



Recibido: 28 enero 2022

Revisión: 2 junio 2022

Aceptado: 2 julio 2022

Dirección autores:

Centro de Educação. Universidade
Federal de Santa Maria (UFSM). Av.
Roraima, n° 1000, Prédio 16.
Campus Sede da UFSM. Bairro
Camobi Santa Maria – RS, CEP:
97105-900 (Brasil)

E-mail / ORCID

andressafalcade@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-6651-1685>

laisfalcade@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4570-8518>

ilse.abegg@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8621-6985>

biondouianes@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7069-6910>

ARTIGO / ARTICLE

FACCE: Framework para Avaliação da Carga Cognitiva na Educação Online

FACCE: Framework for assessing cognitive load in online education

Andressa Falcade, Laís Falcade, Ilse Abegg e Uianes Luiz Rockenbach Biondo

Resumo: Analisar a carga cognitiva envolvida no processo de ensino e aprendizagem online é um fator importante para a garantia de resultados educativos mais concretos, principalmente porque observa a interferência que diferentes formatos de apresentação de conteúdos podem causar na aquisição de informações pela memória humana. Pensando nisso, este artigo apresenta um Framework denominado FACCE que tem por base os aspectos oriundos da convergência de quatro estudos: a Teoria da Carga Cognitiva, a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, os princípios do aprendizado eletrônico e as Heurísticas de Usabilidade de Interfaces e busca instrumentalizar a avaliação da carga cognitiva na educação online. Esta é uma pesquisa qualitativa que aborda a construção e validação do FACCE que foi construído com base nos recursos disponíveis no HTML5, CSS, Framework Bootstrap, JavaScript e PHP. Para o levantamento dos dados na fase de validação da ferramenta foi utilizada uma adaptação da Escala de Usabilidade de Sistemas SUS (System Usability Scale) que identifica a qualidade da interface de sistemas computacionais. Os resultados demonstraram que o Framework proposto apresenta qualidade de interface e por isso pode ser amplamente utilizado na qualificação do ensino online a partir do balanceamento da carga cognitiva na apresentação dos conteúdos.

Palavras-Chave: Carga Cognitiva, Design Instrucional, Avaliação, Educação a distância, Usabilidade.

Abstract: Analyzing the cognitive load involved in the online teaching and learning process is an important factor in ensuring more concrete educational results, mainly because it observes the interference that different formats of content presentation can cause in the acquisition of information by human memory. With this in mind, this article presents a Framework called FACCE, which is based on aspects arising from the convergence of four studies: the Cognitive Load Theory, the Cognitive Theory of Multimedia Learning, the principles of electronic learning and the Usability Heuristics of Interfaces and search instrumentalize the assessment of cognitive load in online education. This is a qualitative research that addresses the construction and validation of FACCE which was built based on the resources available in HTML5, CSS, Bootstrap Framework, JavaScript and PHP. For data collection in the validation phase of the tool, an adaptation of the SUS System Usability Scale (System Usability Scale) was used, which identifies the quality of the interface of computer systems. The results showed that the proposed Framework has interface quality and therefore can be widely used in the qualification of online teaching from the balance of the cognitive load in the presentation of contents.

Keywords: Cognitive Load, Instructional Design, Evaluation, Distance Education, Usability.

