

**CENTRO UNIVERSITÁRIO INTERNACIONAL UNINTER
MESTRADO E DOUTORADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO
E NOVAS TECNOLOGIAS**

DARLAN RODRIGUES MARTINS

**FRAMEWORK DE ELABORAÇÃO DE CONTEÚDOS EDUCACIONAIS
PARA A APRENDIZAGEM DIGITAL BASEADO NA NEUROCIÊNCIA
COGNITIVA E NA PSICOLOGIA COGNITIVA**

CURITIBA

2020

**CENTRO UNIVERSITÁRIO INTERNACIONAL UNINTER
MESTRADO E DOUTORADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO
E NOVAS TECNOLOGIAS**

DARLAN RODRIGUES MARTINS

**FRAMEWORK DE ELABORAÇÃO DE CONTEÚDOS EDUCACIONAIS PARA
A APRENDIZAGEM DIGITAL BASEADO NA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA
E NA PSICOLOGIA COGNITIVA**

**CURITIBA
2020**

DARLAN RODRIGUES MARTINS

**FRAMEWORK DE ELABORAÇÃO DE CONTEÚDOS EDUCACIONAIS PARA
A APRENDIZAGEM DIGITAL BASEADO NA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA
E NA PSICOLOGIA COGNITIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado e Doutorado Profissional em Educação e Novas Tecnologias na linha de pesquisa: Formação Docente e Novas Tecnologias da Pró-Reitora de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão do Centro Universitário Internacional UNINTER, como requisito à obtenção do título de Mestre em Educação e Novas Tecnologias.

Área de Concentração: Educação e Novas Tecnologias

Orientador: Prof. Dr. Luciano Frontino de Medeiros

CURITIBA

2020

M386f Martins, Darlan Rodrigues
Framework de elaboração de conteúdos educacionais para a aprendizagem digital baseado na neurociência cognitiva e na psicologia cognitiva / Darlan Rodrigues Martins. – Curitiba, 2020.
254 f. : il. (algumas color.)

Orientador: Prof. Dr. Luciano Frontino de Medeiros
Dissertação (Mestrado Profissional em Educação e Novas Tecnologias) – Centro Universitário Internacional UNINTER.

1. Framework. 2. Planejamento educacional. 3. Tecnologia educacional. 4. Aprendizagem. 5. Neurociência cognitiva. 6. Psicologia cognitiva. I. Título.

CDD 371.334

Catálogo na fonte: Vanda Fattori Dias - CRB-9/547



uninter.com | 0800 702 0500

CENTRO UNIVERSITÁRIO INTERNACIONAL UNINTER
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO-PGPE
PROGRAMA DE MESTRADO E DOUTORADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO E NOVAS TECNOLOGIAS
Secretaria do Mestrado e Doutorado Profissional em Educação e Novas Tecnologias

Defesa Nº 002/2021

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM
EDUCAÇÃO E NOVAS TECNOLOGIAS

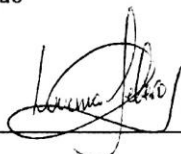
No dia 17 de fevereiro de 2021, às 14h, reuniu-se via web conferência a Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Mestrado e Doutorado Profissional em Educação e Novas Tecnologias, composta pelos professores doutores: Luciano Frontino de Medeiros (Presidente-Orientador-PPGENT/UNINTER); Neri dos Santos (Integrante Externo/UFSC); Rodrigo Otávio dos Santos (Integrante Interno Titular-PPGENT/UNINTER); Alvino Moser (Integrante Interno Institucional-UNINTER); Germano Bruno Afonso (Integrante Interno Suplente-PPGENT/UNINTER), para julgamento da dissertação: "FRAMEWORK DE ELABORAÇÃO DE CONTEÚDOS EDUCACIONAIS PARA A APRENDIZAGEM DIGITAL BASEADO NA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA E NA PSICOLOGIA COGNITIVA", do mestrando Darlan Rodrigues Martins. O presidente abriu a sessão apresentando os professores membros da banca, passando a palavra em seguida ao mestrando, lembrando-lhe de que teria até vinte minutos para expor oralmente o seu trabalho. Concluída a exposição, o candidato foi arguido oralmente pelos membros da banca.

Concluída a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se e comunicou o Parecer Final de que o mestrando foi:

- (X) APROVADO, devendo o candidato entregar a versão final no prazo máximo de 60 dias.
- () APROVADO somente após satisfazer as exigências e, ou, recomendações propostas pela banca, no prazo fixado de 60 dias.
- () REPROVADO.

O Presidente da Banca Examinadora declarou que o candidato foi aprovado e cumpriu todos os requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação e Novas Tecnologias, devendo encaminhar à Coordenação, em até 60 dias, a contar desta data, a versão final da dissertação devidamente aprovada pelo professor orientador, no formato impresso e PDF, conforme procedimentos que serão encaminhados pela secretaria do Programa. Encerrada a sessão, lavrou-se a presente ata que vai assinada pela Banca Examinadora.

Recomendações: Proceder aos ajustes solicitados pela banca no texto da dissertação

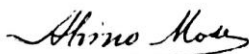


Dr. Luciano Frontino de Medeiros
Presidente da Banca



Documento assinado digitalmente
Neri dos Santos
Data: 18/02/2021 21:39:48 -0300
CPF: 155.441.689-20

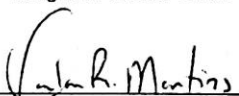
Dr. Neri dos Santos
Integrante Externo



Dr. Alvino Moser
Integrante Interno Institucional



Dr. Rodrigo Otávio dos Santos
Integrante Interno Titular



Dr. Darlan Rodrigues Martins
Mestrando

Dr. Germano Bruno Afonso
Integrante Interno Suplente

AGRADECIMENTOS

Sou grato a Jesus, o maior mestre, meu melhor amigo, obrigado por ser o modelo. Ao teu Espírito Santo sou grato por todo consolo, preparação e direcionamento nesta caminhada, que foi bela porque Tu estivestes aqui comigo. "...dEle, por Ele e para Ele são todas as coisas. A Ele seja a honra e a glória eternamente! Amém." (Rm 11.36).

Sou grato a minha mãe, minha protetora, meu porto seguro, obrigado por todo suporte e orações. Você bem sabe dos tempos que vivemos, e dividir esta conquista com você é minha felicidade. Meu eterno obrigado, mãe!

Sou grato a Helbe, minha noiva neste momento em que escrevo, mas minha futura e eternamente esposa, sou grato a ti por tantos motivos, que terei que resumir meus agradecimentos: obrigado por ter me escolhido, por ser a mulher de Deus por quem eu tanto esperei, por ser minha melhor amiga e incentivadora, minha apoiadora e auxiliadora. Você é uma joia de muito valor.

Sou grato aos meus filhos amados, obrigado por existirem e fazerem nossos momentos tão felizes, obrigado por compreenderem e aceitarem esta ausência, esta distância. Helena e seu coraçãozinho puro; Daniel, meu amigãozão; Sarah, minha carinhosa, papai ama muito cada um de vocês. Sou grato aos meus amigos compadres, Sidney, Neuzi e Luciana, obrigado pelo amor que nos une, pela verdade que escolhemos seguir e pelos muitos conselhos e suporte em todos os momentos.

Sou grato ao meu orientador, professor doutor Luciano Frontino de Medeiros, meu humilde obrigado por ter me recebido e me direcionado até aqui. Professores da minha banca (prof. Dr. Alvino Moser, prof. Dr. Neri dos Santos, prof. Dr. Rodrigo Otávio dos Santos), pelas mui valiosas contribuições, que enriqueceram demais esta pesquisa. Obrigado professora Siderly, pela enorme compreensão e gentileza. Obrigado professor João Mattar e professora Marilene Garcia, pela sua visão, pela aposta, pela escolha e grande carinho. Obrigado Dani Motta porque estaríamos todos perdidos sem você.

Minha forma de desejar o bem a cada um de vocês é pedindo a Deus que os abençoe grandemente. Obrigado!

“Deus marcou o tempo certo para cada coisa”

Eclesiastes, 3.11

RESUMO

O ponto de partida desta pesquisa foi compreender as diferentes funcionalidades que o cérebro humano possui e que nos permite adquirir uma nova aprendizagem, com o objetivo de conceber um framework para apoiar a elaboração de conteúdos educacionais, apresentando diretrizes e orientações baseadas em evidências, provenientes das pesquisas em neurociência cognitiva e psicologia cognitiva, relacionadas à seleção e ao processamento de informações, à articulação com conhecimentos prévios, ao armazenamento das memórias e sua evocação e à carga cognitiva destes conteúdos, para melhorar a performance cognitiva no contexto da aprendizagem digital. Esta pesquisa foi desenvolvida no contexto do projeto “Simuladores Computacionais e Robótica Educacional”, do Programa de Pós-Graduação – Mestrado e Doutorado – Profissional do Centro Universitário Internacional UNINTER. Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, com uma abordagem qualitativa e objetivo exploratório, que relacionou as evidências resultantes dos estudos da neurociência cognitiva e psicologia cognitiva acerca do processamento acerca da sensação, percepção, do processamento cognitivo de informações, da memorização e emoção, ligados à eficiência instrucional propostos pela teoria da carga cognitiva, no contexto da aprendizagem digital para conceber um framework, propondo as características que os conteúdos educacionais didáticos deveriam ter, do ponto de vista das evidências resultantes dos estudos sobre o aprimoramento cognitivo, para estarem alinhados em relação à eficiência instrucional. Seus resultados foram validados por docentes conteudistas das disciplinas, por meio de um formulário enviado por email com 10 perguntas fechadas, podendo opcionalmente justificar suas escolhas. A análise dos dados deu-se mediante a fundamentação teórica de alguns autores, como Sweller, Van Merriënboer, Paas (1998), Belisário (2003), Mayer (2009), Lent (2010), Cosenza e Guerra (2011), Willingham (2011), Dehaene (2012), Kandel *et al* (2014), Filatro e Cairo (2015), Izquierdo (2018), entre outros. Ainda, foi realizada a observação e análise dos conteúdos educacionais utilizados em seis disciplinas, comparando-os com a framework proposto nesta pesquisa, a fim de evidenciar o potencial de melhoramento em relação a aderência às premissas estudadas para elaboração de conteúdos educacionais. Enfim, salienta-se que esta pesquisa apresentou como relevância oportunizar a revisitação das bases teóricas do processo da aprendizagem humana, mais propriamente quando há distanciamento físico e temporal, formulando uma nova proposta de elaboração materiais didáticos, aqui denominados de conteúdos educacionais, para a era da aprendizagem digital, e servindo ainda de fonte para futuras pesquisas relativas ao mesmo tempo, dando suporte a designers instrucionais e demais profissionais envolvidos na elaboração de conteúdos educacionais.

Palavras-chave: Conteúdos educacionais. Aprendizagem digital. Design instrucional. Carga cognitiva.

ABSTRACT

The starting point of this research was to understand the various possible aspects related to the functioning of the human brain in the face of new learning, to then achieve the objective of designing a framework to support the elaboration of educational content, presenting guidelines and guidelines based on evidence from research in cognitive neuroscience and cognitive psychology, related to the selection and processing of information, the articulation with previous knowledge, and the storage of memories and their evocation, and the cognitive load of these contents, for the improvement of cognitive performance, in the context of digital learning. Belonging to the Computational Simulators and Educational Robotics project, of the Postgraduate Program – Master and Doctorate – Professional at Centro Universitário Internacional UNINTER, this is a research characterized by its applied nature, by the qualitative approach and exploratory objective, which related the resulting evidence of the studies of cognitive neuroscience and cognitive psychology about processing about sensation, perception, cognitive information processing, memorization and emotion, linked to instructional efficiency proposed by the theory of cognitive load, in the context of digital learning to design a framework, proposing the characteristics that educational educational content should have, from the point of view of the evidence resulting from studies on cognitive improvement, to be aligned in relation to instructional efficiency. Their results were validated by professors who also act as contenters in the disciplines they teach, using a form sent by email with 10 closed questions, which can optionally justify their choices. The analysis of the data was based on the theoretical foundation of some authors, such as Sweller, Van Merriënboer, Paas (1998), Belisário (2003), Mayer (2009), Lent (2010), Cosenza e Guerra (2011), Willingham (2011), Dehaene (2012), Kandel et al (2014), Filatro and Cairo (2015), Izquierdo (2018), among others. Still, the observation and analysis of the educational contents used in six subjects was carried out, all related to the first year of a higher education course in the polytechnic area, in the distance modality, comparing them with the framework proposed in this research, in order to highlight the potential of improvement in relation to adherence to the premises studied for the elaboration of educational content. It was given that this research had as relevance the opportunity to revisit the theoretical bases of the human learning process, more precisely when there is physical and temporal distance, formulating a new proposal for the elaboration of didactic materials, here called educational contents, for the era of learning digital, and also serving as a source for future research related at the same time, supporting instructional designers and other professionals involved in the elaboration of educational content.

Keywords: Educational content. Digital learning. Instructional design. Cognitive load.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema da estrutura da dissertação	28
Figura 2 – O modelo mais simples do funcionamento da mente durante o ato de pensar	30
Figura 3 – Corpo caloso do cérebro e seus dois hemisférios.....	32
Figura 4 – Ilustração de uma célula nervosa (neurônio)	34
Figura 5 – Vias ventral e dorsal do processamento visual do cérebro	38
Figura 6 – Níveis do processamento visual.....	40
Figura 7 – Exemplo de leitura de imagens	42
Figura 8 – A fóvea na retina	46
Figura 9 – Região cerebral de processamento da linguagem, no córtex visual	49
Figura 10 – Imagens funcionais do cérebro em atividades linguísticas.....	50
Figura 11 – Cruzamento das informações sensoriais pela via ótica nos hemisférios cerebrais.....	51
Figura 12 – Córtex auditivo	53
Figura 13 – Modelo de memória de trabalho artificial.....	74
Figura 14 – Esquema da sobrecarga cognitiva X abordagem da modalidade	82
Figura 15 – Classificação das memórias, segundo Izquierdo (2018)	84
Figura 16 – Classificação das memórias quanto ao seu uso consciente/inconsciente	90
Figura 17 – Memórias de longa duração	95
Figura 18 – Estruturas cerebrais relacionadas ao prazer e suas interrelações	100
Figura 19 – Evolução histórica da teoria do design instrucional.....	106
Figura 20 – Esquema da aprendizagem, segundo a teoria da aprendizagem multimídia	116

Figura 21 – Esquema do processo de produção de recursos educacionais de multimídia	124
Figura 22 – Fluxo do processo de design audiovisual.....	135
Figura 23 – Diagrama dos paradigmas de Morgan	141
Figura 24 – Não atendimento ao protocolo para texto e imagem, na tela digital.....	155
Figura 25 – Proximidade física e temporal de fontes complementares de informação	156
Figura 26 – Não atendimento ao protocolo para texto e imagem, no vídeo	157
Figura 27 – Destaque visual.....	158
Figura 28 – Variação em termos de lugar	159
Figura 29 – Exercícios.....	161
Figura 30 – Tabela de valência utilizada	201
Figura 31 – Índices médios de aderência.....	202
Figura 32 – Premissas mais e menos aderentes: resultado da análise	203
Figura 33 – Premissas mais e menos aderentes: resultado dos especialistas.....	216
Figura 34 – Diagrama dos paradigmas de Morgan	222
Figura 35 – Amostra da tela do framework.....	223
Figura 36 – Premissas mais e menos aderentes: resultado da análise	231
Figura 37 – Amostra do Guia de Validação.....	232
Figura 38 – Tela principal do produto em fase piloto.....	233
Figura 39 – Tela principal do produto final	233

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Sensação e percepção como fontes do conhecimento	64
Quadro 2 – Resumo das abordagens cognitivas contemporâneas	71
Quadro 3 – Abordagens instrucionais para diminuição da carga cognitiva extrínseca	80
Quadro 4 – O conhecimento prévio ajuda na questão da memória	86
Quadro 5 – Habilidades educacionais necessárias para a era digital	112
Quadro 6 – Mudanças do letramento, no contexto digital	114
Quadro 7 – Categorização dos princípios da aprendizagem multimídia	117
Quadro 8 – Princípios instrucionais da aprendizagem multimídia	118
Quadro 9 – Característica da comunicação didática simulada.....	120
Quadro 10 – Boas práticas em redação.....	121
Quadro 11 – Aplicação das mídias e tecnologias a necessidades de aprendizagem	126
Quadro 12 – Matriz de opções midiáticas e tecnológicas	127
Quadro 13 – Nível de interatividade de conteúdos educacionais.....	128
Quadro 14 – Estilos de videoaulas e preferência dos estudantes.....	129
Quadro 15 – Preferências de interação do estudante com a videoaula	130
Quadro 16 – Categorias de produções de videoaula	130
Quadro 17 – Propriedades do Conectivismo.....	138
Quadro 18 – Framework de abordagens de elaboração de atividades de prática baseado na neurociência e psicologia cognitiva	146
Quadro 19 – Framework de elaboração de conteúdos educacionais para a aprendizagem digital, baseado em neurociência cognitiva e psicologia <i>cognitiva</i> ..	147
Quadro 20 – AS-IS TO-BE da Disciplina A	162
Quadro 21 – AS-IS TO-BE da Disciplina B	169

Quadro 22 – AS-IS TO-BE da Disciplina C	176
Quadro 23 – AS-IS TO-BE da Disciplina D	183
Quadro 24 – AS-IS TO-BE da Disciplina E	190
Quadro 25 – AS-IS TO-BE da Disciplina F.....	197
Quadro 26 – Framework de elaboração de conteúdos educacionais para a aprendizagem digital, baseado em neurociência cognitiva e psicologia <i>cognitiva</i> ..	225

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ADB I	Asian Development Bank Institute
AHC	Atitudes, Habilidades, Conhecimentos
ARCS	Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação
CHA	Conhecimentos, Habilidades, Atitudes
EAD	Educação a Distância
fMRI	Ressonância Magnética Funcional
IHC	Interação Humano-Computador
JICA	Japan International Cooperation Agency
OCDE	Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
PDF	Formato Portátil de Documento
PET	Tomografia por Emissão de Pósitron
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
QI	Quociente de Inteligência
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
SNC	Sistema Nervoso Central
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	29
2.1 NEUROCIÊNCIA COGNITIVA	29
2.1.1 Definições acerca do Cérebro	31
2.1.2 Processamento dos Estímulos Sensoriais pelo Cérebro	36
2.2 PSICOLOGIA COGNITIVA.....	56
2.2.1 Atenção	56
2.2.2 Sensação e Percepção	62
2.2.3 Sinal, Signo, Símbolo e Imagem Mental.....	64
2.2.4 Cognição: Tratamento Humano da Informação.....	66
2.2.5 Teoria da Carga Cognitiva.....	71
2.2.6 Memorização	82
2.2.7 Emoção: as Inteligências Emocionais	97
2.3 DESIGN INSTRUCIONAL	106
2.3.1 Educação a Distância – EAD	109
2.3.2 Aprendizagem Digital	112
2.3.3 Conteúdos Educacionais.....	119
2.3.4 Design Audiovisual.....	133
2.3.5 Conectivismo	136
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	140
3.1 Caracterização da pesquisa	140
3.2 Descrição do produto da pesquisa	143
3.2.1 Levantamento da situação atual AS-IS	144
3.2.2 Modelagem da situação futura TO-BE	145
3.3.3 Validação do produto	152

4 APRESENTAÇÃO, INTERPRETAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	153
4.1 Dados coletados, interpretados e analisados.....	153
4.1.1 Disciplina A.....	154
4.1.2 Disciplina B.....	166
4.1.3 Disciplina C	173
4.1.4 Disciplina D	180
4.1.5 Disciplina E.....	187
4.1.6 Disciplina F.....	194
4.1.7 Resultados numéricos.....	201
4.1.8 Avaliação qualitativa dos dados	203
4.2 Pannel de especialistas	216
5. PRODUTO DE APLICABILIDADE PEDAGÓGICA	222
6 CONCLUSÕES	235
REFERÊNCIAS	239
APÊNDICES.....	252
Apêndice A – E-mail de convite para validação	253

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, as pesquisas relacionadas com a área das neurociências cognitivas estão ressignificando o papel do cérebro nas diversas ações intelectuais que o ser humano desenvolve. Houve bastante avanço tecnológico, no sentido de examinar o organismo de forma menos invasiva, resultando em exames como:

- Ressonância Magnética, que permite observar com altíssima resolução o cérebro em si, bem como mapear a atividade cerebral durante uma atividade cognitiva, possibilitando identificar os locais do córtex acionados;
- Magnetoencefalografia, que se refere ao estudo dos sinais cerebrais produzidos pelo cérebro, permitindo acompanhar quase que em tempo real o caminho sináptico de uma atividade cerebral.

Não se espera com esta pesquisa dominar os conhecimentos neurocientíficos, mas conhecer as estruturas relacionadas aos mais diversos processos cognitivos associados à aprendizagem, como atenção, sensação, percepção, processamento cognitivo de informações, memorização e emoções – pressupostos valiosos para o contexto educacional, tanto para quem ensina quanto para quem aprende – nos levando a formular a seguinte questão preliminar de pesquisa: De que forma os resultados dessas pesquisas poderiam ser observados na aprendizagem escolar?

Nessa perspectiva, deve-se elaborar práticas pedagógicas que amparem os diferenciais da neurociência para melhoria da aprendizagem. De acordo com Verдум (2013), as práticas pedagógicas podem ser entendidas como uma ação intencional de ensino e aprendizagem articulada à educação como prática social, e ao conhecimento como produção histórica e social, numa relação dialógica entre prática e teoria, conteúdo e forma.

Inovar na prática pedagógica inserindo conhecimentos da neurociência é uma alternativa porque, de acordo com Aguilar (2019), a maior parte das escolas ainda ensina da forma tradicional, com lousa e giz. Fora dos muros escolares, os estudantes têm, na sua grande maioria, a informação na palma das mãos e vivem profundamente impactados pelas tecnologias digitais e da inteligência artificial. Para eles, viver transitando nestes dois mundos tão diferentes pode ser angustiante, gerando desinteresse pela escola.

Partindo do pressuposto de que os conteúdos educacionais¹ são um importante elemento de mediação pedagógica entre estudante e professor, torna-se vital que de tempos em tempos este elemento seja revisado, no que se refere à sua forma de apresentação, finalidade e linguagem, a fim de que continue comunicando e interagindo com seu público discente e, conseqüentemente, qualificando as aprendizagens. Seria interessante que revisões e melhorias de design de conteúdos educacionais ocorressem não só em relação à mudança dos perfis dos estudantes, que são fluentes no uso de tecnologias digitais, de acordo com o pensamento de Prensky (2001), como também em função do aparecimento ou da inserção de novas tecnologias, diferentes possibilidades de design instrucional ou mesmo novos pressupostos teóricos, indicando formas de aproveitamento melhor na aprendizagem, provenientes das pesquisas em neurociência cognitiva e em psicologia cognitiva.

Para McLuhan (1988), os meios digitais transformaram a forma como o ser humano interage com o mundo, e com a educação isso não deve ser diferente. Os conteúdos educacionais digitais, por exemplo, poderiam dialogar mais adequada e eficazmente com o público que o utiliza, abrangendo suas formas de interpretação, leitura, interação, na medida em que incorpora suas necessidades de aprendizagem, a fim de gerar diferentes formas de engajamento, produção e retenção de conhecimento.

Fora das escolas, novamente, na sua grande maioria, os estudantes vivem uma realidade mais estimulante com tanta variedade de mídias e dispositivos móveis, que os acompanha ao longo das diversas atividades diárias, permitindo interagir, simular, construir e se arriscar, sem prejuízos ou riscos. Os exames de avaliação de aprendizagem, como o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), que verifica o desempenho estudantil em ciências, matemática e leitura, a cada 3 anos, evidencia os problemas relacionados à alfabetização precária. No último resultado da pesquisa (2018), o Brasil caiu 4 posições em Ciências, ocupando a 67ª

¹Nesta dissertação, optou-se por utilizar a nomenclatura “conteúdos educacionais”, em vez de materiais didáticos – alinhado, portanto, com o pensamento de Filatro e Cairo (2015).

posição; caiu 5 posições em matemática, ocupando a 71ª posição; e praticamente não evoluiu em leitura, passando da 59ª para 58ª posição.

Lynn, Vanhanen (2010), num estudo sobre o QI – quociente de inteligência – observando-se variáveis como os níveis de economia, demografia e resultados epidemiológicos, com o objetivo de validar a consistência das avaliações de desempenho escolar em ciências, matemática e leitura, justamente como o PISA, apontou que o QI médio do brasileiro é de 87 pontos, bem abaixo da média mundial, que é de 100 pontos. Por mais que exista outras formas de analisar a questão ou mesmo que a metodologia utilizada no referido estudo seja questionada, dentro da lógica construída pelos autores, faz sentido admitir que, com um QI tão baixo, o brasileiro esteja nas posições apresentadas no PISA.

Willingham (2011) assevera que, psicologicamente, as crianças creem no que dizem a elas: se for reforçado que a inteligência é inata, então elas vão crescer limitando-se, mesmo sem conhecer seus limites; da mesma forma, se for reforçado que os resultados advêm do esforço de cada um, as crianças crescem crendo que podem superar seus limites. Biologicamente, no entanto, Dehaene (2012) aponta que todos têm as mesmas capacidades cognitivas para executar o ato da leitura de palavras. Os estudos sobre a neurociência cognitiva mostram novas interpretações sobre como o cérebro aprende a ler. Para o autor (2012), o método mais eficiente para o cérebro aprender a ler é o fonético (pelo som), quer dizer, a alfabetização, com vistas ao desenvolvimento da interpretação do que se lê, deveria, segundo aponta o autor, estar centrada na execução dos fonemas², e não nas observações de imagens de sílabas. Apenas após reconhecer os sons de uma palavra é que o cérebro consegue relacioná-los às imagens, isto é, reconhecer que um som tem uma representação escrita e visual.

Esta constatação é reforçada quando é observada a alfabetização de pessoas cegas, em braile. De acordo com Dehaene (2012), a impossibilidade de ver as letras não impede a leitura, pois, neste processo, o tato ativa a mesma região do córtex cerebral responsável pela compreensão sonora da alfabetização. Ao contrário do que

² De acordo com o Dicionário Michaelis, fonema é “A menor unidade fonética significativa para uma língua, com função distintiva, não suscetível de segmentação e só definido por seus caracteres pertinentes”.

possa sugerir, os resultados do método fonético aparecem mais rapidamente, uma vez que converge para a estrutura desta aprendizagem pelo cérebro.

Assim como Dehaene (2012) colocou luz sobre uma maneira mais eficiente de ler, do ponto de vista dos processos cognitivos, Sweller, Van Merriënboer e Paas (1998), ao elaborarem a Teoria da Carga Cognitiva, levando em conta a limitada capacidade de processamento da memória de trabalho, que utiliza dois canais de processamento – um auditivo e um visual – descrevem abordagens para ensinar, reduzindo a carga cognitiva imposta sobre cada conteúdo educacional ou atividade relacionada a ele. As abordagens descritas pelos autores têm por objetivo utilizar com mais eficiência a memória de trabalho, evitando que uma possível sobrecarga prejudique o processo de aprendizagem.

Assim, formula-se o seguinte problema de pesquisa: Como podem ser elaborados conteúdos educacionais, tendo como base as evidências dos estudos sobre a neurociência cognitiva e a psicologia cognitiva e, dessa forma, melhorar a performance cognitiva dos estudantes, em termos de seleção e processamento das informações, articulação com os seus conhecimentos prévios, armazenamento das memórias e sua evocação?

O objetivo geral desta pesquisa é conceber um framework³ para fundamentar a elaboração de conteúdos educacionais, apresentando diretrizes e orientações baseadas em evidências provenientes das pesquisas em neurociência cognitiva e psicologia cognitiva, relacionadas à seleção e ao processamento das informações, à articulação com conhecimentos prévios, e ao armazenamento das memórias e sua evocação, e à carga cognitiva desses conteúdos, para o melhoramento da performance cognitiva, no contexto da aprendizagem digital.

Para tanto, estabeleceu-se os seguintes objetivos específicos:

- Relacionar as evidências resultantes dos estudos da neurociência cognitiva e psicologia cognitiva acerca do processamento relacionados a sensação, percepção, processamento cognitivo de informações, memorização e emoção,

³ Com base nas definições de Eisenhart (1991) e Lester (2005), o framework pode ser compreendido como um modelo novo de aplicabilidade, resultado da união de fragmentos de projetos bem sucedidos em seus contextos.

ligados à eficiência instrucional propostos pela teoria da carga cognitiva, no contexto da aprendizagem digital;

- Conceber o framework para determinar as características que os conteúdos educacionais para a aprendizagem digital deveriam ter, do ponto de vista das evidências resultantes dos estudos sobre o aprimoramento cognitivo, para estarem alinhados em relação à eficiência instrucional;
- Avaliar o framework concebido contrapondo-o com os conteúdos educacionais atualmente disponíveis na realidade de um grupo de professores participantes

A inquietação para desenvolver esta pesquisa surgiu a partir do extenso contato com conteúdos educacionais de ensino superior a distância, que permitiram evidenciar a necessidade de aplicar sobre eles práticas pedagógicas inovadoras, no âmbito do design instrucional, efetivando uma aproximação com as evidências resultantes dos estudos sobre percepção, sensação, memória, atenção e emoção, aplicáveis ao desempenho cognitivo de estudantes no contexto da aprendizagem digital.

O desenvolvimento de conteúdos educacionais para a aprendizagem digital mostrou ser uma seara oportuna para a aplicação de uma proposta de eficiência instrucional alinhada à forma de processamento das informações pelo cérebro porque, de acordo com Belisário (2003), os conteúdos educacionais são simples tutoriais ou apostilas disponibilizadas eletronicamente, ou ainda meras sugestões de leitura ou propostas de realização de exercícios preparatórios para a realização de provas.

Belloni (2009) aponta que é comum observar grande ênfase das universidades nos processos de ensino, (estrutura organizacional, planejamento, concepção de metodologias e produção de materiais), em detrimento dos processos de aprendizagem, expressos nas características e necessidades dos estudantes. Neste sentido, pesquisar a forma como o cérebro aprende e processa informações mostrou ser uma lacuna que justifica tal estudo, a fim de aplicar tais evidências de forma sistemática numa estrutura instrucional delimitada à realidade de um grupo de professores convidados, oferecendo seus conteúdos educacionais para serem contrapostos com o framework construído, contribuindo, desta forma, para a formação docente e de designers instrucionais, em termos de orientações para construir atividades didático-pedagógicas eficientes no contexto da aprendizagem digital, do ponto de vista do processamento cognitivo.

O conhecimento dos processos biológicos da aprendizagem poderiam conduzir a um necessário aperfeiçoamento do ensino, oferecendo ao professor, por sua vez, as condições para propor estratégias pedagógicas com embasamento científico, sobretudo respeitando a forma como o cérebro considerado saudável funciona, dispondo de estratégias mais eficientes, do ponto de vista cognitivo, e significativas para que haja a seleção e o processamento das informações, a articulação com conhecimentos prévios, bem como seu armazenamento na memória de longo prazo e posterior evocação.

Os avanços e as contribuições da neurociência cognitiva e da psicologia cognitiva, aparentemente, têm grande potencial para beneficiar a educação, permitindo desenhar estratégias, propor recursos e adequação do meio, interagindo com as chamadas funções mentais superiores, entre eles, a memória. Assim, na medida em que são identificadas áreas no cérebro responsáveis por processar informações, pode-se inferir que compreender as bases neurais e outras formas de cognição, permitiria estabelecer um diálogo com conhecimentos pedagógicos e aplicá-los em sala de aula (SILVA; MORIN, 2012). A neurociência, desta forma, denotaria tendências mais evolucionistas na medida em que a ideia é lidar com o desenvolvimento de plasticidade cerebral⁴ e gerar motivações intrínsecas, no que tange os processos cognitivos.

