palavras e imagens, por meio da atenção e organiza-os na memória de trabalho de forma a construir um modelo verbal e um modelo visual que são integrados para gerar o conhecimento humano. Quando a informação é armazenada na memória de longo prazo ela passa a ficar disponível para resgate e integração com novos conhecimentos na memória de

trabalho. Para Mayer (2002), a aprendizagem se torna significativa quando a mensagem multimídia promove todos os processos cognitivos descritos na Figura 7.

Partindo do pressuposto de que a utilização concomitante de material verbal e de material visual em recursos educacionais promovem uma aprendizagem mais significativa, Mayer (2002) propôs nove princípios para a aprendizagem multimídia: princípio da multimídia, princípio da proximidade espacial, princípio da proximidade temporal, princípio da coerência, princípio da modalidade, princípio da redundância, princípio do pré-treinamento, princípio da sinalização e princípio da personalização. Todos esses princípios serão descritos nas seções a seguir.

4.2.1 Princípio da multimídia.

O princípio da multimídia (P1) refere-se à base da teoria cognitiva da aprendizagem multimídia, pois indica a importância de se utilizar tanto materiais verbais como não verbais na apresentação de novos conhecimentos. Isto porque, segundo a TCAM, o estudante terá melhor aquisição de saberes através do uso do canal duplo (percepção visual e auditiva) na construção da sua aprendizagem (MAYER, 2002).

Para Filatro (2008), os estudantes têm maior aprendizagem quando há uma junção de textos narrados e/ou escritos com os diversos tipos de apresentação de imagens, sendo elas estáticas ou dinâmicas, como por exemplo “desenhos, gráficos, mapas, fotos, [...] animações e vídeos” (FILATRO, 2008, p. 74). Mayer (2002) e Filatro (2008) afirmam que a combinação de materiais visuais e auditivos gera um resultado positivo maior em relação à apresentação individual desses materiais.

4.2.2 Princípio da proximidade espacial.

O princípio da proximidade espacial (P2) reflete a localização de textos e imagens em materiais apresentados aos estudantes. Segundo Mayer (2002), existem dois tipos de apresentação: a) texto e imagem separados; b) texto e imagem integrados. Segundo o autor, no primeiro tipo de apresentação o estudante recebe duas entregas de material enquanto no segundo tipo o estudante recebe apenas uma entrega. Essa diferença quantitativa de material influencia na carga cognitiva envolvida na sua utilização para a construção de esquemas de informação (conhecimento), uma vez que a separação física de imagem e texto exige do

estudante a sua integração mental, enquanto o material integrado (com imagem e texto juntos) não exige essa relação mental.

Filatro (2008, p.74) resume essa explicação dizendo que “os alunos aprendem mais ou melhor quando textos gráficos são apresentados de modo integrado, ou seja, quando os textos estão posicionados próximo às imagens a que se referem, poupando aos escassos recursos cognitivos a tarefa de reuni-los”. Para a autora, o processo de aprendizagem pode ser perturbado pela sobrecarga cognitiva gerada pela exibição separada de “elementos de informação que não podem ser compreendidos separadamente - tais como uma imagem e uma explicação textual relacionada” (p. 75).

Segundo Mayer (2002) o princípio da proximidade espacial relaciona-se com o efeito da atenção dividida discutida anteriormente nas diretrizes da Teoria da Carga Cognitiva (TCC).

4.2.3 Princípio da proximidade temporal.

Muito parecido com o princípio da proximidade espacial, o princípio da proximidade temporal (P3) relaciona-se ao intervalo de tempo entre uma apresentação visual e outra auditiva do mesmo conhecimento. Ou seja, quando há esse intervalo diz-se que o material foi apresentado sequencialmente e quando esse intervalo é inexistente diz-se que a apresentação foi simultânea.

O princípio da proximidade temporal relaciona-se exclusivamente a ambientes computacionais, pois envolve a utilização de narrações e animações (MAYER, 2002). Segundo Filatro (2008), a apresentação simultânea de elementos narrativos e animações gera menor carga cognitiva do que a sua apresentação sequencial, o que, segundo a TCC e a TCAM, resulta em um maior ou melhor aprendizado.

4.2.4 Princípio da coerência.

Muitas vezes, ao produzir materiais de estudo, os autores se utilizam de elementos que podem permitir uma maior motivação e divertimento ao processo de aprendizagem, como sons, gifs, imagens, vídeos e narrações, porém que não necessariamente complementam o conteúdo a ser absorvido pelo estudante.

Para a teoria cognitiva da aprendizagem multimídia, a utilização desses elementos extras no processo de construção do conhecimento gera uma sobrecarga cognitiva desnecessária (MAYER, 2002). Nesse sentido, Filatro (2008) explica que a utilização de apenas elementos

essenciais à explanação do conteúdo permite maior ou melhor aprendizagem dos saberes, uma vez que a exclusão desses elementos evita “distrações que dividem o limitado potencial de atenção com recursos que realmente contribuem para o significado da unidade de aprendizagem” (p.76).

Assim, Mayer (2002) no princípio da coerência (P4), levanta a necessidade de eliminar, não só sons e imagens, como também textos, que por mais importantes que pareçam em um primeiro momento, podem tornar-se excedentes no que se refere ao essencial do conteúdo.

4.2.5 Princípio da modalidade.

O princípio da modalidade (P5) diz respeito à forma como as informações verbais são apresentadas aos estudantes, quando utilizadas em conjunto com um arquivo multimídia. Segundo Mayer (2002), uma apresentação de animação combinada com uma narração é mais eficiente para a aprendizagem do que a combinação animação e texto escrito.

Filatro (2008) relaciona essa maior eficiência à forma de absorção da informação através do duplo canal: visual e auditivo. Para a autora, a aprendizagem se torna mais significativa, pois a animação é absorvida pelo canal visual enquanto a narração é absorvida pelo canal auditivo. Quando são utilizados textos escritos ao invés de narração, ambas as informações: animação e texto são absorvidos pelo canal visual, o que pode sobrecarregar a memória de trabalho do estudante.

Ao relacionar com a Teoria da Carga Cognitiva, Sweller, em revisão ao efeito da modalidade, afirmou que apresentações audiovisuais são ineficazes quando o texto narrado é demasiado complexo e, também, quando a imagem visual é suficientemente clara sem uma narração explicativa (MAYER, 2002).

4.2.6 Princípio da Redundância.

Muitas vezes, professores podem ser induzidos ao pensamento de que quanto maior a variedade de mídias com que o mesmo conteúdo é apresentado, melhor será para a aprendizagem do estudante, pois permite a escolha do recurso que mais o agrada. Porém, essa prática tende a sobrecarregar a memória de trabalho dos estudantes devido ao excesso de informação apresentada. Para Mayer (2002), o princípio da redundância (P6) expõe que a apresentação do mesmo conteúdo em diferentes formatos é menos eficiente do que a apresentação de apenas um tipo de recurso.

Segundo Filatro (2008, p.76) “quando duas fontes de informação, como uma figura e um texto ou um texto escrito e sua narração em áudio, podem ser entendidas separadamente, elas não devem ser apresentadas juntas, uma vez que isso sobrecarrega a memória de trabalho”.

Mayer (2002) expõe algumas experiências em que a utilização de apenas narração e animação (princípio da modalidade) ao invés de narração, animação e texto, apresentaram resultados mais significativos na aprendizagem dos estudantes. Por esse motivo, Filatro (2008) recomenda a exclusão de informações que: a) já tenham sido apresentadas; b) sejam irrelevantes ou desconexas do que está sendo exposto, como sons e figuras decorativas; e c) já sejam do conhecimento dos estudantes. Ainda assim, devem ser consideradas algumas exceções, como a não existência de gráficos, textos muito longos e complexos, dificuldades na linguagem (FILATRO, 2008).

O princípio da redundância, possui algumas controvérsias se pensada para ambientes diferentes, presencial e virtual. Na aprendizagem on-line, realizada com o intermédio de ambientes tecnológicos, a disponibilização de mais de um recurso para a mesma aula é uma prática comum. Assim, a redundância relacionada à carga cognitiva deve ser observada na apresentação do mesmo conteúdo em um mesmo tipo de material, por exemplo dois textos, ou mesmo, dois vídeos que possuem a mesma explicação. Contudo há de se considerar os aspectos relacionados a Estilos Cognitivos, que discutem a apresentação de um mesmo conteúdo em formatos diferentes, por exemplo, em texto, vídeo e/ou imagem/gráfico. Segundo os estudos de (FALCADE, 2015), (MOZZAQUATRO, 2010), (BUTLER, 2003), (FELDER e SILVERMANN, 1988), (HONEY e MUMFORD, 2000) e (KOLB 1984), cada estudante possui um estilo que determina a sua preferência por um ou outro formato de material e que a disponibilização de diferentes materiais permite que os estudantes possam escolher aqueles que mais agradam no momento de estudar, gerando maior aprendizagem. Pensando nisso, a apresentação de um mesmo conteúdo em diferentes tipos de material pode favorecer a carga cognitiva do estudante, uma vez que as preferências individuais de estudo são respeitadas.

4.2.7 Princípio da Pré-Formação.

O princípio da pré-formação (P7) ou pré-treinamento diz respeito ao conhecimento necessário para que o estudante consiga acompanhar uma narração ou animação. Segundo Mayer (2002), pode ser útil aos estudantes uma experiência anterior com os principais componentes que serão mencionados na narração, de forma que quando o componente for citado na fala, o aprendiz possa associá-lo a um conhecimento já adquirido.

Quando o estudante não é exposto a uma conceituação prévia, sua memória de trabalho pode ser sobrecarregada uma vez que a narração o obrigará a integrar os conteúdos apresentados na narrativa com esquemas de informação já armazenados na memória de longo prazo ao mesmo tempo em que precisa identificar e conceituar novos elementos de informação (MAYER, 2002).

4.2.8 Princípio da Sinalização.

O princípio da sinalização (P8) apresenta a melhor forma de integrar os elementos de animação e narração, sem apresentar informações novas, mas fornecendo indicações que auxiliem o ouvinte a compreender melhor a narrativa (MAYER, 2002). Segundo o autor, a sinalização permite destacar a organização das ideias e a sequência do conteúdo narrado dentro da animação, facilitando a aprendizagem por meio de sinais visuais.

Para Santos (2013), a sinalização pode ocorrer através da organização das cores e pela utilização de informações em negrito e/ou sublinhado. Dentro do princípio da sinalização é possível fazer uso de elementos oriundos do design de interfaces que será explicado na seção 4.3 (Aprendizado eletrônico e Usabilidade de interfaces).

4.2.9 Princípio da Personalização.

O princípio da Personalização (P9) busca, através do texto lido ou narrado, transmitir um tom de conversa, ou seja, o estudante tende a sentir que alguém está falando com ele. Mayer (2002) comenta que as informações principais não são alteradas com o princípio da personalização, o que modifica é a linguagem utilizada na construção da narrativa textual.

Filatro (2008, p.77) complementa dizendo que “orientações instrucionais não devem ser oferecidas em estilo formal” e que a aproximação do professor com o estudante em materiais instrucionais pode ser obtida através da utilização de frases em “primeira pessoa (‘eu’, ‘nós’) e quando se refere diretamente aos alunos como ‘vocês’” (FILATRO, 2008, p.77). A autora também afirma que o princípio da personalização não deve ferir o princípio da coerência, ou seja, a linguagem informal não deve distrair o estudante do objetivo central da aprendizagem.

Pensando em uma abordagem mais computacional, Reeves e Naas (1996), refletem que o princípio da personalização pode incentivar os estudantes a enxergar o computador como um agente social, ou colega de conversa, o que pode fortalecer os laços de conversa para a construção do aprendizado.

Outro aspecto observado nos estudos de Mayer (2002) é que, em uma narração, o tipo de voz interfere na atenção do estudante, sendo que vozes com sotaque estrangeiro e/ou simulada por máquina são as que apresentam os piores resultados.

Além dos princípios citados acima, Mayer (2002) afirma que melhorias no *design* de mensagens têm efeitos mais qualitativos na aprendizagem de estudantes com menor nível de expertise. Assim, no próximo capítulo serão apresentadas algumas recomendações que trarão maior facilidade de comunicação entre estudantes e materiais didáticos na aprendizagem em ambientes eletrônicos.

4.3 APRENDIZADO ELETRÔNICO E USABILIDADE DE INTERFACES

Baseada na leitura das teorias da carga cognitiva e da aprendizagem multimídia, Filatro (2008) fez a convergência entre os princípios da TCAM e as Heurísticas de usabilidade dos autores Jakob Nielsen, Donald Norman e Steve Krug a fim de elencar diretrizes para o design de interfaces em ambientes de aprendizado eletrônico. Para compreender o estudo feito por Filatro (2008) é importante conceituar a usabilidade em interfaces, bem como explorar cada um de seus princípios a fim de reconhecer a integração delas com as teorias da carga cognitiva e da aprendizagem multimídia.

Segundo Netto (2004, p.71) usabilidade “refere-se à qualidade da interação usuário-computador proporcionada pela interface de um sistema de computação” e é estudada por designers em conjunto com as características de ergonomia de software e fatores humanos relevantes a fim de produzir interfaces adequadas aos usuários finais dos sistemas computacionais. O termo usabilidade foi adicionado à norma NBR ISO/IEC nº 9126 de 2003, que traz características de qualidade de software, definindo-o como a “capacidade do produto de software de ser compreendido, aprendido, operado e atrativo ao usuário, quando usado sob condições especificadas” (ABNT, 2003, p.9). Importante destacar que, desde o seu lançamento, houve algumas atualizações que vieram a substituir a NBR ISO/IEC nº 9126, sendo a mais atual a NBR ISO/IEC nº 25010 que trata da qualidade de produto de software. Guedes (2008, p.144), resume essa definição dizendo que a usabilidade “evidencia a facilidade de utilização do software”.

Nielsen (1994) elencou 10 Heurísticas de usabilidade de interface, sendo elas: a) Visibilidade e feedback; b) Compatibilidade com o mundo real; c) Controle e liberdade do usuário; d) Consistência; e) Tratamento de erros; f) Prevenção de erros; g) Reconhecimento em

vez de memorização; h) Flexibilidade e eficiência; i) Estética e design minimalista; j) Ajuda e documentação.

A visibilidade, primeira Heurística da usabilidade, informa que “o sistema sempre deve manter os usuários informados sobre o que está acontecendo, por meio de feedback apropriado dentro de um prazo razoável” (NIELSEN, 1994, p.1). Guedes (2008, p.131) afirma que a visibilidade “diz respeito aos meios disponíveis para informar, orientar e conduzir o usuário durante a interação” junto a interface. Para ele, a boa condução através da visibilidade promove o aprendizado e o uso do ambiente tecnológico, favorecendo o desempenho e minimização dos erros do usuário.

Segundo Filatro (2008), Preece *et al.* (2005) e Nielsen (1994), visibilidade e feedback se relacionam, pois ambos remetem a como a interface se apresenta. Preece *et al.* (2005) afirma que as respostas dadas pelo sistema às ações do usuário no processo de interação são denominadas de feedback. Guedes (2008, p.105) complementa que essas respostas são dadas em forma de mensagens informando ao usuário que um “comando foi executado”, ou mesmo que uma ação está disponível para a continuidade do trabalho. Para Preece *et al.* (2005), o feedback pode ser disponibilizado através de interações visuais, auditivas e táteis, permitindo também a combinação das mesmas, de forma a atingir o resultado de forma mais imediata. Segundo Guedes (2008), a não existência ou a demora de um feedback pode gerar a sensação de ineficiência do sistema bem como a insatisfação dos usuários, principalmente porque a satisfação do usuário é proporcional à eficácia das mensagens de feedback.

A heurística sobre a compatibilidade com o mundo real refere-se à forma de linguagem utilizada na interface, quanto mais próxima da realidade do usuário mais fácil será a interação (PREECE *et al.*, 2005) (FILATRO, 2008). Nielsen (1994, p.1) afirma que “o sistema deve falar o idioma do usuário, com palavras, frases e conceitos familiares ao usuário, em vez de termos orientados ao sistema”. Guedes (2008) complementa dizendo que os procedimentos e diálogos devem ser adequados àquilo que o usuário espera ou está acostumado, por exemplo o formato de apresentação de datas, “no Brasil, o formato da data é dia / mês / ano; na Inglaterra, é mês / dia / ano” (p.108). Para o autor, a utilização de termos não comuns aos usuários pode ocasionar “o incremento de passos necessários à realização das tarefas” (p.108), o que conseqüentemente pode dificultar a usabilidade da interface. O princípio da compatibilidade com o mundo real se relaciona ao princípio da personalização descrito na seção 4.2.9.

Já o controle e liberdade do usuário remete à possibilidade de movimentação pelas interfaces de acordo com a necessidade do usuário, de modo que ele não seja obrigado a permanecer em ambientes que não lhe sejam interessantes ou importantes em determinado

momento (PREECE *et al.*, 2005). Nielsen (1994, p.1) quando definiu esta heurística falou que “os usuários geralmente escolhem as funções do sistema por engano e precisam de uma ‘saída de emergência’ claramente marcada para deixar o estado indesejado sem ter que passar por um diálogo prolongado”. Guedes (2008) relaciona esse controle ao processamento direto do usuário sobre uma interface, ocorrendo somente quando requisitado, como por exemplo o movimento e o click do mouse, o uso da tecla ‘Enter’ e a digitação de uma entrada de dado. Ainda, segundo o autor, esse princípio reforça a recomendação de permitir ao usuário a liberdade de interromper transações, bem como desfazer, apagar e/ou retomar processos do sistema.

Outra heurística de usabilidade, também discutida nos princípios de ergonomia é a consistência. Para Preece *et al.* (2005), a consistência refere-se à semelhança com que as informações são apresentadas de uma interface para outra, a partir da localização e aparência de objetos. Para Nielsen (1994, p.1) “os usuários não devem ter que se perguntar se palavras, situações ou ações diferentes significam a mesma coisa”. Filatro (2008) afirma que as interfaces precisam apresentar consistência visual, mecânica e conceitual. Segundo a autora, uma interface é consistente visualmente quando apresenta as mesmas características de cor, formato e imagem independente da mudança de tela. Já a consistência mecânica traz a importância de manter a mesma estrutura navegacional na interface, como por exemplo o botão voltar ou *home* existentes nos navegadores. Enquanto a consistência conceitual remete ao estilo de linguagem que deve permanecer o mesmo, assim, como os significados de cores, ícones e exibição de *hiperlinks* em ambientes textuais (FILATRO, 2008). Para Guedes (2008, p. 182), a não padronização dos objetos pode levar “à recusa na adoção de determinados ambientes” como também, aumentar consideravelmente o tempo de busca por elementos na interface.

Relacionado à consistência está a Heurística de reconhecimento ao invés de memorização. Segundo Filatro (2008), “o usuário não deve ter que lembrar de informações ao passar de uma parte do software para outra” (p. 102), ou seja, o usuário deve reconhecer a interface através da sua experiência com outros ambientes semelhantes e pela visualização de instruções que devem estar disponíveis na tela (FILATRO, 2008). Nielsen (1994) afirmou em sua fala que tornar os objetos, ações e opções visíveis aos usuários balanceia a carga de memória no uso de uma interface. Guedes (2008) cita o reconhecimento como um fator importante no uso de interfaces, relacionando-o aos princípios de visibilidade e condução e ao princípio de consistência.

Outras duas Heurísticas de usabilidade são o tratamento de erros e a prevenção de erros que sugerem a minimização da ocorrência de erros do usuário por causa de uma interface mal projetada. Para Filatro (2008, p.102), a ocorrência de erros é “a principal fonte de frustração,

ineficiência e ineficácia durante a utilização de um software”. Segundo a autora, as interrupções de uso provenientes de erros promovem uma influência negativa no desempenho do usuário, delongando a concretização de atividades.

Guedes (2008) apresenta alguns cuidados que podem ser tomados a fim de minimizar a ocorrência de erros do usuário em decorrência do uso inadequado da interface, como por exemplo fornecer mecanismos automáticos para a entrada de dados, bem como informar aos usuários o tipo de informações que devem ser digitadas. O autor comenta também sobre a ineficiência de algumas mensagens de erro e afirma que elas precisam ser simples e descritivas com relação à natureza do problema. Nielsen (1994, p.1) afirmou, quando definiu as heurísticas de usabilidade que boas mensagens são importantes, porém, melhor que isso é a prevenção para que os erros não aconteçam.

A heurística de flexibilidade e eficiência de uso refletem às diferentes ações permitidas para realizar as mesmas tarefas dentro de uma interface (PREECE *et al.* 2005). Para Guedes (2008, p.120) a flexibilidade “se refere aos meios colocados à disposição do usuário que lhe permite personalizar a interface a fim de levar em conta as exigências da tarefa, de suas estratégias ou de seus hábitos de trabalho”. Segundo Nielsen, essa Heurística indica a utilização de aceleradores - atalhos “invisíveis para o usuário iniciante [...] que aceleram a interação do usuário experiente, de modo que o sistema possa atender a usuários inexperientes e experientes” (1994, p.1). Guedes (2008) aponta a permissão de configuração de tela e de valores por *default* (padrões de uso) como características que permitem a flexibilização das interfaces. O autor complementa dizendo que a flexibilidade é uma forma de respeitar as vivências de cada usuário, permitindo a execução de tarefas a partir de diferentes caminhos.

A penúltima Heurística traz a ideia de estética e design minimalista, ou seja, sugere que se evite “o uso de informações irrelevantes ou raramente necessárias” (PREECE *et al.* 2005, p.49). Segundo Nielsen (1994, p.1), “toda unidade extra de informação compete com unidades relevantes e diminui sua visibilidade relativa”. A partir da fala do autor, podemos relacionar a ideia de design minimalista ao princípio da coerência da teoria cognitiva da aprendizagem multimídia, que cita a apresentação de informações desnecessárias como fonte de sobrecarga cognitiva. Filatro (2008, p.102) complementa dizendo que “quanto menos o usuário for distraído por informação desnecessária, maior a probabilidade de ele desempenhar suas atividades de forma eficiente e menor a probabilidade de erros”.

A última Heurística de usabilidade fala da necessidade de apresentar ajuda e documentação para auxiliar os estudantes no uso da interface, sendo este auxílio disponibilizado preferencialmente on-line (FILATRO, 2008). Preece *et al.* (2005, p.49) afirma que a

documentação de uma interface precisa ser composta por “uma série de passos concretos que podem facilmente ser seguidos” de forma a direcionar as atividades dos usuários dentro de um sistema de software. Para Nielsen (1994), o melhor seria o uso do sistema sem o auxílio de documentação, mas que a documentação existente deve ser fácil de pesquisar e focada na tarefa do usuário.

A partir das heurísticas supracitadas, Filatro (2008) elencou 10 diretrizes para o aprendizado que ocorre em ambientes eletrônicos, sendo elas: ‘use gráficos’ (D1), ‘use áudio para descrever gráficos’ (D2), ‘mantenha próximos os itens relacionados’ (D3), ‘ofereça apoio navegacional apropriado’ (D4), ‘assegure a coerência’ (D5), ‘apoie a interatividade’ (D6), ‘organize os links para criar um menu de curso efetivo’ (D7), use linguagem acessível’ (D8), ‘ofereça ajuda’ (D9) e ‘use design de tela apropriado’ (D10).

As primeiras três diretrizes definidas por Filatro (2008), são diretrizes diretamente relacionadas à Teoria da Carga Cognitiva, descritas nas categorias de diagramas/ imagens, integração audiovisual e atenção dividida e à Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia descritos nos princípios da multimídia, da modalidade e das proximidades espacial e temporal.

A quarta diretriz definida por Filatro (2008) sugere a oferta de apoio navegacional apropriado através da disponibilização de forma acessível ao usuário de todas as informações necessárias à utilização do curso e as possíveis ações e escolhas permitidas aos estudantes. A autora complementa apontando seis elementos que facilitarão a navegação dentro do curso, sendo eles: a) Mapa do Curso; b) Caminho percorrido pelo aluno até ali; c) Elementos posicionais que indicam porcentagem de atividades cumpridas, localização do usuário e ainda a possibilidade de avanço, saída e retorno ao passo anterior; d) caixas de texto com informações adicionais (*pop-ups*); e) Nomes descritivos para *links* indicando o conteúdo que ele mostrará se acionado.

A quinta diretriz apontada por Filatro (2008) é a coerência, que está diretamente interligada ao princípio de usabilidade de interfaces, denominado consistência, e remete à uniformidade da apresentação das informações na tela. Pensando especificamente no espaço virtual a autora apontou a necessidade de coerência em três elementos principais: no design de links, que devem sugerir de imediato a ideia de ir para outro lugar do curso, na estrutura do design, em que os elementos de navegação devem manter a mesma localização dentro do curso, além da coerência na terminologia dos termos utilizados que devem manter o mesmo significado.

A sexta diretriz apontada por Filatro (2008), relaciona-se ao apoio à interatividade dentro do curso. Segundo Silva (2004, p.1), interatividade corresponde a:

[...] modalidade comunicacional que ganha centralidade na ‘cibercultura’ exprime a disponibilização consciente de um mais comunicacional expressamente complexo presente na mensagem e previsto pelo emissor, que abre ao receptor a possibilidade de responder ao sistema de expressão e de dialogar com ele.