1. Introdução

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. Com o advento da tecnologia, a educação ganhou espaço em ambientes conectados à Internet dando forma à Educação Online como “»ma evolução das gerações da EAD» (Santos, 2009, p.5659). Moran (2006) já dizia à época, que a educação online estava em seus primórdios, sendo uma ramificação da Educação a Distância. Segundo o autor, a educação online «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 anos de 2020-2021, em que o distanciamento social foi praticamente uma regra de sobrevivência devido a pandemia da Covid-19, a educação foi adaptada às possibilidades permitidas pela tecnologia. O que muitos chamaram de Educação a Distância, poderia ser renomeado como ensino presencial transposto, em muitos casos para uma educação online, sendo declarada por muitos especialistas como ensino remoto. A fim de promover a educação online, 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 o ensino remoto e para a educação online, 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. Segundo Pelli e Rosa (2016), é necessário refletir com cuidado a implantação de um ensino online, observando principalmente a organização dos ambientes virtuais de ensino e aprendizagem e a produção de materiais didáticos próprios, uma vez que as formas de ensinar e aprender também são distintas da modalidade presencial. Para tanto, buscou-se nos estudos de Sweller, Merriënboer e Paas (1998), Mayer (2002), Filatro (2008) e Nielsen (1994), um embasamento que permitisse uma nova forma de pensar a educação online a fim de amenizar as dificuldades oriundas da carga cognitiva envolvida no processo de ensino e aprendizagem.

Pensando nisso, o objetivo deste estudo é instrumentalizar a avaliação da carga cognitiva na educação online. Para tanto foi desenvolvido o Framework FACCE composto por elementos de conteúdo que poderão ser utilizados como recomendação para o balanceamento da carga cognitiva na educação, e elementos de avaliação (dois checklists para a avaliação da carga cognitiva: um para a apresentação de conteúdo e outro para a organização do ambiente tecnológico). O Framework proposto foi

validado e os resultados poderão ser observados na sequência deste artigo. Nas próximas seções podem ser observadas explicações sobre a arquitetura cognitiva humana e a Carga Cognitiva, o método utilizado na pesquisa, o desenvolvimento e a validação do Framework FACCE.

1.1. Arquitetura Cognitiva Humana e Carga Cognitiva

A arquitetura cognitiva é representada pela conjunção das memórias sensorial, de trabalho e de longo prazo a fim de garantir a aquisição do conhecimento na memória humana. Para Kirschner (2002), a informação externa é captada pela memória sensorial, levada para a memória de trabalho onde é processada e guardada na memória de longo prazo quando apreendida. Segundo Miller (1955) a carga cognitiva está relacionada à quantidade de elementos de informação que a memória de trabalho pode processar ao mesmo tempo para a compreensão de um conteúdo. Segundo o autor, a memória de trabalho processa aproximadamente sete elementos simultâneos e, quando a quantidade é superior ao suportado, a carga cognitiva fica elevada e a aprendizagem pode ser prejudicada.

Conhecendo a arquitetura cognitiva do estudante e a forma como ele adquire conhecimentos, Sweller e Chandler (1994) realizaram estudos que resultaram na criação da Teoria da Carga Cognitiva que dividiu a carga cognitiva na memória de trabalho em dois tipos: Intrínseca e Extrínseca. Carvalho (2002) afirma que a primeira se refere à quantidade de elementos que precisam interagir ao mesmo tempo na memória de trabalho para que o conteúdo seja compreendido, ou seja, a dificuldade própria do conteúdo e a segunda refere-se à maneira como o conteúdo é apresentado ao estudante. Ambas as cargas, intrínseca e extrínseca, podem sofrer interferência positiva ou negativa pelo Design Instrucional pensado pelo professor (Sweller et al., 1998). Com base na Teoria da Carga Cognitiva, Clark, Nguyen e Sweller (2006), definiram 29 diretrizes que permitem o balanceamento da carga cognitiva e, segundo eles, proporcionam a maximização do processamento de informação na memória de trabalho.

Outro estudo importante sobre a aprendizagem do estudante é a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM) (Mayer, 2002), que estudou a influência da combinação dos canais auditivo e visual para a maximização da memória de trabalho e, segundo ele, o uso do canal duplo, permite que a memória seja melhor utilizada, uma vez que amplia a sua capacidade de processamento. A TCAM tem por base a mescla de elementos visuais e auditivos para a geração da aprendizagem e apresenta nove princípios para o balanceamento da carga cognitiva no processo de construção do conhecimento.