As contribuições da neurociência cognitiva e da psicologia cognitiva para a educação, que visam construir um conhecimento abrangente sobre como o homem aprende e guarda saberes, poderiam colaborar para fundamentar práticas pedagógicas eficientes, do ponto de vista do processo cognitivo, sugerindo intervenções que priorizam a forma como o cérebro processa determinada informação, pois o trabalho docente poderia – e é isso que defende esta pesquisa – resultar em processos pedagógicos mais significativos quando se conhece o funcionamento do cérebro.

Como será possível entender ao longo desta pesquisa, o cérebro processa mais facilmente o que é considerado gratificante, quer dizer, ele busca a novidade, e

⁴Convergindo o pensamento de diversos autores, como poderá ser observado mais adiante, plasticidade cerebral pode ser definida como a capacidade de agregar dados novos às informações já armazenadas da memória, estabelecendo relações entre o novo e o já conhecido, reconstruindo aquilo que já foi aprendido.

o processo de aprendizado é potencializado pelo desafio, conforme asseveram Cosenza e Guerra (2011):

o cérebro se dedica a aprender aquilo que ele percebe como significativo e, portanto, a melhor maneira de envolvê-lo é fazer com que o conhecimento novo esteja de acordo com suas expectativas e que tenha ligações com o que já é conhecido e tido como importante para o aprendiz. (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 58).

A neurociência cognitiva tem demonstrado que o conhecimento e a aprendizagem são dinâmicos e que estímulos externos aumentam a capacidade cognitiva, sendo importante em todo período de formação. O conhecimento das funções cerebrais, assim, poderia ser considerada peça-chave para um desenvolvimento cognitivo saudável.

“Ensinar sem levar em conta como o cérebro aprende é descartar possibilidades de aprendizagem e desenvolvimento do aluno.” (AGUILAR, 2019, p. 12). Cosenza e Guerra (2011) entendem ser curioso o fato de a grande maioria dos professores não conhecerem o funcionamento do cérebro – uma vez que seria importante conhecer como a informação circula por ele para ter mais qualificação em torno da aprendizagem, do ponto de vista do funcionamento do cérebro. Lisboa (2016) assevera que os educadores trabalham diretamente no cérebro dos estudantes e, portanto, assim como para se trabalhar com educação física é necessário conhecer ossos e músculos, para se trabalhar com ensino e aprendizagem seria necessário conhecer o processo de aprendizagem pelo cérebro.

Dehaene (2012) questiona se em pleno século XXI o sistema escolar pode reformar-se e inovar sem considerar os conhecimentos da neurociência cognitiva. Conhecer os fundamentos neurológicos da base do processo de ensino e aprendizagem pode ser fundamental na formação do profissional e se aplicaria aos vários aspectos da atividade do docente, desde o planejamento das aulas, a elaboração de materiais, a didática do professor, os processos de avaliação, etc.

Biologicamente, a aprendizagem é produto da passagem de informações pelas sinapses⁵, as quais ocorrem por mecanismos bioquímicos, chamados

⁵ Para Anastasia (2016), sinapse é o espaço de transmissão de sinais entre os neurônios. E de acordo com Kandel *et al* (2014), sinapses são zonas especializadas de comunicação elétrica ou química – condição essencial na aprendizagem porque está diretamente ligada à formação de memórias.

neurotransmissores, que são liberados nas sinapses, de um neurônio a outro. Do ponto de vista do cérebro, portanto, aprendizagem pode ser compreendida como formação de memória⁶, a qual pode se dar pela visão e audição, vias mais tradicionalmente utilizadas no contexto da aprendizagem escolar, “Tanto instintiva quanto intelectualmente, grande parte do processo de aprendizagem é visual” (DONDIS, 2003, p. 85), e também pelas vias do olfato, do tato e do paladar. Um bebê, por exemplo, aprende pelo paladar, que banana pode ter gosto bom e que jiló pode ter gosto ruim, ou, pelo tato, que gelo é gelado e a mamadeira pode estar quente. Da mesma forma, por exemplo, que um alimento deixaria de ser consumido se alguém sentisse cheiro de “comida estragada”.

Só se pode reter na memória o que foi aprendido, e só se pode lembrar, depois, o que foi retido. Para que uma informação se torne memória, ela passa por um longo processo, que considera a sensação, a percepção, a atenção, a consolidação por associação e/ou repetição, até ser progressivamente estabilizada, tornando-se mais resistente a condições nocivas às memórias, como a falta de uso e emoções negativas, como o estresse. O processo associativo é o grande motor da aprendizagem, onde uma informação semelhante estabelece uma associação com o que foi aprendido antes. (COSENZA; GUERRA, 2011).

De acordo com Tarcitano (2017, p. 230), aprendizagem é uma “modificação biológica na comunicação entre os neurônios, formando uma rede de interligações que podem ser evocadas e retomadas com relativa facilidade e rapidez.” Ao mesmo tempo em que a informação é processada em um neurônio, é processada em outros milhares; se algumas sinapses não ocorrerem, os outros neurônios garantirão a informação para o sistema (AMARAL, 2017).

Segundo o pensamento destes autores, o cérebro seria considerado, portanto, o local onde ocorre a aprendizagem, sendo um processo biológico e fundamentalmente associativo, quer dizer, que ocorre não só quando algo novo é associado a algo já conhecido anteriormente, mas também quando uma determinada

⁶ Importante esclarecer que o processo reflexivo, em que se utiliza da ferramenta do questionamento, é outra notável estratégia para qualificação da aprendizagem humana, mas não está no escopo desta pesquisa e, desta forma, não será observado para investigar a questão do processo cognitivo humano.

informação é associada a outra similar, formando uma rede de informações acerca de um objeto.

Aplicando-se na educação as descobertas sobre o cérebro, busca-se promover um processo de ensino e aprendizagem baseado em evidências científicas. Acredita-se, assim, que a aprendizagem será mais eficiente, do ponto de vista dos processos cognitivos, se o processo relacionado ao ensino considerar a forma como o cérebro aprende.

Acredita-se que os professores precisam de um aprofundamento a respeito do que é neurociência, a fim de entender que o processo da aprendizagem acontece no cérebro, e compreender que a educação engloba aspectos biopsicológicos, filosóficos e antropológicos. (PEREIRA, 2017, p. 146).

A fim de estabelecer uma aproximação entre as contribuições da neurociência cognitiva e para a educação, alguns autores estabeleceram uma definição para o que chamaram de neurodidática: para Sabitzer (2011), a neurodidática traz como pano de fundo uma combinação entre psicologia biológica e social, cujo foco está no estado de aprendizagem com suporte das funções cerebrais, pela descoberta do estímulo e encorajamento; enquanto para Anastasia (2016), neurodidática representa uma interface entre neurociência, didática, pedagogia e psicologia, tendo como base as evidências das pesquisas sobre o cérebro, e trazendo uma proposta para um processo mais efetivo de ensino e aprendizagem.

Por sua vez, segundo consta nos registros da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico – OCDE (2002), a psicologia cognitiva exerceria um papel de mediadora entre neurocientistas, educadores e formuladores de políticas do século 21, cujos resultados dariam direção a uma ciência da aprendizagem. Dehaene (2012) aponta para a necessidade de cooperação entre as pesquisas pedagógicas, psicológicas e neurocientíficas, haja vista que, sozinha, as evidências do cérebro sobre processamento de informações não são suficientes para explicar todas as questões educacionais, mas que, da mesma forma, aqueles que trabalham com o desenvolvimento humano, como professores e psicólogos, não poderiam ignorar os conhecimentos científicos que explicam como é possível aprimorar a compreensão de informações sensoriais e tornar o processo de ensino e aprendizagem mais cientificamente estruturado e eficaz.

Nesse aspecto, tal pesquisa torna-se relevante por propor uma hipótese relativa à minimização da sobrecarga cognitiva dos conteúdos educacionais, com o objetivo

de reduzir a quantidade de energia que o aluno direciona à interação com o sistema, liberando, assim, a capacidade cognitiva da memória de trabalho para o processamento do que, de fato, está sendo ensinado. Uma vez que uma grande parte da população mundial utiliza tecnologias digitais para estudar, se comunicar, trabalhar, entre outras possibilidades, os princípios da Teoria da Carga Cognitiva poderiam maximizar a relação do homem com os aparatos tecnológicos, concentrando esta interação sobre o que seria mais benéfico para os indivíduos, no contexto da aprendizagem.

Nosso mundo cada vez mais saturado de mídia pode estar nos empurrando para um escopo de atenção cada vez mais amplo. Nesse caso, a maneira como escolhemos interagir com a mídia pode impactar significativamente o desempenho cognitivo. (CORCINI; MOSER, 2019, p. 20).

Este trabalho de pesquisa está estruturado da seguinte forma:

Na seção **Introdução** foi feita uma apresentação geral sobre o assunto pesquisado e sobre a inquietação que trouxe a necessidade da pesquisa, justificando-a a partir da sua contextualização com o cenário atual e histórico, e sua aderência à linha de pesquisa deste programa de mestrado. Ainda, foram apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa.

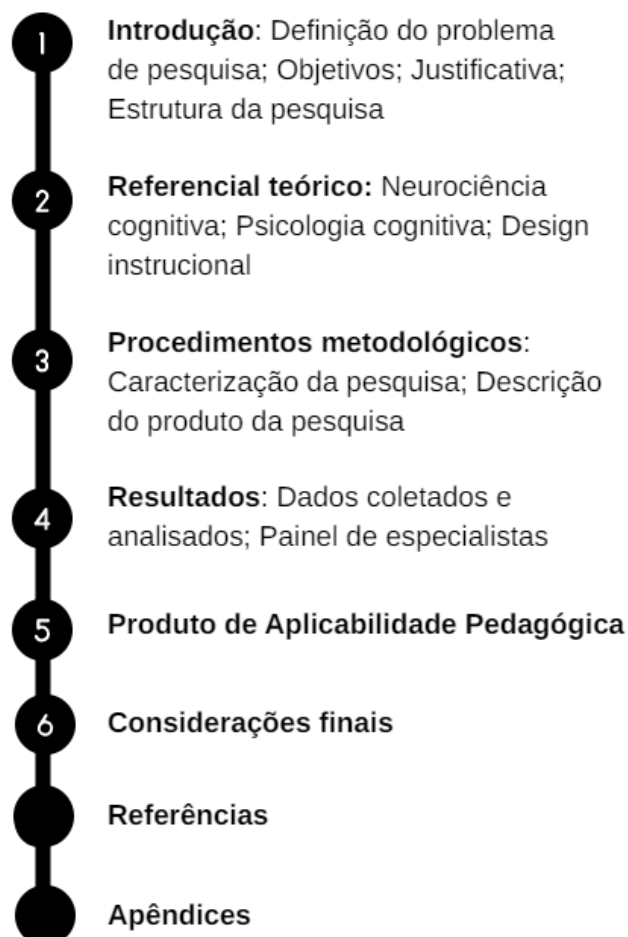
A seção **Referencial teórico** é composta por três capítulos, e apresenta a base teórica que fundamenta o alcance do objetivo geral da pesquisa. O capítulo Neurociência Cognitiva é dividido em duas partes: Definições acerca do cérebro; e Processamento dos estímulos sensoriais pelo cérebro – composto por quatro itens: O processo da leitura pelo cérebro; Os mecanismos da leitura; Das palavras aos sons; Acessando o banco de significados. O capítulo Psicologia Cognitiva é dividido em 7 partes: Atenção; Sensação e Percepção; Sinal, Signo, Símbolo e imagem mental; Cognição: tratamento humano da informação – este contempla ainda o item: Abordagens cognitivas contemporâneas – Teoria da Carga Cognitiva – composto por quatro itens: Memória de trabalho; Construção de esquemas da memória de longo prazo; Carga cognitiva; e Abordagens para eficiência instrucional – Memorização – composto por dois itens: Classificação tradicional das memórias; e Classificação das memórias segundo seu uso consciente e inconsciente – e Emoção: as inteligências emocionais, que contempla ainda o item: Motivação. Finalizando a seção sobre o referencial teórico desta dissertação, o capítulo Design instrucional é dividido em cinco partes: Educação a Distância – EAD; Aprendizagem digital; Conteúdos educacionais

– composto por dois itens: Conteúdos educacionais textuais; e Conteúdos educacionais em vídeo – Design audiovisual; e Conectivismo.

Na seção **Procedimentos Metodológicos** são apresentadas as características desta pesquisa e o caminho adotado para que o objetivo proposto seja alcançado. Na **Descrição e análise dos resultados** apresentam-se os dados coletados e analisados, bem como um painel com a validação de especialistas. Encaminhando-se para o final, apresenta-se nas **Considerações finais** as limitações da pesquisa e oportunidades de continuação do estudo.

A Figura 1 representa esquematicamente a estrutura desta pesquisa.

Figura 1 – Esquema da estrutura da dissertação



Fonte: o autor (2020).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

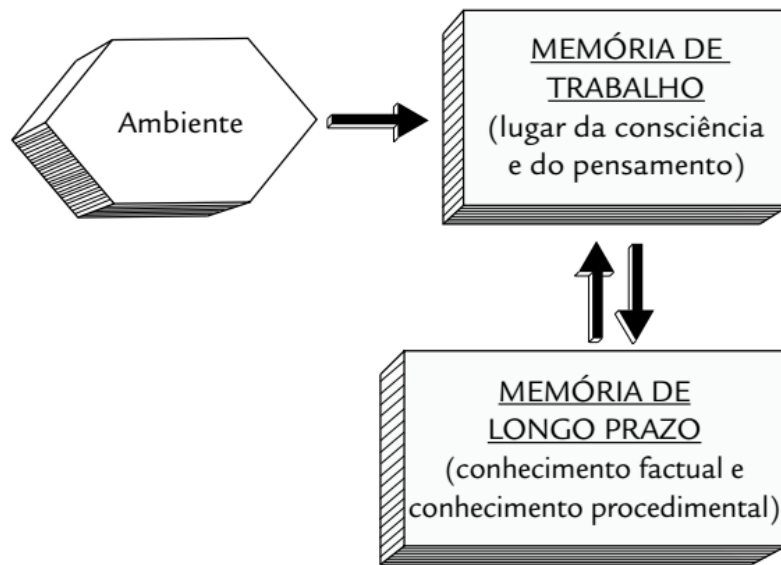
2.1 NEUROCIÊNCIA COGNITIVA

Alguns fatos relacionados à neurociência cognitiva afetaram as formas de pensar e conhecer o funcionamento do cérebro. Hermann Ebbinghaus (1850-1909) realizou as primeiras investigações sobre a memória e seu armazenamento, demonstrando que ocorrem em diferentes tempos de duração. (LIBERATO; SILVA, 2015). A partir de 1970, descobriu-se, por meio de testes de imagens neurais, que o cérebro se altera a cada nova experiência, tanto na perspectiva de seu funcionamento quanto na sua estrutura – esta capacidade é chamada de neuroplasticidade. Ainda nesta década (1970), foi investigado como os eventos e as ideias podem se associar no nível neuronal, possibilitando, assim, a aprendizagem.

Pensar, segundo Willingham (2011, p. 27), “é combinar informação na memória de trabalho”. O ambiente deteria as informações ao seu redor, que podem influenciar sua atenção durante o pensamento, e também as informações sobre o problema em questão; a memória de longo prazo deteria as informações factuais sobre o mundo, e procedimentais sobre como realizar determinadas atividades; e, considerando que pensar seria basicamente “combinar informação” de uma maneira nova, para tornar mais fácil este processo, deve-se atuar na memória de trabalho (o lugar do pensamento – onde) de modo a combinar as informações de fatos e procedimentos (o que) durante a resolução de um problema (quando).

A Figura 2 a seguir apresenta esquematicamente o funcionamento da mente durante o ato de pensar.

Figura 2 – O modelo mais simples do funcionamento da mente durante o ato de pensar



Fonte: Willingham (2010, p. 24).

A neurociência busca criar o entendimento da complexa teia entre cognição, memória e aprendizagem, auxiliando compreender o que é comum a todos os cérebros saudáveis, dando, portanto, respostas científicas a importantes questões da aprendizagem humana. Diversos pesquisadores conceituam neurociência, alguns dos quais estão destacados a seguir:

- i. Visa explicar como a cognição e a consciência humana nascem da atividade do cérebro. (LENT, 2010);
- ii. Busca conhecer o funcionamento do ciclo do aprendizado onde acontece o entender, o aprender e o fixar. (COSENZA; GUERRA, 2011);
- iii. É um campo de estudo interdisciplinar cujos temas – o sistema nervoso e a relação entre as funções cerebrais e mentais – se relacionam à educação humana no ensino e na aprendizagem. (RELVAS, 2012);
- iv. Ciência que une psicologia e pedagogia sob a ótica do desenvolvimento cerebral e do ser humano (AGUILAR, 2019).

Interessante observar que a neurociência cognitiva tem por objetivo estudar os neurônios, os órgãos do sistema nervoso, bem como suas funções específicas, cujas atividades resultam, biologicamente, em aprendizagem. Ampliando esta definição, a neurociência cognitiva investiga como as redes neurais se formam no momento da aprendizagem, como os estímulos chegam ao cérebro a partir dos sentidos – como

visão, tato, olfato, paladar e audição – como se dá o processo de formação da memória e onde as informações se localizam no cérebro, e como temos acesso a essas informações armazenadas.

A neurociência é uma área do conhecimento formada por diversas disciplinas que se dedicam ao estudo do sistema nervoso, tais como fisiologia, anatomia e química cerebrais, que, juntas, formam uma ciência sobre o cérebro, sem limitá-la, no entanto, à compreensão do seu campo de estudos. O avanço da neurociência cognitiva nas últimas décadas se deu a partir do desenvolvimento de modernas técnicas para observar o funcionamento cerebral durante diversas atividades, as chamadas neuroimagens, como PET (Tomografia por Emissão de Pósitron), fMRI (Ressonância Magnética Funcional) e Magnetoencefalografia. Antigamente, o estudo do cérebro acontecia com o órgão já morto. Atualmente, pode-se estudá-lo vivo e ao vivo, observando as áreas corticais ativadas durante uma determinada atividade.

Tendo em vista que a cognição se dá pela interação complexa entre muitas regiões do encéfalo, a neuroimagem funcional recebe grande atenção por permitir registrar a atividade cerebral em múltiplas áreas simultaneamente. Segundo Cosenza e Guerra (2011), estudar o funcionamento do cérebro é importante porque nos capacita a aprender ou modificar nosso comportamento à medida que vivemos.

2.1.1 Definições acerca do Cérebro

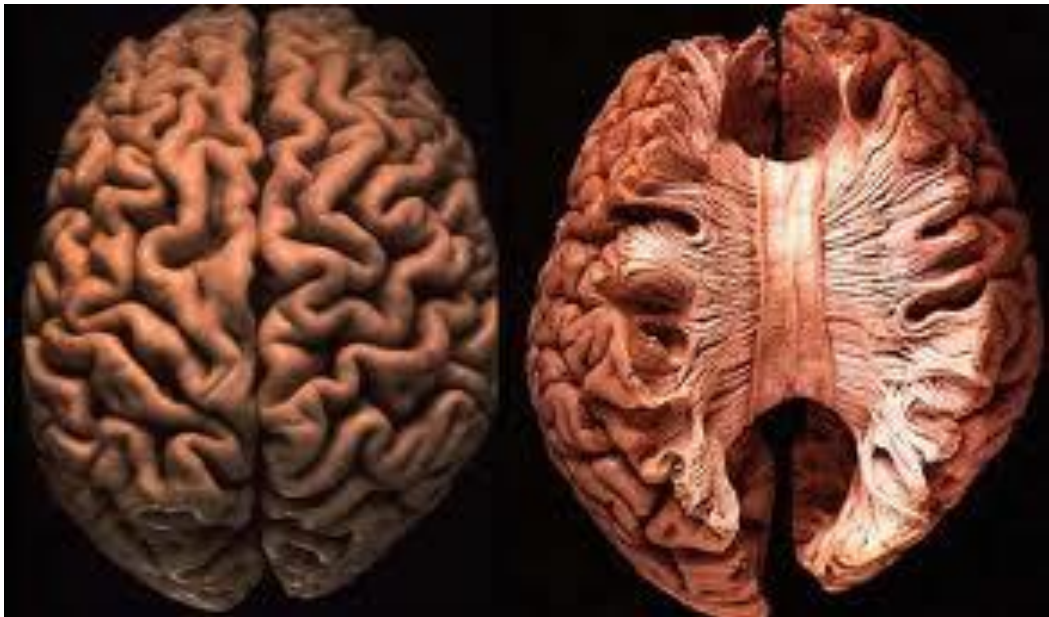
Não há um consenso sobre a divisão do cérebro. Enquanto alguns autores, como Paul MacLean, defendem a Teoria do Cérebro Triuno (cérebro primitivo/instintivo; cérebro emocional/intermediário; e cérebro racional/superior), considerado como sendo fruto da evolução da espécie dos vertebrados, outros pesquisadores, como Francisco Ortega, apontam para uma divisão do cérebro em dois hemisférios (direito e esquerdo), chamada de Teoria do Cérebro Duplo. Sem desprezar a importância da primeira teoria, e mesmo não acolhendo a segunda teoria na sua totalidade, para os fins desta pesquisa, adotar-se-á a teoria do cérebro duplo para explicar as relações que se pretende estabelecer.

Teixeira (2017) assevera que o cérebro é dividido em dois hemisférios, direito e esquerdo, e milhões de fibras nervosas, que compõem o corpo caloso, se

encarregam de colocá-los em constante interação. Segundo Cosenza e Guerra (2011, p. 21), “as cadeias neuronais que constituem as vias sensoriais e motoras são cruzadas no sistema nervoso, de tal forma que o hemisfério cerebral esquerdo recebe informações e comanda o lado direito do corpo”, e vice-versa.

A Figura 3 apresenta o corpo caloso, unindo os dois hemisférios do cérebro e servindo de estrutura para o cruzamento de informações sensoriais.

Figura 3 – Corpo caloso do cérebro e seus dois hemisférios



Fonte: COHEN (2014, s/p).

Dehaene (2012) corrobora e descreve que os hemisférios cerebrais possuem funções perceptivas, motoras e cognitivas, incluindo a emoção e a memória. Kandel *et al* (2014) apontam que não há relação de dominância entre os hemisférios do cérebro, mas cada um executa funções exclusivas. Por exemplo, exames de neuroimagem registram que a fala é controlada pelo hemisfério esquerdo, mas isso não significa que o hemisfério direito do cérebro não participe do processo, ele participa, de acordo com Dehaene (2012), regulando o ritmo e a entonação, complementando a habilidade de fala no ser humano e permitindo, assim, um ato mais fluído e harmonioso.

O cérebro tem em torno de cem bilhões de neurônios. Cada um desses neurônios pode ter cerca de dez mil entradas sinápticas de outros neurônios, formando uma interconexão neural de mais de um quatrilhão de sinapses. (LENT, 2010). De acordo com Anastasia (2016), o cérebro é uma massa formada por

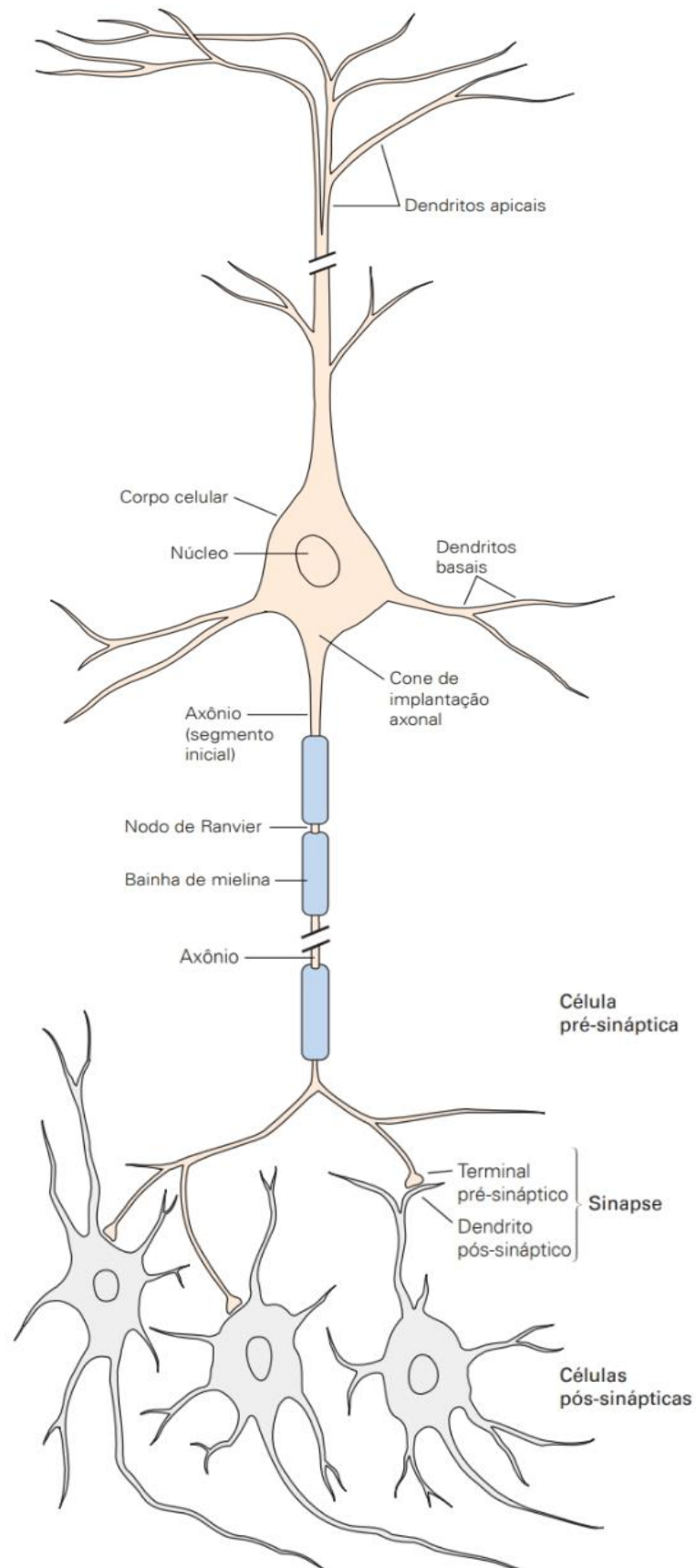
neurônios, que continuam se formando até a idade adulta, havendo, contudo, uma quantidade de perda ao longo da vida. Já os neurônios, são formados por dendritos, que recebem sinais elétricos e químicos de outras células e as repassam a outras pelos axônios, que são cobertos por mielina – um neurônio com muita mielina transfere os sinais a outros neurônios mais rapidamente, uma vez que a qualidade da mielina, a conexão entre neurônios e o desenvolvimento das sinapses definem nossa habilidade e conectam informações.

Amthor (2017) define neurônios como “células eletroquímicas especializadas que processam informação”, ou seja, seriam responsáveis por detalhar o tipo de informação recebida e processar/interpretar para o cérebro executar a ação correta e necessária. Para Aguilar (2019), neurônio é uma célula nervosa ligada a diferentes nervos, que faz conexões constantemente, sendo ele o especialista em aprendizagem, por realizar decodificação e codificação de informações.

Quando uma informação é passada de um neurônio para outro, por meio de impulsos eletroquímicos, se diz que ocorreu uma sinapse. Esta característica de comunicação neuronal forma conexões e circuitos que se interagem sistematicamente, de forma dinâmica, e esta comunicação seria realizada pela liberação de uma substância química denominada neurotransmissor. (COSENZA; GUERRA, 2011).

A Figura 4 apresenta uma ilustração detalhada da estrutura de um neurônio.

Figura 4 – Ilustração de uma célula nervosa (neurônio)



Fonte: Kandel *et al* (2014, p. 20)

Pelas conceituações apresentadas, neurônios podem ser definidos como células nervosas que produzem, armazenam, evocam e modulam a memória no cérebro. Os neurônios aprendem, e tudo indica que eles se juntam e se especializam em determinada função. A interação com o meio é que permitiria formar conexões nervosas, constituindo aprendizagens e aquisição ou mudança de comportamento que delas decorrem. (LENT, 2010). Se uma experiência vivida ou observada não é marcante para o cérebro, ou seja, não encontra significado, por não ter sido carregada de emoções positivas ou por não ter oportunidade de se ancorar em uma memória pré-existente, por exemplo, ela vai se perdendo ao longo do tempo por não ter formado conexões complexas.

Pode-se dizer, então, que as memórias seriam sustentadas por mecanismos nervosos – os neurônios – e componentes emocionais, que modulam a aquisição e a evocação das memórias. Poucos comportamentos, tais como sugar e chorar, seriam de fato programados geneticamente em um bebê; a sua imensa maioria seria formada pela sua relação com o meio, como a linguagem falada. Este fato denota que o cérebro tem uma característica plástica, ou seja, de se modificar estruturalmente, organizando suas experiências. Essa capacidade é extremamente desenvolvida nos primeiros anos de vida e vai diminuindo com o passar dos anos, sem, no entanto, cessar, mas permanecendo pelo resto da vida para permitir a capacidade de aprendizagem. (COSENZA; GUERRA, 2011).

O aumento da conectividade entre as células é progressivo durante a infância, mas declina na adolescência até atingir o padrão adulto, o que reflete, provavelmente, uma otimização do potencial de aprendizagem. Nessa fase da vida, diminui a taxa de aprendizagem de novas informações, mas aumenta a capacidade de usar e elaborar o que já foi aprendido. (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 36).

Para Isquierdo (2018), o cérebro tem uma propriedade de se modificar a todo instante em razão das experiências a que é submetido, a que se chama de plasticidade cerebral:

“conjunto de processos fisiológicos, em nível celular e molecular, que explica a capacidade das células nervosas de mudar suas respostas a determinados estímulos como função da experiência. [...] Comportamentalmente, a plasticidade se expressa por meio da aquisição de um aprendizado e da formação de uma memória.” (2018, p. 44).

De acordo com Almeida (2017, p. 44), “A plasticidade cerebral é a capacidade que o cérebro tem em se remodelar em função das experiências do sujeito,

reformulando as suas conexões em função das necessidades e fatores do meio ambiente.”.

Pode-se sintetizar o conceito com o pensamento de Teixeira (2017), para o qual a plasticidade é a habilidade de realizar ligações entre os neurônios em razão das interações dos sentidos humanos com o ambiente externos, resultando no que se pode chamar de aprendizagem, ou mudança de comportamento. O cérebro aprenderia porque tem a propriedade de plasticidade, quer dizer, de se modificar. É justamente esta capacidade plástica do cérebro que permitiria ao ser humano o conhecimento de uma infinidade de saberes, a partir das vias sensoriais (tato, olfato, visão, audição e paladar).

Por exemplo, o córtex temporal inferior revela ter uma capacidade plástica, sendo provável que grande parte dos neurônios responsáveis por reconhecer objetos tenha adquirido esta competência, ou seja, aprendido, a partir da interação intensa com as imagens do mundo externo, que se permite mudar em razão da interação com o mundo exterior. No entanto, segundo Dehaene (2012, p. 163), o “inato não abre a porta para o adquirido senão durante um instante.”, sugerindo um limite para a capacidade plástica das estruturas cerebrais.

O conhecimento do funcionamento do cérebro suscitaria inquietações suficientes para refletir sobre a aprendizagem – a educacional, mais especificamente – a partir de questões sobre como funciona a memória, a atenção, que influência a emoção exerce nesta condição e como se poderia melhorar o desempenho cognitivo dos estudantes. A seguir, serão apresentadas evidências sobre como se dá o processamento de informações pelo cérebro, a partir das vias auditiva e visual, especialmente.

2.1.2 Processamento dos Estímulos Sensoriais pelo Cérebro

Ao longo de toda a extensão do cérebro encontra-se o córtex cerebral, “que se encarrega de funções como a linguagem, a memória, o planejamento de ações, o raciocínio crítico, etc.” (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 16), chamadas de funções superiores. As informações atingem o cérebro a partir dos sentidos humanos – visão, audição, pelo olfato, tato e paladar – que captam no ambiente estímulos aos quais o

cérebro é sensível, tendo como objetivo estabelecer uma satisfatória interação entre o meio e o homem.