Analisando o que Silva (2004) apontou, pode-se perceber que a comunicação entre os estudantes e a interface em um aprendizado on-line se dá pela comunicação entre professor, sistema e estudante, ou seja, o professor fará a organização do ambiente de forma a permitir que o estudante se localize na interface e percorra os caminhos que mais lhe interessarem e que a interface deve promover a flexibilização dessa escolha. Segundo Filatro (2008), a interatividade em ambientes de aprendizado eletrônico pode ocorrer através de links dentro do conteúdo principal que remetem a aprofundamentos do que foi apresentado bem como utilizados para a subdivisão de textos extensos.

Pensando nos links, Filatro (2008) define a sétima diretriz para o aprendizado eletrônico: “organize os links para criar um menu de curso efetivo” (p.104). O que a autora quis mostrar com essa diretriz é a importância de organizar os links em forma de menus que levam a outros lugares do curso, de forma hierárquica e sequencial, posicionando-os de forma acessível a fim de diminuir os passos dos usuários na navegação.

As últimas três diretrizes de aprendizado eletrônico definidas por Filatro (2008) relacionam-se com a acessibilidade da linguagem do curso, a oferta de ajuda para os estudantes, bem como a importância de um design de boa qualidade. Para a autora, “o ambiente de aprendizagem deve conter palavras e frases que os alunos possam compreender imediatamente” (p.104), essa diretriz está diretamente relacionada ao princípio de Personalização na Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia e ao princípio de Compatibilidade entre o sistema e o mundo real da Usabilidade de software.

A penúltima diretriz remete à importância de oferecer auxílio ao estudante dentro do ambiente de aprendizado eletrônico, a fim de promover uma maior facilidade de navegação e utilização do ambiente organizacional. Segundo Filatro (2008, p.104), “a ajuda apresenta ao aluno, de maneira simplificada, os diferentes passos que devem ser seguidos toda vez que surge um problema”. A autora complementa, ainda, dizendo que a ajuda deve estar acessível e disponível ao usuário sempre que ele necessitar.

Já a última diretriz discute a necessidade de um design de tela que garanta ao usuário maior facilidade de compreensão do conteúdo e do ambiente. Nesta diretriz Filatro (2008) afirma que a informação mais importante deve aparecer primeiro na tela, podendo ser utilizados

elementos de marcação textual como “molduras, espaços em branco, negrito, cores, marcadores, numeração e estilos de fonte” (FILATRO, 2008, p.105), porém o uso de sublinhado deve ser deixado para uso exclusivo na formatação de links. Além disso, a autora complementa dizendo ser importante levar em consideração os princípios da Teoria de Gestalt² para a organização de interfaces, pois demonstram que a percepção visual das pessoas tende a organizar o que é visto, formando estruturas de informação e gerando conexões entre aquilo que se vê e aquilo de que se tem conhecimento prévio.

A partir do que foi exposto, far-se-á, na próxima seção, uma análise comparativa entre as diretrizes de aprendizado eletrônico, os princípios de usabilidade e as teorias da carga cognitiva e da aprendizagem multimídia a fim de apontar critérios organizacionais para a avaliação da carga cognitiva na educação.

² Princípios da Gestalt são padrões para reconhecimento e assimilação de informação visual. Maiores informações podem ser obtidas em Oviedo (2004).

5 PRINCÍPIOS DE BALANCEAMENTO DA CARGA COGNITIVA

Não são recentes os estudos sobre Carga Cognitiva voltados para a aprendizagem. Uma prova disso são as teorias TCC e TCAM que remontam do final da década de 1990 e início dos anos 2000, respectivamente. Apesar disso, a temática tem se tornado foco em trabalhos científicos que buscam atender às demandas oriundas da atualização das modalidades educativas. Neste contexto, esta pesquisa buscou problematizar a aproximação de ideias sobre a Carga Cognitiva, convergindo aspectos das Teorias da Carga Cognitiva (SWELLER *et al.* 1998) e da Aprendizagem Multimídia (MAYER, 2002) às Heurísticas de Usabilidade de Interfaces (NIELSEN, 1994) e aos princípios do aprendizado eletrônico (FILATRO, 2008). Ainda que estejam em áreas distintas do conhecimento, estes estudos têm como foco semelhante, a otimização do aprendizado através da minimização do esforço do estudante/ usuário.

Os estudos supracitados foram lidos e analisados de modo a identificar as convergências entre as ideias, sendo as informações recolhidas, organizadas no Quadro 2 que facilita a visualização ampla das análises, uma vez que dispõe lado a lado as aproximações identificadas entre as obras. Após a construção deste quadro, foi possível identificar aspectos similares que podem ser apontados como princípios para o balanceamento da carga cognitiva na educação.

No Quadro 2 é possível observar a análise dos dados levantados na pesquisa. Primeiramente, é importante destacar que a disposição das obras não segue a ordem de ano de publicação e sim, uma ordem de correlacionamento e aproximações. Nesse sentido, a TCAM foi colocada mais à esquerda, uma vez que apresenta conexão com, ao menos, uma das outras obras em cada um de seus princípios e as Heurísticas de Usabilidade foram dispostas mais à direita, pois tem a menor relação com a TCAM. Por fim, é importante ressaltar que existem princípios da mesma obra agrupados em uma única célula do quadro. Isso ocorreu devido às conexões identificadas, enquanto, em uma das obras as características eram agrupadas em um mesmo princípio, em outra, essas mesmas características eram subdivididas em duas ou mais diretrizes.

Quadro 2 - Aproximações entre as obras: TCAM, TCC, Princípios de Usabilidade de Interfaces e Aprendizado Eletrônico.

TCAM (MAYER, 2002)	TCC (SWELLER <i>et al.</i> 1998)	Aprendizado Eletrônico (FILATRO, 2008)	Usabilidade (NIELSEN, 1994)
Multimídia	Diagramas/ imagens e Integração audiovisual	Uso de gráficos	-----
Modalidade e Sinalização	Integração audiovisual	Uso de áudio	-----
Proximidade espacial e temporal	Atenção dividida	Proximidade de itens relacionados	-----
Coerência	Legibilidade de Conteúdo	Design de tela e Coerência	Consistência, Estética e Reconhecimento
Redundância	Expertise do Usuário e Legibilidade do Conteúdo	-----	-----
Pré-Formação	Formação e resgate de blocos de informação	-----	-----
Personalização	-----	Linguagem Acessível	Compatibilidade
-----	Materiais de apoio	-----	-----
-----	Processo de Ensino	-----	-----
-----	Exemplos resolvidos/ variação de contexto	-----	-----
-----	-----	Ofereça ajuda	Ajuda
-----	-----	Interatividade; Apoio navegacional e Links	Liberdade do usuário e Flexibilidade
-----	-----	-----	Tratamento de erros
-----	-----	-----	Visibilidade

Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

A partir da sistematização realizada no Quadro 2, percebe-se que apenas uma linha tem correspondência em todas as obras e trata-se do cuidado na apresentação de informações essenciais, tanto no conteúdo quanto na interface do ambiente. Nessa relação, nota-se a importância da boa organização de qualquer objeto de aprendizagem ou ambiente eletrônico que promoverá a interatividade entre estudantes e conhecimentos.

Outro aspecto importante a ser observado é a existência de elementos que não se relacionam a nenhuma outra diretriz ou princípio apresentado. Na TCC, por exemplo, tem-se os materiais de apoio para estudo posterior a momentos síncronos, os processos de ensino (subdivisão de elementos complexos do conteúdo em unidades de aprendizado menores) e os exemplos resolvidos/ variação de contexto em atividades de resolução prática e sequencial.

Esses princípios são próprios da TCC que busca significar a aprendizagem através do planejamento da ação de ensinar para melhor aquisição do conhecimento pelo estudante.

Já nas Heurísticas de Usabilidade, dois elementos não têm aproximações com outros estudos: tratamento de erros e visibilidade do status do sistema. Esses elementos são voltados especificamente às características tecnológicas que não podem ser alteradas por ações do professor. Pensando especificamente no uso de ambientes eletrônicos para a educação on-line, apenas as obras de Filatro (2008) e Nielsen (1994), abordam características que fomentam os processos de interatividade entre usuário e interface. Isso porque, ambas as pesquisas estão voltadas ao uso de sistemas computacionais, versando sobre a oferta de ajuda e feedback das ações realizadas.

Quatro aspectos têm aproximações convergentes em três obras, sendo três deles relacionados ao uso do duplo canal, o qual sugere a utilização de imagens na representação de conteúdo, a narração de explicações relacionadas a informações visuais e a aproximação temporal e espacial de ambas (imagem e narração). Ainda, com presença em três das quatro obras, está a importância da linguagem pessoal nas interações do estudante, tanto com o conteúdo como com o ambiente.

Por fim, duas relações ocorrem somente entre as teorias TCC e TCAM: a) o nivelamento para apresentações audiovisuais, no qual os estudantes têm uma pré- formação que permite o melhor aproveitamento da memória de trabalho, pois faz uso do resgate de conhecimentos já adquiridos; e b) a redundância relacionada à expertise do usuário, bem como à legibilidade do conteúdo, que exploram o balanceamento da carga cognitiva originada na exposição do mesmo conteúdo mais de uma vez, exceto em recursos educacionais de formatos e linguagens diferentes. Esse cuidado permite, não só atender as diferentes preferências, como garantir a equidade na aprendizagem através da variação das possibilidades para atingir um mesmo objetivo.

A partir dessas aproximações, foi possível apontar 16 princípios para o balanceamento da carga cognitiva na aprendizagem, sendo eles: multimídia, modalidade, proximidade espacial e temporal, personalização, coerência, redundância, pré- formação, sinalização, materiais de apoio, gerenciamento da carga cognitiva, exemplos resolvidos, design de tela, consistência, apoio navegacional, interatividade e ajuda. A definição do nome de cada princípio levou em consideração as relações descritas anteriormente, optando-se pelo nome de maior representação entre as Colunas do Quadro 2.

Em se tratando de educação on-line, o esforço mental pode ser gerado através de duas vertentes principais: a apresentação do conteúdo e a interatividade com um ambiente

tecnológico. Pensando nisso, os 16 princípios, oriundos desta análise de dados, foram classificados em dois tipos: de conteúdo e de ambiente tecnológico. O primeiro relaciona-se à aos materiais didáticos a serem utilizados no processo de aprendizagem e, o último, à interação e interatividade dos estudantes com a organização do curso como um todo. Dos 16 princípios resultantes deste estudo, dois deles condizem com ambas as classificações, sendo eles: personalização e coerência. Assim, tem-se dez princípios de conteúdo e oito princípios de interação com o ambiente tecnológico. Na próxima seção, serão discutidos cada um dos aspectos e como eles se relacionam com as fontes de origem da carga cognitiva.

5.1 PRINCÍPIOS DE BALANCEAMENTO DA CARGA COGNITIVA NA APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO.

Os princípios para balanceamento da carga cognitiva que envolvem a apresentação do conteúdo estão diretamente relacionados à produção e escolha de materiais didáticos que permitam o menor esforço mental do estudante. Esses princípios podem ser visualizados no Quadro 3 e são: a) Multimídia; b) Modalidade; c) Proximidade espacial e temporal; d) Personalização; e) Coerência; f) Pré-Formação; g) Sinalização; h) Materiais de apoio; i) Gerenciamento da Carga Cognitiva; e j) Exemplos resolvidos.

Quadro 3 - Princípios para o balanceamento da carga cognitiva na apresentação de conteúdo.

(continua)

Nome	Descrição
Multimídia	Mesclar o uso de recursos visuais e auditivos de forma a maximizar a operação de elementos na memória de trabalho.
Modalidade	Dar preferência à explicação textual narrada quando forem utilizados elementos visuais como animações ou imagens.
Proximidade espacial e temporal	Dar preferência à integração de elementos gráficos e textuais quando os mesmos não são compreendidos separadamente.
Personalização	Elementos textuais (escritos ou narrados) sempre que possível devem ser escritos em linguagem natural.
Coerência	Eliminar do conteúdo tudo o que não for estritamente necessário ao aprendizado. Formatar o Design do material para tornar o conteúdo mais atrativo e de fácil visualização. Direcionar o aprendizado através do uso de configurações gráficas visuais.

Quadro 3 - Princípios para o balanceamento da carga cognitiva na apresentação de conteúdo.

(conclusão)

Nome	Descrição
Pré-Formação	Dar condições iguais de expertise aos estudantes antes da apresentação de narrações e/ou animações
Sinalização	Na narração de animações, dar indicação visual do caminho percorrido pelo narrador.
Materiais de apoio	Em aulas síncronas, fornecer material de apoio para acesso posterior.
Gerenciamento da Carga Cognitiva	No processo de ensino, separar conhecimentos complexos em pedaços menores a fim de garantir a construção do conhecimento.
Exemplos resolvidos	Em conteúdo de aprendizado sequencial, apresentar variação de contexto entre exercícios, além de fazer a transição de soluções resolvidas para exercícios a resolver.

Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

O princípio da Multimídia indica a importância de mesclar recursos visuais e auditivos na apresentação do conteúdo, uma vez que maximiza o uso do espaço na memória de trabalho. Segundo Baddeley (1992), estimular apenas um canal na apresentação de informações sobrecarrega uma parte da memória, enquanto a outra fica ociosa. Já o princípio da Modalidade, sugere que se deve dar preferência à explicação textual narrada quando forem utilizados elementos visuais como animações/ simulações ou imagens. Essa sugestão complementa o princípio da Multimídia e auxilia no potencial da capacidade da memória de trabalho no processamento de informações.

A fim de gerar melhores resultados na aprendizagem em animações com explicação narrada, Mayer (2002) propôs o princípio da Sinalização, que recomenda a narração para explicações de animações e simulações, tem-se a importância de indicar visualmente o caminho percorrido pelo narrador, de modo a permitir ao estudante o acompanhamento satisfatório da explanação. Estas indicações podem ser dadas por flechas, animações visuais, ou mesmo, a indicação dada pela seta do cursor.

O princípio da Proximidade espacial e temporal aponta a relevância da integração de elementos gráficos e textuais ou narração quando eles não são compreendidos separadamente. Quando o conteúdo mesclar duas informações visuais, como imagem e explicação textual, a imagem deve ser compreendida isoladamente, ou seja, sem a necessidade de leitura complementar. Isso porque, a visualização de uma imagem que necessita de explicação, obriga

o estudante a reter informações na memória de trabalho para relacioná-las às explicações que são dadas posteriormente no texto. Do mesmo modo, na existência da explicação narrada, esta deve ser apresentada em conjunto com a informação visual, eliminando a sobrecarga.

O princípio da Personalização trata da linguagem utilizada na explicação dos conteúdos. Para Sweller *et al.* (1998), Nielsen (1994), Mayer (2002) e Filatro (2008), as informações devem ser dadas em linguagem natural, adotando um teor de conversa, que aproxima o estudante do conteúdo. Segundo os autores, o uso de palavras ‘estranhas’ ou complexas pode gerar maior dificuldade na compreensão da informação. O princípio da Coerência recomenda a eliminação de informações visuais e auditivas que não forem estritamente necessárias ao aprendizado do conteúdo, pois ocupam espaço na memória que poderia ser utilizado para processamento de elementos essenciais à compreensão do saber. Ainda, sugere uma formatação visual mais atrativa e de fácil compreensão, com o uso de configurações gráficas como negritos, sublinhados e cores de destaque. Essas indicações permitem o rápido reconhecimento de caminhos a percorrer e informações importantes dentro de explicações.

Já o princípio da Pré-formação manifesta a necessidade de dar condições iguais de expertise aos estudantes antes de narrações e/ou animações. A apresentação de animações sem essa pré-formação pode gerar dificuldades aos estudantes que não estiveram em contato com algum dos elementos informacionais apresentados. Este nivelamento torna o aprendizado mais significativo e tende a gerar maior homogeneidade na compreensão do conteúdo pelos estudantes. Em contraponto à pré-formação, que ocorre antes da apresentação de uma narração, o princípio de Materiais de Apoio sinaliza a necessidade de disponibilizar recursos educacionais que complementam explicações dadas em interações síncronas, assim, o estudante terá um material para estudo posterior.

O princípio do Gerenciamento da Carga Cognitiva está diretamente ligado ao Design Instrucional, proposto pelo professor, para o aprendizado de conteúdos complexos. Importante ressaltar que, cabe ao docente, dividir os saberes que exigem maior integração de elementos na memória de trabalho a fim de possibilitar a aprendizagem do conceito completo, mesmo que, primeiramente, apresentado em partes desprendidas. No processo de ensino, é importante separar conhecimentos complexos em pedaços menores a fim de garantir a construção do conhecimento.

Por fim, o princípio de Exemplos Resolvidos, verificado na TCC, baseia-se no ensino de conteúdo sequencial, como matemática, física, química, programação, entre outros. Para Sweller *et al.* (1998), a apresentação de exercícios resolvidos complementa a explicação do conteúdo, visto que o aluno poderá verificar como ocorre o processo de resolução do problema.

Para Clark *et al.* (2006), além da utilização de exercícios resolvidos, deve-se pensar na transição para exercícios a resolver, isto porque essa prática gera uma aprendizagem com menor esforço mental do que quando são utilizados apenas exercícios a resolver.

O autor ainda aborda a variação de contexto entre exercícios, isto é, apresentar a solução de um problema e mudar o cenário nos demais exercícios para que o estudante possa aplicar os conhecimentos adquiridos em novos desafios. Esse princípio só pode ser aplicado em conhecimentos que possuam resolução de problemas sequenciais.

5.2 PRINCÍPIOS DE BALANCEAMENTO DA CARGA COGNITIVA NA INTERAÇÃO COM O AMBIENTE TECNOLÓGICO.

Os princípios de balanceamento da carga cognitiva na interatividade com o ambiente tecnológico estão relacionados à organização do curso como um todo, o modo como os recursos são distribuídos pelo ambiente e às características gerais da aula on-line. A partir da análise realizada nesta pesquisa foram definidos oito princípios para minimizar o esforço mental que pode ser observado no Quadro 4, sendo eles: a) Personalização; b) Coerência; c) Design de tela; d) Consistência; e) Apoio navegacional; f) Redundância; g) Interatividade; e h) Ajuda.

Quadro 4 - Princípios para o balanceamento da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico.

(continua)

Nome	Descrição
Personalização	Utilizar linguagem natural ao descrever atividades dentro do ambiente tecnológico.
Coerência	Eliminar informações visuais e auditivas da interface do ambiente que não possuam objetivo específico de direcionar o usuário.
Design de tela	Informações importantes devem ser apresentadas primeiro. Usar codificação gráfica para destaque de informações importantes, como: negrito, uso de cores, tamanho e formato de letras. Organizar uma hierarquia de elementos de acordo com a necessidade do estudante.
Consistência	Manter o padrão de organização/ regularidade do curso dentro do ambiente tecnológico.
Apoio navegacional	Mapa do curso, com informações sobre leituras importantes e atividades; Passeio guiado, para estudantes sem experiência em aprendizado eletrônico de forma que compreendam as principais características do ambiente tecnológico;
Redundância	Um mesmo conteúdo não deve ser apresentado mais de uma vez, exceto quando em diferentes formatos de visualização.

Quadro 4 - Princípios para o balanceamento da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico.

(conclusão)

Nome	Descrição
Interatividade	Fornecer links para atividades e leituras quando existir descrição de unidades de estudo.
Ajuda	Fornecer espaço para dúvidas sobre o ambiente e sobre o conteúdo (fóruns e chats)

Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Os princípios de Personalização e Coerência seguem a mesma ideia já apresentada na seção 5.1 (princípios de balanceamento da carga cognitiva na apresentação do conteúdo), contudo a sua aplicação não está no conteúdo e sim, na organização do ambiente tecnológico utilizado para disponibilização da educação on-line. O princípio da Personalização traz a importância de usar uma linguagem menos formal e mais próxima da linguagem do usuário na transmissão de mensagens, bem como na apresentação de objetivos e processos pensados para a aprendizagem. Já o princípio da Coerência, dispõe sobre a necessidade de eliminar do ambiente tecnológico, todo elemento visual ou sonoro que distraia o estudante do principal propósito do planejamento educacional: o conteúdo.

O princípio do Design de Tela trata da organização geral do curso no ambiente tecnológico e da apresentação das informações que direcionam o usuário rumo ao melhor caminho pedagógico a ser percorrido. É importante comentar que as codificações gráficas como negrito, cores, tamanho de fonte e tipos de letra, devem ser usadas para destacar informações essenciais na descrição de atividades, contudo precisam ser pensadas com cuidado para não confundir o estudante, como por exemplo o sublinhado, que deve ser deixado para identificação de links (FILATRO, 2008). Além disso, as informações mais importantes devem aparecer primeiro, como as leituras obrigatórias e atividades avaliativas, bem como, deve-se prezar pela hierarquia na organização dos recursos, ou seja, apresentar primeiro o que o estudante vai usar primeiro, por exemplo, recursos de conteúdo antes dos recursos de atividade.

Depois da hierarquia na distribuição dos recursos, é necessário pensar na regularidade de sua apresentação em um curso. Esta característica é abordada pelo princípio da Consistência que afirma ser fundamental manter a localização de informações de um ambiente para outro, assim, o estudante irá encontrar aquilo que ele espera, onde ele espera que esteja. Segundo Nielsen (1994), essa regularidade na apresentação da interface/ambiente gera menor esforço mental, uma vez que o estudante não ocupa espaço na memória para procurar aquilo que deseja,

pois ele já saberá onde as informações se encontram. Pode-se destacar que as dificuldades relacionadas à fluência tecnológica são minimizadas através da aplicação deste princípio.

Ainda, pensando nas dificuldades relacionadas à fluência tecnológica, pode-se evidenciar o princípio de Apoio navegacional. Ele incentiva a oferta de um mapa do curso com informações sobre leituras importantes e atividades, bem como sugere um passeio guiado para estudantes sem experiência em aprendizado eletrônico de modo que estes compreendam as principais características do ambiente tecnológico.

O princípio da Redundância sugere que a apresentação do conteúdo não deve ser repetida, exceto em casos em que o professor utiliza formatos diferentes de recurso, o que pode promover maior motivação por parte dos estudantes, pois poderá escolher o tipo de recurso que mais o agrada.

Outro princípio para o balanceamento da carga cognitiva em ambientes tecnológicos é a Interatividade, que remete à organização do curso a fim de dispor os conteúdos e informações de maneira simplificada. Sobre este princípio, destaca-se a utilização de links que levam a informações complementares, ou mesmo que ligam recursos dentro do próprio ambiente (FILATRO, 2008). Por exemplo, em uma descrição de atividade que cita alguma leitura obrigatória, um link pode ser utilizado para que o estudante encontre o material com um click do mouse, sem precisar voltar à página inicial do curso e procurar o mesmo entre os demais recursos.

Por fim, o princípio de Ajuda recomenda a disponibilização de lugares com interação síncrona ou assíncrona dentro do ambiente para que haja “conversas”, ou mesmo algum tipo de documentação de apoio que promova a dissipação das dúvidas e a aproximação entre os envolvidos.

A partir das análises realizadas nesta seção e da construção dos Quadros 3 e 4 com princípios para o balanceamento da carga cognitiva na apresentação de conteúdos e na interação com o ambiente tecnológico, foi desenvolvido um framework para a avaliação da carga cognitiva na educação. Assim, o próximo capítulo faz a apresentação dessa ferramenta que dará continuidade a pesquisa.

6 FRAMEWORK PARA AVALIAÇÃO DA CARGA COGNITIVA

A avaliação da carga cognitiva na educação tem muito potencial de exploração, principalmente nos tempos atuais que exigiram dos processos educativos uma transformação rápida e repentina a fim de se adequar aos protocolos de segurança exigidos para conter a Pandemia gerada pelo novo coronavírus causador da Covid-19.

Pensando nisso, esta pesquisa busca oferecer uma ferramenta para auxiliar na avaliação da carga cognitiva presente na educação, tanto no que tange à apresentação de conteúdo, quanto na organização do ambiente tecnológico. A ferramenta produzida como resultado deste estudo foi um framework conceitual denominado **FACCE - Framework para a Avaliação da Carga Cognitiva na Educação** e poderá ser visualizada através do link: <https://faceframework.000webhostapp.com/index.html>. A disponibilização virtual em forma de site busca garantir maior abrangência no acesso às suas informações.

Segundo Lorenzon (2013, p.83) um framework conceitual é utilizado para “decodificar conceitos complexos em um formato simplificado e acessível, que facilite a sua análise e compreensão”.

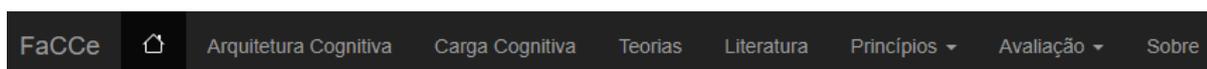
O desenvolvimento do FACCE teve início na metade do primeiro semestre de 2020 e permitirá, além da instrumentalização da avaliação da carga cognitiva por professores e instituições, a consulta aos conceitos de Carga Cognitiva, Arquitetura Cognitiva Humana, Teoria da Carga Cognitiva, Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, Princípios do aprendizado eletrônico e Heurísticas da Usabilidade de Interfaces. Ainda, terá um compilado dos principais resultados das análises desta pesquisa e os princípios utilizados para compor o instrumento de avaliação.