Pensando no aprendizado mediado por tecnologia, Filatro (2008) uniu os princípios definidos por Mayer (2002) na TCAM com as dez Heurísticas de Nielsen (1994) que determinam aspectos para melhorar a usabilidade de interfaces de software. O estudo de Nielsen é voltado ao desenvolvimento de sistemas, portanto tem um embasamento mais técnico para o design de interfaces. Ao fazer essa junção, Filatro (2008) definiu dez princípios para o aprendizado eletrônico que permitem o balanceamento da carga cognitiva do processo de aprendizagem em ambientes informatizados.

Com base nas teorias apresentadas, este artigo traz a construção de um Framework para instrumentalizar a avaliação da carga cognitiva na educação online. Na próxima seção poderá ser visualizado o método utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa.

2. Método

O desenvolvimento do Framework teve início na metade do primeiro semestre de 2020¹ com o objetivo de instrumentalizar a avaliação da carga cognitiva na Educação Online. Esta foi uma pesquisa qualitativa, onde o público-alvo são profissionais envolvidos no processo educacional ofertado através da mediação de alguma tecnologia, podendo ser abrangido, portanto, a educação a distância, a educação online, a educação remota entre outros formatos educativos.

Dentre os profissionais que poderão 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.

O Framework foi desenvolvido utilizando ferramentas da Web: a sua estrutura é baseada na Linguagem de Marcação de Hipertextos (HTML), na versão 5; a parte visual utilizou 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 permite que a ferramenta desenvolvida seja responsiva, ou seja, ajuste o seu conteúdo conforme a resolução do dispositivo em que é executada. Duas linguagens de programação 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. Todo o desenvolvimento utilizou o editor de código fonte aberto Notepad++.

A validação da ferramenta ocorreu dentro de um ambiente controlado no Google Meet® com 13 pessoas oriundas do público-alvo. Os participantes foram convidados a ler um artigo base sobre o assunto antes da realização da pesquisa. Após essa leitura, foi marcado um horário destinado a cada participante para que a utilização da ferramenta fosse gravada. A avaliação junto a ferramenta teve uma duração média de 2 horas por participante. O levantamento dos dados após a utilização do Framework se deu através do questionário do SUS (System Usability Scale) (Brooke, 1996), uma escala de avaliação de interfaces baseada nos requisitos ergonômicos: eficácia, eficiência e satisfação. 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 foram apresentadas 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.

¹ Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em 20 de agosto de 2021, recebendo o número CAAE 49233321.0.0000.5346.

- 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 considero 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.

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). 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. "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 dos adjetivos: «pior imaginável» (0 até 25), «pobre» (entre >25 e <40), «ok» (40 até 52), «bom» (52 até 74), «excelente» (74 até 85), «melhor imaginável» (>85). Na próxima seção serão realizadas as descrições do desenvolvimento do Framework.

2.1. Framework para avaliação da carga cognitiva

A avaliação da carga cognitiva na educação online 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 por causa de uma pandemia.

A ferramenta produzida como resultado da tese de doutorado denomina-se FACCE - Framework para a Avaliação da Carga Cognitiva na Educação e será disponibilizada virtualmente a fim de garantir maior abrangência no acesso às suas informações. Dentro da ferramenta, além da instrumentalização da avaliação da carga cognitiva através de dois *checklists*, será possível realizar 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 realizadas nas teorias 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. A estrutura do Framework FACCE é subdividida em oito páginas que podem ser acessadas através de um menu fixo na parte superior da janela. O menu do FACCE pode ser observado na Figura 1.



Figura 1. Menu principal do FACCE. Fonte: Dados da pesquisa.

Como pode ser observado na Figura 1, os menus «Princípios» e «Avaliação» possuem uma flecha indicativa de continuidade. Isso ocorre porque em ambos os menus há uma subdivisão: Conteúdo e Ambiente Tecnológico. Essa subdivisão ocorreu devido às características dos princípios que são mais direcionados a um ou a outro elemento. Na primeira página (Figura 2) é possível visualizar uma breve apresentação do Framework FACCE, expondo os seus objetivos práticos e teóricos, a sua origem e a sua organização estrutural.