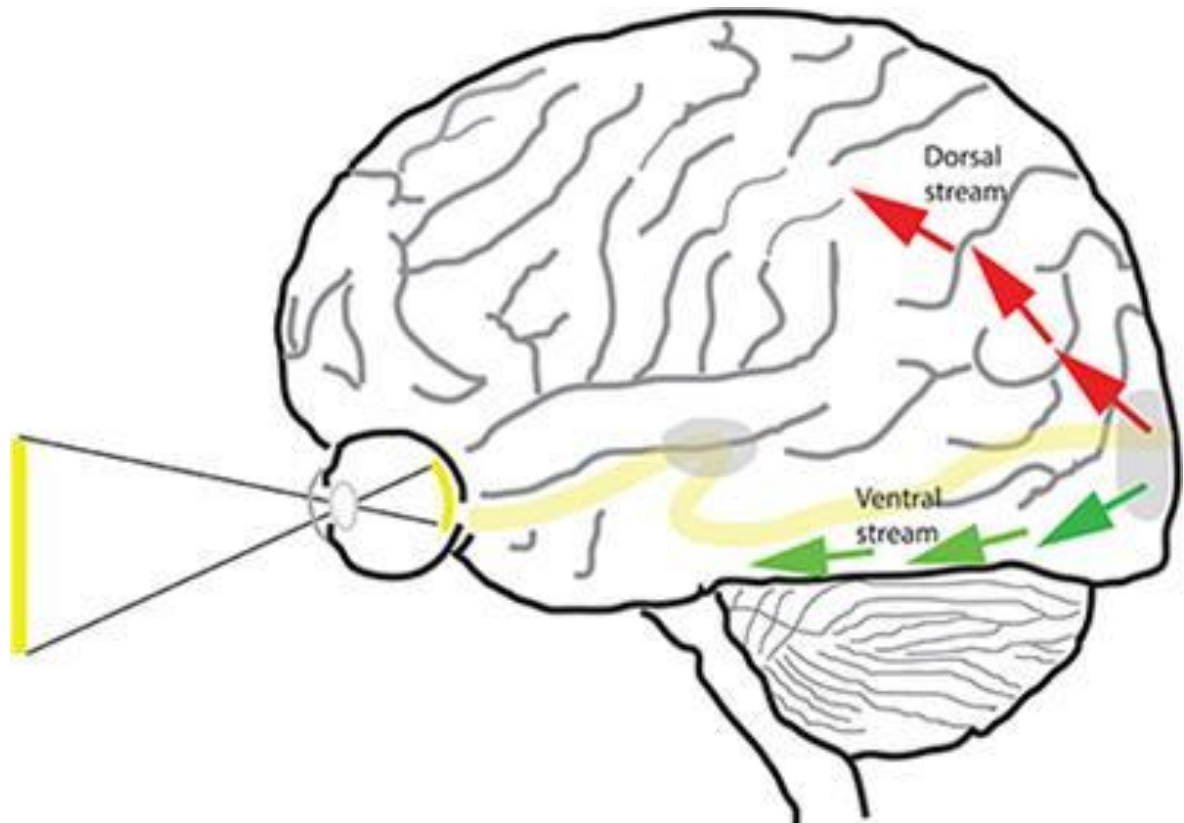
Para Cosenza e Guerra (2011), o sistema nervoso consiste em sistemas funcionais que são relativamente autônomos. Há, por exemplo, sistemas separados para cada um dos cinco sentidos, para diferentes classes de movimento (movimento dos olhos, dos braços, das mãos, por exemplo) e para a linguagem. “Apreendemos a informação visual de muitas maneiras. A percepção e as forças cinestésicas, de natureza psicológica, são de importância fundamental para o processo visual.” (DONDIS, 2003, p. 18-19).

De acordo com Kandel *et al* (2014), a informação sensorial é processada de modo faseado, com cada fase desempenhando certos processamentos e transmitindo os resultados para a próxima área de processamento. Por exemplo, a via ventral do sistema visual, responsável pelo processamento das características de um objeto (como cor, forma e textura), tem início com os neurônios que respondem a características detalhadas e, posteriormente, segue para neurônios que codificam a sua forma geral, no córtex associativo temporal.

No entanto, o sistema visual também é composto da via dorsal, que processa a informação espacial (como posição, movimento, velocidade) e a projeta para o córtex associativo parietal. (KANDEL *et al*, 2014). Ou seja, esse processo, além de faseado, em que o objeto é fragmentado para que cada parte do cérebro responsável pelo processamento da imagem possa realizar a especificidade do seu trabalho, também revela um processamento simultâneo, quer dizer, em que a mesma informação é enviada para ser processada em duas vias paralelas, cada uma responsável por um termo da análise do objeto.

A Figura 5 apresenta as vias ventral e dorsal do córtex visual.

Figura 5 – Vias ventral e dorsal do processamento visual do cérebro



Fonte: YOUNG, R.; SETH, B. (2016).

Interessante notar na imagem que a luz entra pelos olhos e atinge a região posterior do córtex (região receptora de sinais). Dali, os sinais são disparados, pelas vias ventral (setas verdes) e dorsal (setas vermelhas) para diversas áreas da região anterior do córtex (região executora do córtex, que planeja e executa respostas aos estímulos), tais como:

- i. o **lobo temporal inferior**, onde os neurônios têm processamento de alto nível de complexidade, projetando informações no córtex hipocampal, relacionado com o armazenamento e a evocação de memórias de longo prazo;
- ii. a **amígdala**, associando as emoções e os estímulos sensoriais; e

- iii. o **córtex pré-frontal**, que desempenha importante papel na percepção visual categórica⁷, na memória de trabalho visual e na evocação de memórias armazenadas.

Os dados visuais têm três níveis distintos e individuais: o *input* visual, que consiste de miríades de sistemas de *símbolos*; o material visual *representacional*, que identificamos no meio ambiente e podemos reproduzir através do desenho, da pintura, da escultura e do cinema; e a estrutura *abstrata*, a forma de tudo aquilo que vemos, seja natural ou resultado de uma composição para efeitos intencionais. (DONDIS, 2003, p. 20).

Retomando a questão do processamento sensorial, Kandel *et al* (2014) asseveram que o encéfalo tem sistemas cognitivos distintos, porém interconectados, cada um deles envolvido no processamento específico dos estímulos sensoriais que recebeu:

- i. a via dorsal para o lobo parietal, envolvida na percepção de **onde** um objeto está localizado no mundo externo (informações usadas pelos sistemas oculomotor e motor esquelético para o movimento) – além de mediar a atenção em relação a um objeto; e
- ii. a via ventral para o lobo temporal, envolvida na percepção de **o que** tal objeto é (informações sobre a natureza dos objetos representados).

Ainda de acordo com Kandel *et al* (2014), isso acontece no processamento visual primário. Depois de atingir o córtex visual, as informações tomam estes dois caminhos, o ventral (o que) e o dorsal (onde), dando início ao processo de identificação local das formas, como contraste, cor, orientação no espaço e movimento, até atingir um nível mais global, como o intermediário, onde são identificados os contornos dos objetos, tanto no primeiro plano quanto no plano de fundo, ou seja, o processamento visual de nível intermediário busca integrar os objetos aos planos de profundidade – tarefa em que o cérebro supostamente faz suposições sobre as relações entre os objetos.

Depois de integradas, as informações processadas nos níveis primitivo e intermediário do córtex visual definem de forma mais harmoniosa os objetos, para que

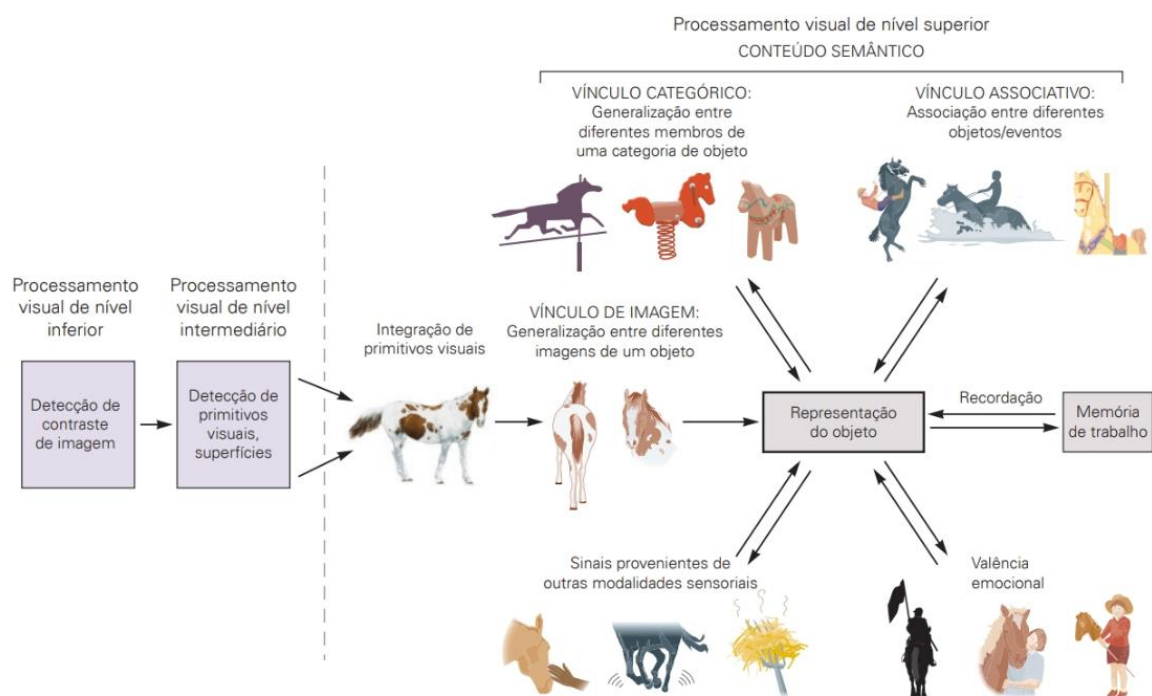
⁷ A percepção visual categórica é importante, por exemplo, para notar que um “A” maiúsculo e um “a” minúsculo pertencem à mesma categoria, assim como uma maçã verde, vermelha, mordida, etc. Dehaene (2012) chama esta capacidade cerebral de invariantes perceptíveis.

ele seja reconhecido no nível superior, o estágio final do processamento visual. De modo geral, este reconhecimento

depende de sinais descendentes que integram representações sensoriais ascendentes (aferentes) com significado semântico, como as decorrentes de memória de trabalho de curto prazo, memória de longo prazo e objetivos comportamentais. (KANDEL *et al*, 2014, p. 571).

A Figura 6 traz uma representação do processamento visual nos níveis primitivo, intermediário e superior.

Figura 6 – Níveis do processamento visual



Fonte: Kandel *et al* (2014, p. 572).

Sacks (2006) descreve a história de um pintor que ficou “completamente daltônico”, aos 65 anos, contrariando inclusive a natureza congênita⁸ desta condição, após um acidente de carro afetar alguma parte do cérebro responsável pela percepção das cores, permitindo reconstruir o mecanismo de como o cérebro as enxerga. Porque seu “órgão de cor interno” estava desativado, também já não mais conseguia lembrar as cores, como que sua imagem mental dos objetos tal como ele conhecia tivesse se perdido; sua percepção sobre as cores havia se perdido. Por mais

⁸ Que se faz presente desde o nascimento, mas não é necessariamente hereditário. <<https://www.dicio.com.br/congenito/>>.

que se esforçasse para enxergar vermelha uma maçã, por exemplo, só conseguir vê-la, mentalmente, acinzentada.

Técnicas mais recentes de neuroimagem, como ressonância magnética e tomografia de emissão de pósitrons, por exemplo, conseguem identificar que as cores são percebidas por uma porção do cérebro denominada córtex associativo medial. Neste local, associado ao campo visual, as cores são identificadas segundo o seu comprimento de onda. (SACKS, 2006). O caso do pintor daltônico, então, sugeriria que a lesão causada pelo acidente de trânsito afetou esta porção do córtex cerebral, que ficou impedida de interpretar os comprimentos de onda das cores.

Tendo em mente estas considerações, será investigado agora como acontecem as etapas de leitura pelo cérebro, desde o reconhecimento das letras pela retina, passando pelo acesso à pronúncia dos fonemas, até o acesso ao banco de significados, que completa o complexo processo de leitura pelo cérebro.

2.1.2.1 O Processo da Leitura pelo Cérebro

Segundo os preceitos do funcionamento do cérebro, a visão dos primatas, como os seres humanos, funciona por reconhecimento fragmentado, em que o objeto contemplado é quebrado para ser processado, e o cérebro o recompõe após o processamento das diversas informações acerca dele. Uma vez que a visão, por exemplo, recebe informações do mundo externo, tem início um circuito formado por fibras nervosas – cordões de prolongamentos de neurônios – que permite a informação chegar até uma determinada região do cérebro, responsável por processá-la. Cada um desses sentidos teria regiões e receptores específicos no córtex cerebral capazes de perceber as informações de forma consciente, identificando-as e levando-as até a sua região de processamento – no entanto, a maioria dos processos cerebrais ocorre de forma inconsciente.

A comunicação, nas suas mais diversas formas, é um ato natural ao ser humano a demais seres vivos, de modo que a fala humana, como um ato de comunicação, é, portanto, natural e culturalmente adquirida. “Ser capaz de falar uma língua é muitíssimo diferente de alcançar o alfabetismo através da leitura e da escrita [...] a estrutura profunda da capacidade lingüística é biologicamente inata”. (DONDIS, 2003, p. 15). No entanto, o ato de escrever não tem um aparato neurológico pré-

-estabelecido, ou seja, é preciso ensinar a escrever, e esta aprendizagem, do ponto de vista do funcionamento das estruturas cognitivas, se dá pelo recrutamento de estruturas e circuitos desenvolvidos para executarem outras funções, que não a da leitura – tal processo é chamado de reciclagem neuronal, de acordo com Dehaene (2012).

Sendo a leitura de letras, além de um ato de comunicação e de expressão humana, um processo de decodificação de sinais – conforme será explicado na seção 2.2.3 Sinal, signo, símbolo e imagem mental – pode-se, então, “ler” também a expressão facial de alguém e supor seu ânimo, ou “ler” a sequência das cores do semáforo para executar uma ação, ou mesmo “ler” uma imagem e, a partir dela, compreender a intenção do autor, como a charge⁹ da Figura 7, por exemplo.

Figura 7 – Exemplo de leitura de imagens



Fonte: Galhardo (2001).

Tentar ler um livro numa língua que não conheço – grego, russo, sânscrito – evidentemente não me revela nada. Mas, se o livro é ilustrado, mesmo não conseguindo ler as legendas posso em geral atribuir um sentido, embora não necessariamente o explicado no texto. (MANGUEL, 2004, p. 76).

Existem povos ágrafos, ou seja, que não escrevem, mas não há uma sequer que não leia. Tradicionalmente, os povos indígenas ainda vivem sem o desenvolvimento da escrita, mas realizam a leitura das estrelas, dos ventos, das correntezas, etc.

Manguel (2004) narra sobre a sensação de ter aprendido a ler:

⁹Desenho de caráter humorístico que retrata satiricamente determinado fato da atualidade, destacando uma ou mais personagens envolvidas; caricatura, cartum. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/charge/>>.

Então, um dia, da janela de um carro (o destino daquela viagem está agora esquecido), vi um cartaz na beira da estrada. A visão não pode ter durado muito; talvez o carro tenha parado por um instante, talvez tenha apenas diminuído a marcha, o suficiente para que eu lesse, grandes, gigantescas, certas formas semelhantes às do meu livro, mas formas que eu nunca vira antes. E, contudo, de repente eu sabia o que eram elas; escutei-as em minha cabeça, elas se metamorfosearam, passando de linhas pretas e espaços brancos a uma realidade sólida, sonora, significante. Eu tinha feito tudo aquilo sozinho. Ninguém realizara a mágica para mim. Eu e as formas estávamos sozinhos juntos, revelando-nos em um diálogo silenciosamente respeitoso. Como conseguia transformar meras linhas em realidade viva, eu era todo-poderoso. Eu podia ler. Qual a palavra que estava naquele cartaz longínquo, isso eu já não sei (parece que me lembro vagamente de uma palavra com muitos as), Mas a impressão de ser capaz de repente, de compreender o que antes só podia fitar é tão vívida hoje como deve ter sido então. Foi como adquirir um sentido inteiramente novo, de tal forma que as coisas não consistiam mais apenas no que os meus olhos podiam ver, meus ouvidos podiam ouvir, minha língua podia saborear, meu nariz podia cheirar e meus dedos podiam sentir, mas no que o meu corpo todo podia decifrar, traduzir, dar voz a, ler. (MANGUEL, 2004, p. 8-9).

Ao mesmo tempo em que serve para organizar o pensamento e ser uma forma de expressão humana, a escrita foi criada, segundo Dehaene (2012), para suprir as falhas da memória. “Eis aqui um ramo do conhecimento que irá melhorar a memória do povo; minha descoberta proporciona uma receita para a memória e para a sabedoria”. (MANGUEL, 2004, p. 49). O desenvolvimento da escrita retirou de sobre os ombros dos indivíduos a necessidade de lembrar todas as coisas, uma vez que o registro da informação em texto permitiria a sua consulta posterior. Hoje, muitos guardam as informações na memória do computador, e incorremos no risco de perder os registros, caso um vírus acometa precisamente a memória da máquina, ou o aparelho caia e quebre ou seja roubado. De toda forma, em termos de escrita do alfabeto das línguas ocidentais, segundo Dondis (2003), o processo de escrita foi progressivamente passando de figuras representacionais, como as imagens mentais que os indivíduos formam acerca das coisas, a símbolos abstratos de correspondência fonética que precisam ser aprendidos, como as letras.

Hoje, sabe-se, pelas imagens neuronais, que para o cérebro ler palavras é necessário ativar toda uma rede complexa entre as vias visual e auditiva, que basicamente analisa a sequência de letras, faz o reconhecimento visual das formas, calcula mentalmente ou oralmente a pronúncia e acessa seu banco de significação:

Em todos os indivíduos, em todas as culturas do mundo, a mesma região cerebral, com diferenças mínimas de milímetros, intervém para decodificar as palavras escritas. [...] a aprendizagem da leitura percorre sempre um circuito idêntico. (DEHAENE, 2012, p. 20).

Modernas técnicas de pesquisa do cérebro revelaram que as regiões de processamento da linguagem estão localizadas no hemisfério esquerdo, na região posterior do cérebro, a saber: lobo frontal, junção parieto-temporal, junção occipito-temporal. As duas primeiras estão associadas à decomposição grafo-fonológica das palavras, “convertendo passo a passo as letras em sons” (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 201); enquanto a terceira região corresponde à área da forma visual da palavra, permitindo ao cérebro reconhecê-la por inteiro, como se fosse uma fotografia.

Dondis (2003) aponta para a existência de uma preferência dos olhos pelo ângulo inferior esquerdo em relação à leitura visual, quer dizer, lê-se de cima para baixo, e buscando especialmente o quadrante inferior esquerdo do campo visual.

Medeiros (2017, p. 55-57) sugere a participação de três vias de processamento linguístico:

- i. a via **semântica**, que estabelece o conceito/representação mental do objeto, incluindo informações gerais sobre ele;
- ii. a via **lexical**, que estabelece as representações das palavras, acionando todas as propriedades relacionadas ao objeto/palavra, bem como suas associações; e
- iii. a via **fonológica**, caracterizada pela programação motora que antecede a fala (denominação do objeto).

A bola de futebol, por exemplo, seria representada pela via semântica por características como redonda, de couro ou de borracha, branca, colorida, cheia, etc.; a via lexical seria representada, por exemplo, pela definição de bola, suas propriedades físicas e sua relação com a cor; todas essas informações culminariam na representação, pela via fonológica, lembrando a sua denominação “bola”.

Para o escritor Manguel (2004, p. 26), “O processo de leitura começa no olho.”. Dondis (2003, p. 84), professora de comunicação, aponta que “A visão é o único elemento necessário à compreensão visual.” Dehaene (2012), neurocientista e professor, corrobora e assevera que biológica e fisiologicamente, a leitura começa no olho. No âmbito da psicologia cognitiva, os processos cognitivos começam com a sensação e a percepção (GAZZANIGA *et al.*, 2006), conforme será abordado mais detalhadamente na seção 2.2.2 Sensação e Percepção.

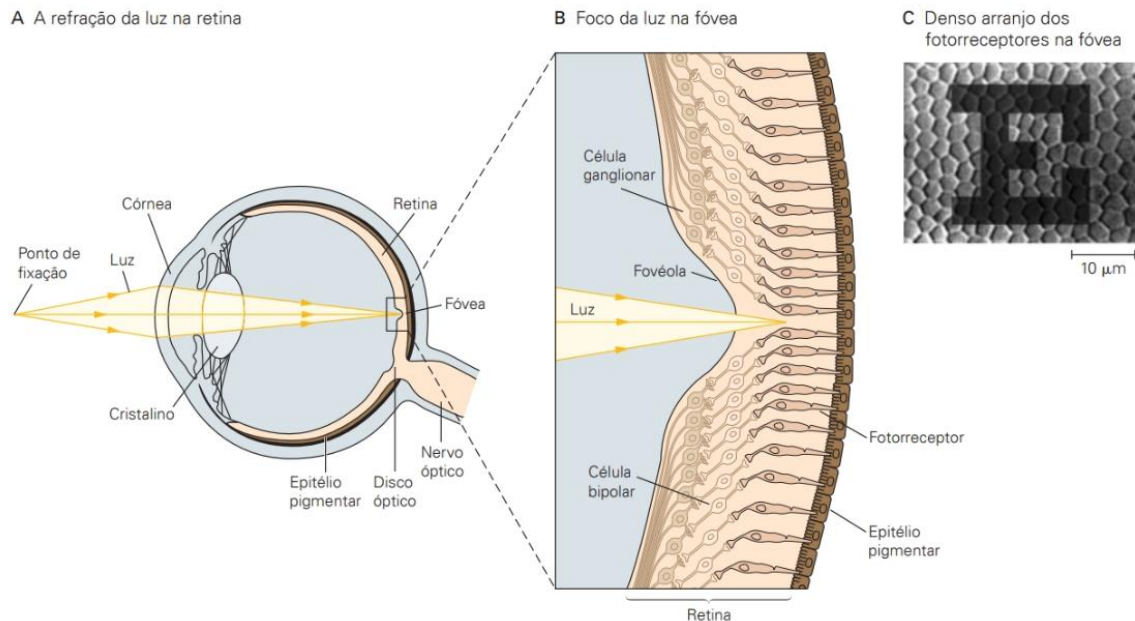
Apenas o centro da nossa retina (fóvea) tem a altíssima resolução necessária para reconhecer os detalhes das letras. Por esse motivo, os olhos se deslocam para a direita (direção da escrita na língua portuguesa) em busca de colocar no foco ocular as próximas palavras. Os neurônios da retina analisam sistematicamente o conteúdo da escrita, depois entram em cena, paralelamente, duas importantes vias que contribuem para a leitura:

- i. a via **fonológica**, que transforma as letras em sons da língua portuguesa; e
- ii. a via **lexical**, que acessa um banco mental de significados.

De acordo com Kandel *et al* (2014), a região central da retina, a fóvea, possui grande densidade de fotorreceptores. Proporcionalmente, a área do córtex visual dedicada à informação proveniente da fóvea é maior que as áreas que representam as porções periféricas da retina, onde a densidade de receptores é menor. Mais espaço cortical é dedicado à parte central da visão, onde os campos receptivos são os menores e o sistema visual tem a maior resolução espacial.

O ser humano é capaz de ver uma página de texto na sua totalidade, mas, de fato, vê, com foco de leitura, apenas algumas poucas letras – estima-se que cerca de 12 letras, no máximo, sendo 3 ou 4 ao lado esquerdo e 7 ou 8 ao lado direito da letra que está no foco da fóvea, isso porque o cérebro desenvolveu esta preferência em razão da nossa direção de leitura; da mesma forma, em países onde a leitura se dá da direita para a esquerda, esta relação é invertida. Ao fazer uma leitura, portanto, deslocamos os olhos se deslocam para a direita a cada 2 ou 3 décimos de segundo para colocar o próximo grupo de letras no foco da retina. (DEHAENE, 2012).

A Figura 8 ilustra o processo visto até aqui, da entrada da informação pela via ótica, até atingir o centro da retina, a fóvea.

Figura 8 – A fóvea na retina

Fonte: Kandel *et al* (2014, p. 535).

O centro da retina, então, teria uma resolução bastante acurada para reconhecer detalhes como letras muito pequenas, tipos de fonte, caixa alta ou caixa baixa e marcações como negrito e itálico – estas são consideradas invariantes perceptíveis: são diferenças notáveis, mas que ensinamos o cérebro a relevar à medida que aprendemos sobre a sua semelhança de significado, representando em testes de ressonância magnética “um estímulo de mesma intensidade” (DEHAENE, 2012, p. 105) – assim como para reconhecer detalhes sutis como nas palavras “bem” e “bom” – variações consideradas importantes, que implicam diferenças de pronúncia e significado.

Isso posto, para buscar responder por que lemos, Dehaene (2012, p. 193) levanta a hipótese da reciclagem neuronal, em que “a inventividade humana deva ser limitada pela organização de seus circuitos cerebrais.”. Para ele, nosso sistema visual herdou, evolutivamente, a flexibilidade suficiente para se reciclar num ambiente leitor, quer dizer, lemos porque o sistema visual do cérebro cumpriu requisitos necessários ao reconhecimento das palavras e está dotado de uma capacidade plástica que lhe permite aprender o reconhecimento de novas formas. Ler, portanto, de acordo com o autor, é possível em razão da conversão das redes de neurônio, que inicialmente eram dedicadas ao reconhecimento visual de objetos, em neurônios especialistas na interpretação de símbolos artificiais de leitura.

Cada ponto do córtex visual tem sua preferência por uma posição da retina:

- i. as regiões laterais do córtex visual preferem os estímulos advindos da região mais central da retina, especializado no reconhecimento das formas das letras, assim como a região responsável pelo reconhecimento de rostos também admite esta preferência;
- ii. enquanto as regiões mais centrais do córtex visual preferem os estímulos advindos da periferia da retina, responsável pelo reconhecimento dos objetos.

Dessa forma, a leitura é recrutada pela região occipito-temporal esquerda porque exige a maior resolução da fóvea para reconhecer os detalhes das formas das letras; enquanto o lado direito da região occipito-temporal, por receber estímulos da periferia das retinas, tendo, portanto, menos capacidade de reconhecer mínimos detalhes, fica responsável pelo reconhecimento das formas globais.

Por esse motivo, as letras que atingem o cérebro pela retina esquerda e conduzidas para o lobo occipito-temporal direito viajam pelo corpo caloso até a região occipito-temporal do hemisfério esquerdo, para serem processadas pela região que tem naturalmente preferência pela região da retina que apresenta maior resolução. Ler, portanto, do ponto de vista das funções cerebrais, consiste em conectar o sistema visual de reconhecimento de formas e as áreas da linguagem. (DEHAENE, 2012, p. 236).

Dehaene (2012, p. 178-188) explica ainda que crianças com lesão na região responsável pela leitura ainda conseguem aprender a ler graças à capacidade de adaptação do cérebro: “Se, no curso da aprendizagem, a primeira opção, em princípio ótima, não estiver mais disponível, a segunda na lista – que parece ser a região simétrica do hemisfério direito – entra então em jogo.”

A partir daí, o sistema cerebral de processamento visual entra em cena e fragmenta as palavras em morfemas¹⁰ – etapa necessária antes de chegar ao banco de significados – o que facilita seu reconhecimento posterior, bem como de palavras relacionadas, sejam elas semelhantes no plano visual, como “carro” e “carreta”, por

¹⁰ Dehaene (2012, p. 36) define morfema como as menores unidades dotadas de significado em uma palavra. No *site* do Dicionário Michaelis, morfema é uma “Unidade linguística mínima que tem significado”.

exemplo; sejam elas diferentes no plano visual, tais como “visto” e “vemos”. Interessante notar que palavras semelhantes no plano visual, mas sem qualquer relação de significado, como “dedo” e “medo”, por exemplo, não representam dificuldade ou atraso no processamento. “Tudo se passa, pois, como se nosso sistema visual fizesse uma rápida aposta na decomposição presumida da palavra em morfemas.” (DEHAENE, 2012, p. 37).

Cumprida mais esta etapa, o cérebro passa a executar duas etapas paralelamente, em uma fração de milésimos de segundos: calcular o som dos fonemas e acessar seu banco particular de significados. Cada fonema teria no cérebro uma imagem acústica. Por exemplo, a palavra “táxis” é decomposta nos fonemas /tá/ /kis/, quer dizer, o “x” de “táxis” não tem o mesmo som de “taxa”, por exemplo. Essas diferenças na sonoridade e na grafia – *face*, *nasce*, *exceto* – não refletem grandes problemas de interpretação para o cérebro, quiçá um leve atraso na representação, como nos casos de lermos números romanos: XV = 15; XIX = 19, por exemplo.

Para leitores não iniciantes, a passagem pela via fonológica deixa de ser um pré-requisito, passando diretamente para a via lexical, ou de significados, e as informações fonológicas são ativadas inconscientemente. Quando se lê, por exemplo, “sela” e “cela” ou “eu gosto desse gosto”, representando uma ambiguidade fonológica, o sistema ativa imediatamente todas as possibilidades de significação. No entanto, mesmo os leitores mais experientes, quando se deparam com uma palavra nova, recorrem à via fonológica, como no caso da frase hipotética “Undjia, serka dazdôzi óraz” (DEHAENE, 2012, p. 41).

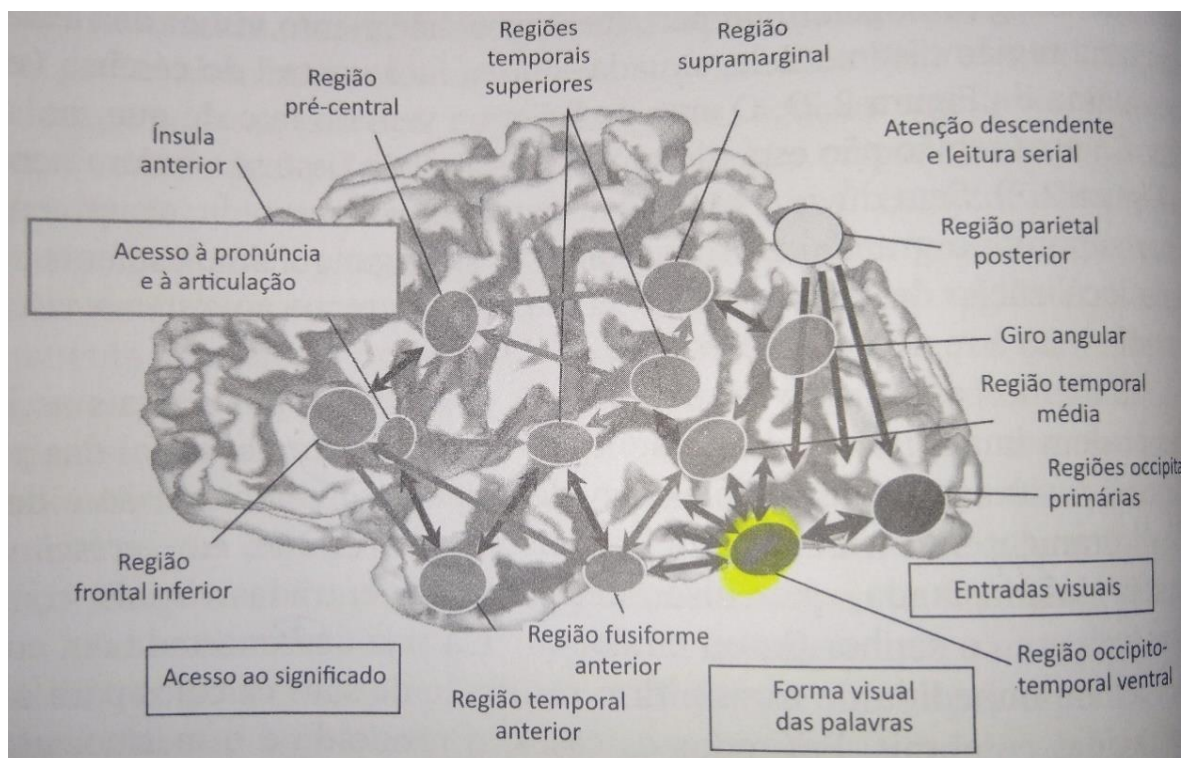
As duas vias de leitura se complementam e convergem para permitir o ato de ler. A via direta, da decomposição das palavras ao seu significado, permite ler tudo que frequentemente se conhece. A via indireta, que passa pelas imagens acústicas depois da decomposição da palavra e antes de acessar o banco de significados, é de extrema relevância na aprendizagem de novas palavras.