O conteúdo teórico do FACCE foi desenvolvido no formato de infográficos e imagens interativas construídas no site *Genially*. Este site permite a produção gratuita de materiais que podem ser incorporados a outros sites, através da geração de um código fonte que carrega todas as configurações definidas. No desenvolvimento técnico do FACCE utilizou-se das linguagens de marcação HTML5 e de estilização CSS3, além das classes de estilização do Bootstrap4, permitindo que o FACCE seja utilizado em diferentes dispositivos eletrônicos sem a perda de qualidade na visualização dos recursos, uma vez que a interface se adapta ao tamanho da tela utilizada. Para a codificação do instrumento de avaliação foram utilizadas as linguagens de programação JavaScript6 e PHP5 (Hipertext Processor). Essas linguagens são necessárias para captar as respostas dos usuários na avaliação e para a apresentação dos resultados oriundos do

checklist. Todo o desenvolvimento utilizou o editor de código fonte aberto denominado Notepad++.

A estrutura do Framework FACCE é subdividida em oito páginas que podem ser acessadas através de um menu na parte superior da janela. Destas páginas, cinco são conceituais, uma de avaliação e uma que apresenta os autores da ferramenta. O menu do FACCE pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 - Menu principal do FACCE.



Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Como pode ser observado na Figura 8, os menus "Princípios" e "Avaliação" possuem uma seta indicativa de continuidade. Isso ocorre porque em ambos os menus há uma subdivisão: Princípios para a Apresentação do Conteúdo e Princípios para a Interação com o Ambiente Tecnológico.

Na primeira página (Home) é possível visualizar uma breve apresentação do Framework FACCE, expondo os seus objetivos práticos e teóricos, a sua origem e a sua organização estrutural. A página inicial pode ser conferida na Figura 9.

Figura 9 - Página inicial do FACCE.



Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Na Figura 9, as informações detalhadas podem ser conferidas clicando nos ícones das mãozinhas ao lado de cada numeração. Esse clique ativará a abertura de janelas do tipo pop-up. A escolha por esse formato de janela se deu a fim de balancear a carga cognitiva que seria gerada pelo excesso de informações caso tudo estivesse disposto na tela inicial. As informações detalhadas podem ser conferidas no seguinte link: <https://bit.ly/3dB8zOM>.

Também pode ser observado na Figura 9 a logomarca do Framework. Foram feitas algumas tentativas até que se chegou a uma definitiva. Algumas das tentativas podem ser vistas na Figura 10, sendo a última a versão final escolhida. A sigla foi verificada no site do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) no mês de fevereiro de 2021, não havendo, naquele momento, nenhuma patente ou marca ativa registrada para a mesma sigla: FACCE.

Figura 10 - Logomarcas do FACCE.



Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Num primeiro momento foi pensada na ideia de pesos e medidas para a avaliação, por isso a existência do gancho e da balança que mantém a abreviação de Carga Cognitiva (CC) suspensa. Contudo, ao se fazer uma análise mais profunda da ideia de medir, chegou-se a conclusão que a medição não abarca o propósito do Framework, uma vez que ele não mede a

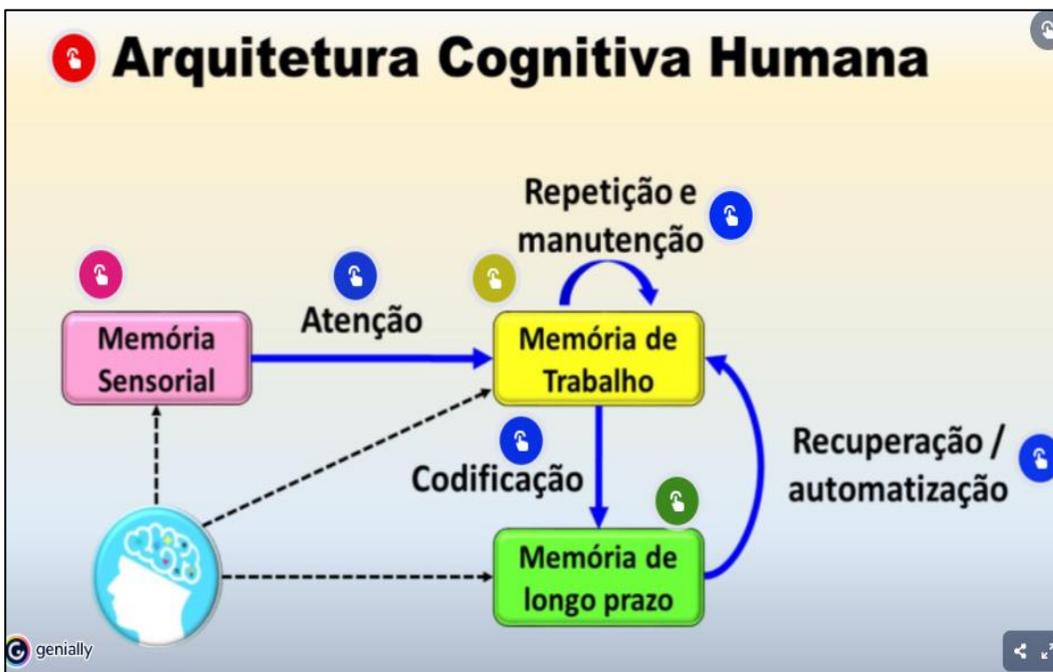
carga cognitiva e sim, permite identificar possibilidades de balanceamento da mesma em recursos de conteúdo e ambientes tecnológicos.

Quanto às cores escolhidas, tanto o azul quanto o laranja estimulam a criatividade, o azul por trazer um efeito calmante favorece o exercício intelectual, já o laranja aumenta a oxigenação do cérebro despertando novas ideias. (CLEMENTE, 2020).

A fim de demonstrar todos os conceitos estudados nesta tese, foram criadas três páginas de conteúdo, que exemplificam as principais informações contidas neste texto. Na primeira página é possível conhecer a arquitetura cognitiva humana e os processos que ocorrem na memória humana quando uma pessoa é submetida a novas informações. Conhecer esse processamento é fundamental para a compreensão total dos demais conceitos utilizados na avaliação da carga cognitiva na educação.

Na Figura 11, é possível observar a arquitetura cognitiva humana e a sequência da informação no processo de construção do conhecimento dentro da memória.

Figura 11 - Imagem interativa - Arquitetura cognitiva humana.



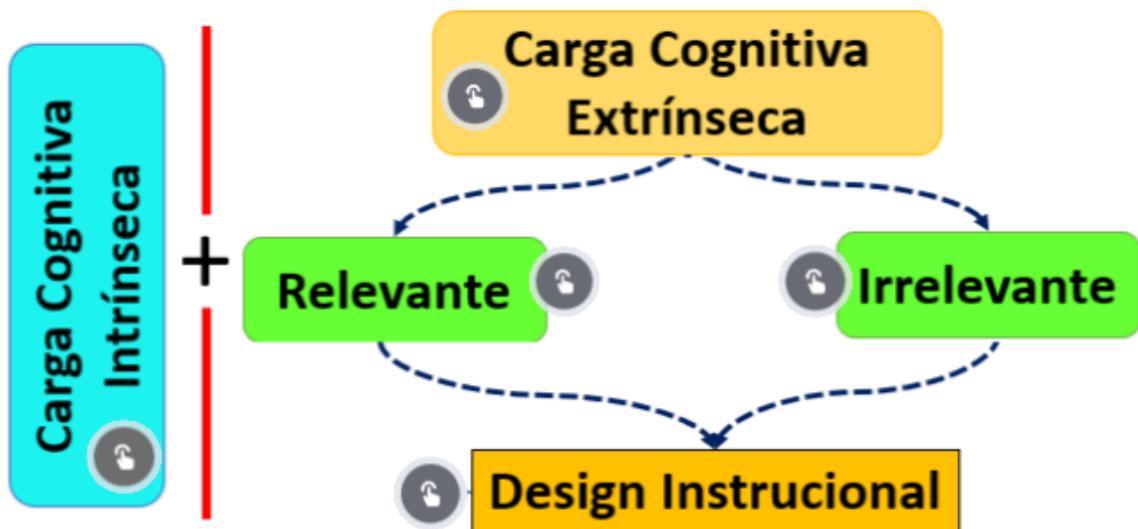
Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Na Figura 11 é possível observar as três memórias utilizadas na arquitetura cognitiva humana, bem como o funcionamento do processo de aprendizagem. Explicações adicionais ao

caminho da informação apresentado pelas setas podem ser acessadas através dos ícones  que exemplificam, entre outras coisas, as características de cada memória, como duração, capacidade de retenção de informações e relação com a aprendizagem do estudante. Esta imagem interativa pode ser conferida no link: <https://bit.ly/2Sd5xF5>.

Na segunda página de conteúdo poderá ser observada uma explicação mais aprofundada do conceito de Carga Cognitiva dentro da memória de trabalho. Como pode ser visto na Figura 12, a Carga Cognitiva é a soma das cargas intrínseca e extrínseca e a carga cognitiva extrínseca é subdividida em relevante e irrelevante.

Figura 12 - Imagem interativa - Carga Cognitiva

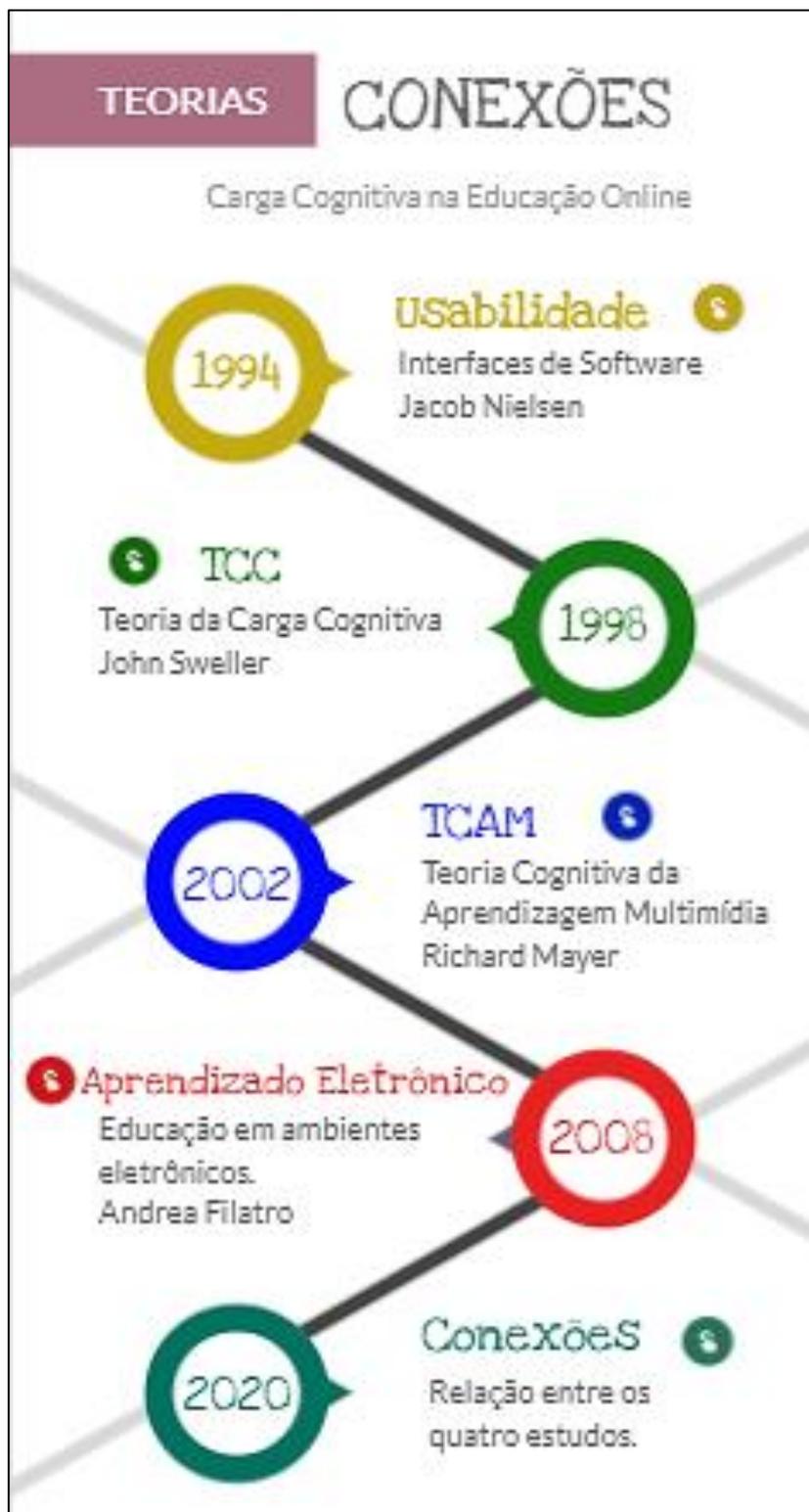


Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Na Figura 12 a interação com informações adicionais será realizada pelas “mãozinhas” . Além disso, será ofertada uma explicação sobre o Design Instrucional. Esta imagem interativa pode ser conferida com mais detalhes no seguinte link: <https://bit.ly/3l2rVgx>.

A terceira e última página de conteúdo tem por objetivo apresentar uma linha do tempo dos quatro estudos abordados na pesquisa e as conexões realizadas entre eles para identificar os aspectos que seriam utilizados no instrumento de avaliação da carga cognitiva na educação. A linha do tempo pode ser observada na Figura 13.

Figura 13 - Linha do tempo dos estudos



Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Na Figura 13 é possível observar a linha do tempo e as datas de origem de cada estudo. Este infográfico pode ser observado no seguinte link: <https://bit.ly/3jfEcOi>. Ao clicar no

símbolo  será possível verificar uma explicação de todas as diretrizes e princípios que os estudos contemplam, como pode ser visto na Figura 14.

Figura 14 - Imagens interativas: Teorias

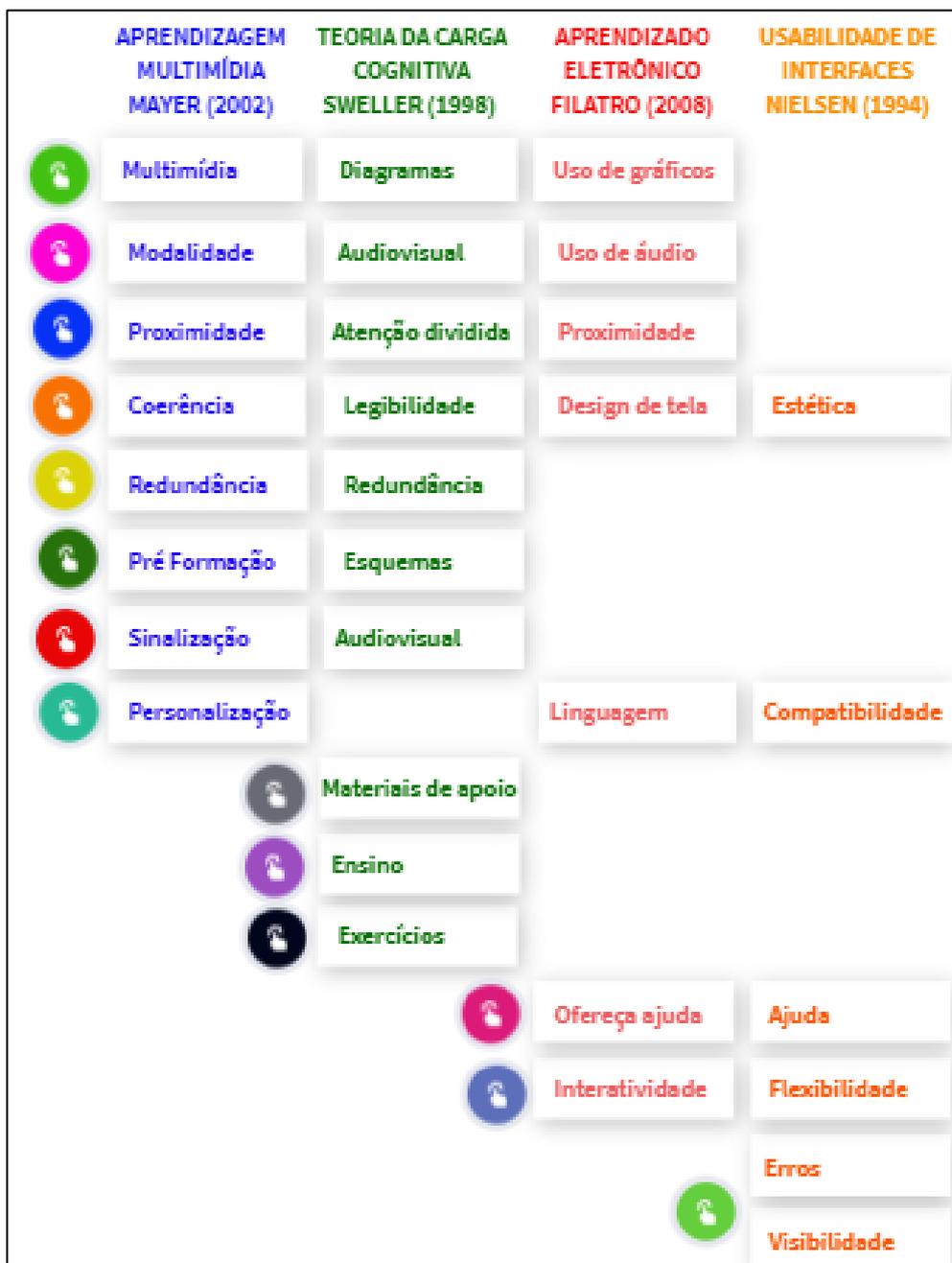


Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Na Figura 14 é possível observar partes de cada uma das páginas que expõem as teorias estudadas nesta tese. Para retornar à linha do tempo basta usar a seta que se encontra tanto na parte superior quanto inferior da página.

O último círculo da linha do tempo representa as conexões realizadas entre os estudos anteriores e corresponde ao principal resultado teórico desta tese. A partir dessas conexões foi possível apontar aspectos para o balanceamento da carga cognitiva na educação, mais especificamente com relação à carga cognitiva na apresentação de conteúdos e na interação com o ambiente tecnológico. As conexões podem ser observadas na Figura 15.

Figura 15- Conexões entre os estudos.



Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Na Figura 15 é possível observar o panorama com as conexões entre os quatro estudos. As explicações adicionais de cada conexão poderão ser observadas pelos usuários através do ícone no início de cada linha.

Para completar as explicações sobre os estudos teóricos desta tese, acredita-se na importância de destacar a carreira acadêmica e profissional dos principais autores que

embasaram esta pesquisa. Assim, criou-se uma página que apresenta o currículo resumido dos autores John Sweller, Andrea Filatro, Richard Mayer e Jakob Nielsen³, além de direcionar os leitores/usuários do FACCE às páginas pessoais de cada um deles a fim de permitir maior divulgação de suas obras e estudos desenvolvidos.

Figura 16 - Infográfico de apresentação dos autores.



Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Na Figura 16 pode ser observada a imagem dinâmica construída para apresentar os autores deste estudo, que poderá ser conferida com mais detalhes no seguinte link: <https://bit.ly/3nanPFh>.

Ao clicar na foto de cada autor o usuário será direcionado para uma página específica onde poderá visualizar o currículo resumido do autor escolhido, o conceito estudado pelo autor que foi escolhido para este estudo e o ano da publicação da principal obra utilizada. Na Figura 17 é possível observar as quatro páginas com o currículo dos autores.

³ Todas as imagens dos autores utilizadas no Framework possuem autorização de uso.

Figura 17 - Páginas detalhadas dos autores

<p>HEURÍSTICAS DA USABILIDADE DE INTERFACES</p>  <p>JAKOB NIELSEN ✕</p> <p>1994</p> <p>Jakob Nielsen é um cientista da computação com Ph.D. em interação humano-computador (IHC) da Universidade Técnica da Dinamarca em Copenhague. É um User Advocate (defensor do usuário) e diretor da Nielsen Norman Group, que ele co-fundou com o Dr. Donald A. Norman (ex-vice-presidente de pesquisas da Apple Computer). Nielsen criou o movimento "discount usability engineering" para melhorias rápidas e baratas de interfaces de usuário e inventou vários métodos de usabilidade, incluindo a avaliação heurística. Ele detém 79 patentes dos Estados Unidos, principalmente sobre as formas de tornar a Internet mais fácil de usar.</p> <p>+ info</p>	<p>TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA - TCAM</p>  <p>RICHARD MAYER ✕</p> <p>2002</p> <p>Richard E. Mayer é PhD em psicologia pela Universidade de Michigan (1973) e Professor Distinto de Psicologia na Universidade da Califórnia, Santa Barbara. Fez contribuições significativas para as teorias da cognição e aprendizagem, especialmente no que se refere à solução de problemas e ao design de multimídia educacional. A contribuição mais conhecida de Mayer para o campo da psicologia educacional é a teoria da aprendizagem multimídia, que postula que a aprendizagem ideal ocorre quando materiais visuais e verbais são apresentados simultaneamente. Ele é autor de mais de 500 publicações, incluindo 30 livros.</p> <p>+ info</p>
<p>APRENDIZADO ELETRÔNICO</p>  <p>ANDREA FILATRO ✕</p> <p>2008</p> <p>Mestra e Doutora pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, onde também se graduou em Pedagogia. Formada em Gestão de Projetos pela FIA, é consultora em educação a distância e líder do grupo de pesquisa IDE/UNASP - Inovação e Design em Educação.</p> <p>Atua como docente convidada no curso de Gestão Estratégica de Pessoas na FIA e já publicou vários livros, entre eles Design Instrucional na prática, Design Thinking na educação, Produção de conteúdos educacionais, Práticas inovadoras em educação e Metodologias inov-ativas na educação presencial, a distância e corporativa.</p> <p>+ info</p>	<p>TEORIA DA CARGA COGNITIVA - TCC</p>  <p>JOHN SWELLER ✕</p> <p>1998</p> <p>John Sweller é um psicólogo educacional australiano que é conhecido pela formulação da influente teoria da carga cognitiva. John Sweller recebeu um Ph.D. do Departamento de Psicologia da Universidade de Adelaide em 1972 e bacharel da mesma instituição em 1969. É autor de mais de 80 publicações acadêmicas, principalmente de pesquisa na ciência cognitiva e no design instrucional, com especial destaque para as implicações instrucionais das limitações da memória de trabalho e suas consequências para os procedimentos instrucionais.</p> <p>+ info</p>

Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Nas páginas expostas na Figura 17 o usuário poderá retornar à página principal dos autores clicando no ícone “X” ou ser direcionado à página pessoal/profissional do autor através do ícone “+info”.

Antes de apresentar as páginas dos princípios e da avaliação é importante destacar que a última página do menu descreve as pessoas envolvidas na construção da ideia e no desenvolvimento do framework, uma vez que ele não foi desenvolvido apenas pela autora desta tese. Os autores podem ser vistos na Figura 18.

Figura 18 - Criadores do Framework FACCE.



Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Na Figura 18 podem ser observados os responsáveis pela produção do Framework FACCE. Ao clicar sobre a foto, é possível contemplar uma breve descrição da vida acadêmica e profissional dos autores, enquanto ao clicar sobre o ícone “i” o leitor será direcionado para o currículo lattes dos mesmos. A imagem interativa dos autores pode ser conferida em detalhes no link: <https://bit.ly/3asSORv>.

Os dois menus principais do FACCE são “Princípios” e “Avaliação”, no primeiro é possível verificar os resultados teóricos deste estudo e no segundo a aplicação desses resultados num checklist avaliativo. Ambos os menus são do tipo cascata e subdividem-se em duas subcategorias: Ambiente tecnológico e Conteúdos. No submenu Ambiente tecnológico são expostos os princípios para o balanceamento da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico e no submenu Conteúdo são descritos os princípios para o balanceamento da carga cognitiva na apresentação de conteúdo. Na Figura 19 pode ser observada a página dos princípios para ambiente tecnológico.

Figura 19 - Apresentação dos princípios para ambientes tecnológicos.



Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Na Figura 19 pode ser observada a página onde são expostos os 8 princípios para o balanceamento da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico. Para visualizar a descrição dos princípios, o usuário deverá clicar sobre os números expostos na Figura 20.

Figura 20 - Princípio da redundância para ambientes tecnológicos.



Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Na Figura 20 pode ser visto o princípio da redundância na interação com ambientes tecnológicos. Para o usuário navegar pelos princípios basta clicar sobre os números, ou clicar no “X” para voltar à tela inicial da imagem interativa apresentada na Figura 20. Esta página pode ser observada com mais detalhes pelo link: <https://bit.ly/3eADXfR>.

Já os princípios para a apresentação de conteúdos estão no submenu Conteúdos. A página inicial desta subcategoria pode ser observada na Figura 21.

Figura 21 - Página inicial dos princípios para a apresentação de conteúdo.



Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Na figura 21, o leitor deverá acionar o botão clique aqui para ver os princípios que são dispostos em uma lista, como pode ser observado na Figura 22.

Como pode ser identificado na Figura 22, os dez princípios para o balanceamento da carga cognitiva na apresentação de conteúdos estão distribuídos em uma linha vertical e a troca de princípios ocorre através do clique nos diferentes números. Esta imagem interativa que apresenta os princípios de balanceamento da carga cognitiva na apresentação de conteúdo pode ser vista com mais detalhes no link: <https://bit.ly/3dAICz0>.

Figura 22- Princípio da coerência para apresentação de conteúdo.

Princípios para minimizar a Carga Cognitiva na Apresentação de Conteúdos

Aspecto 5: COERÊNCIA

Eliminar tudo o que não for estritamente necessário ao aprendizado do conteúdo.
Design atrativo e de fácil visualização.

Direcionar o aprendizado através do uso de configurações gráficas visuais.

- **Cores**
- **Negrito**
- *Itálico*
- Sublinhado

DESIGN

Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Caso o leitor decida por não visualizar as páginas de conteúdo do Framework ele pode ir direto para as páginas de avaliação da carga cognitiva na educação, que também foram divididas em dois submenus: a) Avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdos e b) Avaliação da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico.

A avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdos possui um total de 10 categorias elencadas a partir do estudo, mas que foram agrupadas para 8 na formulação do checklist. Esse agrupamento se deu nos princípios de Multimídia e modalidade; e Pré-formação e sinalização. Esse agrupamento ocorreu devido à aproximação conceitual das questões elaboradas a fim de impedir que o leitor precisasse responder duas vezes a mesma pergunta para dar base às outras perguntas específicas das categorias agrupadas. Sendo assim, as 8 categorias do checklist de avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdos são: a) Multimídia e Modalidade; b) Proximidade espacial e temporal; c) Personalização; d) Coerência; e) Pré-Formação e Sinalização; f) Materiais de apoio; g) Gerenciamento da Carga Cognitiva; h) Exemplos resolvidos. As questões têm como possibilidade de resposta as opções “sim” e “não”, sendo que, para cada opção de resposta, o framework dará um feedback específico imediato. Ao final, será possível fazer o download do relatório completo da avaliação realizada.

Já o checklist de avaliação da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico está subdividido em 7 categorias: a) Personalização; b) Coerência e Design de tela; c) Redundância; d) Consistência; e) Apoio navegacional; f) Interatividade; g) Ajuda. Como no outro checklist, este também tem como possibilidades de resposta as opções “sim” e “não”, com feedbacks imediatos e relatório completo ao final da avaliação.

Importante destacar que os princípios de balanceamento da carga cognitiva na apresentação de conteúdos e na interatividade com o ambiente tecnológico estarão descritos resumidamente junto a cada categoria, de modo que o checklist não gere o efeito da atenção dividida. Do mesmo modo, o feedback imediato foi pensado com o mesmo propósito: balancear a carga cognitiva do usuário. Na próxima seção os dois checklists serão descritos de forma mais detalhada, apresentando as possibilidades de resposta e os seus respectivos feedbacks.

6.1 AVALIAÇÃO DA CARGA COGNITIVA

Para o desenvolvimento da avaliação, tem-se à disposição dois checklists diferentes, um para a avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdos e outro para a avaliação da carga cognitiva na interatividade com o ambiente tecnológico. Ambos têm acesso direto pelo menu principal localizado na parte superior da interface do FACCE e são expostos sequencialmente de acordo com os princípios descritos no capítulo anterior.

O checklist para a avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdos possui, ao todo, 22 questões subdivididas em 8 categorias e o checklist de avaliação da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico contém, ao todo, 10 questões subdivididas em 7 categorias. As respostas são fechadas com opções de sim e não. Algumas categorias possuem mais questões, uma vez que necessitam de maior detalhamento no checklist para atingir todas as suas singularidades no relatório. Para melhor exemplificar cada um dos questionários e possibilitar uma descrição mais aprofundada de cada categoria, os checklists foram divididos nos Quadros 5 e 6 e serão apresentados a seguir.

Quadro 5 - Checklist para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo.

(continua)

Questões para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo		
Diretrizes	Questões	Avaliação/ resultados
<p>Multimídia e Modalidade</p> <p>Texto explicativo: Sugere a apresentação de recursos visuais para a representação de conteúdos, bem como o uso de narrativas como forma de complementar a explicação deles.</p>	<p>1. Existem imagens ou gráficos para representação/explicação do conteúdo? () sim () não (Se for sim abre as demais)</p> <p>1.a) A explicação das imagens ou gráficos é apresentada no formato textual? () sim () não</p>	<p>1=SIM; 1.a=SIM; 1.b=SIM.</p> <p>Resposta: O material atinge parcialmente os objetivos das diretrizes de multimídia e modalidade. Integre o uso de recursos visuais e auditivos de forma a maximizar a operação de elementos na memória de trabalho.</p>

Quadro 5 - Checklist para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo.

(continuação)

Questões para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo		
Diretrizes	Questões	Avaliação/ resultados
<p>Multimídia e Modalidade</p> <p>Texto explicativo: Sugere a apresentação de recursos visuais para a representação de conteúdos, bem como o uso de narrativas como forma de complementar a explicação dos mesmos.</p> <p>Existe uma imagem representativa.</p>	<p>1. Existem imagens ou gráficos para representação/explicação do conteúdo? () sim () não (Se for sim abre as demais)</p> <p>1.a) A explicação das imagens ou gráficos é apresentada no formato textual? () sim () não 1.b) Existem explicações narrativas do conteúdo apresentado em imagens ou gráficos? () sim () não</p>	<p>1=NÃO. Resposta: O material não atinge os objetivos das diretrizes de Multimídia e Modalidade. Integre o uso de recursos visuais e auditivos de forma a maximizar a operação de elementos na memória de trabalho.</p> <p>1=SIM; 1.a=SIM; 1.b=NÃO. Resposta: O material não atinge os objetivos das diretrizes de multimídia e modalidade. Dar preferência à explicação textual narrada quando forem utilizados elementos visuais como animações ou imagens.</p> <p>1=SIM; 1.a=NÃO; 1.b=SIM. Resposta: O material atinge os objetivos das diretrizes de multimídia e modalidade.</p> <p>1=SIM; 1.a=NÃO; 1.b=NÃO. Resposta: O material não atinge os objetivos das diretrizes de Multimídia e Modalidade. Integre o uso de recursos visuais e auditivos de forma a maximizar a operação de elementos na memória de trabalho.</p>
<p>Proximidade espacial e temporal</p> <p>Texto explicativo: Sugere a integração de elementos gráficos e textuais quando os mesmos não são compreendidos separadamente. Existe uma imagem representativa. Texto de explicação da imagem: "no gráfico a direita a pessoa precisa da legenda que está separada do gráfico para compreendê-lo. No gráfico a esquerda a compreensão é completa apenas usando o gráfico"</p>	<p>1. Em conteúdos apresentados no formato textual (visual) existem imagens ou gráficos que complementam as explicações? () sim () não (Se for sim abre a próxima)</p> <p>1.a) As imagens ou gráficos podem ser compreendidos integralmente sem a necessidade de leitura complementar na sequência do conteúdo? (elementos textuais ou narrados, necessários à compreensão da imagem ou gráfico estão integrados) () sim () não</p>	<p>1=NÃO Resposta: As diretrizes de Proximidade espacial e temporal não se aplicam a este material.</p> <p>1=SIM; 1.a=NÃO Resposta: O material não atinge os objetivos das diretrizes de proximidade espacial e temporal. Integre elementos textuais e narrativos em imagens e gráficos para que estes sejam compreendidos de forma isolada.</p> <p>1=SIM; 1.a=SIM. Resposta: O material atinge os objetivos das diretrizes de Proximidade espacial e temporal</p>

Quadro 5 - Checklist para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo.

(continuação)

Questões para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo		
Diretrizes	Questões	Avaliação/ resultados
<p>Personalização</p> <p>Texto explicativo: Sugere a utilização da Linguagem Natural (teor de conversa) para explicação de conteúdos escritos e narrados.</p>	<p>1. Os textos escritos e narrados são de fácil compreensão para estudantes (sem elementos linguísticos complexos, comparados à linguagem falada)?</p> <p>() sim () não</p>	<p>1=SIM Resposta: O material atinge os objetivos da Personalização.</p> <p>1=NÃO Resposta: O material não atinge os objetivos da personalização. Utilizar, sempre que possível, a linguagem natural tanto escrita quanto narrada na explicação dos conteúdos.</p>
<p>Coerência</p> <p>Texto explicativo: Sugere a subtração de elementos desnecessários ao aprendizado do conteúdo, além da utilização de configurações gráficas para direcionar o aprendizado e tornar o conteúdo mais atrativo e de fácil visualização (uso de negrito, itálico, sublinhado e cores)</p>	<p>1. Os elementos visuais, disponíveis no material didático, são todos essenciais à explicação do conteúdo? () sim () não</p> <p>2. Existem elementos indicativos (negrito e cores e sublinhado para links) para destacar informações importantes? () sim () não</p>	<p>1=SIM; 2=SIM; Resposta: O material atinge os objetivos da Coerência.</p> <p>1=SIM; 2=NÃO Resposta: O material atinge parcialmente os objetivos da Coerência. É importante formatar o design do material para tornar o conteúdo mais atrativo e de fácil visualização, bem como direcionar o aprendizado através do uso de configurações gráficas visuais.</p> <p>1=NÃO; 2=SIM; Resposta: O material atinge parcialmente os objetivos da Coerência. É importante eliminar do material didático tudo o que não for estritamente necessário ao aprendizado do conteúdo.</p> <p>1=NÃO 2=NÃO Resposta: O material não atinge os objetivos da Coerência. É importante eliminar do material didático tudo o que não for estritamente necessário ao aprendizado do conteúdo. Além disso é importante formatar o design do material para tornar o conteúdo mais atrativo e de fácil visualização, bem como direcionar o aprendizado através do uso de configurações gráficas visuais.</p>

Quadro 5 - Checklist para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo.

(continuação)

Questões para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo		
Diretrizes	Questões	Avaliação/ resultados
<p>Pré-Formação e Sinalização</p> <p>Texto explicativo: Em animações sugere-se: Nivelar o conhecimento dos alunos para que todos compreendam o conteúdo. Sinalizar visualmente o caminho da narração.</p>	<p>1. Há explicação de conteúdo apresentado em elementos de animação ou simulação? () sim () não</p> <p>As demais só abrem se a primeira for sim. 1.a) Existem indicações visuais do caminho percorrido em animações e simulações narradas (setas, destaques visuais do caminho)? () sim () não</p> <p>1.b) A simulação ou animação é compreensível sem a necessidade de formação prévia? () sim () não</p> <p>se for não a resposta da 1.b) abre a 1.b.1</p> <p>1.b.1) Há alguma explicação prévia de conceitos complexos apresentados nas animações ou simulações? () sim () não</p> <p>só abre se a resposta anterior for sim</p> <p>1.b.1.a) Essa explicação prévia é narrada? () sim () não</p>	<p>1=NÃO Resposta: As diretrizes de Pré-Formação e Sinalização não se aplicam a este material. 1=SIM; 1.a=SIM; 1.b=SIM. Resposta: o material atinge os objetivos de Pré-formação e Sinalização 1=SIM; 1.a=NÃO; 1.b=SIM. Resposta: O material atinge os objetivos da Pré-formação mas não atinge os objetivos da Sinalização. É importante dar indicações visuais do caminho percorrido pelo narrador. 1=SIM; 1.a=SIM; 1.b=NÃO. 1.b.1=NÃO Resposta: O material atinge os objetivos da Sinalização. O material não atinge os objetivos da Pré-formação. É importante dar condições iguais de conhecimento aos estudantes antes da apresentação de narrações e/ou animações. 1=SIM; 1.a=NÃO; 1.b=NÃO. 1.b.1=NÃO Resposta: O material não atinge os objetivos de Sinalização e pré-formação. É importante dar indicações visuais do caminho percorrido pelo narrador. Além de dar condições iguais de conhecimento aos estudantes antes da apresentação de narrações e/ou animações. 1=SIM; 1.a=NÃO; 1.b=NÃO. 1.b.1=SIM 1.b.1.a=NÃO Resposta: O material atinge parcialmente os objetivos da Pré-formação e não atinge os objetivos da sinalização. Quando apresenta-se um material visual como uma animação ou simulação, é importante utilizar um elemento auditivo para explicar e/ou nivelar o conhecimento dos estudantes. É importante também dar indicações visuais do caminho percorrido pelo narrador na animação ou simulação.</p>

Quadro 5 – Checklist para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo.

(continuação)

Questões para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo		
Diretrizes	Questões	Avaliação/ resultados
<p>Pré-Formação e Sinalização</p> <p>Texto explicativo: Em animações sugere-se: Nivelar o conhecimento dos alunos para que todos compreendam o conteúdo. Sinalizar visualmente o caminho da narração</p>		<p>1=SIM; 1.a=NÃO; 1.b=NÃO. 1.b.1=SIM 1.b.1.a=SIM</p> <p>Resposta: O material atinge os objetivos da Pré-formação e não atinge os objetivos da sinalização. É importante dar indicações visuais do caminho percorrido pelo narrador na animação ou simulação.</p> <p>1=SIM; 1.a=SIM; 1.b=NÃO. 1.b.1=SIM 1.b.1.a=SIM</p> <p>Resposta: o material atinge os objetivos de Pré-formação e Sinalização</p> <p>1=SIM; 1.a=SIM; 1.b=NÃO. 1.b.1=SIM 1.b.1.a=NÃO</p> <p>O material atinge os objetivos da Sinalização. O material atinge parcialmente os objetivos da Pré-formação. É importante usar explicações narradas quando se vai oferecer uma animação ou simulação.</p>
<p>Materiais de apoio</p> <p>Texto explicativo: Em aulas síncronas (em tempo real), sugere-se o fornecimento de material de apoio para acesso posterior.</p>	<p>1. Existem aulas síncronas (em tempo real)? (chats e webconferências) () sim () não Se a resposta da 1 for sim abre a 1.a)</p> <p>1.a) Existe material de apoio para essas aulas? (apresentação de slides, leitura de material prévio ou complementar). () sim () não</p>	<p>1=NÃO</p> <p>Resposta: A diretriz de Materiais de apoio não se aplica a este material.</p> <p>1=SIM 1.a=NÃO</p> <p>Resposta: O material não atinge os objetivos da diretriz de Materiais de apoio. Em aulas síncronas, é importante fornecer material de apoio para acesso posterior como apresentação de slides e leituras de material prévio ou complementar.</p> <p>1=SIM 1.a=SIM</p> <p>Resposta: O material atinge os objetivos da diretriz de Materiais de apoio.</p>

Quadro 5 - Checklist para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo.

(continuação)

Questões para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo		
Diretrizes	Questões	Avaliação/ resultados
<p>Gerenciamento da Carga Cognitiva</p> <p>Texto explicativo: Sugere a separação de conteúdos complexos em partes menores para facilitar a construção do conhecimento sem gerar sobrecarga cognitiva.</p>	<p>1. O conteúdo do material é complexo ou exige a integração de muitos elementos de conhecimento para a compreensão total do assunto? () sim () não</p> <p>Só abre se for sim a anterior 1.a) Há uma subdivisão do conteúdo complexo em unidades menores de aprendizado? () sim () não</p> <p>só abre se a anterior for sim 1.a.1) A quantidade de elementos novos (ainda não estudados pelos alunos) é maior do que 7?</p> <p>1. Levando em consideração a ideia de esquemas de informação: Se estiver aprendendo o alfabeto (7 letras = 7 elementos novos). Letras formam palavras (7 palavras = 7 elementos novos) Palavras se agrupam para dar sentido às informações mais complexas (7 assuntos = 7 elementos). () sim () não</p>	<p>1=NÃO Resposta: A diretriz de gerenciamento da carga cognitiva não se aplica a este material.</p> <p>Se a resposta da 1 for sim, abre a questão 1.a</p> <p>1=SIM 1.a=NÃO Resposta: O Material não atinge os objetivos do Gerenciamento da Carga Cognitiva, pois sobrecarrega a memória do estudante. No processo de ensino, separar conhecimentos complexos em pedaços menores garante maior compreensão dos mesmos pelo estudante.</p> <p>Se a resposta da 1.a for sim abre a questão 1.a.1</p> <p>1=SIM 1.a=SIM 1.a.1=NÃO Resposta: O material atinge os objetivos da diretriz de Gerenciamento da carga cognitiva.</p> <p>1=SIM 1.a=SIM 1.a.1=SIM Resposta: O Material não atinge os objetivos do Gerenciamento da Carga Cognitiva. No processo de ensino, separar conhecimentos complexos em pedaços menores garante maior compreensão dos mesmos pelo estudante.</p>
<p>Exemplos resolvidos</p> <p>Texto explicativo: Sugere a apresentação de contextos variados em exercícios de conteúdos sequenciais (matemática, física etc.), bem como fazer a transição de exercícios resolvidos > exercícios parcialmente resolvidos > exercícios a resolver.</p>	<p>1. Existem exercícios de conteúdo lógico-sequencial? (matemática, física, química, engenharias, programação etc.) () sim () não</p> <p>se a 1 for sim abre as próximas 1.a) Há exemplos resolvidos que permitem a compreensão do passo a passo para a realização do exercício? () sim () não</p> <p>1.b) Existem exercícios parcialmente resolvidos? (com partes resolvidas e outras ainda a resolver) () sim () não</p>	<p>1=NÃO Resposta: A diretriz de exemplos resolvidos não se aplica a este material.</p> <p>1=SIM 1.a=SIM 1.b=SIM 1.c=SIM Resposta: O material atinge os objetivos da diretriz de Exemplos resolvidos</p>

Quadro 5 - Checklist para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo.

(continuação)

Questões para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo		
Diretrizes	Questões	Avaliação/ resultados
<p>Exemplos resolvidos</p> <p>Texto explicativo: Sugere a apresentação de contextos variados em exercícios de conteúdos sequenciais (matemática, física etc.), bem como fazer a transição de exercícios resolvidos > exercícios parcialmente resolvidos > exercícios a resolver.</p>	<p>1. Existem exercícios de conteúdo lógico-sequencial? (matemática, física, química, engenharias, programação etc.) () sim () não se a 1 for sim abre as próximas</p> <p>1.a) Há exemplos resolvidos que permitem a compreensão do passo a passo para a realização do exercício? () sim () não</p> <p>1.b) Existem exercícios parcialmente resolvidos? (com partes resolvidas e outras ainda a resolver) () sim () não</p>	<p>1=SIM 1.a=NÃO 1.b=NÃO 1.c=NÃO Resposta: O material não atinge os objetivos da diretriz, exemplos resolvidos. Em conteúdo de aprendizado sequencial, é importante apresentar variação de contexto entre exercícios, além de fazer a transição de soluções resolvidas para exercícios a resolver. Se a 1 for sim e pelo menos 1 das demais respostas forem sim. 1=SIM 1.a=SIM 1.b=SIM 1.c=NÃO Resposta: O material atinge parcialmente os objetivos da diretriz de exemplos resolvidos. Em conteúdo de aprendizado sequencial, é importante apresentar variação de contexto entre exercícios. 1=SIM 1.a=NÃO 1.b=NÃO 1.c=SIM Resposta: O material atinge parcialmente os objetivos da diretriz de exemplos resolvidos. Em conteúdo de aprendizado sequencial, é importante fazer a transição de soluções resolvidas para exercícios a resolver. 1=SIM 1.a=SIM 1.b=NÃO 1.c=NÃO Resposta: O material atinge parcialmente os objetivos da diretriz de exemplos resolvidos. Em conteúdos de aprendizado sequencial, é importante fazer a transição de soluções resolvidas para exercícios a resolver, além de apresentar variação de contexto entre exercícios. 1=SIM 1.a=SIM 1.b=NÃO 1.c=SIM Resposta: O material atinge parcialmente os objetivos da diretriz de exemplos resolvidos. Em conteúdo de aprendizado sequencial, é importante fazer a transição de soluções resolvidas para exercícios a resolver.</p>

Quadro 5 - Checklist para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo.

(conclusão)

Questões para avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdo		
Diretrizes	Questões	Avaliação/ resultados
<p>Exemplos resolvidos</p> <p>Texto explicativo: Sugere a apresentação de contextos variados em exercícios de conteúdos sequenciais (matemática, física etc.), bem como fazer a transição de exercícios resolvidos > exercícios parcialmente resolvidos > exercícios a resolver.</p>	<p>1. Existem exercícios de conteúdo lógico-sequencial? (matemática, física, química, engenharias, programação etc.) () sim () não se a 1 for sim abre as próximas</p> <p>1.a) Há exemplos resolvidos que permitem a compreensão do passo a passo para a realização do exercício? () sim () não</p> <p>1.b) Existem exercícios parcialmente resolvidos? (com partes resolvidas e outras ainda a resolver) () sim () não</p>	<p>1=SIM 1.a=NÃO 1.b=SIM 1.c=NÃO</p> <p>Resposta: O material não atinge os objetivos da diretriz, exemplos resolvidos. Em conteúdo de aprendizado sequencial, é importante apresentar variação de contexto entre exercícios, além de fazer a transição de soluções resolvidas para exercícios a resolver.</p>

Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Como pode ser visto no Quadro 5, cada uma das categorias possui uma descrição, que exemplifica o que deve ser observado ao responder às questões propostas. Ainda, possui opções de feedback para cada probabilidade de resposta ao questionário.

No checklist dentro do FACCE, a primeira página solicita o preenchimento de dois campos: o nome do recurso educacional e o seu próprio nome. Como recurso educacional o avaliador pode utilizar conjuntos de slides, e-book, livro didático, recursos educacionais digitais como jogos, simulações, animações, vídeos etc. Esses campos serão apresentados no topo do relatório final a fim de identificar o que foi avaliado e por quem quando ele for impresso. A página de abertura das avaliações pode ser visualizada na Figura 23.

Figura 23 - Informações de abertura da avaliação de conteúdo.

Avaliação de Conteúdo

Por favor, preencha estas informações antes de iniciar:

Recurso Educacional:

Nome do Avaliador:

Iniciar

Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Após o preenchimento das informações solicitadas, deve-se clicar no botão de “Iniciar” para visualizar a primeira questão do checklist avaliativo.

Na segunda página é possível visualizar a categoria multimídia e modalidade. A primeira questão desta inspeção busca saber se o material possui a mescla de recursos visuais e auditivos, enquanto as duas questões secundárias ficam a cargo de identificar em que medida esses princípios são atendidos. A página de avaliação dessa categoria pode ser vista na Figura 24.

Figura 24 - Checklist Categoria Multimídia e modalidade

Avaliação de Conteúdo

Princípio 1 de 8

1 - Multimídia e Modalidade

Sugere a apresentação de recursos visuais para a representação de conteúdos, bem como o uso de narrativas como forma de complementar a explicação dos mesmos.

MULTIMÍDIA		MODALIDADE	
 CASA	 CASA	 C de CASA	 C de CASA
✓	✗	✓	✗

Existem imagens ou gráficos para representação/explicação do conteúdo
 Sim Não

A explicação das imagens ou gráficos é apresentada no formato textual?
 Sim Não

Existem explicações narrativas do conteúdo apresentado em imagens ou gráficos?
 Sim Não

[Próximo](#)

Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

A próxima categoria a ser avaliada é a categoria Proximidade espacial e temporal, nela existe uma exemplificação visual do que se espera observar (Figura 24). Nesta categoria são apenas duas questões, a primeira para identificar se as especificidades da categoria se aplicam ao recurso avaliado e a segunda, que só é aberta em caso de resposta positiva à primeira questão, serve para observar se o recurso atende às particularidades da categoria.

Figura 25 - Categoria Proximidade espacial e temporal

Avaliação de Conteúdo

Princípio 2 de 8

2 - Proximidade espacial e temporal

Sugere a integração de elementos gráficos e textuais quando os mesmos não são compreendidos separadamente.



Vendas da Manhã

Gráfico de pizza com legenda integrada. O gráfico mostra: Bolo (14%), Torta (13%), Biscoito (12%), Café (26%), Chá (32%). Um checkmark verde está ao lado.



Vendas da Manhã

Gráfico de pizza com legenda separada. O gráfico mostra: Bolo (14%), Torta (13%), Biscoito (12%), Café (26%), Chá (32%). A legenda está separada e marcada com um X vermelho.

Texto de explicação da imagem: "no gráfico a direita a pessoa precisa da legenda que está separada do gráfico para compreendê-lo. no gráfico a esquerda a compreensão é completa apenas usando o gráfico"

Em conteúdos apresentados no formato textual (visual) existem imagens ou gráficos que complementam as explicações?

Sim Não

As imagens ou gráficos podem ser compreendidos integralmente sem a necessidade de leitura complementar na sequência do conteúdo? (elementos textuais ou narrados, necessários à compreensão da imagem ou gráfico estão integrados)

Sim Não

O material não atinge os objetivos das diretrizes de proximidade espacial e temporal. Integrar elementos textuais e narrativos em imagens e gráficos para que estes sejam compreendidos de forma isolada.

[Próximo](#)

Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Nesta categoria, além da imagem que serve para exemplificar, é oferecida uma explicação que permite maior compreensão daquilo que se busca avaliar que diz: “No gráfico à direita a pessoa precisa da legenda que está separada do gráfico para compreendê-lo. No gráfico à esquerda a compreensão é completa apenas usando o gráfico.” (FALCADE, 2021).

Os princípios da Pré-Formação e da Sinalização foram unidos em uma mesma categoria, pois ambos necessitam da existência de animações ou simulações para serem aplicáveis ao

conteúdo. Confirmada a existência desses elementos, as demais questões buscam responder às particularidades de cada princípio, sendo que cada combinação de resposta possui um feedback especial.

Apesar da categoria de Exemplos resolvidos ser apenas um princípio de balanceamento da carga cognitiva, ele possui diversas ramificações que precisam ser observadas. Assim, a primeira questão busca identificar a existência dos conteúdos específicos abrangidos nesta categoria (sequência lógica de aprendizagem, como matemática, física, programação, entre outros). Havendo a existência desses conteúdos, as demais questões foram pensadas para explorar a aplicação dessas diferentes ramificações. Também foi importante pensar nas diferentes possibilidades de feedback para que os resultados fossem específicos e não genéricos na apresentação do relatório final.

Para a avaliação da carga cognitiva na interatividade com o ambiente tecnológico foram usadas as questões e seus respectivos feedbacks de acordo com o exposto no Quadro 6.

Quadro 6 - Checklist para avaliação da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico.