Figura 2. Imagem da página inicial do FACCE. Fonte: Dados da pesquisa.

A fim de demonstrar todos os conceitos estudados na tese que deu origem ao Framework FACCE, foram criadas três páginas de conteúdo. 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. Na Figura 3, é possível observar a arquitetura cognitiva humana e a sequência da informação no processo de construção do conhecimento dentro da memória. Explicações adicionais podem ser acessadas através dos ícones.

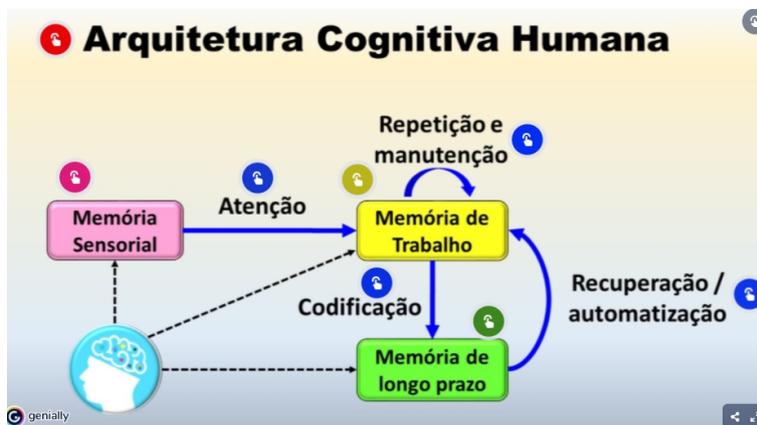


Figura 3. Imagem do menu Arquitetura Cognitiva. Fonte: Dados da pesquisa.

Na segunda página de conteúdo poderá ser observada uma explicação mais aprofundada do conceito de Carga Cognitiva dentro da memória de trabalho (Figura 4). A Carga Cognitiva é a soma das cargas intrínseca e extrínseca e a carga cognitiva extrínseca é subdividida em relevante e irrelevante.

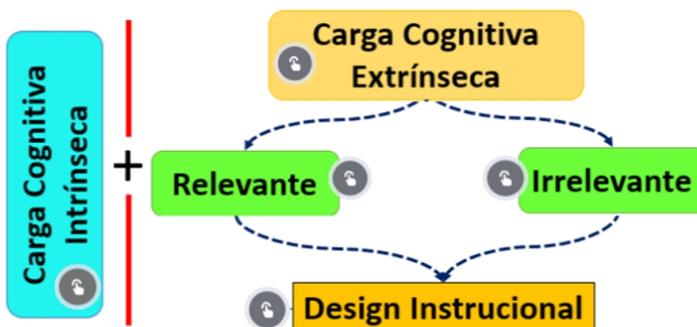


Figura 4. Menu Carga Cognitiva. Fonte: Dados da pesquisa.

A quinta e última página de conteúdo tem por objetivo apresentar uma linha do tempo de quatro estudos - TCC (Sweller et al. 1998), TCAM (Mayer, 2002), Usabilidade de Interfaces (Nielsen, 1994) e Aprendizado eletrônico (Filatro, 2008) - e as conexões realizadas entre eles a fim de apontar aspectos para a minimização da carga cognitiva na educação online, mais especificamente com relação à carga cognitiva na apresentação de conteúdos e na interação com o ambiente tecnológico.



Figura 5. Menu Teorias. Fonte: Dados da pesquisa.

Para completar criou-se uma página que apresenta o currículo resumido dos autores John Sweller, Andrea Filatro, Richard Mayer e Jakob Nielsen, 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. Este menu foi denominado de Literatura.

ESTUDIOSOS DA CARGA COGITIVA E USABILIDADE DE INTERFACES

Clique nas imagens para ver suas biografias.