Até aqui, foi apresentado um resumo de como a leitura acontece no cérebro humano. Agora, será abordada a questão do ponto de vista mecânico, ou seja, identificando quais áreas cerebrais são ativadas no ato da leitura.

2.1.2.2 Os Mecanismos da Leitura

Deheane (2012) afirma que a descoberta da área cerebral responsável pela leitura se deu em 1982, pelo neurologista Joseph-Jules Déjerine. Cerca de 150 anos depois, tal descoberta é validada pela ciência moderna, através de neuroimagens obtidas durante o ato de leitura. (DEHAENE, 2012). A Figura 9 apresenta, destacada de amarelo, a região occipito-temporal ventral, no hemisfério esquerdo do cérebro, responsável pelo processamento da leitura.

Figura 9 – Região cerebral de processamento da linguagem, no córtex visual



Fonte: Dehaene (2012, p. 78).

A região occipito-temporal esquerda, identificada como a área responsável pela leitura, é responsável pela análise visual do cérebro como um todo, não somente em relação à leitura. Exerce papel preponderante na alimentação das demais áreas que participam da leitura, sendo

“Porta de entrada em direção às áreas da linguagem, essa pequena região visual do hemisfério esquerdo analisa as imagens e sinaliza: sim, são realmente letras, trata-se (por exemplo) de um C, de um O e de um R – informação crucial que outras regiões do cérebro se encarregarão de decodificar em imagens acústicas e em significado.” (DEHAENE, 2012, p. 84).

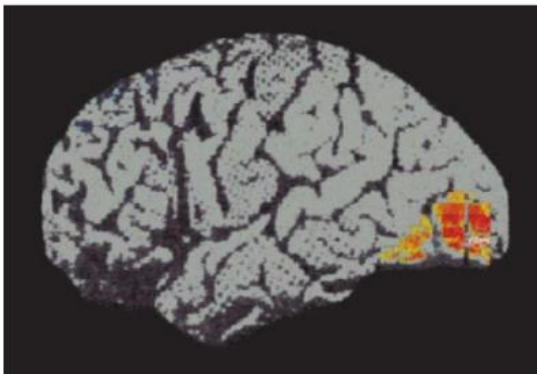
Nos últimos 20 anos, com apoio da tecnologia de imagens da anatomia humana, a ciência médica avançou no desenvolvimento de ferramentas que permitissem observar o corpo humano, em especial o cérebro, *in vivo* e ao vivo. No final da década de 1980, um exame de natureza radioativa permitiu realizar uma decomposição das redes cerebrais da linguagem, verificando as áreas ativadas em diferentes atividades. De acordo com Dehaene (2012),

- i) a **leitura das palavras** ativa a região occipito-temporal ventral;
- ii) a **escuta das palavras** ativa as áreas temporais superiores e o córtex temporal médio esquerdo;
- iii) a **produção das palavras** ativa a região pré-central esquerda e o córtex motor, bilaterais.

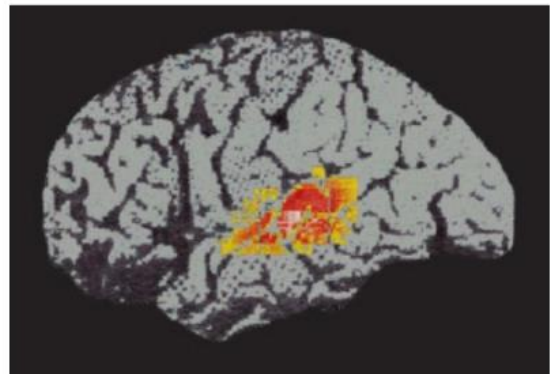
A Figura 10 apresenta as regiões do córtex visual ativadas em diferentes processos relacionados à leitura, tais como pensar, ouvir, falar e olhar para palavras.

Figura 10 – Imagens funcionais do cérebro em atividades linguísticas

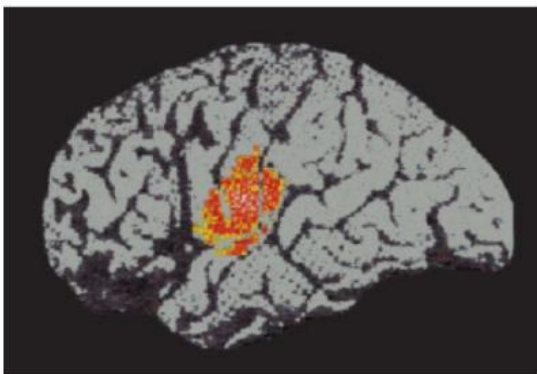
A Olhando para palavras



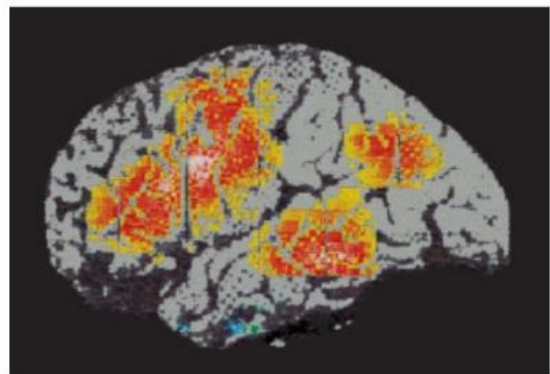
B Ouvindo palavras



C Falando palavras



D Pensando em palavras

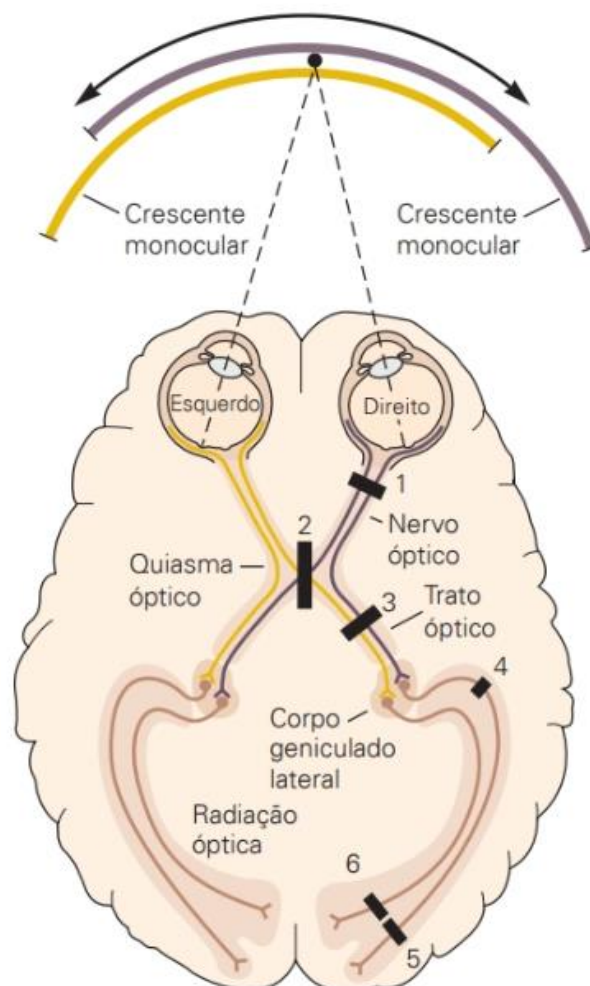


Fonte: Kandel *et al* (2014, p. 43).

A região occipito-temporal ventral dá preferência à análise visual das palavras, mas também é ativada quando da observação de imagens em geral, como se no seio dessa região existisse uma divisão de trabalho. Certas regiões cerebrais, como esta, desenvolveram a capacidade de se especializar para executar uma determinada tarefa – no caso, aprender a ler, reconhecer objetos, paisagens e rostos, ou seja, para um neurônio poder se especializar, outros precisam ajudar, alimentando-o. Essas regiões “se encontram num setor similar, no bordo do sulco occipito-temporal esquerdo.” (DEHAENE, 2012, p. 95).

De acordo com Kandel *et al* (2014), a maioria das vias no Sistema Nervoso Central (SNC) é bilateralmente simétrica e cruza para o lado oposto do encéfalo. Como resultado, atividades sensoriais e motoras de um lado do corpo são mediadas pelo hemisfério cerebral do lado oposto. A Figura 11 ilustra a questão do cruzamento das informações nos dois hemisférios do cérebro humano.

Figura 11 – Cruzamento das informações sensoriais pela via ótica nos hemisférios cerebrais



Fonte: Kandel *et al* (2014, p. 520).

O interessante, segundo Dehaene (2012), foi constatar que as palavras projetadas no lado esquerdo da tela, depois de atingirem a área visual do hemisfério direito, subitamente convergiram para o hemisfério esquerdo, para serem processadas pela região occipito-temporal esquerdo:

As letras que aterrissam à direita do ponto de fixação entram no hemisfério esquerdo e não têm um grande trajeto a percorrer: elas contam a região da forma visual das palavras bem diretamente, pelos vieses de conexões curtas e internas da região occipito-temporal esquerda. As letras à esquerda, ao contrário, contam de início o hemisfério direito e devem, em seguida, ser transferidas via um laborioso percurso através do corpo caloso. Sem dúvida, essa trajetória complicada explica, ao menos em parte o fato de que a leitura, mesmo num leitor com cérebro intacto, seja mais lenta e cheia de erros quando as palavras são apresentadas no lado esquerdo do que quando aparecem no lado direito. (DEHAENE, 2012, p. 100).

2.1.2.3 Das Palavras aos Sons

Ao longo da evolução humana, a audição ajudou a alertar sobre perigos ou oportunidades não visíveis. Tem ainda, um papel fundamental na compreensão e na produção da fala humana. Além disso, a experiência sensorial humana se torna enriquecida com os sons, desde um simples pedido anunciado pela voz humana, passando pela ensurdecadora e emocionante torcida de futebol, até a complexidade de uma sinfonia. Segundo Manguel (2004, p. 90), “Nas cortes, e às vezes também em casas mais humildes, os livros eram lidos em voz alta para familiares e amigos, tanto com finalidade de instrução quanto de entretenimento.”.

Anatômica e biologicamente, a audição começa quando a cóclea, o órgão receptor da orelha interna, em forma de caracol, recebe estímulos externos e transforma a energia sonora em sinais elétricos, por meio de um processo notável das células ciliadas, que formam sinapses com neurônios sensoriais auditivos, e envia as informações para o tronco encefálico, de onde são retransmitidos vários tipos de neurônios diferentes, a maioria deles organizados tonotopicamente, quer dizer, especializados em diferentes frequências sonoras. (KANDEL *et al*, 2014).

Estes neurônios levam a informação acústica, principalmente, para o colículo inferior contralateral, a partir de onde a informação toma duas vias:

- i. para o **colículo superior ipsilateral**, onde participa na orientação da cabeça e dos olhos em resposta a sons; e

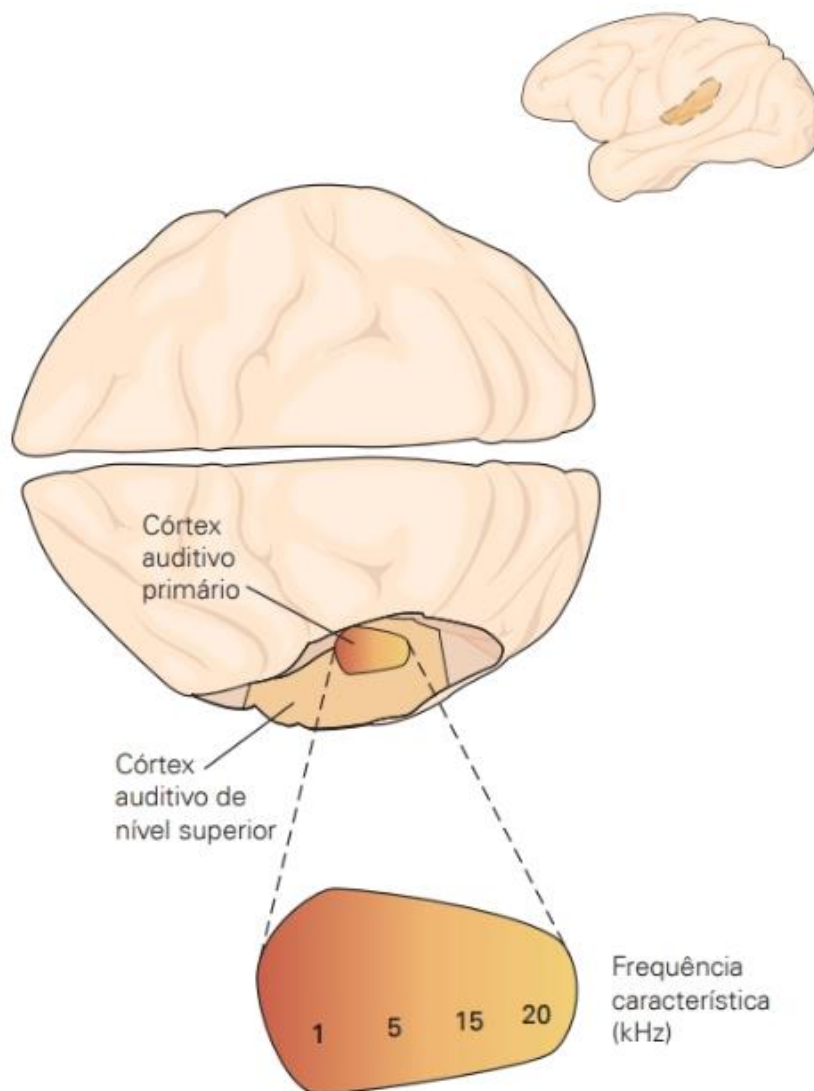
- ii. para o **tálamo ipsilateral**, o retransmissor da informação para as áreas auditivas do córtex cerebral, que mapeia diversas características do som, a começar pela sua frequência no córtex auditivo primário.

Esta segunda via, especialmente, é interessante porque, segundo Kandel *et al* (2014, p. 643), “permitem a memória de trabalho, tarefas complexas de reconhecimento e seleção de estímulos e a avaliação de sua significância”.

“No caso da leitura, a área de Wernicke recebe sinais das áreas do córtex visual esquerdo e ativa os padrões auditivos correspondentes. No caso da escrita, a atividade auditiva que representa esses padrões é convertida em eferências motoras na região pré-motora (área de Exner), logo acima da área de Broca.” (KANDEL *et al*, 2014, p. 1.218).

A Figura 12 ilustra o córtex auditivo no cérebro.

Figura 12 – Córtex auditivo



Fonte: Kandel *et al* (2014, p. 640).

Segundo Dehaene (2012) e Kandel *et al* (2014), estudos de imagem apontam que o córtex auditivo primário de seres humanos se localiza no giro de Heschl, no lobo temporal. Ali, letra e som se encontram. Testes de ressonância magnética mostram que quando se apresentam uma letra e um som, esta região é a única que reage com a mesma intensidade à compatibilidade entre as letras e os sons, mas apresenta baixa intensidade quando há conflito entre uma letra e um som apresentados. *Planum temporale* é o nome desta região de decodificação das letras em sons. Dehaene (2012) assevera que desde bebê esta região do córtex superior do hemisfério esquerdo está ativado e seleciona os sons que serão importantes para o ato da fala, descartando desta região os demais sons.

Alguns pacientes afásicos, com distúrbio de linguagem, afetando a sua capacidade de comunicação, não apenas manifestam imperfeições cognitivas na linguagem, mas também têm problemas com aspectos afetivos da linguagem, como a entonação. Esses aspectos afetivos estão representados no hemisfério direito, evidenciando que neurônios necessários à linguagem também existem fora do hemisfério esquerdo. Um hemisfério direito intacto é necessário para a apreciação de sutilezas semânticas da linguagem, como ironias, metáforas e ditos espirituosos, assim como o conteúdo emocional da fala. (KANDEL *et al*, 2014).

Estudos mostram que o hemisfério esquerdo é ativado não apenas por estímulos auditivos, mas também por estímulos visuais que tenham significado linguístico. O processamento de informações emocionais no hemisfério direito ajuda a transmitir o estado de espírito e as intenções do falante, o que facilita a interpretação do significado da frase. O tom da voz é carregado de sentido, como em algumas palavras em chinês, e, para Kandel (2014), também pode ter caráter paralinguístico, expressando emoções. O cérebro processaria cada estímulo de forma diferente, sendo a semântica linguística processada no hemisfério esquerdo, enquanto as emoções da comunicação ativam o lobo occipital do hemisfério direito, principalmente as regiões frontais e temporais.

2.1.2.4 Acessando o Banco de Significados

Manguel (2004, p. 66), aponta que assim estava escrito numa antiga crônica monástica: “Ao lêres livros, debes ter o hábito de dar mais atenção ao sentido do que às palavras, concentrar-te antes no fruto do que na folhagem.”.

Assim como as palavras e os sons, é bem definida a faixa das três pequenas regiões cerebrais na região temporal média destinadas a analisar a significação das palavras. No entanto, estas regiões não são exclusivas da significação das palavras escritas, elas intervêm igualmente para as palavras faladas. De acordo com Dehaene (2012), em testes de ressonância magnética observou-se que a região temporal média não diminui de intensidade se as palavras se assemelharem no plano visual, como “flor “ e “floresta”, por exemplo, mesmo em semelhança no seu significado, como “cacho” e “cachorro”, por exemplo; mas muda de intensidade quando recebe estímulos de palavras diferentes, mas com mesmo significado, como, “aipim” e “mandioca”, por exemplo:

Depois de um pré-tratamento visual os caracteres escritos são canalizados às regiões ventrais do lobo temporal esquerdo, onde eles são reconhecidos independentemente da sua forma, do seu tamanho e de sua posição. Depois, essa informação visual invariante é enviada a dois circuitos principais, um que os converte em imagens acústicas, outros que recupera o significado. Essas duas vias trabalham em paralelo, e uma interage interativamente com a outra em função da regularidade da palavra e da língua na qual ela é escrita. (DEHAENE, 2012, p. 135).

Ao contrário do que parece, não foi o cérebro que se adaptou ao desenvolvimento dos símbolos das letras, mas sim a escrita que se adaptou ao nosso cérebro: “os sistemas de escrita que evoluíram sob a limitação de facilitarem o seu reconhecimento e aprendizagem por nosso cérebro de primata.”. (DEHAENE, 2012, p. 169).

Para Kandel *et al* (2014), a fMRI não apenas confirmou que a leitura e a fala ativam áreas diferentes do encéfalo, como também revelou que o ato de pensar acerca do significado de uma palavra na ausência de sinais de entrada sensoriais ativa uma outra área distinta no córtex frontal esquerdo.

Neste capítulo, foram apresentadas importantes definições acerca do cérebro, bem como seu funcionamento mecânico, no nível neuronal. Dar-se-á continuidade, agora, observando os aspectos da psicologia cognitiva.

2.2 PSICOLOGIA COGNITIVA

A psicologia cognitiva é a ciência que estuda a cognição, os processos mentais que estão por detrás do comportamento. É uma das disciplinas das ciências cognitivas. Os processos mentais envolvem a atenção, a sensação, a percepção, a cognição e a memorização.

2.2.1 Atenção

A revolução ocasionada pela tecnologia móvel tem feito com que o ser humano encontre cada vez mais dificuldade de filtrar estímulos considerados irrelevantes e, como consequência, dar foco ao que é relevante, haja vista que a atenção geralmente é captada por estímulos visuais e auditivos aos quais o indivíduo atribui valências. Por outro lado, nossa atenção é facilmente atraída por múltiplos fluxos de mídia. (CORCINI; MOSER, 2019).

Em razão dos estímulos externos, as práticas docentes, elaboradas para dar conta das necessidades sociais do século 20, e utilizadas ainda hoje, exigem dos estudantes mais tempo de atenção passiva do que conseguem oferecer, dificultando ainda mais o foco atencional. Tokuhami Espinosa (2014) revela que a capacidade de o estudante reter informações se esgota entre 10 e 20 minutos e que seria preciso, a cada intervalo, mudar de interlocutor, lugar e atividade para manter alto o nível de atenção.

Soma-se a isso o fato trazido por Golleman (2014). Para o autor, não é a conversa das pessoas ao redor que teria mais poder de distrair a atenção, mas o que habita nossa própria mente – quanto mais nossa mente divaga, menor seria a capacidade de concentrar-se no que deveria interessar.

Segundo Moran (2006, p. 46), seria cada vez mais “difícil manter a motivação no presencial, e muito mais no virtual, se não envolvermos os alunos em processos participativos, afetivos, que inspirem confiança.”. Para que mantenham o foco por mais tempo numa atividade educacional, os estudantes precisam de incentivo, motivação e atividades estimulantes e desafiadoras; o contexto escolar precisa promover um estudo mais interessante que os estímulos externos ao contexto

educacional, a partir da elaboração de um meio estimulante e desafiador, sustentável ao longo do tempo da aula e das atividades propostas antes, durante e depois dela.

Mudanças atraem atenção, como você bem sabe. Quando há algum barulho fora da sala de aula, todas as cabeças viram-se em direção às janelas. Quando você muda de assunto, inicia uma nova atividade ou, de uma maneira ou de outra, mostra que está alterando as direções, a atenção de praticamente todos os alunos se voltará a você e haverá uma nova chance de envolvê-los. Planeje mudanças e monitore a atenção da classe para verificar se você precisa fazê-las mais ou menos frequentemente. (WILLINGHAM, 2011, p. 31).

Sobre o processo de aprendizagem, Willingham (2011, p. 58) assevera que “as coisas não chegam até a memória de longo prazo, a menos que tenham, antes, estado na memória de trabalho. Essa é uma maneira um pouco complexa de explicar um fenômeno familiar: se você não prestar atenção, não irá aprender.” Isso porque na memória de trabalho são estabelecidas relações com elementos prévios da memória de longo prazo e que tornam significativo o novo fato. O conteúdo a ser aprendido precisa passar algum período na memória de trabalho, onde pode-se dar atenção ao conteúdo, e pensar sobre o assunto determina o que acabará na memória de longo prazo.

Para Relvas (2017), um aspecto cientificamente fundamental da aprendizagem é a atenção, uma função que mantém o córtex cerebral em estado de alerta para receber novos estímulos, buscando interpretar e decodificar aqueles que foram selecionados, sejam eles fruto de emoções positivas ou negativas. “Estudantes prestam atenção ao conteúdo quando estão envolvidos emocionalmente, sentem curiosidade no assunto e são estimulados a descobrir e resolver desafios coletivamente.” (PRADO, 2018, p. 39).

Sobre o estado de alerta, Cosenza e Guerra (2011, p. 43) afirmam que o cérebro precisa de “um nível adequado de vigilância para o que possa manipular a atenção, focando a consciência¹¹ em diferentes modalidades sensoriais”, pois tanto a sonolência quanto o estresse – extremos opostos – são prejudiciais para o processo de atenção.

¹¹ A consciência não será um assunto abordado nesta pesquisa, pois, como afirma Massman (2012), trata-se de um objeto de investigação altamente complexo, que envolveria a audição, o olfato, o paladar, a visão etc., além da memória e da atenção.

O organismo estabelece mecanismos conscientes para selecionar informações importantes e descartar outras consideradas menos importantes – este mecanismo é regulado por um neurotransmissor chamado noradrenalina, responsável pelo estado de alerta – chamando a atenção do cérebro ao que é agradável, estimulante ou que gera alguma expectativa. “Terá mais chance de ser significativa aquilo que tenha ligações com o que já é conhecido, que atenda a expectativas ou que seja estimulante e agradável.” (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 48).

Anastasia (2016) corrobora este pensamento, afirmando que o conhecimento cognitivo é formado no sistema límbico cerebral, para onde são transferidas as emoções e a motivação, fazendo um papel de regulador para o sucesso da aprendizagem, onde o que é bom, agradável e prazeroso para o indivíduo deveria ser repetido, por ser desejável pelo cérebro. Em outras palavras, um ambiente desafiador é essencial para que a atenção seja sustentada, promovendo uma aprendizagem mais significativa por conta do engajamento do estudante com questões relevantes. Do ponto de vista do cérebro, então, a atenção se daria por atividades que estimulam e desafiam, isto é, que exigem respostas motoras, cognitivas e emocionais.

Cosenza e Guerra (2011) afirmam que:

Boa parte dessa informação não chega a ser processada, não só porque é desnecessária e seria pouco econômico cuidar dela, mas também porque nosso cérebro, apesar de constituído por bilhões de células interligadas por trilhões de sinapses, não tem a capacidade de examinar tudo ao mesmo tempo. (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 41).

Izquierdo (2018) assevera que aprender requer seleção de informações e que a maioria das memórias é descartada pelo filtro de seleção do cérebro, para evitar sobrecarga cognitiva. Essa seleção é feita de forma inconsciente, muitas vezes em razão das questões de sobrevivência (processo de evolução do cérebro), quer dizer, o cérebro foca sua atenção em algo que é particularmente relevante para o seu contexto, o qual está de alguma forma ancorado em seus conhecimentos prévios.

Descrever uma jogada de baseball, por exemplo, pode ser complicado de ser compreendido para quem não conhece as regras do jogo e, portanto, fica mais difícil analisar criticamente a jogada em questão. E não se trata apenas fatos isolados, mas especialmente fatos agrupados, que permitem manter na memória de trabalho um número maior de fatos isolados, numericamente falando. (WILLINGHAM, 2011). Por exemplo, uma sequência de letras aparentemente sem sentido, como B, C, D, F,

G, H, J, K, L, M, N, P, Q, R, S, T, V, X, W, Y, Z, pode ser mais facilmente armazenada e lembrada se for agrupada usando o conceito de Consoantes.

Sternberg (2010) define a atenção como o meio pelo qual se processa ativamente uma quantidade limitada de informação a partir da enorme quantidade de informação disponível por meio dos sentidos, da memória armazenada e de outros processos cognitivos. Aguilar (2019), por sua vez, define atenção como a habilidade de controlar as atividades humanas, mantendo o foco numa determinada ação, independentemente dos aspectos externos ou internos, tais como fome, sono e pensamentos soltos. Cosenza e Guerra (2011) ilustram a questão dizendo que a atenção é como uma lanterna que usamos para iluminar o que nos interessa. Para manter a atenção, portanto, seria necessário selecionar o que é importante dentro dos estímulos externos e controlar os internos.

O cérebro, na sua natureza, não é multitarefa, ao contrário, detém atenção a apenas um fato. Duas informações não serão processadas satisfatoriamente ao mesmo tempo, pois o cérebro será obrigado a alternar a atenção entre as informações concorrentes, ou seja, realizar duas atividades atencionais ao mesmo tempo – estímulos concorrentes – como ouvir música e ler, por exemplo, forçará o cérebro a escolher uma atividade como foco de atenção, permitindo que a outra atividade ocorra simultaneamente, mas sem foco atencional.

Corcini e Moser (2019, p. 9-11), sobre a atenção das pessoas multitarefas, no contexto do ciberespaço, corroboram apontando ser possível realizar mais de uma atividade ao mesmo tempo “desde que certas atividades sejam automatizadas”, pois “Não se pode prestar atenção consciente a duas coisas ao mesmo tempo.”.

A atenção conecta-se com a memória de trabalho, que é nossa memória mais fugaz e dinâmica, por onde circulam muitos dados e informações que permanecem por um tempo muito curto. Para que cheguem à memória de curta ou longa duração, precisariam passar por ela. A atenção, então, é considerada a porta de entrada das informações para a memória de trabalho.

Embora haja diversas formas de definir e classificar o fenômeno da atenção, não há um consenso entre os pesquisadores a respeito. Encontramos em Kandel *et al* (2014, p. 416) a classificação de dois tipos diferentes de atenção:

- i. **Passiva ou exógena, involuntária, automática, transitória** – como a atenção dada à luz do celular anunciando uma chamada, enquanto se lê este texto, por exemplo; não se escolhe conscientemente dar atenção a este estímulo, seu aparecimento repentino por si só já chama a atenção, havendo apenas uma reação da mente-cérebro;
- ii. **Ativa ou endógena, voluntária, estimulada e sustentada** – como a atenção dada à leitura deste texto, por exemplo; trata-se de um processo atencional direcionado conscientemente quando as tarefas.

Enquanto em Zillmer, Spiers, Culbertson (2008) encontramos a classificação da atenção em **Sustentada** – ocorre quando o indivíduo sustenta um estado de prontidão por longo período de tempo; **Dividida** – capacidade de o indivíduo dividir sua atenção no desempenho simultâneo de mais de uma tarefa; **Seletiva ou Concentrada** – capacidade de ignorar certos estímulos do ambiente (externo) e direcionar a atenção para o que deseja.

A seleção de um estímulo sensorial dependeria do significado do estímulo para o sujeito e do contexto de sua apresentação, quer dizer, um estímulo relevante teria prioridade do foco atencional, assim como “durante o ato de dirigir um carro, estímulos como luzes vermelhas devem receber prioridade no processamento em relação ao mesmo tipo de estímulo, por exemplo, quando se joga tênis.” (HELENE; XAVIER, 2003, p. 17-18).

Gazzaniga *et al* (2006) destacam que pesquisas e testes de neuroimagem apontam que o lobo parietal é uma região-chave para o controle da atenção visual. Kandel *et al* (2014) reforçam que nesta área do córtex os neurônios respondem mais fortemente quando um indivíduo precisa utilizar o processo atencional. Os olhos não se dirigem a todos os lugares igualmente – nessa atenção seletiva, os rostos de pessoas seriam mais focalizados do que planos de fundo. Além disso, testes mostram que colocar um estímulo diverso sempre no mesmo local reduz o tempo de reação do cérebro, sugerindo um planejamento do movimento ocular para aquele ponto, deixando seu processamento mais rápido (desempenho).

Tanto o surgimento abrupto de um estímulo visual quanto o treino para o planejamento do movimento ocular para determinado ponto representariam respostas intensas da atenção. Em contrapartida, objetos estáveis no mundo visual raramente

são objeto de atenção, mas poderiam evocar respostas aumentadas quando se tornam relevantes, ou seja, quando geram impacto visual (KANDEL *et al*, 2014, p. 587-588).

A compreensão destes requisitos e características em relação à atenção, contribui para a abordagem da temática relativa à consciência do indivíduo sobre a situação, que, de acordo com o que se encontra em National Research Council (1988), seria a consciência atualizada necessária para a tomada de decisão considerada acertada durante a realização de uma atividade – mais notadamente no controle de uma situação emergencial ou ambientes de constante mudança. Para os autores (*apud* ENDSLEY 1988), a consciência da situação aconteceria hierarquicamente seguindo três níveis de abstração¹²:

- **Percepção dos elementos do ambiente** – neste primeiro nível é realizada semanticamente a identificação dos elementos-chave que, combinados, definem a situação – geralmente, se dá a partir de relatos humanos, que costumam ser heterogêneos, imprevisíveis, complexos e dinâmicos;
- **Compreensão da situação atual** – acontece a partir da combinação dos elementos-chave, numa perspectiva abrangente, e não isolada, servindo para apoiar taticamente a tomada de decisão futura;
- **Projeção da situação futura** – neste nível é realizada uma projeção da situação tática, em termos da percepção do ambiente e da compreensão da situação atual.