(continua)

Checklist para avaliação da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico		
Diretrizes	Questões	Avaliação/ resultados
<p>Personalização</p> <p>Texto explicativo: Sugere a utilização de Linguagem Natural (teor de conversa) na descrição de atividades dentro do ambiente virtual.</p>	<p>1. As mensagens e descrição de atividades no ambiente são de fácil compreensão para estudantes (sem elementos linguísticos complexos, comparados à linguagem falada)? () sim () não</p>	<p>1=SIM Resposta: O material atinge os objetivos da Personalização.</p> <p>1=NÃO Resposta: O material não atinge os objetivos da personalização. Utilizar, sempre que possível, a linguagem natural, tanto escrita quanto narrada, na explicação de atividades e conteúdos.</p>
<p>Coerência e Design de tela</p> <p>Texto explicativo: Sugere a subtração de elementos desnecessários ao aprendizado do conteúdo, além da utilização de configurações gráficas para direcionar o aprendizado e tornar o conteúdo mais atrativo e de fácil visualização (uso de negrito, itálico, sublinhado e cores)</p>	<p>1. Os elementos visuais, disponíveis no ambiente virtual, são todos essenciais à explicação do conteúdo? () sim () não</p> <p>2. Existem elementos indicativos (negrito e cores e sublinhado para links) para destacar informações importantes? () sim () não</p>	<p>1=SIM 2=SIM Resposta: O ambiente virtual atinge os objetivos da Coerência.</p> <p>1=SIM 2=NÃO Resposta: O ambiente virtual atinge parcialmente os objetivos da Coerência. É importante organizar o ambiente virtual para tornar o conteúdo mais atrativo e de fácil visualização, bem como direcionar o aprendizado através do uso de configurações gráficas visuais.</p>

Quadro 6 - Checklist para avaliação da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico.

(continuação)

Checklist para avaliação da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico		
Diretrizes	Questões	Avaliação/ resultados
<p>Coerência e Design de tela</p> <p>Texto explicativo: Sugere a subtração de elementos desnecessários ao aprendizado do conteúdo, além da utilização de configurações gráficas para direcionar o aprendizado e tornar o conteúdo mais atrativo e de fácil visualização (uso de negrito, itálico, sublinhado e cores)</p>	<p>1. Os elementos visuais, disponíveis no ambiente virtual, são todos essenciais à explicação do conteúdo? () sim () não</p> <p>2. Existem elementos indicativos (negrito e cores e sublinhado para links) para destacar informações importantes? () sim () não</p>	<p>1=não 2=sim</p> <p>Resposta: O material atinge parcialmente os objetivos da Coerência. É importante eliminar do ambiente virtual tudo o que não for estritamente necessário ao aprendizado do conteúdo ou à resolução das atividades.</p> <p>1=NÃO 2=NÃO</p> <p>Resposta: O seu ambiente virtual não atinge os objetivos da Coerência. É importante organizar o ambiente virtual para tornar o conteúdo mais atrativo e de fácil visualização, bem como direcionar o aprendizado através do uso de configurações gráficas visuais. Ainda, é fundamental eliminar do ambiente virtual tudo o que não for estritamente necessário ao aprendizado do conteúdo ou à resolução das atividades.</p>
<p>Redundância</p> <p>Texto explicativo: Sugere que um mesmo conteúdo não deve ser apresentado mais de uma vez, exceto quando em diferentes formatos de visualização.</p>	<p>1. Há mais de uma apresentação/recurso para o mesmo conteúdo? () sim () não Só abre a próxima se a anterior for sim. 1.a) Conteúdos apresentados mais de uma vez são disponibilizados em formatos de visualização diferentes? () sim () não</p>	<p>1=NÃO</p> <p>Resposta: O seu ambiente atinge os objetivos da Redundância. No entanto, apresentar um mesmo conteúdo em recursos diferentes (visuais e auditivos) possibilita ao estudante a visualização do material de sua preferência, aumentando a motivação em aprender.</p> <p>1=SIM 1.a=SIM</p> <p>Resposta: O seu ambiente atinge os objetivos da redundância, bem como possibilita ao estudante a visualização do material de sua preferência.</p> <p>1=SIM 1.a=NÃO</p> <p>Resposta: O seu ambiente não atende aos princípios da Redundância. A apresentação de um conteúdo em dois recursos de mesmo tipo (por exemplo textual) gera uma sobrecarga cognitiva na memória de trabalho do estudante.</p>

Quadro 6 - Checklist para avaliação da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico.

(continuação)

Checklist para avaliação da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico		
Diretrizes	Questões	Avaliação/ resultados
<p>Consistência</p> <p>Texto explicativo: Sugere a organização regular do curso dentro do ambiente virtual, para que o estudante possa reconhecer as principais funções que precisa indiferentemente de qual localização ele se encontra.</p>	<p>1. Existe regularidade na apresentação do curso dentro do ambiente virtual? (as informações/recursos seguem a mesma disposição nas diferentes unidades de aprendizagem). () sim () não</p>	<p>1=NÃO Resposta: O ambiente virtual não atinge os objetivos da consistência. É necessário manter uma regularidade na organização do ambiente virtual a fim de favorecer a fluência tecnológica do estudante. Um ambiente com pouca regularidade dificulta a navegação pelo ambiente, além de sobrecarregar a memória de trabalho com informações desnecessárias.</p> <p>1=SIM Resposta: O ambiente virtual atinge os objetivos da Consistência.</p>
<p>Apoio navegacional</p> <p>Texto explicativo: Sugere a criação de um Mapa do curso, com informações sobre leituras importantes e atividades. Recomenda também, um passeio guiado, para estudantes sem experiência naquele ambiente de modo a gerar o reconhecimento daquilo que ele precisa.</p>	<p>1. Existe descrição inicial sobre o planejamento do professor para o curso/disciplina/aula? (avaliações, presença nas atividades, leituras obrigatórias e complementares e formas de interação com o professor) () sim () não</p> <p>1. Existe material que auxilie a navegação do usuário pelo ambiente virtual? () sim () não</p>	<p>1=SIM 2=SIM Resposta: Seu ambiente virtual atinge os objetivos do Apoio navegacional.</p> <p>1=NÃO 2=NÃO Resposta: O ambiente não atinge os objetivos da diretriz de Apoio Navegacional. É importante oferecer material de apoio à utilização técnica do ambiente virtual. Ainda, no apoio navegacional, torna-se necessária uma descrição inicial do curso ou unidade de aprendizagem que informe o que o professor espera do estudante, podendo ser um roteiro textual ou narrado.</p> <p>1=NÃO 2=SIM Resposta: O ambiente virtual atinge parcialmente os objetivos da diretriz Apoio navegacional. Torna-se necessária uma descrição inicial do curso ou unidade de aprendizagem que informe o que o professor espera do estudante, podendo ser um roteiro textual ou narrado.</p> <p>1=SIM 2=NÃO Resposta: O ambiente atinge parcialmente os objetivos da diretriz de Apoio Navegacional. É importante oferecer material de apoio à utilização técnica do ambiente virtual.</p>

Quadro 6 - Checklist para avaliação da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico.

(conclusão)

Checklist para avaliação da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico		
Diretrizes	Questões	Avaliação/ resultados
Interatividade Texto explicativo: Sugere a utilização de links para o direcionamento de atividades e leituras em explicações introdutórias.	1. Existem links que conectam espaços dentro do ambiente virtual? (links que cortam caminho entre um espaço e outro, entre um conteúdo e uma atividade) () sim () não	1=SIM Resposta: O ambiente virtual atinge os objetivos da diretriz de Interatividade. 1=NÃO Resposta: O ambiente virtual não atinge os objetivos da Interatividade. É importante fornecer links para atividades e leituras quando existir descrição de unidades de estudo, cortando caminho dentro do sistema.
Ajuda Texto explicativo: Sugere a criação de um espaço para dúvidas sobre o ambiente e sobre o conteúdo (fóruns e chats)	1. Há a disponibilização de espaços para interações de alunos com o professor para resolução de questionamentos e dúvidas? (fóruns, chats, webconferências) () sim () não	1=SIM Resposta: O ambiente virtual atinge os objetivos da diretriz Ajuda. 1=NÃO Resposta: O ambiente não atinge os objetivos da diretriz Ajuda. É importante fornecer espaço para dúvidas sobre o ambiente e sobre o conteúdo (fóruns e chats).

Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Ao observar o Quadro 6 é possível perceber que o checklist de avaliação da carga cognitiva na interatividade com o ambiente tecnológico é mais simples do que o Checklist apresentado no Quadro 5, isto porque cada categoria possui menor número de possibilidades de aplicação, ou seja, as categorias possuem uma perspectiva mais direta para a obtenção do resultado.

Das sete categorias presentes neste checklist, quatro delas possuem apenas uma questão. São elas: Personalização, Consistência, Interatividade e Ajuda. As outras três categorias possuem, cada uma, duas questões.

A categoria Coerência e Design de tela possui duas questões por tratar de ramificações diferentes na organização do espaço visual do ambiente. A primeira questão trata dos elementos visuais desnecessários na interface que ocupam espaço extra na memória do estudante e a segunda questão aborda o uso de destaques gráficos que direcionam o olhar para as informações mais importantes. Cada questão possui feedback próprio a fim de garantir um retorno mais específico ao avaliador. A categoria Coerência e Design de tela pode ser observada na Figura 26.

Figura 26 - Categoria coerência e design de tela na avaliação do ambiente tecnológico.

Voltar

Avaliação da carga cognitiva na interatividade com o ambiente tecnológico

Princípio 2 de 7

Coerência e Design de tela

Sugere a subtração de elementos desnecessários ao aprendizado do conteúdo, além da utilização de configurações gráficas para direcionar o aprendizado e tornar o conteúdo mais atrativo e de fácil visualização (uso de negrito, itálico, sublinhado e cores)



C de Casa



CASA

Os elementos visuais, disponíveis no ambiente virtual, são todos essenciais à explicação do conteúdo?

Sim Não

Existem elementos indicativos (negrito e cores e sublinhado para links) para destacar informações importantes?

Sim Não

O material atinge parcialmente os objetivos da Coerência. É importante eliminar do ambiente virtual tudo o que não for estritamente necessário ao aprendizado do conteúdo ou à resolução das atividades.

Próximo

Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Na categoria Redundância, a primeira questão visa identificar a existência de mais de um recurso com o mesmo conteúdo, sendo este um princípio básico da Teoria da Carga Cognitiva, uma vez que afirma que o ideal é não repetir o mesmo conteúdo mais de uma vez. Já a segunda questão, que só é aberta quando há a confirmação da existência de mais recursos, atenta para o conceito de estilos cognitivos comentado na seção 4.2.6, que afirma a importância de ofertar o mesmo conteúdo em diferentes formatos a fim de atingir as diferentes preferências dos estudantes na construção de suas aprendizagens.

A terceira categoria com duas questões é o Apoio navegacional, uma vez que ela possui duas ramificações. A primeira trata da apresentação do que se espera do estudante naquele curso e a segunda trata da própria navegação dentro do ambiente tecnológico.

Ao final das avaliações, tanto no checklist de conteúdo, quanto no checklist de ambiente tecnológico é possível rever todos os feedbacks individuais apresentados no decorrer da avaliação, como pode ser observado na Figura 27.

Figura 27 - Relatório da avaliação do ambiente tecnológico.

	<p>Framework para a Avaliação da Carga Cognitiva na Educação</p> <p>Avaliação da carga cognitiva na interatividade com o ambiente tecnológico</p> <p>Objeto avaliado: teste</p> <p>Avaliador: teste</p> <p>Data da avaliação: 11/09/2021</p>
	<hr/> <p>1 - Personalização O material não atinge os objetivos da personalização. Utilizar, sempre que possível, a linguagem natural, tanto escrita quanto narrada, na explicação de atividades e conteúdos.</p> <hr/> <p>2 - Coerência e Design de tela O material atinge parcialmente os objetivos da Coerência. É importante eliminar do ambiente virtual tudo o que não for estritamente necessário ao aprendizado do conteúdo ou à resolução das atividades.</p> <hr/> <p>3 - Redundância O seu ambiente não atende aos princípios da Redundância. A apresentação de um conteúdo em dois recursos de mesmo tipo (por exemplo textual) gera uma sobrecarga cognitiva na memória de trabalho do estudante.</p> <hr/> <p>4 - Consistência O ambiente virtual não atinge os objetivos da consistência. É necessário manter uma regularidade na organização do ambiente virtual a fim de favorecer a fluência tecnológica do estudante. Um ambiente com pouca regularidade dificulta a navegação pelo ambiente, além de sobrecarregar a memória de trabalho com informações desnecessárias.</p> <hr/> <p>5 - Apoio navegacional O ambiente atinge parcialmente os objetivos da diretriz de Apoio Navegacional. É importante oferecer material de apoio à utilização técnica do ambiente virtual.</p> <hr/> <p>6 - Interatividade O ambiente virtual atinge os objetivos da diretriz de Interatividade.</p> <hr/> <p>7 - Ajuda O ambiente virtual atinge os objetivos da diretriz Ajuda.</p> <hr/> <p>Esta avaliação foi realizada utilizando o Framework para a Avaliação da Carga Cognitiva na Educação. Link para acesso: https://faceframework.000webhostapp.com</p>
<p>Salvar relatório</p>	

Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Como pode ser visto na Figura 27, o nome do objeto e do avaliador aparecem logo no início do relatório, junto com a data da realização da avaliação. Ao final da página, o avaliador pode salvar o relatório realizando o download. Como rodapé do relatório é possível observar que estão identificados a origem do relatório e o link de acesso à ferramenta, para que o avaliador possa retornar ao FACCE para outras informações.

A partir da aplicação dos dois checklists espera-se que o avaliador possa identificar possíveis modificações positivas tanto na apresentação do conteúdo, quanto na interação com o ambiente tecnológico a fim de balancear a carga cognitiva na educação.

Esses dois checklists são o resultado de uma validação intermediária que buscou identificar possíveis incoerências ou erros de interpretação e feedback. Nessa avaliação preliminar foram encontrados alguns problemas de inconsistência de feedback, como combinações de resposta, principalmente no checklist do Quadro 5, que não possuíam feedback ou mesmo não demonstravam informações específicas ao problema encontrado na avaliação, trazendo apenas respostas genéricas que não atendiam ao objetivo geral da ferramenta.

Outro problema encontrado foi a dupla forma de interpretar algumas questões. Ao tentar deixar a questão mais clara, foram adicionadas explicações secundárias, contudo identificou-se que essas explicações poderiam confundir o avaliador no momento da marcação da resposta, uma vez que a pergunta original levava a uma opção de resposta e a explicação levava a outra. Todas as correções às inconsistências identificadas na avaliação preliminar já foram aplicadas aos checklists antes das demais validações realizadas.

No próximo capítulo serão aplicados dois tipos de validação para o Framework FACCE. A primeira validação buscou identificar melhorias na organização da interface do site e a segunda validação contou com uma amostra de pessoas que representam os utilizadores finais da ferramenta a fim de apontar possíveis inconsistências técnicas e de conteúdo.

7 VALIDAÇÃO DO FRAMEWORK FACCE

Para assegurar a eficiência da avaliação da carga cognitiva presente na educação proposta pelo Framework FACCE, é necessário pensar em uma avaliação da própria ferramenta, uma vez que, sem identificar os possíveis erros de software e ou possibilidades de melhorias de interface, pode-se oferecer um instrumento ineficaz para sua proposta.

Pensando nisso, realizaram-se duas validações: uma inspeção técnica de interface utilizando o método Analítico denominado Percurso Cognitivo e uma avaliação da usabilidade por meio da utilização do framework associado ao protocolo verbal *Think Aloud* e pela resolução de questionário. Ambas as avaliações são exemplificadas nas subseções que seguem.

7.1 INSPEÇÃO TÉCNICA DE INTERFACE: PERCURSO COGNITIVO

O percurso cognitivo é um método de avaliação de interfaces utilizado para identificar possíveis melhorias a fim de garantir melhor “facilidade de aprendizado de um sistema interativo, através da exploração de sua interface” (BARBOSA e SILVA, P. 322, 2010).

Esse método pode ser utilizado para avaliações individuais ou em grupo, apesar de ser mais recomendada a avaliação em grupo por permitir maior confiabilidade dos resultados apresentados. Barbosa e Silva (2010) definem ainda a necessidade desse método ser utilizado por especialistas pois, a partir dos seus conhecimentos em interface estão mais capacitados a prever possíveis erros que prejudiquem a utilização final do sistema. Por esse motivo, nesta avaliação foram designadas três pessoas: um estudante de Pós-Graduação especialista em IHC e no método de percurso Cognitivo. Um profissional da área de Tecnologia da Informação, especialista em design de interfaces para sites e um estudante de pós-graduação, especialista em design de interfaces. Os avaliadores realizaram as análises em conjunto e chegaram de maneira consensual aos resultados apresentados.

O método de Percurso Cognitivo é composto por quatro etapas: a) preparação; b) coleta e interpretação; c) consolidação dos resultados e; d) relato dos resultados.

Na preparação são identificados os perfis de quem irá utilizar a ferramenta avaliada. Também são escolhidas as tarefas que serão avaliadas e as ações necessárias para a execução dessas tarefas, essas ações podem ser denominadas como o “manual” de uso do framework. Por fim, deve ser obtida uma representação da interface que será avaliada, não sendo obrigatória a interface executável.

Na coleta e interpretação dos dados, os avaliadores seguem as ações especificadas na preparação para a execução das tarefas escolhidas, analisando se os usuários finais da ferramenta executarão as ações corretamente ou não. Para a descrição dos resultados Barbosa e Silva (2010) definem quatro questões:

a) O usuário vai tentar atingir o efeito correto? Essa questão está relacionada ao passo a passo para realizar as tarefas dentro da interface. Ou seja, ao ver o passo definido no manual, o usuário irá compreender o que está sendo pedido? Existe alguma palavra ou expressão que possa gerar confusão na ação esperada?

b) O usuário vai notar que a ação correta está disponível? Essa pergunta refere-se ao primeiro olhar do usuário na interface. O usuário ao ver a interface, irá identificar a ação solicitada no passo a passo lido?

c) O usuário vai associar a ação correta com o efeito que está tentando atingir? Esta questão está relacionada com a experiência do usuário e os elementos de interface. O design e as representações gráficas para as ações fazem sentido para o usuário?

d) Se a ação for executada corretamente, o usuário vai perceber que está progredindo na direção de concluir a tarefa? Essa questão aborda o retorno da interface para uma ação realizada pelo usuário. A interface oferece feedback ao usuário de modo que ele perceba que algo ocorreu a partir da sua ação e que isso representa que ele está seguindo para a conclusão da tarefa?

Essas quatro questões devem ser respondidas em cada ação do manual de uso do software em cada uma das tarefas explicitadas na preparação. As respostas não devem ser apenas “sim” ou “não”. Elas devem conter uma explicação elaborada do porquê de cada resposta e preferencialmente já apresentar uma possível solução aos problemas encontrados.

Já na consolidação dos resultados, os avaliadores farão uma reflexão sobre os conhecimentos prévios que os usuários deverão possuir para utilizar a interface com facilidade. Ainda, deverão expor os conhecimentos que serão adquiridos com o uso da interface avaliada.

Na última fase, são apresentados os resultados oriundos da avaliação e indicadas as correções necessárias para o bom uso da interface.

7.1.1 Preparação da avaliação por Percurso Cognitivo.

Como visto anteriormente, a preparação é a primeira etapa da avaliação por percurso cognitivo, nesta fase é definido o perfil do público-alvo do sistema avaliado. A definição dos participantes busca profissionais envolvidos no processo educacional ofertado através da mediação de alguma tecnologia: a) professores; b) produtores de conteúdos educacionais; c)

desenvolvedores e gerentes de ambientes virtuais de ensino e aprendizagem; d) profissionais de apoio pedagógico; e) gestores de instituições de ensino; não sendo limitada aos profissionais aqui citados.

Ainda nesta etapa é construído o manual de interatividade com a interface, definindo-se as tarefas que serão avaliadas e as suas respectivas ações. No Quadro 7, essas tarefas e ações podem ser observadas mais detalhadamente.

Quadro 7 - Tarefas e ações estipuladas para avaliação de percurso cognitivo

Tarefa	Passos
A) Navegar nas páginas de conteúdo.	Clicar no ícone  para identificar as possíveis ações dentro da interface. Clicar em um dos locais indicados para ação na interface.
B) Navegar entre as páginas do FACCE (menus).	Clicar sobre o menu Arquitetura Cognitiva. Clicar sobre o menu Carga Cognitiva. Clicar sobre o menu Princípios. Clicar sobre o menu Ambiente Tecnológico.
C) Avaliar um ambiente tecnológico	Clicar sobre o menu Avaliação; Clicar sobre o menu Ambiente Tecnológico; Marcar a opção de resposta “Sim”; Clicar no botão “Ver feedback”. Clicar no botão “Próximo”. Clicar no botão “Voltar”; Clicar no botão “Próximo” e ver o relatório final. Ao visualizar o relatório clicar no botão gerar pdf no final da página.

Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Como pode ser visto no Quadro 7, foram delimitadas três tarefas principais: Navegar nas páginas de conteúdo; navegar entre as páginas do FACCE (menus); e avaliar um ambiente tecnológico. A primeira tarefa foi escolhida por enquadrar todas as páginas criadas no site *Genially*, uma vez que possuem características de interatividade semelhantes vindas das configurações do próprio site de origem. A segunda tarefa objetiva avaliar a funcionalidade da barra de menus superior que permite a troca entre as páginas do framework. Já a terceira tarefa, aborda a avaliação do checklist para ambientes tecnológicos. Como ambos os checklists seguem a mesma organização, não foi considerada necessária uma avaliação individual, pois as sugestões de melhorias a serem identificadas em um deles pode ser aplicada aos dois. Na próxima seção serão expostas a coleta e a interpretação dos dados.

7.1.2 Coleta e interpretação dos dados do percurso cognitivo.

Na fase de coleta e interpretação dos dados, os avaliadores especialistas seguiram o passo a passo descrito na fase de preparação. “Para cada ação, o avaliador tenta se colocar no papel de um usuário e detalha como seria a sua interação com o sistema naquele momento” (BARBOSA e SILVA, 2010, P.322). Segundo os autores, a interface deve ser intuitiva, guiando os usuários na sequência de ações esperadas para a realização de tarefas. Quando isso não ocorre, o método do percurso cognitivo: “levanta hipóteses sobre as possíveis causas dos problemas encontrados e busca fornecer sugestões de reprojeto” (BARBOSA e SILVA, 2010, P.323), cabendo aos avaliadores formular essas “hipóteses sobre o sucesso ou insucesso da interação a cada passo” (BARBOSA e SILVA, 2010, P.323).

Tarefa A: Navegar nas páginas de conteúdo.

Passo 1 - Clicar no ícone  para identificar as possíveis ações dentro da interface.

a) O usuário vai tentar atingir o efeito correto?

Sim. Se a pessoa souber o que significa ícone. A frase poderia ser reescrita da seguinte forma: “clicar em  para identificar as ações possíveis”. Sugere-se adicionar uma indicação visual que auxilie o usuário a entender que a imagem é interativa e que pode apresentar outras informações.

b) O usuário vai notar que a ação correta está disponível?

Sim. A mãozinha está localizada no canto superior de forma destacada.

c) O usuário vai associar a ação correta com o efeito que está tentando atingir?

Sim. Porque o ícone que existe na frase é igual ao ícone disponível na interface.

d) Se a ação for executada corretamente, o usuário vai perceber que está progredindo na direção de concluir a tarefa?

Sim. Porque ao clicar as opções de interação ficam em destaque.

Passo 2 - Clicar em um dos locais indicados para ação na interface.

a) O usuário vai tentar atingir o efeito correto?

Não, pois a descrição não está clara, no que diz respeito à ação que deve ser tomada pelo usuário. A ação poderia ser reescrita da seguinte forma: “Clicar em um dos locais destacados pela ”.

b) O usuário vai notar que a ação correta está disponível?

Sim. Contudo o símbolo de + poderia ser trocado pelo símbolo  que no site do *Genially* representa a interação com outras informações disponíveis na interface. Sendo assim,

sugere-se que todos os ícones com informações extras, sejam trocados por este mesmo símbolo a fim de garantir a regularidade na apresentação da tela e balancear a carga cognitiva do usuário gerada pelo não reconhecimento dos elementos de interação.

c) O usuário vai associar a ação correta com o efeito que está tentando atingir?

Sim. Desde que ele identifique quais os objetivos que ele pode interagir, seguindo o tutorial.

d) Se a ação for executada corretamente, o usuário vai perceber que está progredindo na direção de concluir a tarefa?

Sim. Ao clicar no botão de +, aparece uma janela pop-up no centro da tela com mais informações sobre a opção clicada. Poderia ser adicionado junto às informações da página inicial, uma ajuda navegacional. Por exemplo, para saber mais sobre o objetivo teórico clique no menu teorias.

Tarefa B: Navegar entre as páginas do FACCE (menus).

Passo 1 - Clicar sobre o menu Arquitetura Cognitiva.

a) O usuário vai tentar atingir o efeito correto?

Sim. Pois a palavra menu identifica as palavras Arquitetura Cognitiva como itens de interação na interface.

b) O usuário vai notar que a ação correta está disponível?

Sim, pois os menus estão em destaque na parte superior da tela, com a opção Arquitetura Cognitiva. Segundo a avaliação, sugeriu-se a ampliação do tamanho da fonte dos menus.

c) O usuário vai associar a ação correta com o efeito que está tentando atingir?