Figura 6. Menu Literatura. Fonte: Dados da pesquisa.

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. Os dois menus que representam os resultados dessa pesquisa no FACCE são «Princípios» e «Avaliação». No primeiro menu é possível verificar os princípios de balanceamento da carga cognitiva levantados nas etapas anteriores a este estudo e no segundo menu é possível encontrar a aplicação

desses princípios num *checklist* avaliativo. Ambos os menus se subdividem em duas subcategorias: Ambiente tecnológico e Conteúdos.

As páginas de avaliação da carga cognitiva na educação online 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 em 8 na formulação do *checklist*. Esse agrupamento se deu nos princípios de Multimídia e modalidade; e Pré- formação e sinalização devido à aproximação conceitual das questões elaboradas a fim de impedir que o usuário 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. Importante destacar que os princípios de balanceamento da carga cognitiva na apresentação de conteúdos e na interação com o ambiente tecnológico estão 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 para minimizar 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*.

2.2. Checklists de Avaliação da Carga Cognitiva no FACCE

Para o desenvolvimento da avaliação, o usuário terá à sua disposição dois *checklists* diferentes: um para a avaliação da carga cognitiva na apresentação de conteúdos e outro para a avaliação da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico. Ambos têm acesso direto pelo menu principal localizado na parte superior da interface do FACCE². Nos *checklists*, a primeira página solicita ao usuário o preenchimento de dois campos: o nome do objeto avaliado e o nome do avaliador. Esses campos serão apresentados no topo do relatório final a fim de identificar o que foi avaliado e por quem.

Após o preenchimento das informações solicitadas, o usuário deve clicar no botão «Iniciar» para visualizar a primeira questão do *checklist* avaliativo. A primeira questão deste inquérito 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. Na Figura 8 é possível visualizar a primeira categoria avaliada.

² Link de acesso ao Framework FACCE: <https://facceframework.000webhostapp.com/index.html>



Figura 7. Página inicial dos checklists de avaliação. Fonte: Dados da pesquisa.

A categoria Proximidade espacial e temporal, oferece uma exemplificação visual do que se espera observar. 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.

Os princípios da Pré-Formação e 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.



Figura 8. Checklist avaliação de conteúdo: Categoria Multimídia e modalidade. Fonte: Dados da pesquisa.

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 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*³ para que os resultados fossem específicos e não genéricos.

O checklist de avaliação da carga cognitiva na interação com o ambiente tecnológico é mais simples do que o primeiro, 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.

	Framework para a Avaliação da Carga Cognitiva na Educação Avaliação da carga cognitiva na interatividade com o ambiente tecnológico Objeto avaliado: teste Avaliador: teste Data da avaliação: 11/09/2021
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.	
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.	
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.	
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.	
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.	
6 - Interatividade O ambiente virtual atinge os objetivos da diretriz de Interatividade.	
7 - Ajuda O ambiente virtual atinge os objetivos da diretriz Ajuda.	
Esta avaliação foi realizada utilizando o Framework para a Avaliação da Carga Cognitiva na Educação. Link para acesso: https://faceframework.000webhostapp.com	

Salvar relatório

Figura 9. Página de relatório do FACCE. Fonte: Dados da pesquisa.

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.

³ A tabela de possibilidades de Feedback para cada combinação de respostas das questões dos dois checklists pode ser visualizada aqui: <https://bit.ly/3n4YnC2>.

Na categoria Redundância, a primeira questão visa identificar a existência de mais de um recurso com o mesmo conteúdo. Já a segunda questão, que só é aberta quando há a confirmação da existência de mais recursos, atenta para o conceito de estilos cognitivos, 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.

Ao final das avaliações é possível rever todos os feedbacks individuais apresentados no decorrer da avaliação. Este relatório inicia com o nome do objeto e do avaliador, 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 estão identificados a origem do relatório e o link de acesso à ferramenta, para que o avaliador possa retornar ao FACCE para outras informações.