A consciência situacional “é considerada uma das habilidades não técnicas essenciais e reconhecida como fator importante no campo complexo, dinâmico e arriscado” (BOTEGA *et al*, 2014). O objetivo deste modelo, portanto, seria criar as condições para a tomada de decisão mais acertada em ambientes de alta imprevisibilidade – isso é feito descrevendo ambientes reais, a partir do monitoramento das ações, caracterizando o comportamento dos agentes, a partir da

¹² No âmbito da psicologia, a abstração é o processo pelo qual se isolam atributos de um objeto, considerando os que certos grupos de objetos tenham em comum.

observação e análise, e então gerando ações para alcançar um status aprimorado para tal situação observada, analisada e descrita.

2.2.2 Sensação e Percepção

Sensação é um processo mental pelo qual um estímulo externo ou interno provoca uma reação específica, produzindo uma percepção. De fato, a sensação e a percepção constituem um processo mental contínuo, que se inicia com a recepção do estímulo (interno ou externo ao corpo) até a interpretação da informação pelo cérebro, valendo-se de conteúdos nele armazenados na memória de longa duração (FIALHO, 2001).

A relação entre sensação e percepção constitui-se como uma das questões-chave dos estudos sobre aprendizagem na perspectiva da Epistemologia Genética de J. Piaget (1970), pois é um dos grandes indicadores que delineiam as sustentações epistemológicas das noções do aprender. O termo sensação refere-se à experiência sensorial iniciada por um estímulo externo cuja origem estaria nos mecanismos biológicos dos sentidos, tais como a audição, visão, tato, gustação e olfato.

Segundo Fialho (2000), a capacidade sensorial humana é de 10^9 bits por segundo de dados provenientes do mundo exterior, dos quais apenas 10^2 bits por segundo são informações percebidas em um nível consciente. De fato, os dados estão relacionados à sensação, e as informações à percepção. Diferentemente, a percepção relaciona-se à interpretação que o sistema cognitivo, principalmente o cérebro, tem da sensação recebida ou que ele mesmo é capaz de produzir (GAZZANIGA *et al.*, 2006). Para Silva *et al* (2011), a percepção depende da atividade simultânea e cooperativa dos neurônios presentes no córtex cerebral.

Manguel (2004, p. 30) conta que no Egito Antigo já se cria que a percepção sobre o mundo advinha de faculdade pessoal de julgar. A importância do argumento “estava em identificar pela primeira vez, no ato de perceber, uma gradação da ação consciente que vai do ver ao decifrar ou ler.”

O caso do pintor que ficara com um tipo raro de daltonismo, em que todas as cores são afetadas, descrito por Sacks (2006), demonstra a questão da percepção. Quando submetido a testes para tentar identificar mais profundamente seu

daltonismo, tentou separar por cor um emaranhado de fios coloridos; sem conseguir, ele abordou a questão a partir da percepção que, agora, tinha das cores, e separou-as, então, pelo tom de cinza que percebia de cada cor. Da mesma forma, pode-se observar no caso a questão da sensação. Conforme descrito pelo autor (2006), a falta das cores despertou no pintor a reflexão de que elas lhe transmitiam sensações diversas. Agora, ver tudo em tons de cinza lhe causava repulsa, além da óbvia indignação. “Os alimentos pareciam-lhe repulsivos devido a seu aspecto cinzento, morto, e ele tinha que fechar os olhos para comer. O que não adiantava muito, uma vez que a imagem mental de um tomate continuava sendo tão negra quanto a sua aparência.” (SACKS, 2006, p. 15). Até os sons musicais lhe pareciam prejudicados, uma vez que, aparentemente, os embalos das músicas transmitiam sensações coloridas. Segundo Dondis (2003, p. 64), “a cor tem maiores afinidades com as emoções.”.

A função pedagógica da percepção pode ser definida como um conjunto de mecanismos de codificação e coordenação dos diferentes tipos de sensações elementares, buscando atribuir um significado. [...] Então, é possível dizer que a percepção é um conjunto de sensações organizadas pela mente, que são captadas do meio através dos sentidos. Entretanto, esta percepção está relacionada com a forma de compreensão do ambiente pelo indivíduo, pois as sensações adquirem determinada forma na mente do homem. (SILVA et al, 2011, p. 29).

O Quadro 1 estabelece as características da sensação e da percepção, e as posiciona no espectro epistemológico.

Quadro 1 – Sensação e percepção como fontes do conhecimento

Fonte do conhecimento	Característica	Concepção epistemológica
Sensação	- Estímulos externos como elementos constituintes do comportamento; - O conhecimento está fora do sujeito, vindo de fora para dentro; - Processos de aprendizagem estariam vinculados a diferentes e múltiplas formas de transmissão do exógeno para o endógeno.	Empirista
Percepção	- Estrutura mental que ignora um processo de criação; - Aprendizagem oriunda de uma imediata organização da percepção denominada de insight. Este mecanismo surgiria de um amadurecimento de estruturas inatas do conhecimento que se organizam em função de uma percepção imediata.	Apriorista
Sensação e Percepção	- A sensação permite as abstrações primeiras e a percepção e leitura das informações que são retiradas do objeto; - Por meio da interação é que o sujeito constrói seu conhecimento.	Construtivista (Teoria da Abstração)

Fonte: DA SILVA, J. A. (2014).

Numa perspectiva direta, a percepção da experiência do indivíduo com o mundo, através dos sentidos, seria, portanto, um processo carregado de significados individuais, ou seja, um mesmo objeto contemplado por indivíduos diferentes poderia resultar em descrições diferentes. Todavia, na perspectiva da cognição incorporada, descrita por James Gibson e Eleonor Gibson, envolvendo mente, corpo e ambiente externo, a percepção seria uma atividade física, lógica, operada por modelos inatos, enquanto que esta representação subjetiva da realidade já estaria numa esfera da atividade cerebral e, então, envolveria as experiências prévias individuais de cada ser humano. (BLAKE, 2014).

2.2.3 Sinal, Signo, Símbolo e Imagem Mental

Piaget e Inhelder (1966/1977) relatam pesquisas a respeito do que chamam de imagem mental, isto é, a tentativa do pensamento para construir uma cópia da realidade por intermédio de recursos representacionais e figurativos. A imagem mental é a evocação simbólica de uma realidade ausente, não sendo exclusivamente visual e podendo ser elaborada sobre um estímulo sensorial. Portanto, podemos ter uma

imagem mental de uma música, de um cheiro, de um sabor, de uma textura, de um ambiente, etc. Além disso, os autores mostram que a imagem mental não consegue capturar a plenitude e a complexidade do real, sofrendo deformações também dos mecanismos interpretativos da inteligência. Assim, faz-se necessário explicar os elementos da significação dos objetos.

Sinal, Signo e Símbolo fazem parte do evento da significação dos elementos do mundo. Sinal e signo, embora interligadas, são conceitos diferentes. De acordo com Azevedo Netto (2002), sinal seria qualquer forma gráfica, sonora, geológica, astronômica etc. de assinalação, mas destituído de mecanismos para a construção de significados. Enquanto símbolo teria uma expressão ampliada do sinal, além do sentido superficial e visível – quanto mais variantes possuir, mais completa é a imagem que se traça do objeto – sendo, portanto, um sinal com conteúdo semântico e de ordem prática, que nos leva a agir. Para Dondis (2003), o símbolo deve ser simples e referir-se a uma ideia.

No meio dos dois existe o signo, um sinal que tem conteúdo semântico e que precisa ser decodificado. (VASCONCELOS, 2013).

Em outras palavras, pode-se denominar de signos naturais aqueles sinais que têm sua origem na natureza, mas que assumem a possibilidade de significados a partir da ótica do observador humano. Como artificiais, pode-se considerar os signos produzidos pela humanidade, já carregados da possibilidade de significação. Portanto, para que haja um signo é preciso que haja, no mínimo, o reconhecimento da possibilidade de construção de um significado. (AZEVEDO NETTO, 2002, p. 2).

“O símbolo e o que ele representa têm, portanto, uma conexão interna, não podem ser separados um do outro, o que o distingue do signo. Signos são convenções” (KAST, 2013, p. 21). Os símbolos, pela sua amplitude, tornariam possível o raciocínio sobre a questão observada. Por exemplo, quando alguém vê fumaça, pode pensar que há também fogo, e pode ser o início de uma série de pensamentos como: Há alguém em perigo? Como começou o fogo? O clima está seco! O vento está espalhando o fogo com rapidez! Neste exemplo, a fumaça é o sinal, que permite estabelecer uma relação lógica com a possibilidade de haver fogo. Então, além de ser um sinal para o observador, representa o signo do fogo. Resumidamente, o signo é o sinal de algo visível – o fogo, neste caso; enquanto símbolo é o sinal do imaterial – o raciocínio ordenado e as reflexões acerca do fogo, neste caso.

Feitos os questionamentos internos, vem a tomada de decisão. Neste sentido, o processo cognitivo da tomada de decisão humana em relação a uma questão observada, segundo Rasmussen (1983), dependeria mais da experiência individual em relação a determinada tarefa do que da situação em si, e pode ser classificado em atos baseados em Habilidades, Regras e Conhecimento. Ações tomadas com base em habilidades têm menor nível de atenção consciente, enquanto as ações tomadas com base no conhecimento que se tem sobre determinada situação têm maior nível de atenção consciente. No meio do caminho estão as ações tomadas com base em regras, com nível médio de atenção consciente.

Ou seja, para uma tomada de decisão, se o indivíduo conhece a situação e conta com experiências prévias exitosas, o processo cognitivo de tomada de decisão recai sobre o nível baseado em habilidades. Se existem protocolos pré-definidos para a situação em questão, o processo cognitivo de tomada de decisão seria o das regras, mesmo que exista dentro do indivíduo certo grau de ansiedade por conta da inexperiência com a situação enfrentada. Da mesma forma, se não há experiência pessoal com a situação, e portanto não há habilidade para lidar com a situação, o processo cognitivo de tomada de decisão culminará na necessidade de buscar informações a respeito, a fim de adquirir conhecimento para a tomada de decisão, adquirindo experiência sobre a situação ou mesmo criando regras para o enfrentamento da situação – até porque, se havia regras definidas, não era do conhecimento do indivíduo.

2.2.4 Cognição: Tratamento Humano da Informação

Para Drucker (1988, *apud* DAVENPORT, 1998, p. 18), define-se informação como sendo “dados dotados de relevância e propósito”. Nessa perspectiva, a análise recai sobre quem atribui esta relevância. De fato, a atribuição da relevância é um mecanismo mental, essencialmente, humano. São os indivíduos, com as suas histórias de vida, suas vivências, experiências e motivações, que podem transformar dados em informações.

A transformação de informações em conhecimentos é um processo cognitivo individual. É o indivíduo que pode processar cognitivamente a informação e transforma em conhecimento e, portanto, aprende. A transformação em questão passaria pela vontade do indivíduo em consumir determinado produto, aqui entendida

“como forma de apropriação de bens simbólicos (estéticos, políticos, econômicos, por exemplo), que trazem em si formas de distinção de seu possuidor.” (AZEVEDO NETTO, 2002, p. 6).

De forma ampla, a informação, que vai vir a ser consumida ou não por alguém, seria um fenômeno resultante de fatores de ordens diversas (social, cultural, moral, ético, etc.). Até mesmo o processo de troca de bits entre máquinas poderia ser considerado como troca de informação.

A cognição humana, fenômeno que permite processar as informações recebidas do mundo e transformá-las em conhecimento, envolve fatores biológicos e socioculturais, que atuam de forma complementar, sendo o primeiro o sistema de reconhecimento, processamento e armazenamento de informações; e o último o meio que promove as situações de experiências para o sistema. Para Borges *et al* (2003), sem interação não há cognição, a aprendizagem é uma negociação entre sistema e meio. As interações do sistema com o meio se dão pelos sentidos (visão, audição, tato, paladar e olfato) e cada indivíduo adquire e processa informação segundo a sua mente, suas experiências, suas condições sociais e econômicas, e seu contexto cultural e educacional, ou seja, a aprendizagem se dá na primeira pessoa.

Cada interação do homem com o meio, que ocorre pelos cinco sentidos (visão, audição olfato, tato e paladar), resulta em informações a serem percebidas e processadas – ou não, pois passam pelo filtro da percepção/atenção. Como foi descrito no item “2.2.1 Atenção” deste capítulo, o grande volume de informações resultante das interações com o meio requer do sistema a aplicação de um filtro, que seleciona as informações que serão processadas e descarta as demais consideradas não relevantes para o momento.

Objeto antigo de estudos, a cognição e a mente humanas têm estado em foco mais recentemente, especialmente com o surgimento das pesquisas sobre inteligência artificial. Segundo Piaget (1983), o conhecimento é construído aos poucos, de acordo com o desenvolvimento de estruturas cognitivas relativas aos estágios de desenvolvimento da inteligência humana. Enquanto para Vygotsky (1998), o conhecimento é construído durante as interações entre os indivíduos.

O processo cognitivo envolve atividades mentais como o pensamento, a imaginação, a recordação, a solução de problemas, a percepção, o julgamento, a aprendizagem da linguagem, entre outras, as quais ocorrem

diferentemente em cada indivíduo, dependendo do grau de habilidade de cada um. (LIMA, 2003, p. 81).

A autora, realizando uma aproximação entre a ciência cognitiva e a ciência da informação, registra que a informação sensorial passa por algumas etapas até que se transforme em conhecimento: categorização, indexação, recuperação da informação e interação homem-computador.

A **categorização** é considerada um processo social e cultural de organização dos conceitos, baseada nos processos psicológicos do pensamento e considerando o contexto do indivíduo, bem como a forma como respondemos a eles. Categorizar é agrupar por semelhança e este processo acontece habitualmente, pois é resultado da interação do homem com o meio. Este processo auxilia na recuperação da informação “pelo óbvio motivo de que a informação estruturada é mais fácil de ser recuperada do que uma informação desorganizada.” (LIMA, 2003, p. 83).

Indexação é um processo intelectual de compreensão e representação, que seguiriam fases como: i) análise, ii) identificação de conceitos – estas duas operam no nível da memória – e iii) tradução em linguagem de indexação. A **Recuperação da informação** aconteceria quando, pela necessidade da informação, uma busca é iniciada nos arquivos cerebrais devidamente indexados e categorizados, passando ainda por uma análise da informação recuperada. (LIMA, 2003).

A questão da **Interação homem-computador** é igualmente resultado desta aproximação entre as ciências da cognição e da informação, mas não está no escopo desta pesquisa e, desta forma, não será observada para esclarecer a questão do processo cognitivo humano.

2.2.4.1 Abordagens Cognitivas Contemporâneas

Dentre as abordagens cognitivas contemporâneas para compreensão da dinâmica social humana, da informação e do conhecimento, a **Cognição situada** considera que o ser humano experimenta situações pessoais e intransferíveis, biológica e historicamente, ao mesmo tempo em que continuamente interage com outros sujeitos em variados contextos, através das linguagens, que é regulada pelas emoções.

Essa reorientação nas linhas de pensamento, em diversos campos de estudos, evidencia a necessidade de considerar os seres humanos como seres históricos, sociais e contingentes, de atentar para suas histórias particulares e de interação com outros sujeitos, e de reconhecer a importância do domínio lingüístico como especificador dos processos cognitivos. (VENÂNCIO; NASSIF, 2008, p. 96).

Em outras palavras, esta abordagem observa o organismo em seu ambiente, considerando ambos inseparáveis e de interação contínua, a qual é operada pelas linguagens – esta, regulada pelo domínio das emoções – tendo como resultado a construção de informações realizadas pelos próprios sujeitos, a partir das suas realidades sócio-históricas.

Para Barrenechea (2000), a educação atual, a fim de facilitar a explicação de um conhecimento, esquematiza seus elementos gerais, quer dizer, um conteúdo é ensinado separadamente do seu contexto de operação. No entanto, os estudantes não aprendem a aplicar determinado conhecimento em razão de não conhecerem o contexto no qual um conhecimento opera. A visão integrada do contexto da informação, sua atividade, suas ferramentas e cultura, tem importante papel na aprendizagem. Ainda segundo a autora (2000, p. 144) “Alunos necessitam ser expostos ao uso de ferramentas conceituais da forma como elas são utilizadas na prática autêntica.”.

Outra abordagem cognitiva contemporânea para compreender a dinâmica social humana, a informação e o conhecimento é a **Cognição distribuída**, que estuda a informação e o conhecimento como construção social a partir da colaboração entre pessoas e artefatos inseridos em um contexto; são temporais e baseados na interação entre indivíduos, ambiente e artefatos, ou seja, é distribuída entre estes agentes, sendo inseparável da interação e da ação com o mundo, portanto. Os processos cognitivos “extrapolam as mentes individuais e podem ser considerados a partir das relações funcionais de todos os elementos que participam das atividades [...] são buscados e considerados onde acontecem.” (ROCHA; PAULA; DUARTE, 2016, p. 95-96), quer dizer, considera que o conhecimento não está na mente do ser humano, mas nas interações dos indivíduos entre si, com o ambiente e artefatos.

A distribuição dos processos cognitivos no tempo, ocorreria quando um indivíduo recorre a vivências anteriores para lidar com uma situação presente, possibilitando ainda projetar uma ação futura. A distribuição por artefatos, que “consistem em dispositivos utilizados pelos humanos em suas atividades para

aprimorar ou melhorar a cognição e o desempenho” (ROCHA; PAULA; DUARTE, 2016, p. 95), poderia ser representada, por exemplo, por planilhas, esquemas, desenhos, etc. Por fim, a noção de distribuição social dos processos cognitivos se dá quando, em razão de um objetivo comum, diferentes pessoas reúnem esforços para realizar uma atividade – tais esforços podem ser trabalho, comunicação ou resultados anteriores.

Uma terceira e última abordagem cognitiva atual que será considerada nesta pesquisa, para compreender a dinâmica social humana, a informação e o conhecimento na era digital é a **Cognição compartilhada**, que evidencia a influência da cultura “sobre a maneira de formular problemas, de abordá-los, de resolvê-los, a questão de história, de tradição cultural, etc.” (SANTOS; MARTINS; MEDEIROS, 2015, p. 37). A cognição compartilhada está no centro do processo de inovação e auxilia na disseminação e criação de novos conhecimentos, sendo definida por Dorow *et al* (2013, p. 5) como o “processo no qual os indivíduos realizam simultaneamente o intercâmbio de conhecimento implícito (tácito) e explícito para criar novos conhecimentos.

Segundo Leite (2003, p. 6), a cognição compartilhada “trata do conhecimento humano como um produto social que ocorre através da ação compartilhada dos indivíduos.”, evidenciada na prática de aprender com os demais o conhecimento tácito (habilidades ou experiência) ou buscar nas diversas fontes o conhecimento explícito (institucionalizado ou práticas) existente. Do ponto de vista da construção do conhecimento, a cognição compartilhada pode ser compreendida semelhantemente à cognição socialmente distribuída, ou seja, duas ou mais pessoas de um mesmo grupo social se dividem e cooperam esforços para o atingimento de um mesmo objetivo em comum.

Mesmo que bastante aderente ao meio organizacional, onde o processo de inovação tende a ser constante, Costa, Paraguaçu e Mercado (2006) analisaram o potencial de sucesso da aplicação prática da abordagem da cognição compartilhada projetaram alguns cenários no contexto educacional:

Se o Grupo é o 1 (professor-aluno) então o potencial para a cognição compartilhada é máxima [sic], pois o professor pode solicitar uma tarefa mais simples para o aluno.

Se o Grupo é o 2 (aluno mais competente e aluno menos) então o potencial para a cognição compartilhada é máxima [sic] dada flexibilidade do aluno

mais competente dar uma tarefa mais simples para um aluno menos competente.

Se o grupo é o 3 (aluno de mesma competência) então o potencial para a cognição compartilhada é máximo, pois pode haver uma divisão igualitária de tarefas. (COSTA; PARAGUAÇU; MERCADO, 2006, p. 16).

O Quadro 2 apresenta um paralelo entre as abordagens cognitivas para compreender a dinâmica social humana, a informação e o conhecimento na era digital.

Quadro 2 – Resumo das abordagens cognitivas contemporâneas

Cognição situada	Observa os indivíduos em seu ambiente, cujas situações vivenciadas são pessoais e intransferíveis, biológica e historicamente, considerando ambos inseparáveis e de interação contínua, a qual é operada pelas linguagens.
Cognição distribuída	Indivíduos, ambiente e artefatos interagem de forma inseparável, gerando conhecimento a partir da colaboração entre pessoas e artefatos inseridos em um contexto/tempo. Os processos cognitivos seriam distribuídos no tempo, por artefatos e socialmente.
Cognição compartilhada	Evidencia a influência da cultura na disseminação e criação de novos conhecimentos, a partir do intercâmbio simultâneo de conhecimento. Considera o conhecimento humano como um produto social, evidenciado na prática de aprender com os demais o conhecimento tácito ou buscar nas diversas fontes o conhecimento explícito existente.

Fonte: o autor (2020).

2.2.5 Teoria da Carga Cognitiva

Sweller, Van Merriënboer, Paas (1998) elaboraram a teoria da carga cognitiva e proveram diretrizes para apresentar informações instrucionais e resolver problemas de forma a otimizar a performance intelectual do estudante, por meio da redução da carga cognitiva sobre as informações apresentadas, e da construção de esquemas cada vez mais sofisticados e com altos graus de automação.

Willingham (2011) ilustra a questão da automação da seguinte forma:

Você não pode tornar-se um bom jogador de futebol se, enquanto dribla, estiver concentrado na força com a qual deve acertar a bola, em qual parte do pé utilizar, etc. Processos de nível mais baixo como esses devem vir a ser automáticos, abrindo espaço para preocupações mais sofisticadas, como estratégias de jogo. (WILLINGHAM, 2011, p. 102-103).

Os testes de esforço cognitivo realizados pelos autores (1998) mostraram que a “exemplificação” é a forma mais eficiente de instrução, comparada à “resolução de problemas” e às “descobertas práticas guiadas”, porque envolveu menor esforço cognitivo. Willingham (2011, p. 99) corrobora este resultado, apontando que “Os estudantes sabem que quando eles se deparam com um problema de matemática ou ciência que não conseguem solucionar, é útil buscar no livro didático um problema análogo [sic] já solucionado.”.

2.2.5.1 Memória de Trabalho

Os autores (1998) conceituam carga cognitiva sob dois pontos de vista:

- i. **com base na Tarefa**, é a carga intrínseca ou extrínseca imposta ao sistema cognitivo ao executar uma tarefa;
- ii. **com base no Esforço**, é a quantidade de capacidade cognitiva exigida pela tarefa.

A redução da carga cognitiva tem como fundamento a utilização otimizada da memória de trabalho, em razão da sua capacidade limitada de processamento de informações, que utiliza dois canais: um auditivo e um visual. Apenas as informações da memória de trabalho podem ser monitoradas porque são utilizadas de forma consciente. Do ponto de vista dos autores (1998), as memórias de longo prazo só se tornam conscientes quando trazidas à memória de trabalho (evocação), que se ocupa de organizar, opor e comparar informações, sendo limitada na sua capacidade de processamento – de acordo com Miller (1956 *apud* SWELLER; VAN MERRIENBOER; PAAS, 1998), é possível manter até 7 elementos na memória de trabalho, mas apenas 2 ou 3 podem ser trabalhados simultaneamente.

Willingham (2011, p. 29) afirma que o limite da memória de trabalho é um fator importante a ser observado numa instrução de trabalho escolar: “as pessoas só podem armazenar poucas informações de cada vez”. Para o autor,

Sobrecargas na memória de trabalho são causadas por instruções em várias etapas, listas de fatos desconexos, cadeias lógicas com mais de duas ou três etapas e aplicações de um conceito recém-aprendido a um novo material (a menos que o conceito seja relativamente simples). A solução para sobrecargas da memória de trabalho é objetiva: diminua o ritmo e utilize

auxiliares da memória, como texto no quadro-negro – isso evita que os alunos precisem manter muita informação na memória de trabalho. (WILLINGHAM, 2011, p. 29-30).

Não existe uma maneira de ter mais memória de trabalho, mas existem estratégias para contornar sua limitada capacidade, comprimindo dados, por exemplo, permitindo lidar com vários dados como se fossem apenas um. Medeiros *et al* (2006) trazem importantes contribuições de Fialho (2001) sobre as características da memória de trabalho:

- **Rapidez de codificação** – influencia na taxa de retenção;
- **Vulnerabilidade da informação** – sem repetição, o esquecimento da informação na memória de trabalho é rápido;
- **Recuperação da informação** – a memória de trabalho acessa as informações de forma sequencial, de modo que “o tempo de resposta é diretamente proporcional ao aumento de itens a serem armazenados.” (2006, p. 2).

As teorias modernas sobre o estudo das memórias enfatizam que a memória de trabalho consiste basicamente de processadores parcialmente independentes, geralmente associados a modos sensoriais individuais. Baddeley (1992 *apud* SWELLER; VAN MERRIENBOER; PAAS, 1998) divide a memória de trabalho em:

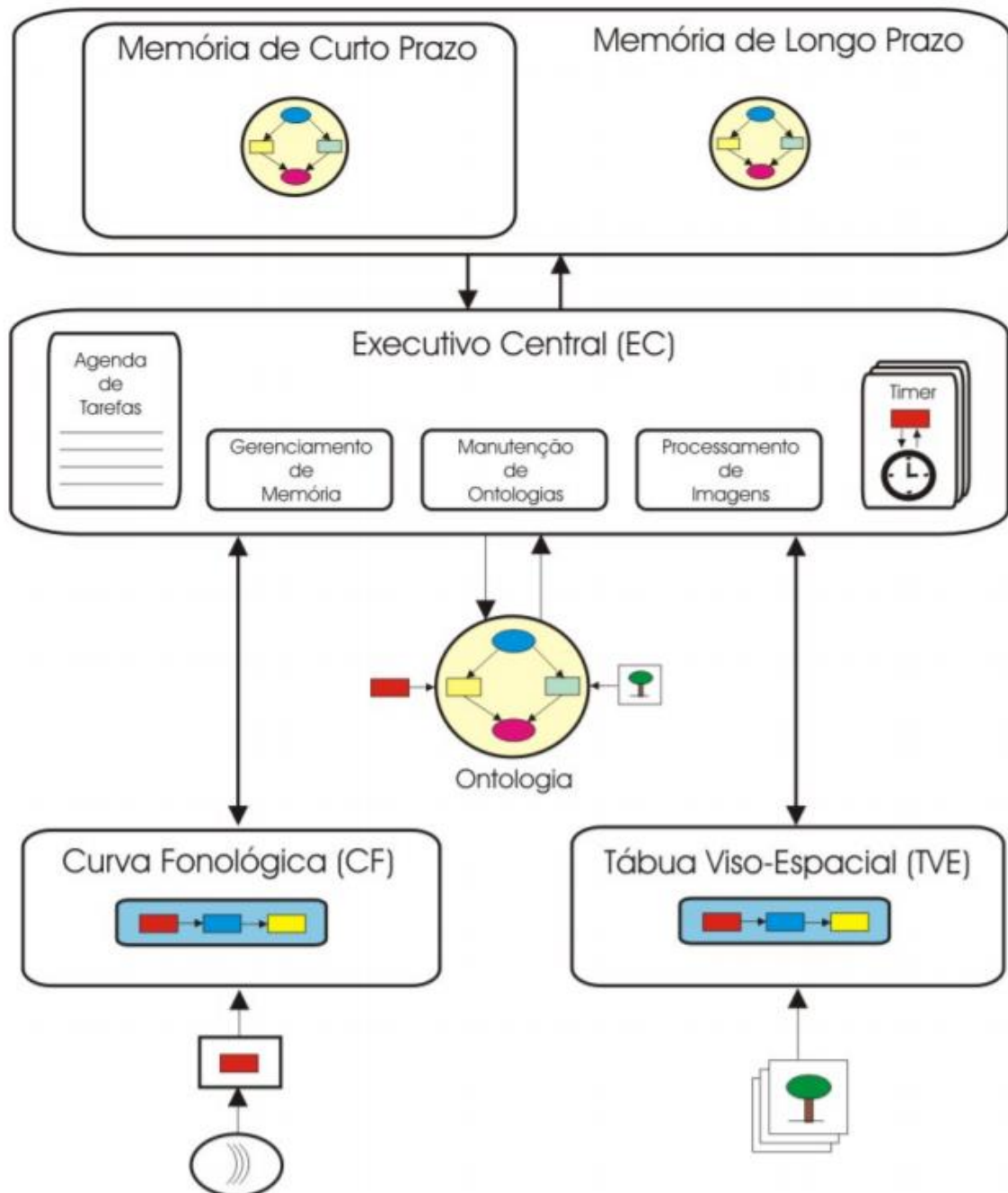
- i. **Rascunho visio espacial**, para trabalhar com informações visuais;
- ii. **Alça fonológica**, para trabalhar informações auditivas (especialmente baseadas na fala).

De acordo com Medeiros *et al* (2006, p. 2), num estudo de intersecção entre as ciências cognitivas e a inteligência artificial¹³, advinda da ciência da computação, o rascunho visio espacial e a alça fonológica “são subsistemas escravos, controlados pelo executivo central.”. Os autores ainda apresentam na Figura 13 um esquema representativo da arquitetura de uma memória de trabalho artificial, considerando os canais visual e fonológico de processamento, e atuando como um gerenciador das

¹³ A Inteligência Artificial (IA) busca reproduzir a atividade mental do homem em tarefas como a compreensão da linguagem, a aprendizagem e o raciocínio (LIMA, 2003 *apud* MEDEIROS *et al*, 2006, p. 1).

percepções dos estímulos externos e sua relação com as memórias de curto e longo prazos.

Figura 13 – Modelo de memória de trabalho artificial



Fonte: Medeiros *et al* (2006, p. 4).

2.2.5.2 Construção de Esquemas na Memória de Longo Prazo

Para os Sweller, Van Merriënboer e Paas (1998), esquemas são arranjos que cada indivíduo elabora, no nível cognitivo, reunindo elementos associados a determinado assunto e necessários à resolução de um determinado problema, permitindo que eles sejam tratados unificadamente, otimizando a capacidade de processamento da memória de trabalho. Construir esquemas incentivaria a formação de memórias de procedimento, as quais são evocadas mais facilmente (ou dificilmente esquecidas).

De acordo com Helene e Xavier (2003), a automação de processos é resultado da prática. A importância de se automatizar esquemas reside no fato de que aspectos familiares, ou seja, automatizados, têm desempenho de processamento mais fluído, uma vez que já teria havido um trabalho anterior de processamento e estruturação em esquemas.

o desempenho lento, serial e mediado verbalmente (que demanda grande quantidade de recursos), usualmente observado nos estágios iniciais da aquisição de uma habilidade, é gradualmente substituído pelo desempenho rápido, paralelo e que requer pouco esforço e controle voluntários (demandando relativamente poucos recursos). (HELENE; XAVIER, 2003, p. 17).

Processos mentais podem ser automatizados, requerendo pouca ou nenhuma capacidade da memória de trabalho. Para Willingham (2011, p. 41), “o conhecimento prévio permite o agrupamento, que proporciona mais espaço na memória de trabalho, que torna mais fácil a relação entre ideias e, portanto, a compreensão.”. Via de regra, quem tem conhecimento prévio sobre determinado assunto conseguiria lembrar mais facilmente do que leu recentemente, em relação a quem não tem conhecimento prévio sobre o assunto – porque estes apresentariam dificuldade em estabelecer relações com as informações que leem e, assim, compreendê-las.

Sweller, Van Merriënboer, Paas (1998) concluíram que a capacidade cognitiva de resolver problemas complexos estaria limitada ao prévio conhecimento dos elementos. Para chegar a este entendimento, os autores tiveram como base os estudos de De Groot (1966), Chase e Simon (1973) e Charness (1994) sobre a fenomenal capacidade dos mestres enxadristas. Os testes realizados demonstraram que não haveria nos exímios jogadores uma habilidade superior em encontrar alternativas para sair de cada movimento do adversário, mas sim na capacidade de memorização de um maior número de jogadas e sequência de jogadas que podem

ocorrer numa partida, resultado da sua dedicação em praticar o jogo. Quer dizer, o que já foi reconhecido, aprendido e armazenado na memória de longo prazo, pode ser evocado e relacionado na resolução de problemas complexos. Fatos novos, ao contrário, não conseguiriam ser relacionados nesta equação porque, antes, precisariam ser compreendidos na memória de trabalho e devidamente armazenados na memória de longo prazo.