Sim. principalmente porque o método de uso de menu é padronizado para interfaces web.

d) Se a ação for executada corretamente, o usuário vai perceber que está progredindo na direção de concluir a tarefa?

Sim. Quando o usuário clicar na ação, outra página é aberta.

Passo 2 - Clicar sobre o menu Carga Cognitiva.

Idem avaliação da tarefa B passo 1.

Passo 3 - Clicar sobre o menu Princípios;

a) O usuário vai tentar atingir o efeito correto?

Idem avaliação da tarefa B passo 1.

b) O usuário vai notar que a ação correta está disponível?

Idem avaliação da tarefa B passo 1.

c) O usuário vai associar a ação correta com o efeito que está tentando atingir?

Idem avaliação da tarefa B passo 1.

d) Se a ação for executada corretamente, o usuário vai perceber que está progredindo na direção de concluir a tarefa?

Sim. Porque abre outras opções de menu para clicar. Como já pode ser reconhecido pela flecha presente ao lado da palavra Princípios.

Passo 4 - Clicar sobre o menu Ambiente Tecnológico;

a) O usuário vai tentar atingir o efeito correto?

Sim. Idem avaliação da tarefa B passo 1.

b) O usuário vai notar que a ação correta está disponível?

Sim. Idem avaliação da tarefa B passo 1.

c) O usuário vai associar a ação correta com o efeito que está tentando atingir?

Sim. O menu fica em destaque e a escrita é igual ao que aparece no passo a passo.

d) Se a ação for executada corretamente, o usuário vai perceber que está progredindo na direção de concluir a tarefa?

Sim. Vai aparecer uma nova tela que representa aquilo que foi clicado.

Tarefa C: Avaliar um ambiente tecnológico

Passo 1 - Clicar sobre o menu Avaliação;

a) O usuário vai tentar atingir o efeito correto?

Sim. Idem avaliação da tarefa B passo 1.

b) O usuário vai notar que a ação correta está disponível?

Sim. Idem avaliação da tarefa B passo 1.

c) O usuário vai associar a ação correta com o efeito que está tentando atingir?

Sim. Idem avaliação da tarefa B passo 1.

d) Se a ação for executada corretamente, o usuário vai perceber que está progredindo na direção de concluir a tarefa?

Sim. Porque abre outras opções de menu para clicar. Como já pode ser reconhecido pela flecha presente ao lado da palavra Avaliação.

Passo 2 - Clicar sobre menu Ambiente Tecnológico;

a) O usuário vai tentar atingir o efeito correto?

Sim. Idem avaliação da tarefa B passo 1.

b) O usuário vai notar que a ação correta está disponível?

Sim. Idem avaliação da tarefa B passo 1.

c) O usuário vai associar a ação correta com o efeito que está tentando atingir?

Sim. Idem avaliação da tarefa B passo 1.

- d) Se a ação for executada corretamente, o usuário vai perceber que está progredindo na direção de concluir a tarefa?

Sim. Ao clicar no menu indicado, irá aparecer na tela central um checklist para início da avaliação do ambiente tecnológico. Antes de iniciar a avaliação, sugere-se a inserção dos seguintes campos de informação para composição do relatório final, que serão preenchidos pelo usuário: Objeto Avaliado; Nome do Avaliador. Ainda, é importante separar o conteúdo informacional da diretriz das questões utilizadas na avaliação. Por exemplo, a diretriz poderia ser numerada e colocada junto da descrição no interior de uma caixa de destaque de informação na interface. Além disso, torna-se importante a adição de uma barra de progresso para que o usuário reconheça em que etapa da avaliação ele se encontra, uma vez que o checklist não está disposto por completo em uma única página.

Passo 3 - Marcar a opção de resposta “sim”;

- a) O usuário vai tentar atingir o efeito correto?

Sim, pois a descrição da ação está clara e objetiva.

- b) O usuário vai notar que a ação correta está disponível?

Sim, o Sim está destacado na interface ao lado do símbolo que representa uma opção de seleção exclusiva.

- c) O usuário vai associar a ação correta com o efeito que está tentando atingir?

Sim, pois ao entender que ele realizará uma avaliação, o usuário compreenderá que precisará marcar opções de resposta.

- d) Se a ação for executada corretamente, o usuário vai perceber que está progredindo na direção de concluir a tarefa?

Sim, pois ao clicar na bolinha de seleção exclusiva ela será automaticamente marcada como escolhida pelo usuário.

Passo 4 - Clicar no botão “ver feedback”

- a) O usuário vai tentar atingir o efeito correto?

Sim, pois o usuário reconhece a palavra botão como algo a ser clicado.

- b) O usuário vai notar que a ação correta está disponível?

Sim, pois o botão de ver feedback está destacado na interface, logo abaixo da última questão do princípio.

- c) O usuário vai associar a ação correta com o efeito que está tentando atingir?

Sim, pois ao pensar que ele deseja ver o resultado da sua avaliação, ele poderá alcançar esse resultado clicando no botão indicado.

- d) Se a ação for executada corretamente, o usuário vai perceber que está progredindo na direção de concluir a tarefa?

Sim, pois ao clicar no botão, o resultado da combinação de opções marcadas pelo usuário nas questões do princípio irá aparecer na tela. Sugere-se retirar o botão ver feedback acionando o aparecimento do resultado à marcação de todas as questões disponíveis naquele princípio. Além disso, o texto do feedback pode ser apresentado com tamanho de fonte menor do que o utilizado na composição das questões. Notou-se que o resultado apresenta uma quantificação - 100% ou 50% dos objetivos das diretrizes - contudo essa quantificação não é válida, uma vez que não há pontuação e sim interpretação dos resultados. Portanto, sugere-se a retirada dessa quantificação, podendo ser utilizadas as afirmações “atinge os objetivos” e “atinge parcialmente os objetivos”, igualando-se em formato ao feedback negativo de “não atinge os objetivos”.

Passo 4 0 Clicar no botão “próximo”

- a) O usuário vai tentar atingir o efeito correto?

Sim, pois o usuário reconhece a palavra botão como algo a ser clicado.

- b) O usuário vai notar que a ação correta está disponível?

Sim, pois o botão de próximo está destacado na interface, logo abaixo da última questão do princípio.

- c) O usuário vai associar a ação correta com o efeito que está tentando atingir?

Sim, pois ao terminar a atividade proposta naquela interface ele precisa dar sequência à avaliação, o que ele entende que consegue ao clicar na palavra próximo.

- d) Se a ação for executada corretamente, o usuário vai perceber que está progredindo na direção de concluir a tarefa?

Sim, pois ao clicar no botão abre uma nova interface com as questões do próximo princípio.

Passo 5 - Clicar no botão “voltar”;

- a) O usuário vai tentar atingir o efeito correto?

Sim, pois o usuário reconhece a palavra botão como algo a ser clicado.

- b) O usuário vai notar que a ação correta está disponível?

Sim, pois ela se encontra na parte superior da tela, ao lado das informações explicativas do princípio.

- c) O usuário vai associar a ação correta com o efeito que está tentando atingir?

Sim, pois a ideia de retornar ao que o usuário já havia feito é retratada pelo voltar. Ainda, este botão se encontra na esquerda da página, o que remete à ideia de retorno.

- d) Se a ação for executada corretamente, o usuário vai perceber que está progredindo na direção de concluir a tarefa?

Sim, pois ao clicar no botão de voltar, o usuário é levado à página anterior da avaliação.

Passo 6 - Clicar no botão “próximo” e visualizar o relatório final.

- a) O usuário vai tentar atingir o efeito correto?

Sim, pois o usuário reconhece a palavra botão como algo a ser clicado.

- b) O usuário vai notar que a ação correta está disponível?

Sim, pois ele encontra o botão próximo na mesma posição que encontrou nas demais páginas.

- c) O usuário vai associar a ação correta com o efeito que está tentando atingir?

Não. Apesar de o botão “próximo” referir-se a uma sequência, ele não indica que a avaliação está sendo finalizada. Sugere-se a troca da palavra próximo na última página da avaliação por “encerrar avaliação e visualizar relatório”.

- d) Se a ação for executada corretamente, o usuário vai perceber que está progredindo na direção de concluir a tarefa?

Sim, pois ao clicar em próximo, uma nova página se abre mostrando o relatório. Sugere-se que o relatório possua uma estrutura mais adequada. Como por exemplo, adicionar a logomarca do FACCE centralizado na parte superior da página. Abaixo, adicionar a data da avaliação e informações como Objeto avaliado e nome do avaliador. Na sequência apresentar o relatório em fonte ampliada com separações de princípios numerados de acordo com o que foi apresentado nas páginas. E, por fim, indicar que a avaliação foi realizada no Framework FACCE e disponibilizar o link da ferramenta para acesso posterior caso o avaliador considere necessário.

Passo 7 - Ao visualizar o relatório clicar no botão gerar PDF no final da página.

- a) O usuário vai tentar atingir o efeito correto?

Sim, pois o usuário reconhece a palavra botão como algo a ser clicado.

- b) O usuário vai notar que a ação correta está disponível?

Sim, o botão de Gerar PDF estará destacado na parte inferior da tela. Como sugestão, indica-se centralizar a posição do botão Gerar PDF.

- b) O usuário vai associar a ação correta com o efeito que está tentando atingir?

Sim, se o usuário compreender que “gerar PDF” é o mesmo que salvar o relatório em seu computador. Sugere-se trocar o nome “gerar PDF” por “salvar relatório”.

- c) Se a ação for executada corretamente, o usuário vai perceber que está progredindo na direção de concluir a tarefa?

Sim, pois ao clicar no botão gerar PDF, automaticamente um arquivo PDF será baixado para o computador do usuário.

As análises realizadas através da aplicação das quatro questões em cada ação dentro da interface “auxiliam o avaliador a identificar as ações que apresentaram problemas, ou seja, que prejudicam ou impedem que se aprenda a navegar na interface e concluir a tarefa. Também o ajudam a justificar os problemas encontrados” (BARBOSA e SILVA, 2010, P. 325). Na próxima seção as análises realizadas por meio da aplicação dessas questões serão utilizadas para gerar a consolidação e o relato dos resultados.

7.1.3 Consolidação e Relato dos Resultados

As terceira e quarta fases da avaliação são a consolidação e o relato dos resultados. A fase de consolidação ocorre a partir da análise das “histórias de sucesso e insucesso sobre a realização das tarefas” (BARBOSA e SILVA, 2010, P. 325) com o objetivo de responder às seguintes reflexões: a) o que é preciso saber para ser capaz de executar as tarefas propostas; b) o que deveria ser aprendido enquanto são realizadas as ações avaliadas. Ainda, na fase de consolidação dos resultados, são apresentadas as sugestões de possíveis correções para a interface avaliada.

A partir dos resultados observados na seção anterior destaca-se que é preciso ter noções básicas de navegação em interfaces web. Principalmente, é preciso ter familiaridade com termos relacionados à manipulação direta na interface, como por exemplo botão e menu. Com a utilização do FACCE, poder-se-á aprender sobre as causas da ampliação do esforço mental na aprendizagem e como balancear a carga cognitiva proveniente da má organização de ambientes tecnológicos e materiais didáticos para a aprendizagem. Ainda, é possível aprender a realizar a avaliação da carga cognitiva em ambientes tecnológicos e materiais didáticos.

Além disso, é possível destacar algumas sugestões de correção da interface avaliada. De modo geral, a interface do Framework FACCE foi considerada bem organizada e traz características comuns a outras interfaces semelhantes. Contudo, a avaliação por Percurso Cognitivo apresentou algumas sugestões de melhorias:

Apresentar regularidade (consistência) nas interfaces de conteúdo construídas a partir do *Genially*. Sugeriu-se a utilização do ícone  em todas as opções que permitem interação e apresentam outras informações. Ainda na página inicial, é importante apresentar um apoio navegacional para interação do usuário com os objetos interativos.

No menu fixo na parte superior da tela, sugere-se a ampliação do tamanho da fonte, bem como a adição do endereço da página inicial ao menu FACCE.

Nas questões do checklist de avaliação é necessário revisar a dupla interpretação geradas por complementações explicativas nas perguntas. Ainda, verificar se todas as combinações de respostas apresentam feedback.

No final de cada página de avaliação existem dois botões, Ver feedback e próximo. Sugere-se retirar o botão ver feedback acionando o aparecimento do resultado à marcação de todas as questões disponíveis naquele princípio. Além disso, o texto do feedback pode ser apresentado com tamanho de fonte menor do que o utilizado na composição das questões. Ainda, nos feedbacks, retirar a quantificação (100% e 50%), mudando a apresentação do resultado com os termos “atinge os objetivos”, “atinge parcialmente os objetivos” e “não atinge os objetivos”.

Antes de iniciar a avaliação, sugere-se a inserção dos seguintes campos de informação para composição do relatório final, que serão preenchidos pelo avaliador: Objeto Avaliado; Nome do Avaliador. Ainda, é importante separar o conteúdo informacional da diretriz das questões utilizadas na avaliação. Por exemplo, a diretriz poderia ser numerada e colocada junto da descrição no interior de uma caixa de destaque de informação na interface. Além disso, torna-se importante a adição de uma barra de progresso para que o usuário reconheça em que etapa da avaliação ele se encontra, uma vez que o checklist não está disposto por completo em uma única página.

Na última página da avaliação o botão próximo pode ser trocado por “encerrar avaliação e visualizar relatório”, a fim de permitir ao usuário a compreensão de que a avaliação está pronta.

O relatório precisa ter uma estrutura mais adequada. Como sugestão para essa adequação, adicionar a logomarca do FACCE centralizado na parte superior da página. Abaixo, adicionar a data da avaliação e informações como Objeto avaliado e nome do avaliador. Na sequência apresentar o relatório em fonte ampliada com separações de princípios numerados de acordo com o que foi apresentado nas páginas. E, por fim, indicar que a avaliação foi realizada no Framework FACCE, disponibilizando-se o link da ferramenta para acesso posterior caso o avaliador considere necessário.

Ainda, o nome do botão “Gerar PDF” poderia ser trocado por “salvar relatório” a fim de garantir a compreensão da ação que o botão faz.

A partir da avaliação por percurso cognitivo descrita nesta seção, foi possível identificar diversas melhorias que foram aplicadas na interface do framework. As melhorias sugeridas

foram corrigidas no FACCE antes da realização da avaliação de usabilidade descrita na próxima seção.

7.2 AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DO FACCE

Além da avaliação por percurso cognitivo, exposta na seção anterior, foi realizada uma avaliação de usabilidade do framework a fim de averiguar indícios da qualidade da interface quanto à eficiência, satisfação do usuário, erros, memorização e facilidade de aprendizagem.

Nesta avaliação foi utilizada a Escala de Usabilidade de Sistemas SUS (*System Usability Scale*) para a coleta dos dados e foram selecionadas pessoas que fazem parte do público-alvo de utilização final do framework, ou seja, professores, produtores de conteúdos educacionais, desenvolvedores e gerentes de ambientes virtuais de ensino e aprendizagem, profissionais de apoio pedagógico e gestores de instituições de ensino.

7.2.1 Caracterização dos participantes.

A partir da delimitação do perfil de usuários do framework, foram convidados inicialmente, 14 pessoas, sendo que 12 pessoas aceitaram participar da avaliação. Após esse convite, o projeto foi enviado ao comitê de ética para avaliação, o que resultou em um atraso de 45 dias. Por causa desse atraso, 3 pessoas desistiram de participar por apresentarem incompatibilidade de horários. Por causa do grande número de desistentes, foram convidados mais 6 participantes, sendo que 4 destes aceitaram o convite.

Segundo Nielsen (2000), cinco avaliadores são suficientes para encontrar a maioria dos erros de interface. Contudo, o SUS (BROOKE, 1996) reforça a utilização de, no mínimo, 8 avaliadores, sendo que quanto maior o número mais confiável se torna o resultado. Assim, a avaliação de usabilidade foi realizada por 13 profissionais que se encaixam nas características do público-alvo desta ferramenta.

A faixa etária dos participantes variou entre 32 e 53 anos, sendo 5 mestres, 7 doutores e 1 pós-doutor. Destes 13 participantes, 5 têm formação básica na área da computação, 5 possuem formação básica na área da matemática e outros três possuem formação básica nas áreas de Ciências Sociais, Educação e Química Industrial. Sobre a profissão, 12 participantes informaram ser professores e 1, analista de Tecnologia da Informação.

O tempo de experiência em Educação a Distância foi dividido em três categorias: a) de 1 a 3 anos - 5 participantes; b) de 3 a 6 anos - 2 participantes; c) mais de 6 anos - 6 participantes.

Nota-se que a maioria possui mais de 3 anos de experiência. Quando perguntados sobre as funções exercidas dentro da EAD, alguns apontaram mais de uma função. Para fins de análise, essas funções foram agrupadas em 4 grandes grupos: a) professor formador - 12 participantes; b) Coordenador (envolvendo, coordenador de curso, coordenador de tutoria, coordenador adjunto da Universidade Aberta do Brasil e da Escola Técnica Aberta do Brasil) - 4 participantes; c) tutor - 3 participantes; d) professor conteudista - 2 participantes.

Considerando as funções informadas pelos participantes escolhidos para a avaliação da ferramenta é possível destacar que os mesmos representam os usuários finais do FACCE e que os resultados aqui apontados refletem uma amostra das impressões que esse público teria se estivesse em contato com o framework neste momento. Na próxima seção serão expostos o roteiro da avaliação, as análises dos resultados do questionário SUS e a pontuação resultante da aplicação da técnica de coleta de dados.

7.2.2 Roteiro da avaliação de Usabilidade

Para a realização desta avaliação foi utilizado o [®]Google Meet para gravação das interações dos participantes com a ferramenta. De modo a garantir a mesma sequência de passos com cada avaliador, seguiu-se o seguinte roteiro:

Passo 1: Ler o Termo de consentimento livre e esclarecido.

Passo 2: Navegar entre as páginas do FACCE:

- a) Ler as informações na tela principal (usar o ícone  para verificar as informações escondidas na interface)
- b) Clicar sobre o menu Arquitetura Cognitiva e explorar a página usando os ícones 
- c) Clicar sobre o menu Carga Cognitiva e explorar a página usando os ícones .
- d) Clicar sobre o menu Teorias e explorar a página usando os ícones .
- e) Clicar sobre o menu Literatura e explorar a página usando o ícone .
- f) Clicar sobre o menu Princípios e explorar as páginas ‘Ambientes tecnológicos’ e ‘Conteúdo’ usando o ícone .
- g) Clicar no menu Sobre e explorar a página usando o ícone .

Passo 3⁴: Avaliar um ambiente tecnológico (uma aula mediada por ambiente tecnológico) e/ou um material didático (preferencialmente de sua autoria).

Observação: Caso você não tenha o que avaliar, disponibilizamos o seguinte ambiente para avaliação: Curso: MOOC de redação oficial em LibreOffice Writer

Acessar o ambiente virtual em: <http://laveala.proj.ufsm.br/enrol/index.php?id=69>

Entrar como: visitante1 - Senha: visitante

- a) Clicar sobre o menu Avaliação e escolher o recurso que deseja avaliar.
- b) Preencha o nome do objeto avaliado e o nome do avaliador e clique em ‘iniciar’.
- c) Faça a avaliação lendo atentamente todas as informações. O feedback individual de cada questão será disponibilizado automaticamente. Para prosseguir clique em ‘próximo’ e para retornar à questão anterior clique em ‘voltar’.
- d) Para encerrar a avaliação, na última questão, clique em ‘encerrar avaliação e gerar relatório’.
- e) Clicar em ‘salvar relatório’.

Passo 4: Responder ao questionário de avaliação (é necessário aceitar o termo de consentimento livre e esclarecido no início do formulário).

As avaliações duraram, em média, duas horas por participante, considerando as explicações iniciais realizadas pela pesquisadora, o tempo de interação prática com a ferramenta e o tempo de resposta ao questionário final.

7.2.3 Aplicação do *System Usability Scale* (SUS)

A aplicação do questionário SUS ocorreu após a interação dos participantes com a ferramenta. Ao todo foram 10 questões com possibilidades de resposta entre concordo totalmente e discordo totalmente. Todas as questões foram analisadas individualmente e em combinação com outras questões e, por fim, foi apresentado o cálculo da técnica, criada por Brooke (2013) a fim de gerar um resultado de usabilidade da interface.

Segundo Nielsen (2012) a usabilidade se refere à facilidade de uso de uma interface de software, podendo ser separada em cinco componentes de qualidade: a) Aprendizagem (facilidade de realizar tarefas básicas na primeira vez que interagem com uma interface); b)

⁴ Os avaliadores puderam escolher os recursos educacionais e ambientes tecnológicos para a avaliação. Um dos avaliadores escolheu o ambiente disponibilizado como teste, os demais fizeram uso de materiais próprios, como conjuntos de slides e e-books, houve os que escolheram materiais de outros, dos quais fazem uso em suas aulas, como também aqueles que escolheram cursos que já ministraram dentro de ambientes tecnológicos como o Moodle.

Eficiência (a rapidez de executar tarefas após o usuário ter aprendido o design da interface); c) Memorização (após um tempo sem uso da interface, qual o tempo do usuário para restabelecer a habilidade de uso); d) Erros (quantos e quais os erros cometidos pelos usuários na interface e com que facilidade os mesmos conseguem se recuperar desses erros); e) Satisfação (agradabilidade de uso da interface para o usuário).

A fim de gerar um resultado mais consistente optou-se por separar as questões por categorias, seguindo as combinações definidas por BRAUM (2009) que relacionou as questões do SUS com os componentes de qualidade de interfaces definidas por Nielsen (2012). Sendo assim temos 5 categorias: a) Aprendizagem, que contempla a 3^a, 4^a, 7^a e 10^a perguntas; b) Satisfação, que aborda a 1^a, 4^a e 9^a perguntas; c) Erros, que contempla apenas a 6^a questão; d) Memorização, composta apenas pela 2^a questão; e) Eficiência, composta pelas questões 5, 6 e 8. Ainda, foram definidas mais duas categorias de acordo com a contagem do SUS que é dividida em questões pares e questões ímpares, sendo as questões ímpares, afirmações positivas ao uso da interface e as questões pares, afirmações negativas à interação do usuário com a ferramenta. Todas essas categorias serão expostas nas seções que seguem.

7.2.3.1 Aprendizagem

Como comentado na seção anterior, a Aprendizagem abrange as questões 3, 4, 7 e 10. As duas questões ímpares apresentaram um resultado semelhante. Na questão 3: “Eu considere o Framework FACCE fácil de usar”, 9 participantes concordaram totalmente e outros 4 concordaram parcialmente; e na questão 7, “Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar o Framework FACCE rapidamente”, 7 concordaram totalmente e 6 concordaram parcialmente. É interessante salientar aqui, que desses seis, apenas 2 disseram que precisariam, parcialmente, da ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o Framework FACCE e somente 2 deles concordaram parcialmente que precisaram aprender muitas coisas novas antes de usar o FACCE.

Nas questões ímpares, que trazem afirmações negativas, obteve-se um resultado mais variado. Na questão 4: “Eu considero que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o Framework FACCE”, 6 participantes discordaram totalmente, 3 discordaram parcialmente e 4 concordaram parcialmente.

Já na questão 10: “Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o Framework FACCE”, 7 participantes discordaram totalmente, 1 discordou parcialmente, 1 foi indiferente, 3 concordaram parcialmente e 1 concordou totalmente.

Importante ressaltar aqui algumas informações: o participante 12 afirmou precisar aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o FACCE, porém considera que não precisa da ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para interagir com a ferramenta. Ainda afirmou que a interface é fácil de usar e rápida de aprender.

O participante 10 considera que precisa parcialmente da ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o Framework, contudo discorda totalmente quando questionado se precisou aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o FACCE.

Já o participante 5, é indiferente à questão 10 (Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o Framework FACCE) contudo, discordou totalmente que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o Framework FACCE. Considerou ainda a interface fácil de usar e parcialmente rápida de aprender.

A partir das análises descritas nesta categoria é possível afirmar que há indícios de qualidade de interface no que se refere ao componente aprendizagem. Apesar de alguns participantes considerarem uma necessidade parcial de aprender coisas novas para usar a interface, em sua maioria, discordam que precisam de ajuda de uma pessoa com conhecimento técnico para usar a ferramenta. Ainda, que a interface é fácil de usar e pode ser aprendida rapidamente pelos novos usuários.

7.2.3.2 Satisfação

O componente de qualidade de interfaces denominado satisfação, reflete a agradabilidade de uso da interface e é tratada nas questões 1, 4 e 9 do SUS (BRAUM, 2009). Como pode ser observado, esta categoria é composta por duas questões ímpares (positivas) e uma questão par (negativa). Na questão 1: “Eu gostaria de usar o Framework FACCE com frequência”, 10 participantes concordaram totalmente e 3 concordaram parcialmente. Já na questão 9: “Eu me senti confiante ao usar o Framework FACCE”, 8 participantes concordaram totalmente e 5 concordaram parcialmente. Na questão 4: “Eu considero que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o Framework FACCE”, 6 participantes discordaram totalmente, 3 discordaram parcialmente e 4 concordaram parcialmente.

Nas análises realizadas foi possível perceber que 9 participantes se sentiram confiantes ou parcialmente confiantes em usar o FACCE e discordaram totalmente ou parcialmente na questão 4 (Eu considero que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o Framework FACCE). Isso pode indicar que a confiança em usar o FACCE está

relacionada à confiança de não precisar de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar a ferramenta.