Esses dois checklists são o resultado de uma validação intermediária que buscou identificar possíveis incoerências ou erros de interpretação e feedback. Todas as correções às inconsistências identificadas na avaliação preliminar foram aplicadas aos checklists antes da validação que é exposta abaixo.

3. Resultados

Na segunda avaliação do Framework FACCE foi utilizada a Escala de Usabilidade de Sistemas SUS (System Usability Scale) para a coleta dos dados e foram convidadas 13 pessoas que fazem parte do público-alvo estipulado. 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.

Com relação ao tempo de experiência em Educação a Distância 5 participantes possuem de 1 a 3 anos; 2 participantes possuem 3 a 6 anos e 6 participantes possuem tempo maior de 6 anos. As funções exercidas pelos convidados dentro da EAD são: 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. A partir desta descrição é possível afirmar que os participantes convidados 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.

3.1. Validação do Framework FACCE

A aplicação do questionário SUS (System Usability Scale) ocorreu após a interação dos participantes com a ferramenta. Ao todo foram 10 questões com possibilidades de resposta entre concordo totalmente e discordo totalmente. A fim de gerar um resultado mais consistente optou-se por separar as questões, seguindo as combinações definidas por Braum (2019) 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 3ª, 4ª, 7ª e 10ª perguntas; b) Satisfação, que aborda a 1ª, 4ª e 9ª perguntas; c) Erros, que contempla apenas a 6ª questão; d)

Memorização, composta apenas pela 2ª 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.

Aprendizagem

A Aprendizagem abrange as questões 3, 4, 7 e 10. Na questão 3: «Eu considerei 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. Nas questões pares, 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 que o participante 12 afirmou precisar aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o FACCE (questão 10), 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, 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.

Satisfação

A satisfação reflete a agradabilidade de uso da interface e é tratada nas questões 1, 4 e 9 do SUS (Braun, 2019). 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 sentiram-se 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.

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 (Braun, 2019). 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 resulta 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.

Eficiência

O componente de qualidade eficiência está relacionado às questões 5, 6 e 8 do SUS (Braun, 2019). Na questão 5: «Eu considero que as várias funções do Framework FACCE estão muito bem integradas, ou seja, a combinação das etapas funciona 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 considere 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 afirmam 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.

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 a distinção entre as questões pares e ímpares, foram construídos dois gráficos, onde podem ser observadas de forma isolada as respostas dos 13 participantes. As afirmações das questões ímpares são todas positivas, ou seja, trazem a ideia de qualidade da ferramenta avaliada. Como pode ser visto na Figura 5, 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.

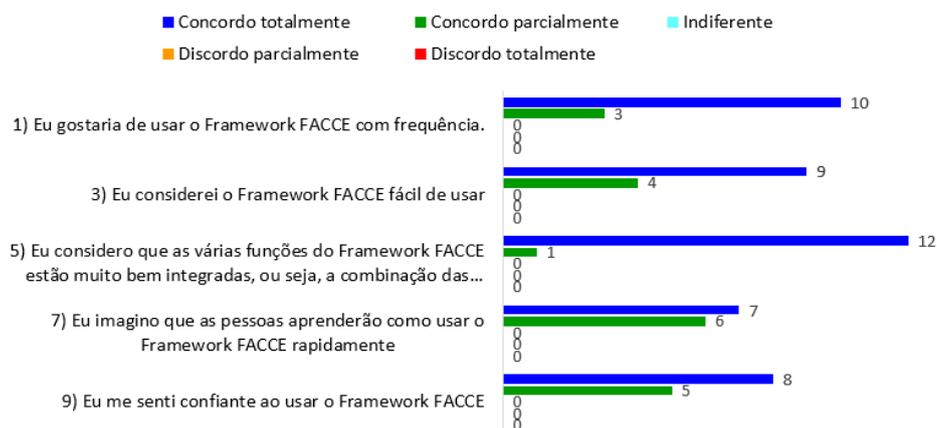


Figura 10. Questões ímpares do SUS: Afirmações positivas. Fonte: Dados da pesquisa.