“Qualquer fato ou demonstração que desafie os estudantes antes que eles tenham o conhecimento prévio necessário possui o potencial de ser uma atividade que os confunde momentaneamente”. (WILLINGHAM, 2011, p. 31). Esta premissa estabelece que provavelmente serão deficientes os resultados de conteúdos de aprendizagem que requeiram envolver assuntos novos em processos complexos de raciocínio, como acontece na aprendizagem pela descoberta, e que provavelmente serão eficientes os resultados de conteúdos de aprendizagem planejados no sentido de facilitar ao estudante a aquisição de conhecimentos específicos.

A construção de esquemas pelo cérebro, que seria resultante da prática, apresenta 3 funções:

- i. **Constituir um mecanismo de organização e armazenagem de dados na memória de longo prazo** – para Chi, Glaser, Rees (1982 *apud* SWELLER, VAN MERRIENBOER, PAAS, 1998) esquemas são compreendidos como a categorização de elementos da informação segundo a maneira que seriam usados. Por exemplo, dentro desta lógica, ler se tornaria possível porque o cérebro teria desenvolvido esquemas de categorização de letras, sílabas, palavras e sequência de palavras, cada qual com seu significado – geralmente, lê-se com mais desempenho à medida que ativamente construímos esquemas cada vez mais complexos (frases), partindo dos mais simples (letras);
- ii. **Reduzir a carga cognitiva da memória de trabalho** – apesar de reunir vários elementos associados, um esquema receberia o tratamento semelhante ao de um único elemento, na memória de trabalho. Por exemplo, o esquema “restaurante” é trazido à memória de trabalho, quando evocado, como um elemento único, mas estabelece uma extensa associação construída ao longo da vida do sujeito sobre comida, negócios, higiene, técnicas, serviço, liderança, arquitetura, que são esquemas de nível inferior em relação a restaurante.

- iii. **Incentivar a automação das regras** – quando o cérebro se depara com um problema pela primeira vez, ele tende a gastar tempo buscando entender suas regras. O contato frequente com este problema tornaria as regras mais familiares, até serem automatizadas, o que tornaria o processo de solução preciso e fluído porque deixa de utilizar a capacidade de processamento da memória de trabalho para compreender as regras.

Resumidamente, as funções da construção de esquemas no cérebro apontam que:

- i. existe uma inclinação a considerar que uma nova tarefa não será completada com êxito antes que seus pré-requisitos de aprendizagem sejam aprendidos e automatizados, liberando, assim, a já limitada capacidade de memória de trabalho;
- ii. um procedimento poderia ser realizado com o mínimo esforço consciente depois de ter havido prática suficiente, pois a frequência do contato tende a levar à automação das regras do processo.

2.2.5.3 Carga Cognitiva

A carga cognitiva de uma informação pode ser influenciada por:

- i. **fatores Intrínsecos** – que não podem ser alterados pelos estudantes ou pelo processo de design instrucional, como a maneira como o material é apresentado, por exemplo; e
- ii. **fatores Extrínsecos** – como as atividades de solução de problemas requeridas dos estudantes, por exemplo, que podem ser analisadas no processo de design instrucional para privilegiar o que for relevante à construção de esquemas de aprendizagem e evitar o irrelevante, que, em geral, imporia carga cognitiva desnecessária.

A carga cognitiva intrínseca de uma informação a ser compreendida no processo de aprendizagem depende do nível de interatividade entre seus elementos. Por exemplo, aprender os símbolos da tabela periódica não imporia grande carga cognitiva à memória de trabalho porque, em geral, os elementos não apresentam

interatividade entre si, ou seja, aprender Fe (ferro) independe de aprender H (hidrogênio).

Esta premissa estabelece que quanto maior o nível de interação entre os elementos de um assunto, maior é a carga cognitiva porque mais elementos estariam sendo trabalhados simultaneamente na memória de trabalho. Do lado oposto, a ausência de interação entre elementos de uma informação representaria uma aprendizagem de elementos em série, o que tende a impor menos carga cognitiva, pois toda a capacidade de processamento da memória de trabalho estaria sendo utilizada em apenas um elemento.

Além disso, para Sweller, Van Merriënboer e Paas (1998), existe um consenso sobre os elementos de interação de uma informação irem aos poucos deixando de ser considerados individualmente e passando a ser considerados parte de um esquema, usando, portanto, menos capacidade de processamento da memória de trabalho e diminuindo, assim, a carga cognitiva intrínseca daquele determinado assunto. Quer dizer, um estudante com mais expertise¹⁴ pode considerar serem mais fáceis algumas interações entre elementos – um assunto mais complexo – em relação a estudantes iniciantes, sugerindo que se considere oferecer a este estudante uma progressiva relação de interação entre os elementos dos conteúdos de estudo, à medida que deixam de ser ingressantes e vão se aprofundando nos estudos dos conteúdos do currículo.

Willingham (2011, p. 119) sugere algo muito semelhante quando afirma que “A cognição no início do treinamento é fundamentalmente diferente da cognição no final do treinamento.”, isso porque iniciantes organizam as informações de forma diferente de especialistas, por exemplo, de modo que requer tempo dedicado ao pensamento sobre determinado assunto para que as informações sejam reorganizadas de forma mais refinada. Esse refinamento na reorganização das informações seria resultado do fato de especialistas, geralmente, terem maior conhecimento prévio do que estudantes iniciantes, e isso permitiria àqueles utilizar a limitada capacidade de processamento da memória de trabalho com análises, comparações e discussões, ou seja, estruturas profundas das questões. “Eles possuem representações de

¹⁴Experiência em nível de especialista – tradução livre.

problemas e situações em sua memória de longo prazo” (WILLINGHAM, 2011, p. 127) – assim como teriam os mestres enxadristas.

A eficiência instrucional de um conteúdo educacional tem como propósito diminuir a sua carga cognitiva extrínseca, a partir da atuação sobre a forma de sua apresentação e sobre as solicitações de atividades relacionadas ao conteúdo. Isso poderia ser feito usando mais carga cognitiva relevante, para permitir um processamento mais poderoso da memória de trabalho, ou seja, redirecionando a atenção do estudante do que é considerado irrelevante para a aprendizagem, para o que considerado relevante para a aprendizagem, e em especial para a construção de esquemas.

A maneira mais eficiente de se fazer isso é, de acordo com os resultados dos testes realizados na elaboração da teoria da carga cognitiva, por meio da “exemplificação”. Atividades como fazer perguntas sobre os exemplos resolvidos e oferecer exemplos incompletos para que sejam completados, depois de já terem visto a resolução completa de uma atividade, seria mais aderente à construção de esquemas do que propor a resolução de problemas sem o apoio desta resolução completa previamente ou mesmo guiar para a descoberta individual.

Segundo Willingham (2011), conceitos abstratos, como cálculo de área, teorias quânticas e velocidade, por exemplo, são considerados complexos e o cérebro teria preferência pelo que é concreto, quer dizer, que permitiria estabelecer a criação de uma imagem mental. Contudo, um artifício didático a ser utilizado para alcançar o objetivo de desenvolver e aplicar o pensamento abstrato fora da escola seria utilizar como exemplo algo concreto e familiar para exercitar um conceito abstrato. Concreto para ser aderente ao processo cognitivo, e familiar para ser aderente às estruturas cognitivas.

Parece necessário, aqui, refletir sobre a aplicação dos conteúdos educacionais em contextos diversos, fora da escola. Willingham (2011) considera que estudantes enfrentam dificuldades para identificar a estrutura de solução dos problemas cotidianos e relacioná-las às regras de solução aprendidas no contexto educacional. Quer dizer, tem-se dois ou mais problemas iguais, de mesma ordem, mas abordados de maneira diferente porque estão em contextos diferentes. Dessa forma, para auxiliar a compreensão dos estudantes, o autor sugere oferecer essa experiência por meio de

vários exemplos, em diferentes contextos, para ampliar suas possibilidades de interpretação.

2.2.5.4 Abordagens para Eficiência Instrucional

As abordagens apresentadas no Quadro 3, e propostas por Sweller, Van Merriënboer, Paas (1998), buscam reduzir a carga cognitiva extrínseca e aumentar a eficiência instrucional.

Quadro 3 – Abordagens instrucionais para diminuição da carga cognitiva extrínseca

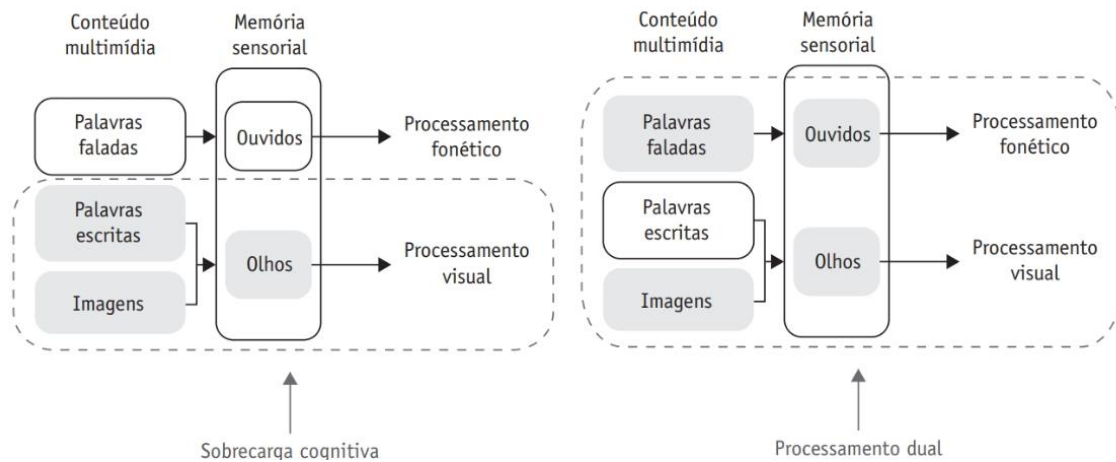
Ação	Efeito
Atividade sem objetivo	Sem ter o objetivo especificado na atividade, resta ao estudante encontrar uma maneira de analisar e buscar solução ao que se pede no problema – exatamente o necessário para construir esquemas. Exemplo: em vez do enunciado: “Um carro, não uniformemente, acelera de zero por 1 minuto. Sua velocidade final é de 2km/min. Qual distância foi percorrida?” sugere-se, ao final: “Calcule o valor do maior número de variáveis que você puder.”. (p. 21-22 – tradução livre).
Exemplo resolvido *exemplificação	Estratégia altamente aderente à aprendizagem pelo cérebro. Resolver problemas e elaborar questionamentos sobre eles leva os estudantes a construir esquemas gerais porque direciona a atenção ao que se pede no problema e suas possíveis soluções associadas. Em contrapartida, a falta de prática do estudante com este tipo de resolução de problema pode afetar negativamente sua motivação, e seu uso excessivo pode inibir a criatividade e a inovação na solução de problemas. Da mesma forma, exemplos resolvidos que trazem informação redundante ou uma sequência de exemplos resolvidos de baixa variação não são eficientes na construção de esquemas.
Atividade de conclusão	São problemas para os quais são fornecidos um enunciado, uma pergunta e uma parte da solução, cabendo ao estudante completá-la.

	Como estratégia instrucional, à medida que o estudante ganha <i>expertise</i> , diminui-se o oferecimento da solução, até que quase todas as soluções devam ser trabalhadas pelos estudantes.
Atenção dividida	Ocorre quando o estudante se depara com duas ou mais fontes de informação (texto, áudio e imagem, por exemplo), que precisam ser integradas para serem compreendidas; para diminuir este problema, deve-se promover fisicamente o relacionamento das informações, mostrando juntas informações que seriam mentalmente construídas, sem a atividade de design instrucional.
Modalidade	Sabendo que a memória de trabalho se divide em canal visual e canal auditivo, no processo de design instrucional deve-se evitar sobrecarga cognitiva pela saturação de um canal, usando ambos os canais simultaneamente para equilibrar as fontes de informação e aumentar a eficiência da capacidade disponível para processamento na memória de trabalho. Em outras palavras, deve-se utilizar áudio – em vez de texto – para explicar uma imagem, por exemplo, e não separar estas fontes de informação, para não cair no efeito da atenção dividida.
Redundância	Ocorre quando mais de uma fonte de informação utilizada contém as mesmas mensagens, não aplicando efeito de complementaridade. Por exemplo, legenda (texto) do áudio na mesma língua ou texto explicando a ação de um vídeo; se o áudio, no primeiro caso, e a ação do vídeo, no segundo caso, forem eficientes do ponto de vista instrucional, então a legenda, no primeiro caso, e o texto explicativo, no segundo caso, são redundantes. Um ponto de atenção é que a integração de informações redundantes pode ser benéfica para estudantes iniciantes.
Variabilidade	A prática de variadas formas contribui para a construção de esquemas porque aumenta a carga cognitiva relevante, bem como a probabilidade de encontrar na mente do estudante uma relação já existente. Em outras palavras, deve-se utilizar um amplo portfólio de práticas para alcançar a variabilidade.

Fonte: elaborado pelo autor (2020), com base em Sweller, Van Merriënboer, Paas (1998).

Filatro e Cairo (2015) ilustraram na Figura 14 como aconteceria a sobrecarga cognitiva dos canais de processamento do cérebro, bem como trazem a proposta instrucional pela abordagem da modalidade.

Figura 14 – Esquema da sobrecarga cognitiva X abordagem da modalidade



Fonte: Filatro e Cairo (2015, p. 252).

Na imagem, a sobrecarga cognitiva acontece quando o designer instrucional seleciona duas estratégias de processamento visual (imagem e texto, neste caso – ambas processadas no esboço visio espacial), tendo à disposição outras estratégias de mídia (áudio e vídeo, por exemplo). Já na abordagem pela modalidade, aqui chamada de processamento dual¹⁵, o designer instrucional escolheu estratégias de diferentes mídias (imagens e áudio, neste caso – uma processada no esboço visio espacial e outra processada na alça fonológica).

2.2.6 Memorização

Aguilar (2019, p. 47-48) afirma que a escola oferece tipos de aula, como a expositiva, que exigiria do estudante um nível de atenção e memória por longos períodos, indo além da capacidade desta geração atual, que, na sua maioria, tem tudo pronto e rápido nas mãos, tornando o contexto escolar cansativo e desmotivador. Neste sentido, o desafio residiria no fato de que, para o cérebro registrar uma informação na memória, seria necessário passar por processos importantes como a atenção, a repetição e a construção de uma rede de associações que interajam com as informações recebidas previamente.

¹⁵Composto por duas partes, relativo a dois que se complementam, numa interpretação livre.

Do ponto de vista do cérebro, aprendizagem é aquisição de memória (IZQUIERDO, 2018). Sabitzer (2011) e Anastasia (2016) asseveram que a aprendizagem não pode ser transferida, ela apenas pode ser criada no cérebro de cada indivíduo, e para criar novas redes de conexão de significado o cérebro se utiliza de operações inconscientes.

Segundo Willingham (2011), a memória nos guia nas atividades rotineiras e automáticas, permitindo, assim, que tais atividades sejam executadas sem esforço da memória de trabalho – basta notar que em situações novas, como viajar para um país diferente, chaga-se exausto ao final do dia, pois tudo requer atenção, é preciso pensar no que dizer, para onde ir, calcular rotas, estimar o tempo, etc., tudo isso cansa – além de trazer satisfação – ao contrário das atividades rotineiras guiadas pela memória de experiências prévias.

Izquierdo (2018) define memória como sendo um complexo processo cerebral de aquisição, formação, conservação e evocação/esquecimento de informações. Inclusive, o cérebro lembra de quais memórias ele quer se esquecer, tais como as que trazem lembranças ruins. Estruturalmente, memórias são feitas de neurônios, armazenam-se em rede, ou seja, está associada a outros neurônios, e são evocadas por essas redes neuronais ou mesmo por outras; finalmente, são moduladas por fatores como estado de alerta, de ânimo e nível de ansiedade.

Para Anastasia (2016, p. 13, *apud* MARKOWITSCH, 2002), a memória funciona por módulos, que processam diversos traços diferentes acerca do objeto, e que trabalham em conjunto para formar um todo uniforme. Quanto mais módulos de uma memória armazenados, melhor seria o desempenho da memória, uma vez que recordar um certo aspecto, em geral, aumenta a lembrança de outros aspectos¹⁶. A memorização torna-se uma alternativa quando não há interesse na aprendizagem ou conhecimento prévio sobre o assunto – em que as redes neurais são formadas por repetição. De acordo com Willingham (2011, p. 41), “o conhecimento prévio permite o agrupamento, que proporciona mais espaço na memória de trabalho, que torna mais fácil a relação entre ideias e, portanto, a compreensão.”.

¹⁶Neste sentido, ganha importância a instrução contextualizada na vida real.

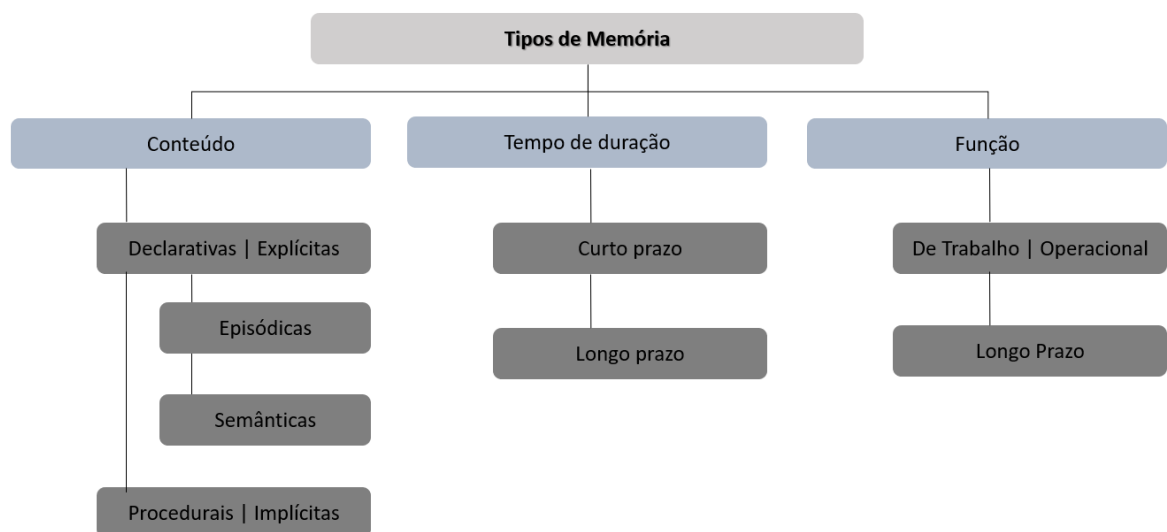
2.2.6.1 Classificação Tradicional das Memórias

As informações em que focamos e que processamos atingem a memória de longo prazo por meio de um processo ativo que ocorre na memória de trabalho. A memória de longo prazo se processa de diferentes formas, segundo Anastasia (2016):

- i. **memória Episódica**, autobiográfica e carregada de emoções;
- ii. **memória Semântica**, onde a maior parte das nossas aprendizagens é armazenada;
- iii. **memória Perceptiva**, que nos permite reconhecer objetos, faces, sons, etc. – de acordo com a familiaridade e confiança;
- iv. **memória *Priming***, proveniente de “dicas” ou “pistas” dadas ao cérebro;
- v. **memória de Procedimento**, inconsciente, diz respeito a habilidades motoras, não podendo ser verbalizada.

Izquierdo (2018, p. 28) alerta que “as classificações das memórias não devem ser tomadas a o pé da letra”. Para o autor, as memórias podem ser classificadas em razão da sua função, seu conteúdo e do tempo de sua duração, como representado na Figura 15.

Figura 15 – Classificação das memórias, segundo Izquierdo (2018)



Fonte: elaborado pelo autor (2020), baseado em Izquierdo (2018).

Quanto a sua função, são classificadas em memória de trabalho e de longa duração; quanto ao seu conteúdo, são classificadas em memórias declarativas e

procedurais; e quanto ao tempo de sua duração, as memórias são classificadas em memória de curta prazo e de longo prazo.

Função: memória de trabalho

A memória de trabalho também é chamada de memória operacional. Ela é breve e fugaz, não deixa traços, isto é, não cria registro no cérebro. Sua função não seria a de formar arquivos, mas sim “analisar as informações que chegam constantemente no cérebro e compará-las às existentes nas demais memórias: declarativas, procedurais e de curta duração” (IZQUIERDO, 2018, p. 53).

Izquierdo (2018) assevera que a informação se mantém na memória de trabalho apenas durante a sua aquisição e por mais alguns instantes – por até 3 minutos. Sua função seria gerenciar a realidade e determinar se a experiência vai ou não ser registrada nas memórias de curta e longa duração, verificando ainda se já há nos arquivos uma lembrança semelhante ou igual – se não há, tende a acontecer o processo de formação de uma nova memória; se já há, via de regra, a memória de curto prazo acessa o registro arquivado e evoca a lembrança. Por exemplo: quando se pede o número de telefone de alguém, a informação fica na memória de trabalho apenas o tempo suficiente para salvá-la nos contatos do celular, depois a informação se apagaria da memória.

Quando há algum conhecimento prévio sobre um assunto, existe também uma tendência a envolver-se mais facilmente, despertando o interesse: “O cérebro está sempre disposto a prestar atenção, mas ele a direciona para estímulos significativos, ou seja, que despertam interesse porque podem trazer consequências importantes para o indivíduo” (COSENZA, 2015, p. 27).

Retomando o que já foi visto na Teoria da Carga Cognitiva, quem tem conhecimento prévio sobre determinado assunto, lembraria mais facilmente do que leu recentemente, em relação a quem não tem conhecimento prévio sobre o assunto. Tendo em mente esta premissa, o Quadro 4 demonstra a relação de fatos sabidos e lembrança de fatos, comparando quem sabe mais e quem sabe menos sobre o mesmo assunto, e considerando hipoteticamente que, na média, as pessoas lembram 10% do que viram e, ainda, que são expostas a 500 novos fatos por mês sobre o

assunto. Ao final de 10 meses, quem sabia mais (10.000), sabe agora ainda mais, mais precisamente 1.047 fatos a mais, do que quem sabia menos (9.000).

Quadro 4 – O conhecimento prévio ajuda na questão da memória

Meses	Fatos na sua memória	% de novos fatos que você lembra	Fatos na minha memória	% de novos fatos que eu lembro
1	10.000	10,000	9.000	9,000
2	10.050	10,050	9.045	9,045
3	10.100	10,100	9.090	9,090
4	10.151	10,151	9.135	9,135
5	10.202	10,202	9.181	9,181
6	10.253	10,253	9.227	9,227
7	10.304	10,304	9.273	9,273
8	10.356	10,356	9.319	9,319
9	10.408	10,408	9.366	9,366
10	10.460	10,460	9.413	9,413

Fonte: Willingham (2011, p. 50).

No entanto, não se trata de saber demais, mas de saber o necessário para que os estudantes “estejam aptos a pensar efetivamente.”. (WILLINGHAM, 2011, p. 53).

A memória de longo prazo será detalhada quando for abordada a classificação das memórias segundo o seu tempo de duração.

Conteúdo: memória declarativa ou explícita

Considera-se como memórias declarativas ou explícitas aquelas que registram fatos ou acontecimentos. São assim chamadas porque pode-se declarar verbalmente que as tem e descrever como foram adquiridas. E seriam moduladas pelo estado de ânimo, pela ansiedade e pelas emoções. As memórias declarativas são classificadas como sendo do tipo semânticas, que dizem respeito a conhecimentos gerais, como “entender o cálculo estequiométrico”, por exemplo; ou episódica, aquelas que registram fatos de que efetivamente participamos ou assistimos, como “o dia do meu casamento” (eu participei) ou quando “presenciei alguém sendo assaltado”, por exemplo.

Este tipo de memória exerceria papel crítico na consolidação da memória episódica de longa duração o lobo límbico, classicamente reconhecido como responsável pelos processos emocionais (KANDEL *et al*, 2014, p. 393).

Conteúdo: memória procedurais ou implícitas

As memórias procedurais são relacionadas a hábitos porque dizem respeito a capacidades ou habilidades que cada pessoa tem, mas, diferentemente das memórias declarativas, não se conseguiria declarar verbalmente que as tem ou mesmo descrever o processo de aquisição das capacidades procedurais. Este tipo de memória supostamente sofre pouca influência das emoções e dos estados de ânimo. Por exemplo: andar de bicicleta e soletrar são habilidades adquiridas implicitamente, como que de forma automática. Ambas dependem do bom funcionamento da memória de trabalho, pois para evocarmos uma memória de um fato passado ou para acionar a execução automática de uma habilidade, geralmente, a memória de trabalho recorre aos registros de longa duração.

Tempo de duração: memória de curto prazo e de longo prazo

Depois de selecionadas, grande parte das informações processadas é esquecida assim que registrada (na memória de trabalho), a menos que tais informações sejam atualizadas regularmente, seja pela prática (na memória de curto prazo), seja pelo vínculo com uma rede de neurônios de conteúdo similar (na memória de longo prazo), pois atribui-se à repetição a reforma das memórias, recrutando mais neurônios para estruturar a lembrança.

A memória de curta duração não deve ser confundida com a memória de trabalho, de acordo com Izquierdo (2018). No curto prazo, a memória duraria até 6 horas, que é supostamente o tempo de consolidação de uma memória nos arquivos declarativos de longo prazo. Ou seja, após esse período, o registro seria transferido da memória de curto prazo para a memória de longo prazo, liberando espaço de processamento na memória de curto prazo.

A memória de curta duração serve, por assim dizer, de pasta temporária para a informação ser, depois, consolidada definitivamente no arquivo de longo prazo. Se

houver lembrança, 3 horas depois, de uma experiência adquirida agora, possivelmente a informação está na memória de curto prazo, mas se no dia seguinte ainda houver lembrança da experiência vivida ontem, a memória de trabalho teria transferido a informação para ser arquivada na memória de longo prazo. (IZQUIERDO, 2018).

A modulação destas memórias envolve as emoções; neste caso, caberia às memórias de curto prazo distinguir as experiências com mais e menos carga emocional e guardar com mais facilidade as primeiras. Mais especificamente, sentimentos de felicidade favoreceriam a consolidação das memórias, enquanto sentimentos de estresse supostamente inibem o processo. (IZQUIERDO, 2018).

Normalmente, vive-se sob constante carga de emoções consideradas primárias (alegria, tristeza, ódio, nojo, surpresa) e o entrelaçamento entre memória e emoção tende a acontecer porque as áreas envolvidas no processo de memória também fazem parte do sistema límbico, responsável pelas emoções. Uma das áreas cerebrais responsáveis pelas emoções armazena as chamadas memórias emocionais, apontando uma resposta sobre porque costuma-se lembrar de fatos passados que foram marcantes (KANDEL, 2009).

De acordo com Izquierdo (2018), um nível moderado de estresse logo após a aquisição da memória pode melhorar a sua consolidação; em contrapartida, ter uma experiência nova logo após a aquisição de uma memória (até 2 horas após) pode danificar ou cancelar seu processo de consolidação, quer dizer, as experiências novas precisariam ser dosadas, na medida do possível, para não impactar negativamente na consolidação da experiência anterior.

Normalmente, fatos carregados de emoção, como o dia do casamento, do nascimento de um filho (sentimentos positivos, de felicidade) ou da morte de uma pessoa querida (sentimentos negativos, de tristeza), são mais facilmente lembrados, quer dizer, estariam sempre presentes na memória. Tendo esta premissa em mente, seria preciso, de alguma forma, no contexto escolar, buscar simular no momento da evocação da memória, ou seja, na hora da avaliação, o mesmo contexto em que ele a adquiriu, quer dizer, acionando o maior número possível de sinapses condicionados àquela memória. Sob estresse ou em estado de ânimo diverso daquele em que a memória foi construída, o cérebro supostamente falharia na evocação da lembrança,

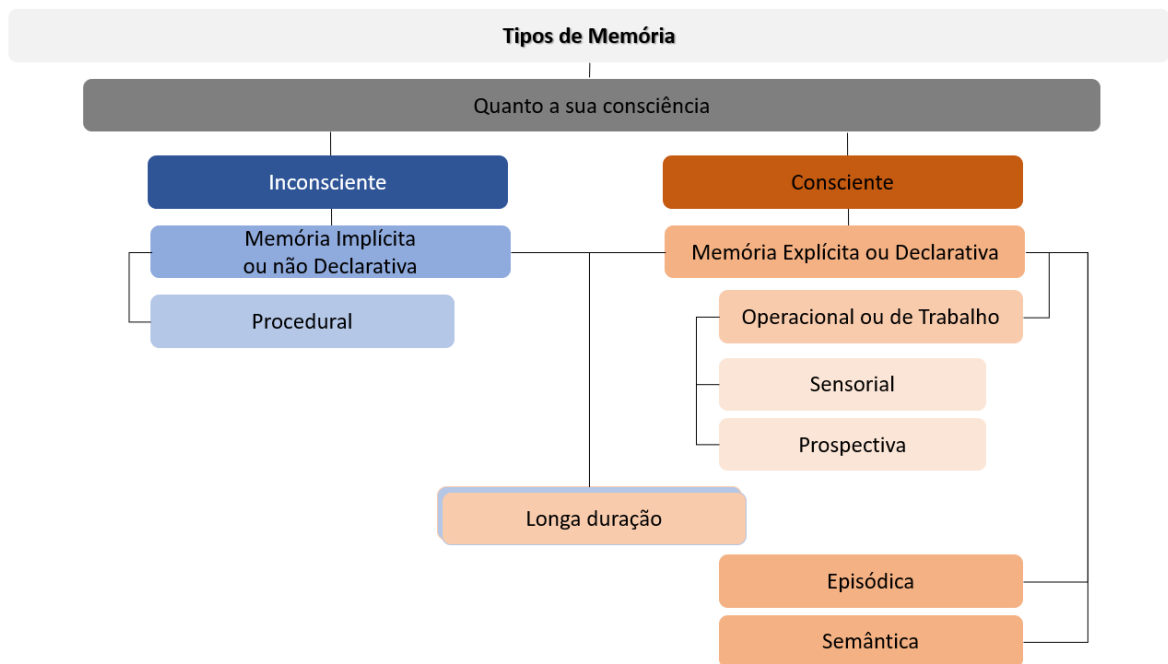
ocorrendo os chamados “brancos” – falhas repentinas e inesperadas. (IZQUIERDO, 2018, p. 64).

Os estágios iniciais da aquisição de uma memória, que pode durar algumas horas, são considerados instáveis, podendo sofrer interferência de fatores externos. O processo de consolidação de uma memória nos arquivos de longo prazo pode durar de 3 a 6 horas (IZQUIERDO, 2018). Do ponto de vista do funcionamento do cérebro, pode-se dizer que houve aprendizado quando um registro foi realizado na memória de longo prazo, onde tende a haver menor influência quando da interferência dos fatores externos.

2.2.6.2 Classificação das Memórias Segundo seu Uso Consciente ou Inconsciente

Para Cosenza e Guerra (2011), a classificação tradicional da memória, de acordo com o tempo de duração (curto prazo e longo prazo), parece ter sido superada pelo avanço nas pesquisas na área de neurociência cognitiva, que indicam que alguns conhecimentos são adquiridos e lembrados de forma **consciente**, como responder às questões de uma avaliação, por exemplo – este tipo de memória é chamada de **memória explícita**; enquanto outros conhecimentos são adquiridos e lembrados de forma **inconsciente**, isto é, quando não nos damos conta de que estamos lembrando de alguma coisa armazenada na memória, como o ato de pedalar, por exemplo – esta é chamada de **memória implícita**, como esquematizado na Figura 16.

Figura 16 – Classificação das memórias quanto ao seu uso consciente/inconsciente



Fonte: elaborado pelo autor (2020), baseado em Cosenza e Guerra (2011).