Ainda, destaca-se que todos os participantes gostariam de usar o Framework FACCE com frequência. Um dos participantes comentou que achou a ferramenta bastante interessante por mostrar como se deve produzir e apresentar o material didático. Outro falou que achou superinteressante saber como moldar uma disciplina e que o framework fornece um passo a passo que permite a elaboração de materiais didáticos que realmente facilitem a aprendizagem do estudante.

Um dos participantes chegou a contar a quantidade de elementos novos ofertados no material didático avaliado para ver se estava adequado para a aprendizagem dos estudantes. Quando chegou à conclusão de que ele tinha quatro elementos novos de conhecimento disse: “ufa! estava com medo que tinha estourado os 7. Tu vê que a gente sempre aprende, até fazendo uma avaliação de uma ferramenta” (participante 4) - citando a parte que fala da arquitetura cognitiva humana em que Miller (1955) aponta uma quantidade aproximada de 7 elementos que geraria maior conforto no processo de ensino.

7.2.3.3 Erros e Memorização

Outros dois componentes de qualidade de interfaces definidos por Nielsen (2012) são Memorização e Erros, tratados dentro do SUS nas questões 2 e 6 respectivamente (BRAUM, 2009). Na questão 2: “Eu considero o Framework FACCE desnecessariamente complexo”, 10 participantes marcaram discordo totalmente, 2 discordo parcialmente e 1 marcou como indiferente. Esse resultado demonstra que a maioria dos participantes não considera o FACCE complexo, o que implica na facilidade de memorização das funções para uma próxima visita ao site.

A questão 6, que representa o componente Erros, afirma que: “Eu considero que o Framework FACCE apresenta muita inconsistência”, para essa questão 11 participantes marcaram discordo totalmente e 2 marcaram discordo parcialmente. Essas respostas demonstram que o FACCE não apresenta inconsistências significativas que impeçam o seu uso pelos usuários finais.

Uma situação apontada por um dos participantes da pesquisa durante as interações com a ferramenta e que implica negativamente tanto na consistência da ferramenta, quanto na facilidade da memorização é que houve uma mudança de ícone para retorno à página anterior. Que ele estava acostumado a usar o ícone , no menu Teorias, contudo esse ícone mudou

para o  no menu Literatura. Uma sugestão realizada pelo participante é a adesão de um único ícone para representar esse retorno em todas as páginas. Importante salientar aqui, que na primeira avaliação do Framework, realizada por percurso cognitivo, essa situação já havia sido levantada pelos avaliadores, e que muitos dos ícones de interação foram modificados a fim de trazer a regularidade entre as páginas do FACCE.

Outro avaliador indicou que a maioria dos menus que apresentam conteúdo tem o layout horizontal, o que proporcionou uma visão ampla das informações apresentadas. Contudo no menu Teorias, o layout mudou para vertical, o que maximiza o uso da barra de rolagem e pode dificultar a compreensão do todo, além de permitir maior dispersão dos usuários na aquisição dos saberes. O participante sugeriu a inversão do layout de vertical para horizontal, para solucionar os problemas identificados.

7.2.3.4 Eficiência

O componente de qualidade eficiência está relacionado às questões 5, 6 e 8 do SUS (BRAUM, 2009). Na questão 5: “Eu considero que as várias funções do Framework FACCE estão muito bem integradas, ou seja, a combinação das etapas funcionam de forma completa”, 12 participantes concordaram totalmente e 1 concordou parcialmente. Já na questão 6: “Eu considero que o Framework FACCE apresenta muita inconsistência”, 11 participantes discordaram totalmente e 2 discordaram parcialmente. Por fim, na questão 8: “Eu considerarei o Framework FACCE confuso de usar”, 8 participantes discordaram totalmente e 5 discordaram parcialmente.

Os resultados da interligação dessas respostas, geram indícios de que o framework FACCE é eficiente, tendo em vista que a maioria dos participantes concordaram que a ferramenta não apresenta inconsistências ao mesmo tempo em que afirmaram que suas funções estão muito bem integradas. Para complementar, os participantes corroboram dizendo que o FACCE não é confuso de usar.

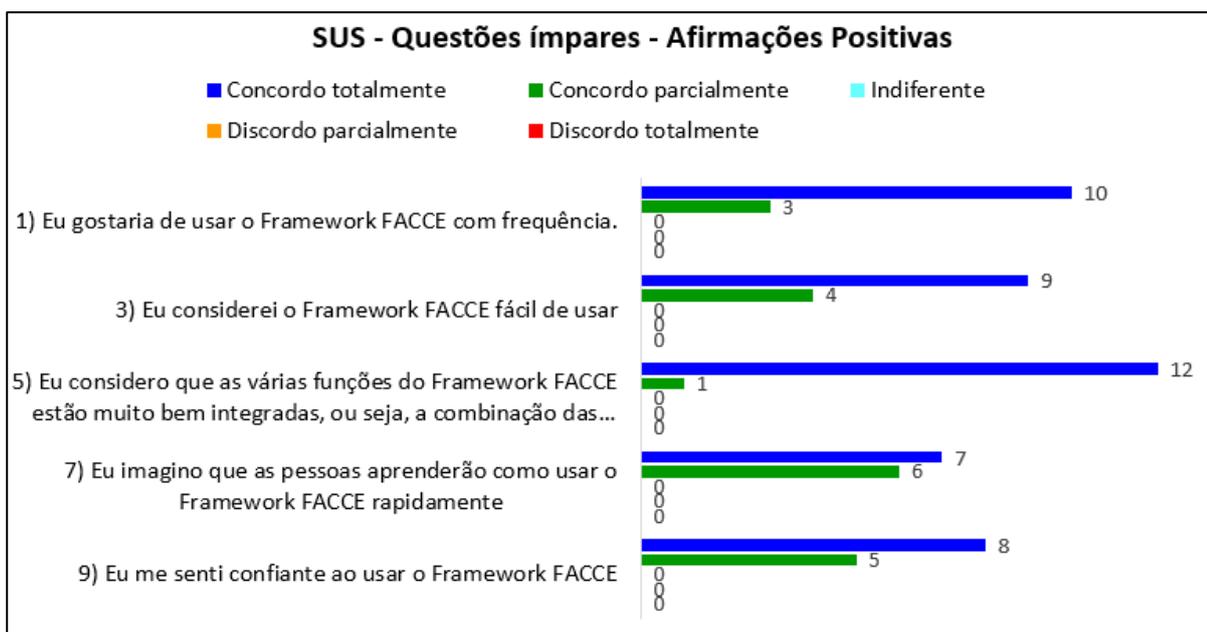
Um dos participantes informou, ao final da avaliação, que achou o FACCE muito fácil de usar e muito direto naquilo que se propunha, ainda comentou que só teve dúvidas em duas questões do checklist, mas que após uma segunda leitura mais atenta, pode compreender o que se pedia. Para complementar, o participante disse que o Framework é bastante instrutivo e que aprendeu um monte de coisas com a interação.

7.2.3.5 Análise geral do SUS

O SUS (BROOKE, 1996), escolhido para a avaliação de usabilidade do FACCE, apresenta, ao todo, 10 questões, que são subdivididas em afirmações positivas (questões ímpares) e afirmações negativas (questões pares).

De modo a representar visualmente as distinções entre as questões pares e ímpares, foram construídos dois gráficos, onde podem ser observadas de forma isolada as respostas dos 13 participantes. Abaixo podemos ver o gráfico das questões ímpares (1, 3, 5, 7 e 9).

Figura 28 - Questões ímpares do SUS: Afirmações positivas.

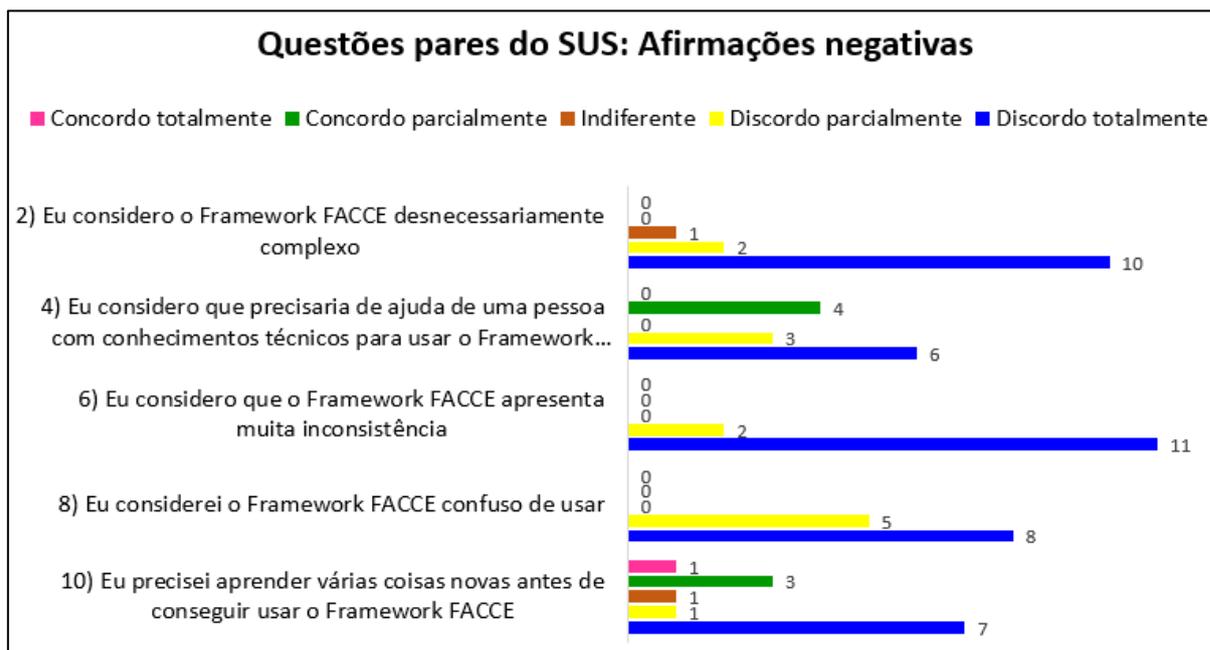


Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

As afirmações das questões ímpares são todas positivas, ou seja, trazem a ideia de qualidade da ferramenta avaliada. Como pode ser visto na Figura 28, os participantes marcaram essas afirmações nas possibilidades Concordo totalmente ou Concordo parcialmente, o que indica que a ferramenta foi bem aceita e compreendida por eles. Ainda, é possível verificar que nenhuma das alternativas Indiferente, Discordo parcialmente e Discordo totalmente foi assinalada nesta parte do questionário.

Com relação às questões pares (2, 4, 6, 8 e 10) foi construído o gráfico abaixo para representar visualmente as respostas dos participantes.

Figura 29 - Questões pares do SUS: Afirmações negativas.



Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Como já comentado, as questões pares são todas afirmações negativas, ou seja, trazem a ideia de falta de qualidade da ferramenta avaliada. O melhor cenário neste caso seria que os participantes marcassem em sua maioria as opções Discordo totalmente ou Discordo parcialmente. Ao observar o gráfico da Figura 25, é possível perceber que há uma maioria de marcações nas opções do melhor cenário, excetuando-se as questões 4 (Eu considero que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o Framework FACCE) e 10 (Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o Framework FACCE).

Analisando as considerações realizadas pelos participantes da pesquisa durante a interação dos mesmos com a ferramenta, percebeu-se que a interpretação dessas duas questões pode ter sido relacionada ao conteúdo ofertado pelo framework e não a alguma dificuldade de interação propriamente dita. Esse indício pode ser confirmado através da afirmação realizada pelo participante que marcou concordo totalmente na questão 10 (Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o Framework FACCE): “eu não sabia que tinha uma teoria por trás [...] e agora justifica muito os porquês de certas coisas acontecerem no ambiente virtual”, esse mesmo avaliador discorda totalmente que precisaria de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o FACCE. Sendo assim, a interpretação do participante quanto à questão 10 refere-se mais ao conteúdo do que a alguma dificuldade que ele possa ter encontrado ao usar a ferramenta.

Na questão 4 (Eu considero que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o Framework FACCE), 4 participantes marcaram a opção concordo parcialmente. Esses quatro participantes fizeram algumas perguntas durante a interação com os checklists, o que pode demonstrar que o conteúdo oferecido no framework pode não ter sido suficiente para que os conceitos fossem aplicados na avaliação do material didático e do ambiente tecnológico.

Por outro lado, é possível associar que a breve interatividade com um conteúdo - novo para alguns participantes - pode não ter resultado na assimilação completa da informação ou mesmo não ter gerado a aprendizagem necessária para a aplicação em um contexto específico. Ainda, pela falta de experiência com os conceitos abordados, a avaliação pode ter gerado uma sobrecarga cognitiva devido à quantidade de elementos novos manipulados na memória de trabalho dos participantes. Um dos participantes chegou a comentar, durante a avaliação, que a interatividade com o FACCE envolveu muita leitura e que gostaria de elementos mais dinâmicos, como vídeos ou áudios para complementar as explicações dos conteúdos.

Uma situação importante de destacar é que a maioria dos participantes que apresentaram certa dificuldade em compreender os checklists solicitaram uma alternativa intermediária nas opções de resposta às questões (e.g. mais ou menos). Por exemplo, no checklist de avaliação de um material didático, mais especificamente na questão “Há explicação de conteúdo apresentado em elementos de animação ou simulação?”, um participante solicitou a opção mais ou menos ao lembrar que em alguns momentos de suas aulas faz uso de elementos de animação ou simulação. Contudo, foi preciso explicar ao participante que no material que estava sendo avaliado esses elementos não foram encontrados e que o checklist não tem por objetivo avaliar a sua atuação profissional e sim um material didático específico.

A partir das respostas dos participantes no questionário do SUS, é possível aplicar o cálculo para definição da qualidade da ferramenta avaliada. Esse cálculo gera um nível de qualidade da usabilidade da interface que vai de “pior imaginável” até “melhor imaginável”, passando pelos níveis, “fraco”, “ok”, “bom” e “excelente”.

De acordo com Brooke (1996), a pontuação referente às questões parte da base de pontuação das alternativas possíveis, sendo 5 pontos (Concordo totalmente), 4 pontos (Concordo parcialmente), 3 pontos (Indiferente), 2 pontos (Discordo parcialmente) e 1 ponto (Discordo totalmente).

Para as questões ímpares, o resultado deve ser o valor da posição menos 1 ponto e nas questões pares deve ser 5 pontos menos o valor da posição. Por exemplo na questão 3 (ímpar): “Eu considerei o Framework FACCE fácil de usar”, se o participante marcar a alternativa

Concordo totalmente a pontuação ficaria da seguinte forma: $5-1=4$, contudo se para a mesma questão, o participante marcar a alternativa Discordo totalmente a pontuação seria assim: $1-1=0$. Se compararmos as mesmas possibilidades de alternativas para a questão 8 (par): “Eu considere o Framework FACCE confuso de usar”, teríamos para a marcação Concordo totalmente a pontuação $5-5=0$ e para a marcação Discordo totalmente $5-1=4$.

Observando esses exemplos destaca-se que as pontuações máximas e mínimas de cada resposta estão entre 4 e 0 (zero). Sendo assim, quanto maior a pontuação das questões, melhor será o resultado. E quanto mais respostas próximas a zero, pior será o resultado da avaliação.

A fim de conhecer o resultado da avaliação, deve-se primeiramente identificar a pontuação de cada questão respondida pelos participantes, que pode ir de 4 a 0 (zero). Na segunda fase é realizado o somatório das pontuações por participante e este resultado deve ser multiplicado por 2,5. Por fim, faz-se a média aritmética das pontuações finais de cada participante obtendo-se assim o resultado do SUS.

O cálculo do SUS aplicado aos resultados da avaliação do framework resultou em 88,26 pontos, o que, segundo Brooke (2013) classifica o FACCE como Melhor imaginável (>85). Este resultado evidencia que o Framework foi bem aceito pelos participantes da pesquisa e demonstrou estar de acordo com os elementos de qualidade definidos por Nielsen (2012).

Ao final da avaliação cada participante complementou a sua avaliação da ferramenta fazendo comentários sobre suas percepções diante do que vivenciaram durante o processo. Algumas dessas percepções podem ser vistas no quadro a seguir:

Quadro 8 - Percepções transcritas da avaliação.

(continua)

“Achei muito interessante esse material, porque agora me deu um sentido de como fazer um curso [...], agora eu vejo o porquê de algumas coisas”

“Eu adorei essa ferramenta, [...] eu fui buscar o EAD um pouco por causa do preconceito que eu tinha pra ver se eu podia pensar diferente, [...] me acho hoje um outro professor, nisso de pensar nos materiais, de pensar no ensinar. Antes eu era bem mais direto, agora eu construo o material, [...] tento ser mais didático”.

“Gostei muito dessa apresentação. Eu fui lendo e pensando, bah, que ideia bacana, eu vou colocar na minha aula, na próxima aula essa ideia de meio resolvido” (citando a variação de exemplos resolvidos, exemplos parcialmente resolvidos e exercícios a resolver proposto na Teoria da Carga Cognitiva)

Quadro 8 - Percepções transcritas da avaliação.

(conclusão)

“O que eu gostei também é o aluno chegar no ambiente, é óbvio que na primeira vez sempre vai ser um choque, então tentar construir todas as aulas seguindo um mesmo roteiro, isso eu já tento fazer, colocar a aula síncrona, gravação e material, aí depois atividades, porque senão cada aula vai ser algo diferente e para o aluno vai ser um esforço muito grande para compreender só o ambiente que ele está. Então, novidade é legal, mas não pode ser a todo momento, senão tu não cria aquela rotina” (mencionando a ideia de regularidade citada pela Filatro (2008) nas diretrizes do aprendizado eletrônico).

“Esse conhecimento técnico, essa forma de tratar o material como um elemento educativo pode melhorar o aprendizado. Nesse sentido, o material foi válido, e eu estava pensando que muitos elementos eu poderia incluir e vou incluir, alguns elementos que eu consegui identificar que o material realmente não está de acordo com as condições mais facilitadas para o aluno. Eu acho que foi válido, bastante válido” (nesta fala, o participante demonstra que conseguiu aplicar os conceitos abordados na ferramenta para a avaliação de seu material didático, identificando possíveis melhorias a serem aplicadas posteriormente).

“Eu gostei bastante da ferramenta. A questão dos links me chamou bastante a atenção, que encurtam caminho, que a gente já fez isso em algumas disciplinas e hoje a gente acaba nem fazendo e é uma coisa que a gente não se dá conta, então agora, no momento dessa avaliação já me dei conta disso: antes eu fazia, por que eu parei de fazer? Essas questões que tu abordaste para avaliar o ambiente e para avaliar o conteúdo eu achei muito pertinentes nessa questão que muitas vezes a gente já tá com esse olhar viciado, a gente já tem aquela sistematização de como proceder para a organização do ambiente, de como fazer um material e às vezes a gente acaba deixando esses aspectos que são relevantes e a gente acaba fazendo isso no automático. Por exemplo eu vi que tem coisas que eu já fazia e que não segui fazendo, por exemplo agora nos meus materiais não se encontravam, mas me fez recordar que em outros materiais eu já tinha feito então achei esse exercício muito relevante nesse sentido, da gente pensar e se colocar dos dois lados, como professor e como aluno para que eles possam construir esse processo de aprendizagem.” (aqui o participante demonstra que já teve contato com alguns assuntos abordados na ferramenta, mas que por automação das ações pedagógicas acabou por não dar continuidade. Contudo demonstrou que tem interesse pelas práticas propostas e que vai voltar a pensar a carga cognitiva em seus planejamentos didáticos).

“Eu vi um monte de coisa que eu faço errado, por isso eu quis pegar esse material para avaliar [...] tinha uns quatro lugares que eu poderia ter incluído uma figura que complementasse.” (citando a Teoria da Carga Cognitiva no que diz respeito ao uso de imagem para ilustrar os conhecimentos).

Fonte: Dados da pesquisa; FALCADE, Andressa (2021)

Esses comentários demonstram que várias informações disponibilizadas pela ferramenta foram de alguma forma internalizadas pelos participantes e associadas à conhecimentos prévios que eles possuíam. Ainda, alguns deles conseguiram pensar em aplicações das informações prestadas pelo framework em suas práticas profissionais, o que confirma que a ferramenta será válida ao público-alvo desta pesquisa.

As falas dos participantes apresentada no Quadro 8 comprovam que a ferramenta tem potencial de ser bastante utilizada na Educação On-line, como também em outras modalidades de ensino, uma vez que os conceitos não são exclusivos da aprendizagem mediada pelas tecnologias.

Dois participantes apresentaram algumas sugestões que poderão ser desenvolvidas posteriormente à esta pesquisa. O primeiro sugere a inclusão de elementos audiovisuais como vídeos e simulações para a complementação das explicações dos conceitos, uma vez que trará maior dinamicidade ao conteúdo e menor carga cognitiva para a compreensão das informações prestadas.

O segundo participante sugere que em uma próxima pesquisa sejam analisados estudos referentes ao uso de cores e serifas de fontes para materiais digitais a fim de complementar os resultados e permitir recomendações mais claras quanto ao balanceamento da carga cognitiva na produção de materiais didáticos e na organização de ambientes tecnológicos.

Na próxima seção serão realizadas algumas considerações sobre a avaliação e sobre as possibilidades de análises posteriores dos resultados.

7.2.4 Outras considerações sobre a avaliação

As avaliações do Framework FACCE envolveram, além das análises apresentadas nas seções anteriores, mais duas técnicas de coleta de dados: o modelo verbal *Think Aloud* e um questionário extra para identificar a clareza, a utilidade e a eficiência/suficiência da informação prestada no conteúdo do framework que serviu para a compreensão e aplicação dos checklists avaliativos.

O protocolo verbal *Think Aloud* é a técnica de falar em voz alta enquanto está realizando tarefas (JASPERS *et al.*, 2004). Para os autores essa técnica gera dados sobre os pensamentos oriundos na memória de trabalho enquanto as ações são realizadas pelos usuários, permitindo ao avaliador conhecer os processos cognitivos utilizados e a partir dos resultados, produzir sistemas computacionais.

Ericsson e Simon (1993) relacionam o protocolo *Think Aloud* ao pensamento consciente da memória de trabalho, sendo os processos cognitivos gerados na memória e relatados ao mesmo tempo em que são processados.

Segundo Reis, Löbler e Bolzan (2013), a aplicação do protocolo exige que o usuário se sinta como se estivesse sozinho, para que não seja intimidado pelo pesquisador e possa reproduzir seus pensamentos de forma clara. Antes de iniciar a aplicação da avaliação é necessário que o pesquisador passe as instruções necessárias para o avaliador seguir durante o processo (REIS, LÖBLER e BOLZAN, 2013). Segundo os autores, pode ser feita uma demonstração de como verbalizar as informações processadas na memória de trabalho, porém sem um treinamento aprofundado, a fim de não induzir o avaliador a um desempenho

específico. Ainda, o pesquisador deve ficar atento à avaliação para que chame a atenção do avaliador caso este pare de falar. Caso isso aconteça, o pesquisador deve pedir para que o avaliador continue falando (REIS, LÖBLER e BOLZAN, 2013).

Todas as interações foram gravadas em áudio e vídeo utilizando o Google Meet. No início, alguns participantes demonstraram maior dificuldade de falar em voz alta, por vezes esquecendo de manter a narração, sendo lembrados algumas vezes da importância da ação para o estudo. Outros participantes tiveram maior facilidade em comentar as suas impressões sobre a ferramenta durante as interações, trazendo sugestões de melhorias, já comentadas nas análises do SUS, na seção anterior.

O questionário extra foi composto de 10 questões fechadas no modelo da escala Likert usado no SUS e 1 questão aberta. Essas questões extras são:

- 1) A organização das páginas de conteúdo está clara e compreensível.
- 2) Os menus representam com clareza o conteúdo apresentado.
- 3) As informações prestadas dentro das páginas interativas de conteúdo estão claras e compreensíveis.
- 4) As informações prestadas nas páginas de conteúdo foram úteis para a aplicação dos checklists de avaliação.
- 5) A informação prestada nas páginas de conteúdo foram suficientes como base de conhecimento para utilizar os checklists.
- 6) Preciso ter informações técnicas para poder aplicar os checklists de avaliação.
- 7) As questões apresentadas nos checklists estão de acordo com o conteúdo apresentado no Framework FACCE.
- 8) O checklist apresentou com clareza o resultado da avaliação.
- 9) Compreendi o que será necessário alterar nos conteúdos para balancear a carga cognitiva dos estudantes.
- 10) Compreendi o que será necessário alterar no ambiente tecnológico para o balanceamento da carga cognitiva do estudante.
- 11) Deixe aqui as suas sugestões ou críticas para melhorias do Framework FACCE.

Todos os participantes, após realizarem a avaliação de um material com a ferramenta, responderam ao questionário do SUS seguido dessas questões. Contudo, em virtude da extensão deste trabalho e do tempo para a sua finalização, optou-se por analisar esses dados a posteriori junto com as considerações resultantes do *Think Aloud* e fazer a divulgação dos mesmos em formato de artigos científicos. No próximo capítulo serão expostas as considerações finais deste estudo, as limitações enfrentadas durante a pesquisa e as possibilidades de trabalhos futuros.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Num tempo em que a escola vem se reestruturando, projetando novos moldes para o conhecimento, é importante pensar na produção de materiais didáticos personalizados para a utilização dentro de ambientes tecnológicos, de forma a alcançar com mais efetividade as necessidades atuais da educação. Tendo em vista a agilidade com que se pode obter informações, é necessário refletir sobre a apresentação dos conteúdos e qual a sua influência na aprendizagem eletrônica do estudante.