Analisando as considerações realizadas pelos participantes da pesquisa durante a interação 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.

Questões pares do SUS: Afirmações negativas

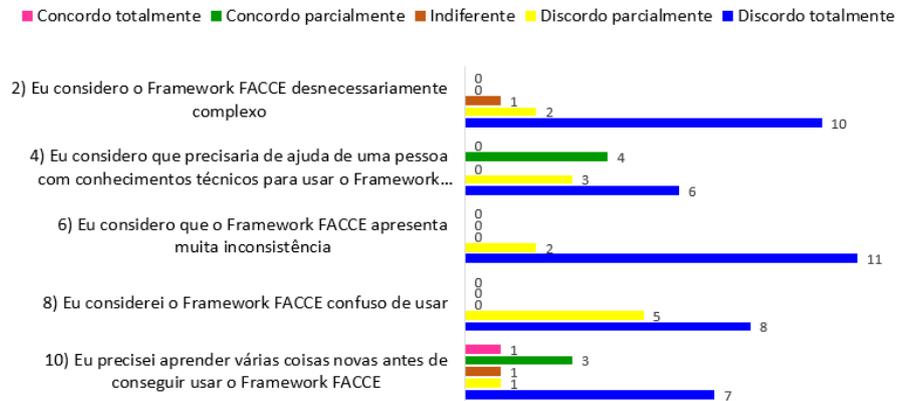


Figura 11. Questões pares do SUS: Afirmações negativas. Fonte: Dados da pesquisa.

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 interação 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 interação com o FACCE envolveu muita leitura e que gostaria de elementos mais dinâmicos, como vídeos ou áudios para complementar as explicações dos conteúdos.

A partir das respostas dos participantes no questionário do SUS, foi possível aplicar o cálculo para definição da qualidade da ferramenta avaliada, que 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 interação com a ferramenta fazendo comentários sobre suas percepções diante do que vivenciaram durante o processo. Algumas destas percepções podem ser vistas nas transcrições que se seguem.

Citando a variação de exemplos resolvidos, exemplos parcialmente resolvidos e exercícios a resolver proposto na Teoria da Carga Cognitiva:

«Gostei muito dessa apresentação. Eu fui lendo e pensando, bah, que ideia bacana, eu vou colocar na minha aula [...] essa ideia de meio resolvido»

Mencionando a ideia de regularidade citada pela Filatro (2008) nas diretrizes do aprendizado eletrônico:

«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.»

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:

«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.»

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 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?»

Citando a Teoria da Carga Cognitiva no que diz respeito ao uso de imagem para ilustrar os conhecimentos:

«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.»

Esses comentários demonstraram que várias informações disponibilizadas pela ferramenta foram de alguma forma absorvidas 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.

Ainda, a fala dos participantes apresentada no Quadro 1 apresenta indícios que a ferramenta tem potencial de ser bastante utilizada na Educação Online, como também em outras modalidades de ensino, uma vez que os conceitos não são exclusivos da aprendizagem mediada pela tecnologia.

4. Conclusões

Nos anos de 2020 e 2021, devido às restrições de convívio social presencial obrigadas pela pandemia, as tecnologias permitiram a continuidade do trabalho das instituições de ensino, tanto públicas quanto privadas. Com isso, tornou-se importante

pensar na qualidade do processo educativo ofertado para os estudantes, pois a situação vivida por si só, para muitas pessoas já constitui uma carga cognitiva bastante elevada.

Diante deste cenário, este estudo buscou instrumentalizar a avaliação da carga cognitiva na educação online através da produção do Framework FACCE, que envolve os estudos da Teoria da Carga Cognitiva, da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, do Aprendizado eletrônico e das Heurísticas de Usabilidade de interfaces. O Framework proposto é composto de recomendações para balanceamento da carga cognitiva e dois checklists de avaliação, um para a apresentação de conteúdo e outro para a organização de ambientes tecnológicos.