Memória de uso consciente, do tipo explícita (declarativa) e transitória

Normalmente, a consciência é necessária para muitos aspectos da atividade mental, como a percepção visual, o pensamento, a emoção, a ação e a percepção de si próprio. E em relação à classificação da memória como sendo explícita, Kandel *et al* (2014) descrevem o processamento desta memória em sendo etapas:

- i. **Codificação** – nesta etapa, novas informações são experimentadas e conectadas a informações pré-existentes na memória, sendo supostamente mais forte quando se está mais motivado a lembrar; a ausência de atenção durante a codificação seria uma fonte provável de falhas comuns da memória;
- ii. **Armazenamento** – é o mecanismo de arquivamento que permitiria a retenção da informação, tendo início no hipocampo e no lobo temporal medial do neocórtex e, posteriormente, sendo transferida para diferentes regiões do neocórtex;

- iii. **Consolidação** – processo que envolve a expressão de genes e a síntese proteica que produzem alterações estruturais nas sinapses, a fim de dar estabilidade à informação, que até então era instável;
- iv. **Evocação** – mecanismo de acionamento da informação armazenada em diferentes lugares no cérebro; tende a ser mais eficiente quando alguma “dica” lembra o indivíduo sobre como ele inicialmente codificou uma experiência.

A memória explícita pode ser armazenada de forma **transitória**, e teria papel fundamental na regulação dos acontecimentos diários, portanto foi chamada de **memória de trabalho ou operacional**. Via de regra, lidamos com muitas informações de forma simultânea, que chegam sob a forma de sons, fotos, vídeos, texto e tantas outras formas de interação. Dentre estas muitas informações, o cérebro define conscientemente a sua atenção naquela que é considerada relevante, e as demais informações sensoriais ficariam de fora do foco atencional e, portanto, seriam descartadas – nestes primeiros momentos, a memória é chamada de **memória sensorial**, e dura alguns poucos segundos.

A partir daí, a informação conscientemente selecionada como relevante pelo foco atencional poderá ser conservada no cérebro por mais tempo por meio de um sistema de repetição, não puramente mecânica e sem sentido, mas amparada em diferentes estratégias sensoriais, sendo via sensorial verbal chamada de alça fonológica, e a visual chamada de rascunho visioespacial. Atingido o objetivo pretendido, a informação poderia ser descartada. (COSENZA; GUERRA, 2011).

De acordo com Willingham (2011, p. 103), no contexto educacional, praticar ganha importância por permitir ganhar competência e dominá-la, aperfeiçoá-la, ou seja, “reforçar a proficiência necessária para aprender habilidades mais avançadas, proteger contra os esquecimentos e melhorar a transferência.”. Sobre a influência da repetição na formação da memória, Izquierdo (2018) alerta que a maneira mais fácil de o cérebro aprender seria pela repetição de um estímulo. Face a uma novidade, o corpo normalmente reage com certo grau de alerta – e a novidade se mostra altamente aderente ao cérebro. A constante repetição deste estímulo faria, então, com que ele deixasse de ser uma novidade, gerando reações com menor estado de alerta, até se tornar um hábito.

Esta mecânica é especialmente aplicável à memória **procedural**, como o ato motor de andar de bicicleta, por exemplo. Mas também no nível da memória de trabalho. Suponha, por exemplo, que seja preciso ligar para uma clínica com o objetivo de marcar um exame médico. Sem saber o número do telefone da clínica, você busca a informação na internet, pelo celular. Em meio a tantas informações disponíveis, encontra o nome da clínica (foco atencional), visualiza o número (processamento visual) e começa a repeti-lo na memória (processamento verbal) até digitá-lo corretamente no telefone. Feita a ligação e agendado o exame médico, a informação de que se precisava (número de telefone da clínica) pode ser descartada da memória de trabalho, pois o objetivo já foi atingido.

Como se pode observar, a memória sensorial e o sistema de repetição seriam fundamentais para a operacionalização da memória de trabalho, que supera o antigo conceito de memória de curta duração e “lida com vários tipos de informação, como sons, imagens e pensamentos, mantendo-os disponíveis para que possam ser utilizados para atividades como a solução de problemas, o raciocínio e a compreensão.” (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 54).

É comum o entendimento de que memória é aquilo que lembramos. No entanto, quando fazemos planejamento de ações futuras, testes com neuroimagens indicaram que a mesma região responsável pela memória de trabalho, isto é, a região pré-frontal é ativada quando nos lembramos daquilo que precisamos nos lembrar de fazer, é a chamada **memória prospectiva**, essencial na lembrança de atividades a serem feitas na nossa agenda de compromissos.

Memória de uso consciente, do tipo explícita (declarativa) e permanente

A memória explícita, quando armazenada de forma permanente, é chamada de memória de **longa duração**. Depois de acontecer o processo da memória de trabalho, descrito anteriormente na memória consciente transitória, “poderão ocorrer alterações estruturais¹⁷ em circuitos nervosos específicos cujas sinapses se tornarão mais

¹⁷Essas alterações biológicas nas ligações entre neurônios envolvem a produção de proteínas e outras substâncias que são utilizadas para o fortalecimento ou a construção de sinapses nos circuitos nervosos, facilitando a passagem do impulso nervoso. (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 63).

eficientes, permitindo o aparecimento de um registro.” (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 62), que se tornaria mais forte se fosse proporcionado ao cérebro a oportunidade de criar vínculos e relações do novo conteúdo com registros anteriores, pois, dessa forma, mais redes neurais seriam envolvidas. Isso quer dizer que haverá supostamente mais chances de esta informação ser evocada/lembrada. De acordo com Kandel (*et al*, 2014), a evocação consciente ocorre quando um estímulo reativa regiões encefálicas que inicialmente codificaram a percepção consciente (atenção) daquilo que está sendo lembrado.

Ao descrever o processo de registro de uma informação na memória de longo prazo, Izquierdo (2018) corrobora o pensamento de Dehaene (2012), já descrito no item 2.1.1 deste capítulo: o registro da informação na memória explícita de longa duração é feito de forma fragmentada, ou seja, pedaços da informação seriam armazenados em sistemas e circuitos localizados em diferentes regiões do cérebro, a depender da característica de cada fragmento da informação. Separados, parecem ser blocos desconexos, mas, ao serem todos ativados, montam novamente a lembrança do evento ou da informação. Testes de imagem confirmam que a memória de longa duração depende do lobo temporal medial, mas não se limita a ele, ao contrário, a memória de longa duração busca informações em diversas regiões do córtex, especializados em determinadas informações associadas.

Por exemplo, a informação “carro” não é registrada por inteira em um único arquivo, mas entende-se que ela é decomposta em estímulos sensoriais no cérebro e encontra repouso em diferentes regiões do cérebro. Há então o fator verbal, o fator tátil, o fator auditivo e o fator visual que, juntos, constituem a informação “carro”. Quando ouve-se o ronco do motor, supõe-se que se trata de um carro; quando se lê fusca, pode-se entender que se trata de um carro; observando um desenho, imagina-se que representa o carro; assim como o volante, para uma grande maioria, está relacionado a um item do carro. Toda essa rede de informação estimularia o cérebro e daria pistas à consciência sobre a informação “carro”.

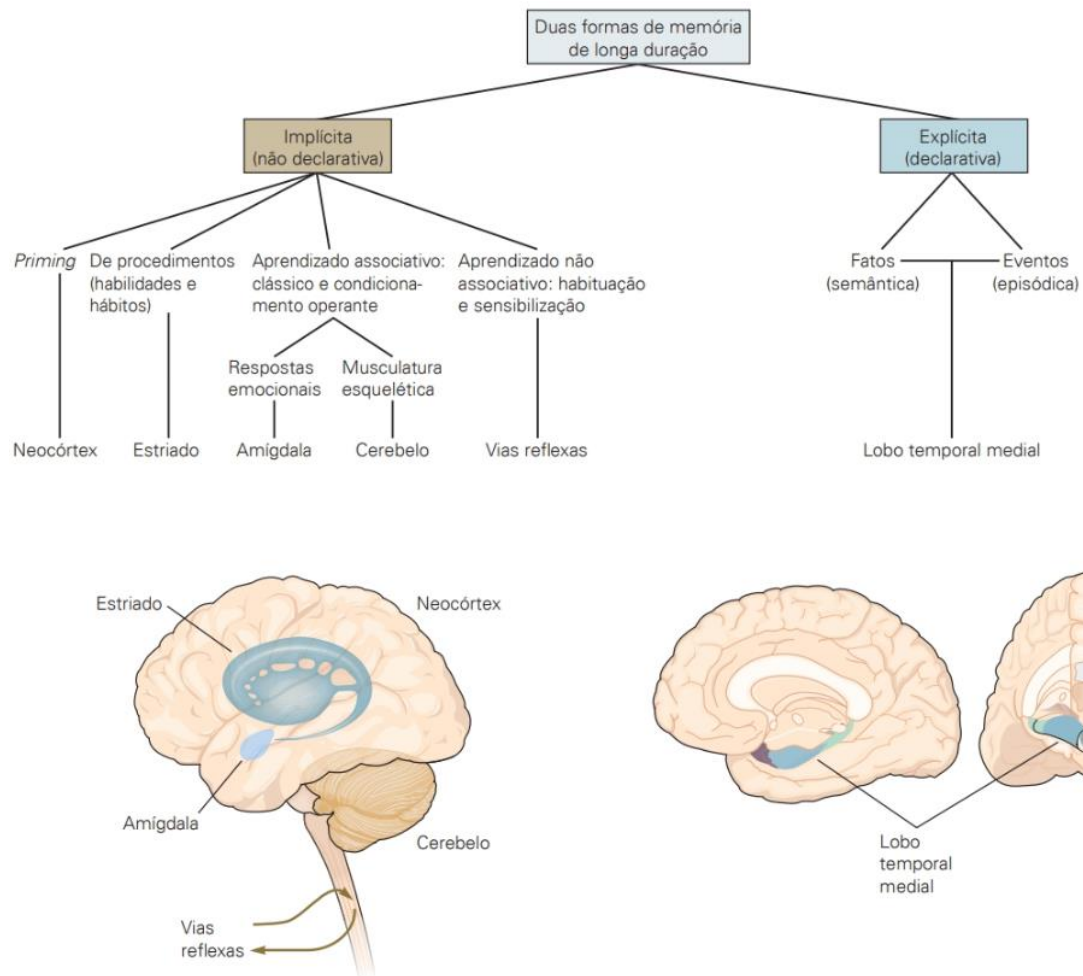
Quanto maior for a quantidade de neurônios envolvidos, de diferentes áreas cerebrais, ou seja, abordagens que acessam diferentes processos sensoriais, maior seria a contribuição para um melhor armazenamento da memória, isto é, potencializar o processo de aprendizagem. Os efeitos da aprendizagem são mantidos na memória, dependendo de novos estímulos para ocorrer uma mudança neural duradoura.

Segundo Tarcitano (2017), a memória, portanto, é um fenômeno biológico, envolvendo uma aliança de sistemas cerebrais que funcionam juntos. Esse sistema fragmentário de registro/lembrança de uma informação, usando diferentes regiões sensoriais do cérebro, via de regra, facilita o processo de aprendizagem. Oportunamente, Cosenza e Guerra (2011) trazem conceitos sobre aprendizagem e memória: “o primeiro diz respeito ao processo de aquisição da informação, enquanto o segundo se refere à persistência dessa aprendizagem de uma forma que pode ser evidenciada posteriormente.” (COSENZA; GUERRA, 2011, p. 61). Adicionalmente, os autores postulam ainda mais duas divisões da memória explícita declarativa e permanente:

- i. a **memória Episódica**, que registra eventos da vida pessoal, como a lembrança da sua primeira professora na educação fundamental, por exemplo;
- ii. a **memória Semântica**, que registra experiências dos processos que rodeiam a vida pessoal, como o fato de alguém lembrar até hoje, por exemplo, o conceito de força centrípeta, visto na disciplina de Física, no ensino médio.

A Figura 17 ilustra as duas formas de memória de longa duração (implícita e explícita), suas respectivas características, bem como o local do córtex cerebral responsável por cada uma delas.

Figura 17 – Memórias de longa duração



Fonte: Kandel *et al* (2014, p. 1.307).

Memória de uso inconsciente, do tipo implícita (não declarativa)

Do outro lado da moeda, conforme descrito anteriormente, o cérebro processa informações de forma inconsciente, a que chamamos de memória **implícita ou não declarativa**, pois não se poderia declarar explicitamente de que forma foi adquirida ou evocá-la quando se precisa dela. Quando um indivíduo com amnésia, por exemplo, diz não saber andar de bicicleta e se surpreende ao notar que ainda consegue pedalar com habilidade, evidencia que possa haver na biologia do cérebro uma memória implícita – aprendida com o condicionamento, por exemplo – mas que não se consegue declarar.

Cosenza e Guerra (2011, p. 69) afirmam se tratar “de uma memória sensório-motora que se manifesta quando executamos procedimentos ou habilidades

cotidianos.”, instalada essencialmente pelo processo de repetição, com a finalidade de aperfeiçoar as conexões que a registraram e que seriam utilizadas na sua evocação. Por ser uma memória de natureza sensório-motora, não seria regulada pelo hipocampo, como a memória explícita, mas sim pelo corpo estriado, região envolvida na regulação na motricidade.

A recuperação de uma memória poderia se dar por uma pista que acionasse aquela lembrança, ou por meio de uma sensação anteriormente vivida, que remeteria à lembrança a ela associada. Esse processo supostamente depende do funcionamento da memória de trabalho, que revisitaria memórias de longa duração constantemente, estabelecendo relação de sentido. Quanto mais redes neurais tenham sido utilizadas no registro de uma memória, mais eficiente seria o processo de recuperação, pois a memória de trabalho encontraria fragmentos desta aprendizagem em diversos pontos da memória.

Da mesma forma, sendo o cérebro um sistema aperfeiçoado ao longo dos anos para guardar aquilo que se repete com frequência (relevante, portanto, do ponto de vista do cérebro), o esquecimento de uma memória poderia ocorrer pelo desuso daquela rede neural, pela falta de acionamento dos fragmentos daquela aprendizagem – lembrando também a importância sobre a forma como tal informação foi registrada, com mais ou menos complexidade de redes neurais; se houve consolidação por meio da utilização de diferentes canais sensoriais de acesso ao cérebro.

Esquecer é considerado um ato indispensável para o bom funcionamento do cérebro porque abriria espaço para novas informações. Os neurônios tendem a reter o que for utilizado com mais frequência, sendo considerado relevante, portanto, e se desfazer do que não é utilizado por um longo período de tempo. (TEIXEIRA, 2017, p. 171).

No senso comum, memória é aquilo que lembramos, mesmo muito tempo depois, ou seja, o que está na memória de longa duração, mesmo sem pensar nela conscientemente. No entanto, este conceito revela apenas um estágio do que viria a ser memória, pois a capacidade de armazenar essas informações duráveis dependeria de uma memória não durável, quer dizer, temporária, a chamada memória de trabalho, que pode converter, seletivamente, as informações em registros na memória de longo prazo. Esta etapa inicial da memória funcionaria com um sistema

verbal e outro visual distintos, cujas funções seriam coordenadas com o recurso da atenção (KANDEL *et al*, 2014, p. 1.289).

Para Willingham (2011), não se guarda na memória necessariamente o que é carregado de emoção ou que é visto repetidamente. Para o autor, o sistema de memória funcionaria desta forma: se eu pensei cuidadosamente sobre alguma coisa, provavelmente pensaria novamente sobre isso e, portanto, essa coisa deveria ser armazenada, ou seja, a memória não seria um produto daquilo que se quer ou daquilo que se tenta recordar, mas sim um produto daquilo sobre o que se pensa. (2011, p. 53). Responder corretamente questões de prova não assegura ter havido compreensão, mas pode ser resultado de mera memorização do que constava na instrução didática. A situação descrita a seguir ilustra a questão “por que lembramos daquilo sobre o que pensamos?”

Suponha que você está caminhando pelos corredores da sua escola e vê um estudante resmungando sozinho. Você não pode ouvir o que ele está dizendo, mas pode deduzir pelo tom de voz que ele está zangado. Existem algumas coisas nas quais você poderia se concentrar: no som da voz do estudante; na aparência dele; ou, mesmo, no significado do incidente (por que ele deve estar zangado, se você deveria falar com ele, etc.). Esses pensamentos, no dia seguinte, podem levar a diferentes memórias sobre o acontecido. Se por acaso pensou-se somente sobre o som da voz do estudante, no dia seguinte provavelmente vai haver bastante lembrança disso, mas não da aparência dele. Caso tenha se concentrado nos detalhes visuais, supostamente é sobre isso que você se lembrará. (WILLINGHAM, 2011).

2.2.7 Emoção: as Inteligências Emocionais

A neurociência cognitiva vem demonstrando a influência dos processos emocionais na formação de memórias e, conseqüentemente, no que tange ao ensino e à aprendizagem. A aprendizagem está intimamente ligada à afetividade, uma vez que o componente motivacional seria fundamental para que uma memória seja evocada mais facilmente, quer dizer, que a aprendizagem ocorra de forma satisfatória, duradoura. As pesquisas neuronais envolvendo as emoções costumam se apoiar na emoção “medo”, e Lent (2010) explica que é porque as emoções negativas, como o

medo, costumam gerar respostas fisiológicas mais evidentes que as emoções positivas, como o prazer, facilitando sua observação nas análises realizadas por testes.

De acordo com Aguilar (2019), as conexões neurais emocionais são mais rápidas que as conexões neurais cognitivas, quer dizer, o cérebro reagiria emocionalmente antes de reagir analiticamente, demonstrando o caráter emocional da programação cerebral. Para ocorrer aprendizagem de forma eficaz e rápida, as características socioemocionais do estudante e o ambiente emocional da sala de aula seriam fatores indispensáveis. Quando o contexto escolar proporciona experiências positivas ao estudante, gerando prazer, felicidade e satisfação, o cérebro tende a querer repetir a experiência.

Emoção e razão funcionariam juntas nas operações mentais, às vezes uma mais que a outra e, embora a emoção não seja necessariamente uma função consciente, ela conduz a atenção do cérebro. Willingham (2011) esclarece que a memória não depende da emoção, mas exerce influência para que dificilmente a experiência seja esquecida.

O efeito da emoção sobre a memória é, de fato, real. Pesquisadores descobriram algumas razões bioquímicas por trás disso, mas a emoção precisa ser relativamente forte para ter bastante impacto na memória. Caso a memória dependesse da emoção, nos lembraríamos de poucas coisas daquilo que aprendemos na escola. Então, a resposta *As coisas vão para a memória de longo prazo quando provocam alguma reação emocional* não é totalmente correta. É mais adequado dizer *Coisas que provocam alguma reação emocional serão lembradas mais facilmente, mas a emoção não é necessária para a aprendizagem*. (WILLINGHAM, 2011, p. 53 – grifos do autor).

De acordo com Damásio (2000, p. 254), a emoção seria a consequência perceptível resultante de um estímulo, exercendo papel regulador, no sentido de criar circunstâncias vantajosas para o organismo em que o fenômeno se manifesta. Gazzaniga (*et al*, 2006), na mesma linha, assevera que as emoções modulam nossa atenção e percepção, avaliação (julgamento) e tomada de decisão, nos preparando ou direcionando (motivação) para uma resposta adequada (ação).

Cosenza e Guerra (2011) afirmam que as emoções sinalizam internamente que algo importante está acontecendo e que costumam determinar a escolha das ações que se seguirão:

Elas se manifestam por meio de alterações na sua fisiologia e nos seus processos mentais e mobilizam os recursos cognitivos existentes, como a

atenção e a percepção. Além disso, elas alteram a fisiologia do organismo visando uma aproximação, confronto ou afastamento (2011, p. 75).

Por tudo isso, as emoções precisam ser consideradas nos processos educacionais. Logo, é importante que o ambiente escolar seja planejado de forma a mobilizar as emoções positivas (entusiasmo, curiosidade, envolvimento, desafio), para que não perturbem a aprendizagem. (2011, p. 84).

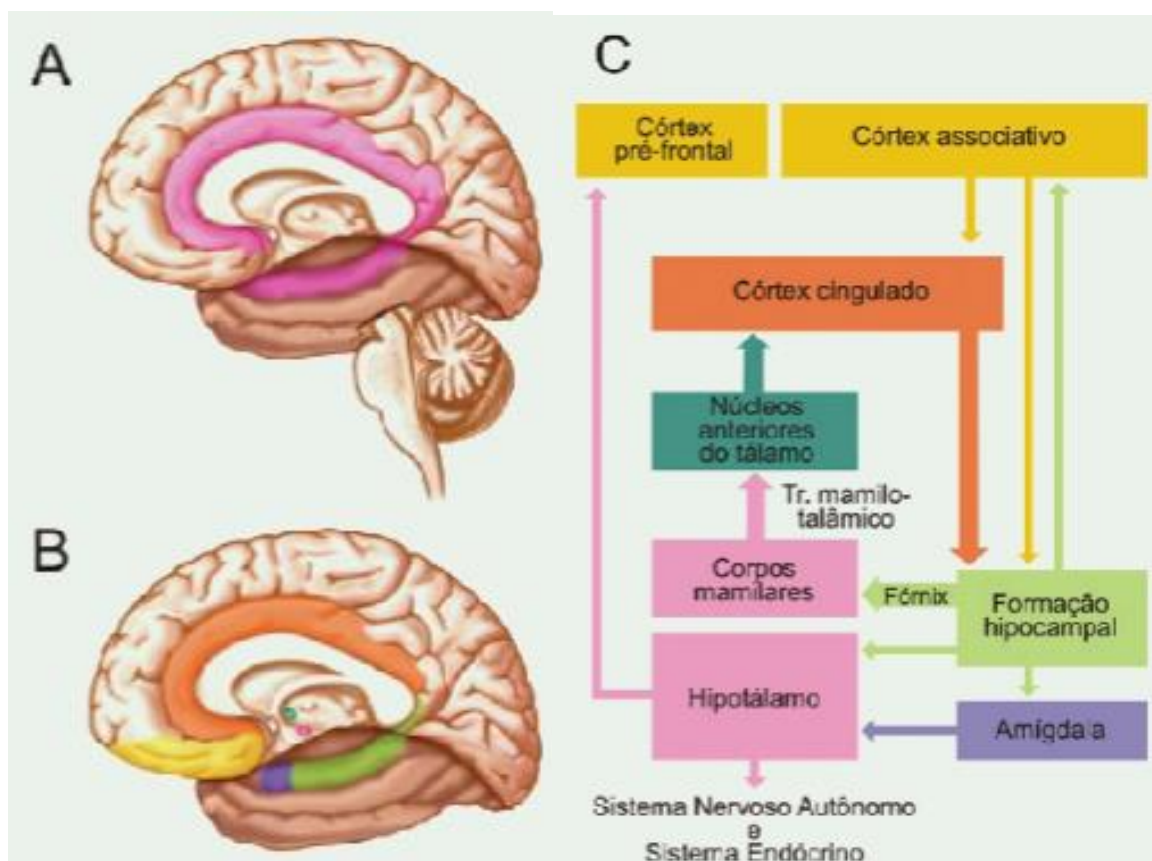
Damásio (1996) categoriza as emoções em emoções primárias (alegria, tristeza, medo, raiva, surpresa ou repugnância), de caráter universal e consideradas inatas; e emoções secundárias (simpatia, compaixão, vergonha, ciúme etc.), de caráter social, portanto aprendidas pelas experiências, e essencialmente associados ao pensamento através de imagens.

Os antigos egípcios achavam que pensávamos pelo coração, contudo, popularmente, por aqui, se diz que o coração é o centro das emoções, mas Hipócrates (século IX a.C.) já afirmava que as emoções são produtos do cérebro. No final da década de 1920, era lançada a Teoria de Cannon-Bard, que indicava que as emoções seriam produzidas no hipotálamo posterior, controlando as manifestações fisiológicas que acompanham as emoções. Depois disso, Papez propôs um modelo sistêmico envolvendo os vários aspectos das emoções, cabendo ao hipocampo a responsabilidade pela consolidação da memória explícita.

Kandel *et al* (2014) corroboram que o centro das emoções humanas está no sistema límbico, que inclui a amígdala e o hipotálamo, áreas corticais que constituíam o lobo límbico de Broca. O hipocampo exerceria papel crítico na conversão da memória de curta para a de longa duração, uma vez que a amígdala apresenta uma variedade de conexões que lhe permitem influenciar outras funções cognitivas, como atenção, percepção, memória e tomada de decisão, além de exercer papel de avaliação do significado de um estímulo.

A Figura 18 ilustra a complexa rede de áreas do cérebro envolvidas na questão das emoções.

Figura 18 – Estruturas cerebrais relacionadas ao prazer e suas interrelações



Fonte: adaptado de Lent (2010, p. 747).

As memórias emocionais da amígdala humana são consideradas implícitas (a evocação inconsciente de habilidades motoras e de percepção), sugerindo que as emoções geram respostas que podem ser aprendidas pela experiência do condicionamento. Imagens neurais mostram que a amígdala também é estimulada para recompensas (emoções positivas). (KANDEL *et al*, 2014, p. 975-976).

De acordo com Frank e Fernandez (2006), a amígdala teria função especial na modulação emocional e no realce da informação para um armazenamento com as propriedades emocionais. Para Lent (2010), as emoções se reúnem no sistema límbico, onde a amígdala receberia as informações sensoriais para avaliar sua natureza emocional, atuando como filtro, e comandar as regiões encefálicas responsáveis pelo comportamento motor necessário/esperado e pelos ajustes fisiológicos que ocorrem no hipotálamo e tronco encefálico.

Para o autor (2010), as emoções envolveriam:

- i. um sentimento (positivo, como prazer e bem-estar, ou negativo, como medo e raiva, que culminam no estresse);

- ii. um comportamento (reações motoras de cada emoção); e
- iii. ajustes fisiológicos correspondentes.

Cosenza e Guerra (2011) descreve que as emoções atuam no processo de aprendizagem e formação de memória da seguinte forma: em meio a uma experiência que resulte em vínculo emocional, o cérebro geraria reações bioquímicas, respostas periféricas, como alteração do estado de alerta e batimento cardíaco, dilatação das pupilas e aumento da sudorese, capturando, assim, a atenção, envolvendo mentalmente o sujeito e permitindo que os sistemas corticais distintos processem suas devidas parcelas desta experiência e, posteriormente, então, o fato seria evocado com mais facilidade.

Kandel (*et al*, 2014) assim descrevem as emoções: ocorrem quando o cérebro detecta um estímulo significativo, positiva ou negativamente carregado, e referem-se a respostas fisiológicas¹⁸ (comportamentais e cognitivas) inconscientes a estímulos como o bater do coração quando se tem medo, por exemplo, mas também se referem a experiências conscientes, denominadas sentimentos¹⁹, que nem sempre acompanham essas respostas do organismo.

Quanto às emoções e seus comportamentos correspondentes, “Pode-se dizer que algumas têm valor positivo, e por isso os comportamentos que suscitam tendem a ser repetidos. Outras têm valor negativo, e os comportamentos que provocam visam eliminá-las.”. (LENT, 2010, p. 743). Em outras palavras, o cérebro gostaria de repetir o que causou uma emoção positiva e evitar o que causou uma emoção negativa. Ainda segundo o autor (2010), emoções são operações mentais acompanhadas de uma experiência subjetiva interior característica, capazes de orientar o comportamento (repetir ou eliminar) e realizar os ajustes fisiológicos necessários, comandadas pelo Sistema Nervoso Autônomo ou SNA – ambos detectáveis.

¹⁸As respostas fisiológicas envolvem mudanças em funções cognitivas como atenção, processamento da memória e estratégias de decisão. (KANDEL *et al*, 2014).

¹⁹Os sentimentos são significados que o cérebro cria para representar os fenômenos fisiológicos gerados pelo estado emocional, quer dizer, são as percepções conscientes das respostas emocionais. (KANDEL *et al*, 2014).

Não resta dúvidas que as emoções podem exercer influência na aprendizagem, facilitando o processo de registro e evocação de memórias, quando estabelecem relações positivas, pois estas captam a atenção. Tendo em mente esta premissa, seria interessante que o contexto educacional mobilizasse emoções positivas, como curiosidade/novidade e desafios, e evitasse as emoções negativas, como ansiedade e frustração, pois perturbam a atenção e, por conseguinte, o processo de formação de memórias. Para Aguilar (2019), o cérebro humano é curioso por natureza, tem interesse pelo desconhecido e pelo novo.

Willingham (2011, p. 30) assevera que não necessariamente a sala de aula deve ser uma novidade a todo instante, até porque a curiosidade desperta para o conteúdo, mas não determina a conclusão do desafio: “nossa curiosidade é provocada quando percebemos um problema que acreditamos ser capazes de resolver. [...] é a pergunta que desperta o interesse das pessoas.”. Ao primeiro olhar, o estudante identifica se aquilo será fácil demais ou difícil demais para ser resolvido e decide se vai depositar esforço naquilo, pois a sensação de prazer resulta do sucesso em relação ao processo de pensar. Via de regra, o desafio é o convite, mas o “sim” ao convite depende de o estudante sentir-se capaz de concluí-lo e, assim, receber sua auto recompensa de dopamina²⁰.

Ao limitar o desafio à medida certa, coloca-se o docente em apuros, pois o grau de dificuldade do desafio é inerente também a cada conteúdo educacional. Neste sentido, Willingham (2011) defende compreender o pensamento para tornar mais fácil a outra variável do desafio: o pensar. Não é que o ser humano não goste de pensar, é que pensar simplesmente não é atraente porque requer esforço e o esforço nos leva a evitar pensar; mas como o ser humano é naturalmente curioso, quando o esforço de pensar vem em segundo plano, camuflado por um cenário desafiador, que instiga a pensar, o ser humano não reflete sobre o esforço do ato, ao contrário, se vale da “sensação agradável que surge com a solução de um problema.” (WILLINGHAM, 2011, p. 23).

²⁰ Dopamina: Neurotransmissor sintetizado por certas células nervosas que age em regiões do cérebro e está envolvido no controle dos movimentos, da emoção, da motivação e da sensação de prazer.

Segundo Barret *et al* (2005), um ambiente positivo é importante:

porque dá suporte à aprendizagem quanto aos aspectos emocional e cultural, enquanto um ambiente negativo desincentiva a aprendizagem. No contexto escolar, se quisermos avançar no nível cognitivo, precisamos promover um ambiente positivo quanto aos aspectos emocional e social para impactar a aprendizagem dos alunos²¹. (BARRET *et al*, 2005, p. 70 – tradução livre).

2.2.7.1 Motivação

Normalmente associada à sensação de prazer (emoção positiva), a motivação é regulada por um sistema chamada núcleo acumbente, localizado na base central do cérebro e cujos neurônios se conectam diretamente com o córtex pré-frontal, provocando sensação de prazer e bem-estar. Para Cosenza e Guerra (2011), a motivação resulta do processamento de informações vindas do meio interno e externo, como fome e frio, respectivamente, por exemplo, influenciando o comportamento adequado ao estímulo. Comportamentos motivados costumam ser aprendidos, e o cérebro, por causa da sensação de prazer, vai buscar repeti-los para ter a mesma recompensa anterior, resultando, dessa forma, em aprendizagem.

Segundo Herculano-Houzel (2009), a motivação:

é fundamental por uma série de razões. Através de encorajamento do retorno positivo que sinaliza para a criança ou para o adulto em aprendizado, quando ele fez certo e deve continuar fazendo daquela maneira, então. A motivação também depende de uma dificuldade adequada, fácil demais é ruim, difícil demais também é ruim. Além dos efeitos diretos no aprendizado, a motivação é fundamental por outra razão: ela que permite que nós nos empenhamos na prática. É a motivação que faz com que nós nos dediquemos, de fato, a aprender algo. E é através dessa relação entre a motivação e a prática que tem início um círculo virtuoso muito favorável ao aprendizado: quanto mais prática você tem, mais você melhora e, portanto, mais motivação encontra para continuar aprendendo. E quanto mais motivação você tem, mais você consegue se dedicar, mais vontade você tem de continuar se dedicando ao aprendizado e, portanto, mais horas de prática você adquire e acumula. Então, mais prática leva a mais motivação, que leva a mais prática, que leva a mais motivação, e o cérebro tem o que precisa para aprender de fato, para passar por todas aquelas modificações que permitem o aprendizado. (2009, p. 27)

²¹A positive environment is important because it fundamentally supports learning at the level of emotion and culture, whereas a negative environment shuts learning down. Schools must engage students positively at the emotional and social levels if they are to make progress at the cognitive level. (BARRET *et al*, 2005, p. 70)

É oportuno, aqui, abrir um parêntese para trazer brevemente a Teoria do *Flow*, ou Fluxo, de Mihaly Csikszentmihalyi. Segundo o autor (2014), a motivação tem muitas fontes, mas o *flow* diz respeito àquelas que produzem recompensas, resultado da interação efetiva da pessoa com o meio ambiente, em que as pessoas são motivadas a explorar, aprender e desenvolver suas habilidades. Durante o *flow*, “Se o desafio ultrapassar as habilidades, torna-se alerta e ansioso; se as habilidades excedem os desafios, vem o relaxamento e, eventualmente, o tédio”.