Para o planejamento de cursos que se adequem às necessidades da educação on-line, é imprescindível a utilização de métodos que promovam um maior engajamento dos estudantes com os recursos educacionais e os ambientes tecnológicos, a partir da compreensão das características da arquitetura cognitiva humana, de forma a balancear o esforço mental envolvido nesse processo.

A produção do material didático, bem como a organização da aprendizagem dentro do ambiente tecnológico, pode ser dada pelo Design Instrucional (DI), que se caracteriza pela “sequência de atividades de aprendizagem que os alunos seguem para alcançar os objetivos de um curso ou disciplina” (NUNES e SCHIEL, 2011). Segundo Sweller *et al.* (1998), o DI é responsável pelo caminho a ser percorrido dentro de um curso e, por consequência, pode contribuir ou não com a construção do conhecimento pelo estudante, isto por que, um design bem projetado pode balancear a carga cognitiva irrelevante e maximizar as potencialidades do aprendizado levando em conta a forma como a arquitetura cognitiva humana funciona (SWELLER *et al.* 1998).

Em tempos atuais, devido às restrições de convívio social presencial, as tecnologias estão auxiliando na continuidade do trabalho das instituições de ensino, tanto públicas quanto privadas. Porém, é necessário pensar na qualidade do processo educativo que está sendo ofertado para os estudantes, pois a situação vivida por si só, para muitas pessoas, já constitui uma carga cognitiva bastante elevada.

Diante deste cenário, esta tese de doutorado abordou a produção de um Framework denominado FACCE que tem por objetivo instrumentalizar a avaliação da carga cognitiva da educação. Para que este objetivo fosse alcançado foram realizados três ciclos dentro do método da pesquisa-ação.

No primeiro ciclo foi realizada a aproximação de ideias e conceitos presentes nos estudos de Sweller *et al.* (1998) (Teoria da Carga Cognitiva), Mayer (2002) (Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia), Filatro (2008) (Princípios do aprendizado eletrônico) e Nielsen

(1994) (Princípios de Usabilidade de Interfaces), a fim de identificar diretrizes de balanceamento da carga cognitiva na educação.

Os resultados do primeiro ciclo foram utilizados no segundo ciclo para a produção do Framework FACCE, que abrange, em sua totalidade, a apresentação dos conceitos principais dos quatro estudos analisados, as diretrizes para o balanceamento da carga cognitiva no formato de orientações e a oferta de dois checklists de avaliação da carga cognitiva, um para materiais didáticos e outro para ambientes tecnológicos.

Por fim, no terceiro ciclo, o Framework foi avaliado em dois momentos: no primeiro momento foi realizada uma avaliação por Percurso Cognitivo com especialistas em *design*, onde identificaram-se melhorias na interface que foram corrigidas antes da segunda avaliação. Na sequência, uma amostra do público-alvo desta pesquisa foi convidada a avaliar o Framework FACCE a fim de identificar indícios de qualidade na usabilidade da interface e o potencial de utilização da ferramenta após a sua ampla divulgação.

Para esta avaliação utilizou-se um roteiro específico de quatro passos que englobava a interação com o framework, a narração da interação por parte dos participantes fazendo uso do protocolo verbal *Think Aloud* e a resolução do questionário SUS. A análise do SUS aponta que a usabilidade do Framework é a melhor imaginável, atingindo uma pontuação de 88,26 na Escala de usabilidade proposta por Brooke (1996) e as narrações oriundas do *Think Aloud* permitiram identificar não só o potencial de uso da ferramenta pelo seu público, como também demonstrou a qualidade dela quanto aos conteúdos e funcionalidades apresentadas.

As maiores limitações deste estudo estão diretamente ligadas ao afastamento social gerado pela pandemia que resultou na modificação dos objetivos iniciais da pesquisa. Primeiramente, esse trabalho visava aplicar as teorias estudadas ao curso de Formação de Professores para Educação Profissional (FPEP) ofertado no âmbito do Programa Especial de Graduação (PEG) na modalidade EAD, da UFSM/UAB. Contudo, com a interrupção de oferta do curso e dos protocolos de saúde adotados em 2020, esta Tese passou a ser orientada para a geração de um produto: o Framework FACCE, que aplica as teorias estudadas para o balanceamento da carga cognitiva na apresentação de conteúdos e na organização de ambientes tecnológicos a partir da oferta de dois checklists de avaliação dessas características.

Ainda, algumas análises mais profundas dos dados obtidos através do protocolo verbal *Think Aloud* foram suprimidas deste trabalho em virtude do tempo necessário para a triangulação de todas as informações obtidas.

Como contribuições desta pesquisa é possível citar as diretrizes para o balanceamento da carga cognitiva na educação que foram expostas em formato de orientações para aplicações

nas diferentes modalidades de ensino, bem como os dois checklists para a avaliação de materiais didáticos e ambientes tecnológicos que permite uma maior verificação da carga cognitiva dos recursos disponibilizados na educação.

Além disso, destaca-se a construção de um Framework, hospedado no servidor *web host*, que integra todos os conceitos abordados nesta tese e também os checklists avaliativos, oferecendo uma interface dinâmica, intuitiva e fácil de usar. Por fim, ressalta-se que a ferramenta criada é de código fonte aberto, podendo ser modificada por outros pesquisadores, a fim de atualizar as suas aplicações e ampliar o seu uso no decorrer dos anos.

Como trabalhos futuros pretende-se atender às sugestões dos participantes durante a avaliação do Framework, principalmente na última avaliação que inclui a criação de materiais audiovisuais para a complementação das explicações dos conteúdos expostos na ferramenta, o que irá balancear a carga cognitiva envolvida na apresentação das informações disponíveis no FACCE, além da realização de outras análises, relacionando os resultados aqui alcançados com estudos sobre cores e serifas para materiais digitais a fim de potencializar o uso da memória de trabalho na construção da aprendizagem do estudante.

Para concluir, espera-se que este estudo seja amplamente divulgado nas diferentes modalidades de ensino e que o Framework FACCE possa ser utilizado de modo a promover o gerenciamento de uma carga cognitiva mais adequada para processo de ensino e aprendizagem. Sendo assim, espera-se que a ferramenta seja bastante útil para auxiliar na avaliação e adequação dos materiais didáticos e ambientes tecnológicos com intuito de auxiliar na permanência e desempenho dos estudantes, qualificando ainda mais a educação.

REFERÊNCIAS

ABNT. (1998). **ISO 9241-11:1998**. Disponível na Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <<https://bit.ly/3AP0len>> Acesso em: 27 mar. 2019.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 9126-1**. Engenharia de software - Qualidade de produto Parte 1: Modelo de qualidade. Rio de Janeiro. 2003. Disponível em: <<https://bit.ly/2E7Z87L>> Acesso em: 27 mar. 2019.

ALVES FILHO, J.P.. **Regras da Transposição Didática Aplicadas ao Laboratório Didático**. Departamento de Física – UFSC, Florianópolis – SC. Cad. Cat. Ens. Fís., v. 17, n. 2: p. 174-182, ago. 2000. Disponível em <<https://goo.gl/ZndM5L>> Acesso em: 28 mai. 2018.

ARETIO, L. G. **Educación a distancia hoy**. Madrid: UNED, 1994.

ARRUDA, E.P. **Educação a distância no Brasil: a pedagogia em foco**. Uberlândia, MG:EDUFU, 2012.

ASTOLFI, J.P. **Mots-dés de la didactique des sciences**. Debook Université Pratiques pedagogies. Cap.18. páginas 176-187. Bruxelas. 1997.

ATKINSON, R.C.; SHIFFRIN, R.M. **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://goo.gl/379RSH>> Acesso em: 20 ago. 2018.

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

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

BARBIER, R. A **pesquisa-ação**. Série Pesquisa vol. 3. Tradução Lucie Didio. Brasília: Editora Liber livro. 2007. 159 p.

BARBOSA, I. B. **Metodologia para produção de material impresso para EaD**. Curso: Formação de Professores para Educação a Distância, Abril de 2005. Disponível em: <<https://bit.ly/2NPGf08>> Acesso em: 11 jul. 2019.

BARBOSA, S. D. J.; SILVA, B. S. **Interação Humano-Computador**. Editora Campus, Elsevier. Rio de Janeiro. 2010.

BOLIGIAN, L. A **Transposição Didática do Conceito de Território no Ensino de Geografia**. Dissertação de mestrado Universidade Estadual Paulista, Rio Claro: 2003. Disponível em <<https://goo.gl/DBNoAt>> Acesso em: 28 mai.2018.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior** (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada. Resolução nº 2, de 1 de julho de 2015. Disponível em <<https://bit.ly/2HHTkR7>> Acesso em: 12 jul. 2019.

BRASIL. **Portaria Nº 2.117, de 6 de Dezembro de 2019.** Disponível em: <https://bit.ly/2ZL3nkB>. Acesso em: 20 jul. 2020.

BRAUM, M. **Como medir a usabilidade de produtos com System Usability Scale (SUS).** 2019. Disponível em <<https://bit.ly/3APs6mY>> Acesso em: 14 jun. 2021.

BROOKE, J. **SUS: A "quick and dirty" usability scale.** In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland (Eds.), *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor and Francis. 1996. Disponível em <<https://bit.ly/3DMCptZ>> Acesso em: 14 jun. 2021.

BROOKE, J. **SUS: a retrospective.** *Journal of Usability Studies*. Vol. 8, Issue 2, February, 2013. Pág. 29-40. Disponível em <<https://bit.ly/3n1pAFn>> Acesso em: 14 jun. 2021.

BROOKE, J. **SUS: uma escala de usabilidade rápida e suja.** *In: JORDAN, P.W.; THOMAS, B.; WEERDMEESTER, B.A.; MCCLELLAND, A.L (Org). Avaliação de Usabilidade na Indústria.* 1ª Ed. Londres: Taylor e Francis, 1996. Disponível em: <<https://bit.ly/3pkPS8j>> Acesso em: 06 jul. 2021.

BUTLER, K. A. **Estilos de Aprendizagem:** as dimensões psicológica, afetiva e cognitiva. Traduzido por Renata Costa de Sá Bonotto e Jorge Alberto Reichert. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

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

CAVIQUE, L. **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.

CECHINEL, A.;FONTANA S.A.P.; GIUSTINA K.P.D; PEREIRA, A.S.; PRADO S.S. **Estudo/análise documental:** uma revisão teórica e metodológica. *Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação. UNESC, Criciúma*, v. 5, nº1, janeiro/Junho 2016.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica:** del saber sábio al saber enseñado. Editora Aique. Argentina. 1991.

CHI, M. T. H.; BASSOK, M.; LEWIS, M.; REIMANN, P.; GLASER, R.. **Self-Explanation:** how students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 1989: 145-182.

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

CLEMENTE, M. Entenda o que é Psicologia das Cores e descubra o significado de cada cor. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3lTiWS8>> Acesso em: 01 jul. 2021.

CUNHA, L. M. A.. **Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na medição de atitudes**. Dissertação. Mestrado em Probabilidades e Estatística. Universidade de Lisboa, Faculdade De Ciências, Departamento de Estatística e Investigação Operacional. 2007.

DAVID, P.B.; SILVA, C.L.O.; SANTOS, I.O.; SANTOS, V.E.C. **Aprendizagem Multimídia na Formação Inicial de Professores de Física: um Checklist Interdisciplinar para a Avaliação de Materiais Didáticos Digitais**. Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE. 2015. Pág. 97-108. Disponível em: <<https://bit.ly/3B0sCys>> Acesso em: 28 mai.2020.

ERICSSON, K. A.; SIMON, H. A. **Protocol analysis: verbal reports as data**. MIT Press, 1993.

EYSENCK, M. W.; KEANE, M. T. **Manual de Psicologia Cognitiva**. 7ª Edição. Editora: Artmed. 2017.

FALCADE, A. **Design instrucional aplicado ao mundo virtual TCN5**. Dissertação de Mestrado pela Universidade Federal de Santa Maria. 2015. Disponível em <<https://bit.ly/2ZbY5ko>> Acesso em: 19 fev. 2020.

FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K. **Learning and Teaching Styles**. In Engineering Education. Engr. Education, 78(7), 674-681. 1988.

FERRAZ, G.M. **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.

FILATRO, A. **Design Instrucional na Prática**. Person Education do Brasil. São Paulo: 2008.

FRANCO, M.A.S. **Pesquisa-ação pedagógica: práticas de empoderamento e participação**: ETD - Educ Temat.Digit. Campinas, SP. v18, nº2, páginas 511-530, abr./jun. 2016.

FRANCO, M.A.S.; BETTI M. **Pesquisa-ação: por uma epistemologia de sua prática**. In: FRANCO, M.A.S.;PIMENTA, S.G. Pesquisa em educação: a pesquisa-ação em diferentes feições colaborativas. São Paulo, Edições Loyola, vol.4 2018. Pág. 15-24.

FRENCH, P. A.; STERNBERG, R. J. **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, R. **The conditions of learning**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1985.

GATTI, B.A. **A construção da pesquisa em Educação no Brasil**. Brasília: Plano Editora. 2002. 87 P.

GIBBS, G. **Análise de Dados qualitativos**. Porto Alegre. Artmed, 2009. 198 p.

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. Sexta Edição, Editora Atlas: São Paulo. 2008. 220 páginas. Disponível em <<https://bit.ly/1wWv2eR>> Acesso em: 03 jul. 2019.

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

GRUNDY, S. **Curriculum: product or práxis**. London. The Falmer Press, 1988.

GUEDES, G. **Interface Humano Computador: prática pedagógica para ambientes virtuais**. Teresina: EDUFPI, 2008. 218 páginas.

HONEY, P.; MUMFORD. A. **The Learning Styles helper's guide**. Maldenhead Berks: Peter Honey Publications, 2000.

JASPERS, M. W. M.; STEEN, T.; VAN DEN BOS, C.; GEENEN, M. **The think aloud method: a guide to user interface design**. International Journal of Medical Informatics, v. 73, p. 781-795, 2004.

KEMMIS, S.; MCTAGGART, R. **Cómo planificar la investigación-acción**. Barcelona: Laertes.1988. 141 páginas.

KIRSCHNER, Paul A. **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.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Technical Report EBSE 2007-001, Keele University and Durham University Joint Report. 2007.

KOLB, D. A. **Experiential Learning: experience as the source of learning and development**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1984.

LEITE, M.S. **Yves Chevallard e o conceito de transposição didática**. In Capítulo 3 Contribuições de Basil Bernstein e Yves Chevallard para a Discussão do Conhecimento Escolar. Pontifícia Universidade Católica Do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado, 2004. Disponível em <<https://goo.gl/iam4mh>> Acesso em: 23 mai. 2018.

LEWIN, K. Teoria de Campo em Ciência Social. Trad Carolina M. São Paulo: Pioneira, 1965.

LIMA, A.; SANTOS, S. **O material didático na EAD: Princípios e processos**. Módulo V. Educação a Distância. Instituto Federal do Rio Grande do Norte. Pág. 101-135. 2017. Disponível em <<https://bit.ly/2C4EsLC>> Acesso em: 11 jul. 2019.

LORENZON, A.R.M. **Framework Conceitual para aplicação no desenvolvimento de objetos de aprendizagem: infográficos interativos**. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/98131>. Acesso em: 27 dez. 2021.

MALLMANN, E. M.; CATAPAN, A.H. **Materiais didáticos em educação a distância: gestão e mediação pedagógica**. LINHAS, Florianópolis, v. 8, n. 2, p. 63-75, nº 75, jul. / dez. 2007. Disponível em <<https://bit.ly/2XHn5JF>> Acesso em: 11 jul. 2019.

MALLMANN, E.M. **Mediação Pedagógica em Educação a Distância**: cartografia da performance docente no processo de elaboração de materiais didáticos. (Tese de doutorado) Universidade Federal de Santa Catarina. 2008. 304 páginas. Disponível em <<https://bit.ly/2LP1dtK>> Acesso em: 11 jul. 2019.

MATOS FILHO, M. A. S.; MENEZES, J.E.; SILVA, R.S.; QUEIROZ, S.M.. A **Transposição Didática em Chevallard**: as Deformações/Transformações Sofridas pelo Conceito de Função em Sala de Aula. EDUCERE: Teorias, Metodologias e Práticas, 2008. Disponível em <<https://goo.gl/TB3jCR>> Acesso em: 28 mai. 2018.

MAYER, R. **Cognitive Constraints on Multimedia Learning**: When Presenting More Material Results in Less Understanding. *Journal of Educational Psychology*. Vol. 93, Nº 1, 187-198. 2001. Disponível em <<https://goo.gl/IWvRgd>> Acesso em: 09 mai. 2017.

MAYER, R. **Multimedia Learning**. *The Psychology of Learning and Motivation*. Vol 41. 2002. 55 páginas.

MEKSENAS, P. **O uso do material didático e a pedagogia da comunicação**. In: PENTEADO, H. D. *Pedagogia da Comunicação: teoria e práticas*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

MENEZES, AP.A.B. **Contrato didático e transposição didática**: inter-relações entre os fenômenos didáticos na iniciação à álgebra na 6ª série do ensino fundamental. Tese de doutorado pela Universidade Federal de Pernambuco, 2006. Disponível em <<https://goo.gl/S3aAmE>> Acesso em: 28 mai. 2018.

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

MILLER, G. A. **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 agosto de 2018.

MOORE, M.G. **Theory of transactional distance**. In: KEEGAN, D. (org.). *Theoretical principles of distance education*. New York: Routledge, 1993.

MOORE. M.G. **The Teory of transaction distance**. In MOORE, M. G. (ed.) *Handbook of distance education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2007. páginas 89-105.

MORAN, J. M. Contribuições para uma pedagogia da educação online. In. SILVA, M. **Educação online**: teorias, práticas, legislação, formação corporativa. Editora Loyola: São Paulo. 2 edição. 2006. Páginas 41-52.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa**: A teoria de David Ausubel. Editora Centauro, São Paulo. 2001.

MORENO, R. **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, M., ASHWORTH, S., **Teaching physical education**. 1st ed on line. San Francisco: Benjamin Cummings, 2008.

MOZZAQUATRO, P. M. **Adaptação do Mobile Learning Engine Moodle (MLE MOODLE) aos diferentes estilos cognitivos utilizando Hiperídia Adaptativa**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. 2010.

ISO/IEC 25010. Qualidade de produto de Software. Disponível em <<https://bit.ly/3qvvhwS>> Acesso em: 27 dez. 2021.

NETTO, A. A. O. **IHC: Interação Humano Computador - Modelagem e Gerência de interfaces com o usuário**. Florianópolis: VisualBooks, 2004. 120 páginas.

NIELSEN, J. **10 Usability Heuristics for User Interface Design**. 1994. Disponível em <<https://bit.ly/2xMOzXs>> Acesso em: 21 abr. 2020.

NIELSEN, J. **Why You Only Need to Test with 5 users**. 2000. Disponível em <<https://bit.ly/3IYOGWd>> Acesso em 20 out.2021.

NIELSEN, J. **Usability 101: Introduction to Usability**. 2012. Disponível em <<https://bit.ly/3AJA8xK>> Acesso em 17 out. 2021.

NOVAES, F.S. **Genética para a Educação de Jovens e Adultos (EJA): proposta de adequação didática**. Dissertação de mestrado pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. 2017. 150 páginas. Disponível em: <<https://bit.ly/3E0lioI>> Acesso em: 28 mai.2020.

NUNES, I. D.; SCHIEL, U. **Design Instrucional e seu acompanhamento em tempo de execução utilizando Rede de Atividades**. In XXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - XVII Workshop de Informática na Educação. 2011.

NUNES, M.; GIRAFFA, L. **A educação na ecologia digital**. PPGCC/ FACIN, PUCRS, 2003. Disponível em <<https://goo.gl/6cGU6c>> Acesso em: 09 mai. 2017.

OVIEDO, G.L. **La definición del concepto de percepción en la psicología con base en la Teoría Gestalt**. Revista de Estudios Sociales, no. 18. 2004. Páginas 89-96. Disponível em <<https://bit.ly/2Arzond>> Acesso em: 26 jul. 2019.

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

PAULSEN, M.F. **Online Education Systems: discussion and definition of terms**. In: KEEGAN, D. *et al.* E-learning: o papel dos sistemas de gestão da aprendizagem na Europa. Lisboa: INOFOR, 2002.

PELLI, D.; ROSA, M. **Minimizando a distância transacional: aplicando teorias da educação a distância para mediar a aprendizagem de conteúdos da Geometria plana com a utilização do software GeoGebra na plataforma Moodle**. In: MACIEL, C.;

- ALONSO, K.M.; PANIAGO, M.C. Educação a Distância: Interação entre sujeitos, plataformas e recursos. Cuiabá, MT. Editora EduFMT. vol 11. 2016. páginas 23-50.
- PETERS, O. **Didática do ensino a distância**: experiências e estágio da discussão numa visão internacional. São Leopoldo: Editora UNISINOS, 2001.
- POLIDORO, L.F.; STIGAR, R. A **Transposição Didática**: a passagem do saber científico para o saber escolar. Ciberteologia – Revista de Teologia & Cultura. Edição nº 27 – Ano VI – Janeiro/Fevereiro 2010 – ISSN: 1809-2888. Disponível em <<https://goo.gl/MkuTU5>> Acesso em: 23 mai. 2018.
- POLLOCK, E.; CHANDLER, P.; SWELLER, J. **Assimilating Complex Information**. Learning and Instruction, dezembro de 2002: 12, 61-86.
- POSSOLI, G.E.; CURY, P.Q. **Reflexões Sobre A Elaboração De Materiais Didáticos Para Educação A Distância No Brasil**. In. IX Congresso Nacional de Educação – EDUCERE. III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia. Pág. 3447-3462. PUCPR. 2009. Disponível em <<https://bit.ly/2LJKzM1>> Acesso em: 11 jul. 2019.
- PREECE, J; ROGERS, Y; SHARP, H. **Design de Interação**: além da interação homem-computador. Porto Alegre: Bookman, 2005. Pág. 23-55.
- PRETI, O. **Educação a distância**: inícios e indícios de um percurso. Cuiabá: NEAD/UFMT, 1996.
- RAUBER, M.F. Sistema tutor inteligente aplicado ao ensino de ciências: uma proposta de arquitetura. Dissertação de mestrado pela Universidade Federal de Santa Catarina. 2016. 158 páginas. Disponível em: <<https://bit.ly/3pjATLM>> Acesso em: 28 mai. 2020.
- REEVES, B.; NASS, C. **The media equation**. New York: Cambridge University Press. 1996.
- REIS, E.; LÖBLER, M.L.; BOLZAN, L.M. **Discussão e Aplicação do Método do Protocolo Verbal Think Aloud em Pesquisas sobre Processo Decisório**. IV Encontro de Administração da Informação. Bento Gonçalves, RS. 2013. Disponível em <<https://bit.ly/3lOqwxp>> Acesso em: 14 jun. 2021.
- RENKL, A. **Learning from worked-out examples**: instructional explanations supplement self-explanations. Learning & Instruction, 2002: 529-556.
- RODRIGUES, R. S. **Modelo de planejamento para cursos de pós-graduação a distância em cooperação universidade-empresa**. Tese de doutorado. UFSC/PPGEP, Florianópolis, outubro de 2004. Disponível em <<https://bit.ly/2XFRIInx>> Acesso em: 11 jul. 2019.
- SANTOS, L. M. A. **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. 2009b.
- SANTOS, L. M. A.; TAROUCO, L. M. R. **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.

SANTOS, N.S.R.S. **M-ROAMIN** - Um modelo para representação de objetos de aprendizagem multimodais interativos. (Tese de Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013. Disponível em <<https://bit.ly/2JsWvQt>> Acesso em: 11 jul. 2019.

SANTOS, E. **Educação Online Para Além Da Ead: Um Fenômeno Da Cibercultura**. Anais do X Congresso Internacional Galego-Português de Psicopedagogia. Braga: Universidade do Minho, 2009a. Pág. 5658-5671. Disponível em: <https://bit.ly/2CPFM9h>. Acesso em: 20 jul. 2020.

SCOLARI, L.C.; GRANDO, N.I. **Transposição Didática: uma Breve Reflexão na Docência**. VI Congresso Nacional de Ensino da Matemática, Canoas 2013. Disponível em <<https://goo.gl/Q5jrpp>> Acesso em: 28 mai. 2018.

SILVA, M. **Indicadores de Interatividade para o professor presencial e on-line**. Revista Diálogo Educacional, Curitiba, v. 4, n.12, p.93-109, maio/ago. 2004. Disponível em <<http://twixar.me/4RbK>> Acesso em: 08 abr. 2019.

SILVA, M. J. A.; SANTOS, R. C. G. **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 jan. 2019.

SOUZA, N.P.C. **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/jJv2EF>> Acesso em: 9 mai. 2017.

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

SWELLER, J.; MERRIENBOER, J. J. G. van; PAAS, F. G. W. C. **Cognitive Architecture and Instructional Design**. Educational Psychology Review, Vol. 10, No. 3, 1998. 46 páginas.

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

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-ação**. 18ª edição. São Paulo: Editora Cortez. 2011. 136 páginas.

TIMBONI, K.S. **Elaboração de uma unidade de aprendizagem sobre relatividade geral para o ensino de física no primeiro ano do ensino médio**. Dissertação de mestrado pela Universidade Federal de Santa Catarina. 2016. 144 páginas. Disponível em: <<https://bit.ly/3vsfT6N>> Acesso em 28 mai.2020.