Ainda, foi explorada a validação da ferramenta construída, em ambiente controlado com profissionais oriundos do público-alvo da pesquisa, sendo a interação do avaliador gravada para análise posterior. Após a interação os avaliadores foram submetidos ao questionário SUS, que identificou a qualidade da interface do Framework. Também, a gravação das interações permitiu identificar possíveis indícios de que a ferramenta tem potencial de uso pelo público da pesquisa.

Como resultados principais destacamos que o Framework FACCE possibilita agilidade na avaliação da Carga Cognitiva na apresentação dos conteúdos para a educação online, tanto em materiais didáticos (principalmente arquivos em pdf que é amplamente utilizado pelos professores), quanto na organização dos Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem. Além disso, a possibilidade de dimensionar a Carga Cognitiva na apresentação dos conteúdos, contribui para a melhoria da aprendizagem dos estudantes, uma vez que o estudante terá um melhor aproveitamento do tempo e de sua capacidade de aprendizagem para o que de fato importa durante o tempo de estudos.

Como trabalhos futuros pretende-se incluir materiais audiovisuais para a complementação das explicações dos conteúdos expostos na ferramenta, o que auxiliará no balanceamento 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 da carga cognitiva com intuito de auxiliar na permanência e desempenho dos estudantes, qualificando ainda mais a educação online.

5. Referências

- Braum, M. (2019). *Como medir a usabilidade de produtos com System Usability Scale (SUS)*. Disponível em <<https://bit.ly/3APs6mY>> Acesso em: 14 jun. 2021
- Brooke, J. (1996). 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. Disponível em <https://bit.ly/3DMCptZ>
- Brooke, J. (2013). SUS: a retrospective. *Journal of Usability Studies* 8(2), 29-40. Disponível em <https://bit.ly/3n1pAFn>
- Carvalho, A. A. (2002). Multimídia, um conceito em evolução. *Revista Portuguesa de Educação*

- 15(1), 245-268. Disponível em <https://goo.gl/ffw69Z>
- Clark, R.; Nguyen, F.; Sweller, J. (2006). *Efficiency in Learning: evidence-based guidelines to manage cognitive load*, Wiley.
- Cunha, L. M. A. (2007). *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.
- Filatro, A. (2008). *Design Instrucional na Prática*. Pearson.
- Kirschner, Paul A. (2002). Cognitive load theory: implications of cognitive load theory on the design of learning. *Learning and Instruction* 12. Disponível em <https://goo.gl/NYuTVv>
- Mayer, R. (2002). *Multimedia Learning. The Psychology of Learning and Motivation*. 41.
- Miller, G. A. (1955). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 101(2), pág. 343-352. Disponível em <https://goo.gl/vu4R2i>
- Moore. M.G. The Theory 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 M. Silva, *Educação online: teorias, práticas, legislação, formação corporativa* (41-52). Editora Loyola.
- Nielsen, J. (1994). *10 Usability Heuristics for User Interface Design*. Disponível em <https://bit.ly/2xMOzXs>
- Nielsen. J. (2012). *Usability 101: Introduction to Usability*. Disponível em <https://bit.ly/3AJA8xK>
- Pelli, D.; Rosa, M. (2016). 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 C. Maciel, K.M. Alonso, M.C. Paniago, *Educação a Distância: Interação entre sujeitos, plataformas e recursos*. Cuiabá, MT. Editora EduFMT. vol 11. Páginas 23-50.
- Santos. E. (2009). Educação Online Para Além Da EAD: Um Fenômeno Da Ciberultura. Anais do X Congresso Internacional Galego-Português de Psicopedagogia. Braga: Universidade do Minho. Páginas 5658-5671. Disponível em: <https://bit.ly/2CPFM9h>
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why Some Material Is Difficult to Learn. *Cognition and Instruction*, 12(3), 185-233. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1203_1
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>