Para Willingham (2011, p. 31),

“solucionar problemas proporciona sensação de prazer, mas o problema deve ser simples o suficiente para ser resolvido e complicado o suficiente para exigir algum esforço mental. Encontrar esse ponto ideal de dificuldade não é fácil.”.

O estado de *flow*, então, apresenta seguintes características”:

- concentração intensa e focada no momento presente;
- fusão entre ação e consciência;
- perda de auto-consciência reflexiva (ou seja, perda de consciência de si mesmo como um ator social);
- sensação de que se está no controle de suas ações; isto é, uma sensação de que se pode, em princípio, lidar com a situação porque sabe como responder a tudo o que pode acontecer;
- distorção da experiência temporal (tipicamente a sensação de que o tempo passou mais rápido do que o normal);
- experiência da atividade como intrinsecamente gratificante, de tal forma que muitas vezes o objetivo final é apenas uma desculpa para o processo. (CSIKSZENTMIHALYI, 2014, s/p).

Com isso, quer-se dizer que desafios motivam os estudantes, mas devem ser bem elaborados para que não sejam frustrantes, seja por serem muito fáceis ou muito difíceis.

Dando continuidade à questão da motivação, Anastasia (2016) observa a motivação pelo ângulo da curiosidade pela aprendizagem. A autora aponta que se perde a curiosidade pela aprendizagem na ausência de segurança, isto é, medo, pressão e desconforto; e ganha-se curiosidade pela aprendizagem quando há segurança, destravando funções cerebrais. A autora assevera que a interação levaria a um sentimento de confiança, oposta ao medo de falhar, uma vez que reforça a criatividade, tornando a aprendizagem atrativa.

Do ponto de vista dos processos cerebrais, Herculano-Houzel (2009) aborda a motivação da seguinte forma:

Ativação do sistema de recompensa não é apenas uma resposta ao que já deu certo. Com base nestas experiências anteriores, daquilo que dá certo, o cérebro é capaz de criar expectativas sobre o que pode dar certo. Nestes casos, o sistema de recompensa é ativado por antecipação, e esse prazer antecipado, que nós obtemos neste caso, é o que chamamos de motivação. É esta antecipação do prazer, com o que pode dar certo, que faz com que nós nos movamos, que saímos do lugar, literalmente, e passemos à ação. [...] essa antecipação do prazer que é fundamental para o aprendizado, por uma série de razões. Primeiro, a motivação faz com que nos exponhamos à oportunidade para aprender. Então, a motivação leva à prática, ela facilita a prática. Segundo, que a ativação do sistema de recompensas libera sobre o cérebro substâncias que promovem diretamente os mecanismos moleculares do aprendizado, aquelas modificações que acontecem nas sinapses. Então, a ativação do sistema de recompensa, a motivação com o aprendizado, com qualquer outra tarefa, facilita fisicamente o aprendizado, o processo de aprendizagem do cérebro. (HERCULANO-HOUZEL, 2009, p. 32-33).

Dentro da abordagem da análise de público-alvo, que é um dos elementos da análise contextual da produção de conteúdos educacionais, Filatro e Cairo (2015) trazem uma análise estruturada sobre a motivação:

Motivação é um conceito difuso que envolve as emoções, os pensamentos e as crenças humanas, e representa um estado psicológico que afeta a disposição de uma pessoa para iniciar ou manter-se em determinada atividade. Diversas teorias buscam explicar os mecanismos da motivação. Entre elas, podemos destacar o modelo ARCS (acrônimo para Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação), que considera a expectativa (que está ligada a uma probabilidade subjetiva de um indivíduo obter sucesso) e os valores (que estão ligados à satisfação de necessidades pessoais ou motivos) como fatores determinantes do esforço que uma pessoa emprega para realizar ou concluir uma atividade. [...] Recentemente, o modelo ARCS foi expandido para incluir a volição (vontade, poder de escolha) e a autodeterminação, que constituem, juntas, o quinto princípio motivacional do modelo ARCS. (FILATRO; CAIRO, 2015, p. 210-212).

O componente emocional do prazer é indispensável para que se busque repetir determinada ação. No entanto, as estruturas do prazer são bastante subjetivas, havendo os que prefiram o doce ao salgado, o frio ao calor, a solidão à agitação, entre outros exemplos.

Neste capítulo, foram observados aspectos fundamentais da psicologia cognitiva em relação ao processo de aprendizagem do indivíduo. Dar-se-á continuidade, agora, abordando a questão do design instrucional.

2.3 DESIGN INSTRUCIONAL

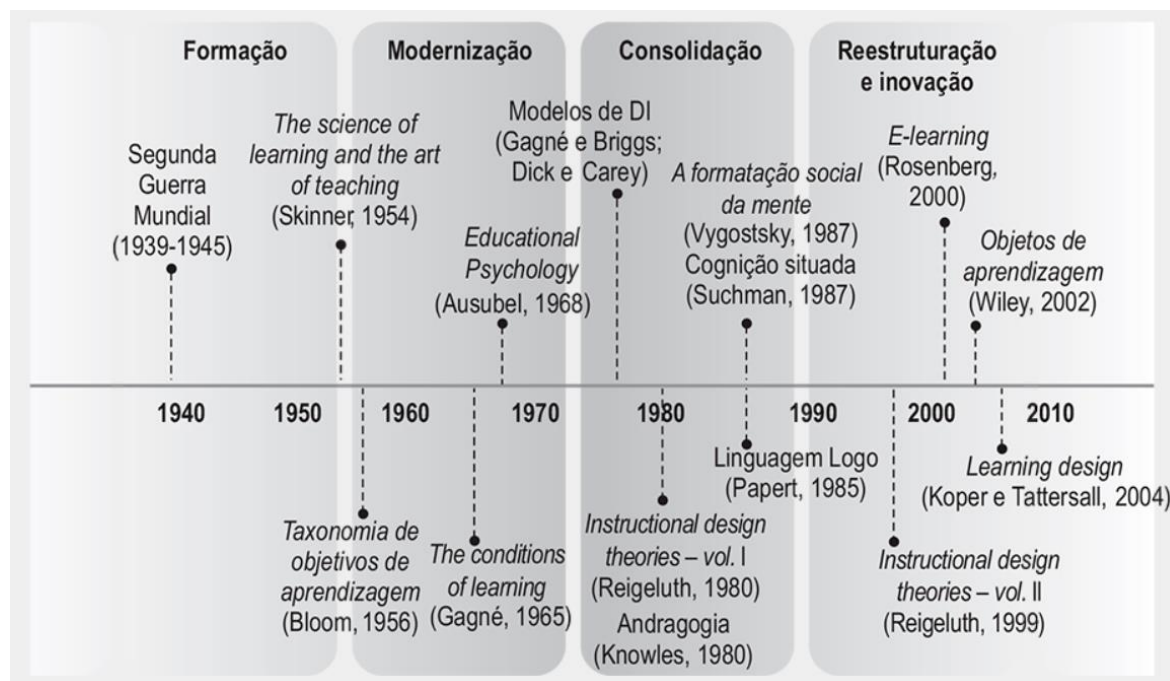
Quanto aos conteúdos educacionais em vídeo e outros materiais multimídia, o design instrucional tem por fim promover a aprendizagem significativa, aliando recursos verbais e não verbais no processo de instrução (MAYER, 2009). O design instrucional é um campo que abriga conhecimentos teóricos e práticos. Do ponto de vista técnico,

“design é o resultado de um processo ou atividade (um produto), em termos de forma e funcionalidade, com propósitos e intenções claramente definidos, enquanto instrução é a atividade de ensino que se utiliza da comunicação para facilitar a aprendizagem.” (FILATRO, 2008, p. 3).

Enquanto teoria, o design instrucional é considerado como um campo voltado à pesquisa e teorização de estratégias instrucionais adequadas aos mais diferentes tipos de aprendizagem, envolvendo a psicologia cognitiva, as mídias e comunicações, e até a gestão de projetos, como campos do saber envolvidos.

A Figura 19 apresenta uma linha do tempo do design instrucional, que se desenvolveu em quatro grandes fases: formação, modernização, consolidação e reestruturação/inação.

Figura 19 – Evolução histórica da teoria do design instrucional



Fonte: Filatro (2008, p. 7).

As diversas abordagens teóricas envolvendo o design instrucional, como ilustrado acima na Figura 19, se misturam com a sua evolução tecnológica da educação a distância, descrita por Anderson & Dron (2012): em meio século, passamos por instruções bem planejadas no papel, formação por rádio e televisão, até alcançarmos complexas estruturas de aprendizagem mediadas por tecnologias digitais e transmitidas para todo mundo pela internet.

Filatro e Cairo (2015) trazem ainda a definição de dois autores para o que seja instrução. “Segundo Thomas Green, a instrução é uma das atividades de ensino que se utiliza da comunicação, nos termos utilizados neste livro, do diálogo didático mediado, para apoiar a aprendizagem.” (2015, p. 144). E de acordo com Myers:

“instrução é mais do que informação, mesmo em se tratando do rico ambiente informacional da web. Instruir é mais do que prover links entre um provedor de informações e um aluno. O tipo de tarefa, o objetivo da instrução e as necessidades dos alunos precisam ser considerados. A instrução também inclui orientação ao aluno, feedback e prática, o que a informação sozinha não pode fornecer.” (FILATRO; CAIRO, 2015, p. 38).

De acordo com Filatro (2008), variando as realidades educacionais e os padrões de utilização das tecnologias educacionais, cria-se a oportunidade para igualmente variar a abordagem instrucional, que pode ser do tipo fixo, fechado e contextualizado.

- **Design instrucional fixo** – se baseia em planejar cada etapa da aprendizagem eletrônica para que os momentos determinados sejam automatizados, definindo ainda a estrutura e o sequenciamento, bem como as interações sociais – se houver – e o grau de interação. Apresenta conteúdo bem estruturado, mídias selecionadas e *feedback* automatizado, sendo orientado à educação em massa.
- **Design instrucional aberto** – privilegia a natureza flexível e dinâmica da aprendizagem, com um planejamento mais artesanal, feito à medida que se dá a ação educacional e o *feedback* do estudante, selecionando alternativas disponibilizadas previamente no sistema virtual de aprendizagem. Apresenta conteúdo mais personalizado, com mais *links* externos, mídias com resultados menos sofisticados, prazos extensos e custos elevados de produção.
- **Design instrucional contextualizado** – utiliza ferramentas da web 2.0 para buscar “o equilíbrio entre a automação dos processos de planejamento e a

personalização e contextualização na situação didática” (FILATRO, 2008, p. 20), admitindo pré-configurar unidades, considerando a necessidade do contexto, justamente para permitir personalizá-los, de acordo com a necessidade educacional.

Maia e Mattar (2008, p. 51) definem design instrucional como “o cuidado com a organização visual das informações, que é em geral crítica para o bom resultado do processo de aprendizagem do aluno.”. Mas o designer instrucional também pensa em como, didaticamente, o estudante deve percorrer o conteúdo de multimídia, refletindo sobre a autonomia e a interação do estudante, bem como planejando o uso das tecnologias adequadas.

O designer instrucional é o profissional de educação responsável pelo “planejamento, o desenvolvimento e a aplicação de métodos, técnicas [...] em situações didáticas específicas, a fim de promover, a partir dos princípios de aprendizagem e instrução conhecidos, a aprendizagem humana” (FILATRO, 2008, p. 3). De acordo com a autora, a atuação do designer instrucional costuma ser no desenvolvimento dialógico de conteúdos educacionais impressos, mas as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) levaram este profissional a se envolver no planejamento e desenvolvimento de projetos educacionais apoiados por tecnologias, aliando recursos verbais e não verbais no processo de instrução.

O Educause Horizon Report (2020) corrobora esta visão. De acordo com este relatório, o planejamento da aprendizagem tem evoluído, em razão da medição da experiência do usuário, da aplicação do *design thinking*²² e da associação das contribuições da psicologia cognitiva ao design instrucional. Com isso, novas responsabilidades foram adicionadas à atividade, tais como “gerenciamento de projetos, análise de aprendizado, pesquisa educacional, orientação e colaboração do corpo docente e mais autonomia acadêmica” (2020, p. 23), elevando o nível de competências do designer instrucional e consolidando novos caminhos, denominado designer de experiência de aprendizagem, e engenharia de aprendizagem, objetivando promover experiências significativas de aprendizagem.

²²Pensamento voltado para o design – tradução livre.

A aprendizagem pode acontecer pela interação dos sujeitos, seja com conteúdos, recursos ou outros sujeitos, e esta interação normalmente acontece através dos sentidos, que captam estímulos do mundo, geram sensação e percepção. Em seguida, tais estímulos são filtrados e processados pela memória de trabalho, de capacidade limitada, e depois são integrados a modelos mentais já armazenados na memória de longo prazo, constituindo um novo modelo mental de aprendizagem, que demandaria o envolvimento ativo do processamento cognitivo, ou seja, dependeria de “(1) prestar atenção, (2) organizar a informação e (3) integrar a informação ao conhecimento existente.”. (FILATRO, 2008, p. 88).

2.3.1 Educação a Distância – EAD

Maia e Mattar (2008, p. 6) definem educação a distância como “uma modalidade de educação em que professores e estudantes estão separados, planejada por instituições e que utiliza diversas tecnologias de educação.”. A separação de que tratam os autores diz respeito a dois aspectos:

- **uma separação no espaço**, quer dizer, professor e estudante não estão no mesmo espaço, como acontece na sala de aula – mesmo porque a educação é um fenômeno que pode ocorrer além da sala de aula;
- **uma separação no tempo**, quer dizer, não há necessidade de estarem ativos no processo ao mesmo tempo – o estudante pode, por exemplo, assistir a uma videoaula que o professor gravou em um outro momento anterior.

A educação a distância se consolidou no Brasil com o Decreto n. 5.622, de 19 de dezembro de 2005, onde definiu EAD como

modalidade educacional na qual a mediação didático-pedagógica nos processos de ensino e aprendizagem ocorre com a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação, com estudantes e professores desenvolvendo atividades educativas em lugares ou tempos diversos. (BRASIL, 2005).

Para Moore e Kearsley, a educação a distância vem crescendo, especialmente no Brasil, desde 1990, tendo as inovações tecnológicas e os investimentos públicos na expansão do ensino superior como protagonistas:

Educação a distância é o aprendizado planejado que ocorre normalmente em um lugar diferente do local de ensino, exigindo técnicas especiais de criação

do curso e de instrução, comunicação por meio de várias tecnologias e disposições organizacionais e administrativas especiais. (MOORE; KEARSLEY, 2007, p. 2).

Para Anderson e Dron (2012), no começo da educação a distância, o professor se valia do seu texto impresso para ensinar por correspondência, creditando presença de ensino pelo desenvolvimento de escrita dialógica guiada. Posteriormente, o áudio foi muito utilizado para transmitir aulas dos professores via rádio, aumentando ainda mais o potencial da presença de ensino. Finalmente, a imagem do professor pôde ser utilizada, juntamente com o áudio e com o texto escrito de forma dialógica e guiada, praticamente espelhando a ação didática existente em iniciativas educacionais presenciais e, com isso, obtendo ainda maiores níveis de presença de ensino.

Os autores (2012) apresentam uma interessante análise sobre a história da EAD, sob o ponto de vista das pedagogias que a sustentaram ao longo dos anos: cognitivo-behaviorista, socioconstrutivista e conectivista. Neste sentido, buscando esclarecer esta questão, segundo Anderson e Dron (2012), a pedagogia cognitiva desenvolveu-se parcialmente pela necessidade de explicar a motivação, as atitudes e as barreiras cognitivas relacionadas à aprendizagem.

Baseados na compreensão das funções e operações do cérebro, foram realizados testes empíricos sobre efeitos multimídia, sobrecarga cognitiva, memória de curto e longo prazo e outros processos cognitivos relacionados com a aprendizagem, com resultados expressos sobre a atuação do professor e designers instrucionais. Três aspectos são observados na pedagogia cognitivista-behaviorista, de acordo com Anderson e Dron (2012):

- **Presença cognitiva** – diz respeito a processos estruturados para estimular o interesse do estudante, o conteúdo de princípios essenciais vai do geral para o específico, para então ser testado e reforçado;
- **Presença social** – é bastante interessante pela sua quase total ausência na pedagogia cognitivista, que foi inicialmente pensada num contexto educacional individual, desenvolvidos para o estudante interagir com seus materiais instrucionais, com ou sem a presença de outros, que resultou em grande liberdade de espaço e ritmo ao estudante;
- **Presença de ensino** – depositada sobre o professor, que vem crescendo paralelamente ao desenvolvimento de novas tecnologias educacionais.

Sobra o conectivismo, uma abordagem pedagógica elaborada para a era digital, da informação, Anderson e Dron (2012) dispõem que a aprendizagem se dá pela construção de redes de informação, contatos e recursos aplicados a problemas reais. Sendo a informação abundante, cabe ao estudante desenvolver a capacidade de encontrá-la e utilizá-la quando necessário. O expoente desta teoria – discute-se sobre o conectivismo ser ou não uma teoria – George Siemens (2005), assevera que uma parcela do processamento mental e da resolução de problemas pode ser realizada pelas máquinas, apontando para uma característica incomum: a de que a informação reside em dispositivos não humanos, na era digital.

Muita mais dependente das novas tecnologias, assim estão distribuídos os já referidos tipos de presença, no Conectivismo:

- **Presença cognitiva** – o acesso às redes e a alfabetização digital contribuem para a resolução de tarefas de aprendizagem, que ocorrem mais nas redes do que de forma individual ou em grupo, ou seja, de acordo com a sua necessidade real de aplicação; os estudantes “filtram-nas por relevância e contribuem para aperfeiçoar suas habilidades de criação e recuperação de conhecimento.” (ANDERSON; DRON, 2012, p. 126), denotando uma forma de interação periférica e compartilhada nas redes;
- **Presença social** – é mais ou menos intensa, de acordo com o interesse do estudante pelo assunto, promovida por comentários multimidiáticos em posts; em razão dos registros deixados nas redes, pode-se traçar o caminho da aprendizagem feito pelo estudante, através de mineração de dados, fornecendo valiosas informações sobre como estes estudantes estudam e aprendem na era digital;
- **Presença de ensino** – em razão dos registros deixados nas redes, a presença de ensino é observada pelos caminhos das aprendizagens feitos pelo estudante, através de mineração de dados, fornecendo valiosas informações sobre como estes estudantes estudam e aprendem na era digital;

2.3.2 Aprendizagem Digital

Se a era digital, marcada pelos expressivos avanços e inovações tecnológicos dos processos produtivos e sociais, substituindo algumas atividades humanas, já vinha envolvendo grande parte das sociedades, a pandemia do COVID-19, que provocou o resguardo domiciliar da grande maioria dos estudantes e profissionais, pode ser o impulso que faltava para a transformação digital da educação. (SOUZA, 2020). É preciso, agora, preparar os estudantes para trabalhos ainda não criados, para utilizar tecnologias ainda não inventadas, para resolver problemas ainda não previstos (OCDE, 2018), desenvolvendo neles habilidades técnicas, cognitivas, sociais e emocionais necessárias para o aprendizado do século XXI, e para desenvolver um mundo mais justo e produtivo (WEF, 2020).

O Quadro 5 apresenta propostas para a transformação digital da educação, do ponto de vista do estudante.

Quadro 5 – Habilidades educacionais necessárias para a era digital

Soft skills²³	Hard skills²⁴
Adaptabilidade	Design de tecnologias digitais
Aprender a aprender	Gestão de pessoas
Comunicação	Gestão da qualidade
Consciência social e cultural	Gestão de recursos tecnológicos
Criatividade	Gestão de risco
Curiosidade	Gestão de tempo
Empatia	Gestão financeira
Iniciativa	Pensamento computacional
Liderança	Solução de problemas de maneira criativa
Pensamento crítico e analítico	
Persistência	
Resolução de problemas	
Responsabilidade	

²³Habilidades sociais – tradução livre.

²⁴Habilidades técnicas – tradução livre.

Trabalho em equipe	
--------------------	--

Fonte: elaborado pelo autor (2020), baseado em OLIVEIRA (2020).

As tecnologias digitais teriam potencial para promover um desejável nível de igualdade de acesso à educação, exercendo importante papel nas soluções para os problemas sociais. Para Brown (2001), a internet e outras tecnologias levam em conta as múltiplas formas de inteligência e representa oportunidades de planejar novos ambientes de aprendizagem que fortalecem as maneiras naturais da aprendizagem humana. Contudo, as multimídias utilizam mais de um canal de percepção ao mesmo tempo, normalmente a visão e a audição, gerando sobrecarga cognitiva, que acarreta prejuízo à aprendizagem.

Este contexto das tecnologias digitais de comunicação e informação tem apontado para o nascimento de um novo tipo de estudante, mais preocupado com o seu processo, disposto a tomar decisão, e gerando desafios ao nosso sistema educacional, que até então se preocupava com a reprodução conteúdos. No entanto, a psicóloga e pesquisadora Jean Twenge (2018) aponta para um outro lado, para uma geração que quer correr menos riscos, sentir-se mais segura e que amadurece mais lentamente porque gasta muito tempo conectada à internet, e, portanto, tem menos oportunidades de assumir responsabilidades e se relacionar pessoalmente com outros indivíduos. De toda forma, sem uma mudança nas políticas de ensino, as diferenças sociais tenderiam a aumentar, uma vez que os parâmetros de sucesso do amanhã, desejáveis pelas comunidades internacionais, são diferentes daquilo que é preciso para hoje.

A integração das tecnologias nas salas de aula, segundo Mashhadi e Kargozari (2011), começa, via de regra, com o professor preparando aulas que utilizem tecnologias em situações significativas e passaria pela criação de ambientes cooperativos de aprendizagem, sem deixar de envolver toda a comunidade e a família. Vander Ark e Schneider (2012) asseveram ainda que tais mudanças na educação seriam de caráter cultural, sendo interessante deixar para trás o paradigma da cultura centrada no professor e adotar uma cultura que ampare uma educação centrada no estudante, em suas variadas modalidades de ensino, e um modelo de ensino baseado em competências.

As sociedades ao redor do mundo, na sua maioria, estão caminhando rapidamente para um formato mais digital e conectado pela internet, mas projeções apontam que em 2030, mais da metade das crianças estarão fora do caminho necessário para que alcancem as habilidades desejáveis para a era digital. Hoje, mais de 264 milhões de crianças estão fora da escola, segundo dados da ADBI (2019). Projetos como *learning passport*²⁵, da UNICEF-Microsoft, e *school for all*²⁶, da JICA (Japan International Cooperation Agency), colocam luz sobre o que poderia ser chamado de educação digital, um paradigma de amplas oportunidades de acesso à educação, com a utilização de tecnologias digitais de comunicação e informação, para uma era igualmente digital – ainda que o acesso às tecnologias digitais não seja uma realidade para todos – que necessita tanto dos conhecimentos cognitivos, como letramento e numeramento, usados para o pensamento crítico e para a resolução de problemas, quanto das habilidades socioemocionais, como perseverança, autoestima e sociabilidade, essenciais para o bem-estar individual e representando grande impacto nos índices sociais. (ADBI, 2019).

Brown (2001) traz ainda a necessidade de expandir o conceito de letramento para abranger o contexto digital, de se expressar por imagens, sons e telas de computador, para, também, permitir conceituar ensinar e aprender no século 21. Para o autor, algumas mudanças trazidas pelas tecnologias de comunicação e informação para a era digital são apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6 – Mudanças do letramento, no contexto digital

Letramento		
Texto	→	Texto e imagem
Aprendizagem		
Ser ensinado	→	Descobrir e experimentar
Pensamento		
Linear dedutivo	→	Lateral, julgamento, faça você mesmo
Ação		

²⁵ticket para aprendizagem – tradução livre.

²⁶escola para todos – tradução livre.

Se não sei, não tento	→	Se não sei, associo, observo e tento
-----------------------	---	--------------------------------------

Fonte: elaborado pelo autor (2020), baseado em Brown (2001, p. 71).

Conforme consta nos registros da OCDE (2002), o modelo educacional de escola e sala de aula, desenvolvido para atender às ambições da produção industrial do século 19, não poderia ser considerada como estratégia para criar os jovens nas sociedades do século 21. Segundo Mashhadi e Kargozari (2011), este processo de mudança para uma educação digital envolveria a mudança, também, de processos mentais, superando os atos de lembrar, entender e aplicar, e passando a operar processos como analisar, avaliar e criar. Da mesma forma, os conteúdos para a educação digital apresentariam características-chave, tais como conceito, processo, função e estratégia específicos para a efetivação da mudança.

Como assevera Brown (2001), a realidade do ensino superior atualmente é que a prática está no topo da pirâmide, e não a teoria. O autor recomenda um ensino mais prático, prestigiando a utilização das tecnologias digitais para a educação, que podem permitir ao estudante refletir e compreender situações que ocorrem na prática, que vão muito além da teoria de sala de aula. De acordo com a OCDE (2002), o desafio educacional para o século 21 é criar um currículo orientado para a experiência e o trabalho, com um modelo AHC (Atitudes, Habilidades, Conhecimentos), quer dizer, oposto ao tradicional CHA (Conhecimentos, Habilidades, Atitudes).

Vander Ark e Schneider (2012, p. 9), por sua vez, sugerem as seguintes estratégias para facilitar este processo educacional:

- Utilizar variadas formas de representação de conceitos e tarefas
- Encorajar a elaboração, o questionamento e a explicação
- Engajar os estudantes em tarefas desafiadoras
- Ensinar com exemplos e casos
- Motivar os estudantes
- Avaliar de maneira formativa

Neste sentido, a forma como as pessoas são ensinadas torna-se ponto central desta necessária transformação. Tais mudanças, apenas de serem uma preocupação mundial, representariam uma prática mais local, considerando suas individualidades

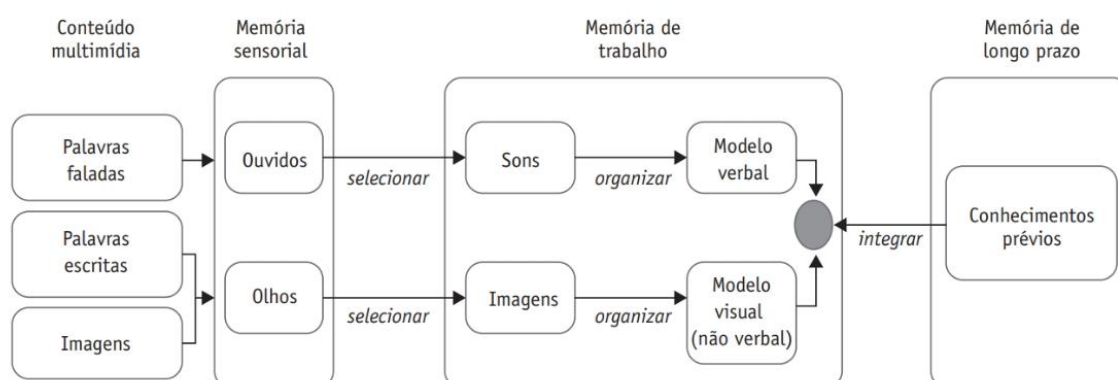
(ADBI, 2019). A aprendizagem digital estaria, então, no contexto de uma educação online, que segundo Moran (2006, p. 41), é definida “como o conjunto de ações de ensino-aprendizagem desenvolvidas por meios telemáticos, como a internet, a videoconferência e a teleconferência.”. Este cenário indica uma trajetória em direção a um conjunto de situações de educação online fortemente audiovisuais.

De acordo com Galloti (2017, p. 3), “multimídia é a comunicação que se dá com o homem por intermédio de múltiplos meios de apresentação da informação, como som e imagem.”. Os princípios da aprendizagem multimídia, propostos por Mayer (2009 *apud* PEREIRA, 2017), consistem em:

- **evitar o estresse de informações**, levando à distração em razão da superação da capacidade de processamento da memória de trabalho; e
- **orientar o estudo**, a partir de um processo de design atraente, do ponto de vista instrucional, partindo do que é essencial para a aprendizagem.

Filatro e Cairo (2015) apresentam na Figura 20 um esquema bastante relevante para ilustrar a questão da aprendizagem multimídia e auxiliar na compreensão dos processos envolvidos nesta teoria.

Figura 20 – Esquema da aprendizagem, segundo a teoria da aprendizagem multimídia



Fonte: Filatro e Cairo (2015, p. 49).

Seus princípios são reproduzidos no Quadro 7 a seguir:

Quadro 7 – Categorização dos princípios da aprendizagem multimídia

Classe da redução de processamento desnecessário	Princípio da coerência
	Princípio da sinalização
	Princípio da redundância
	Princípio da proximidade espacial
	Princípio da proximidade temporal
Classe do gerenciamento do processamento essencial	Princípio da segmentação
	Princípio do treinamento prévio
	Princípio da modalidade
Classe do estímulo do processamento generativo	Princípio da multimídia
	Princípio de personalização

Fonte: elaborado pelo autor (2020), com base em Mayer (2009).

É preciso esclarecer os objetivos de cada classe de princípios, para compreender seu agrupamento (apresentado na Tabela 2).

- **Classe da redução de processamento desnecessário** – visa evitar a sobrecarga cognitiva que pode haver em materiais multimídia com excesso de imagens e sons, elementos distratores e desnecessários;
- **Classe do gerenciamento do processamento essencial** – visa capacitar o estudante a identificar o que é relevante no material multimídia e compreender seu conteúdo principal;
- **Classe do estímulo do processamento generativo** – visa motivar o estudante, tornando o material atraente e personalizado.

Cientes dos objetivos desses agrupamentos, pode-se agora explorar em detalhes, no Quadro 8, os princípios de aprendizagem multimídia propostos por Mayer (2009). Para não haver dúvidas, serão apresentados seguindo a ordem disposta no Quadro 2.

Quadro 8 – Princípios instrucionais da aprendizagem multimídia

Princípio	Descrição
Coerência	Elimine o que for desnecessário, como palavras escritas/faladas e imagens, pois são considerados ruídos à compreensão e aprendizagem. Como a capacidade de processamento cognitivo, na memória de trabalho, é limitada, eliminam-se os ruídos para não haver disputa com o essencial pelo escasso recurso de processamento. Se aplicado ao gênero videoaula, o princípio da coerência exigiria uma quantidade menor de efeitos artísticos de edição e finalização, bem como redução no uso de imagens e sons em paralelo à fonte principal (o professor, no caso de videoaulas expositivas).
Sinalização	Indique claramente como é a organização do material, utilizando símbolos que auxiliem durante a navegação pelo material. Além de palavras e imagens, que comporiam seu material expositivo, o material multimídia carece de ícones posicionados coerentemente próximo ao seu contexto, para indicar ao estudante a organização proposta. Isso permitiria ao estudante não usar sua escassa memória de trabalho buscando entender a estrutura do material, mas liberando-a para compreender seu conteúdo.
Redundância	Evite combinar fala com transcrição da fala, em texto. Essa duplicação de uma mesma informação em dois canais (dos ouvidos, pela fala, e dos olhos, pela transcrição em texto) faz com que a memória de trabalho divida sua capacidade de processamento nos dois canais, sendo que poderia ser otimizada em apenas um canal, aumentando a eficiência do processamento da informação.
Proximidade espacial	Aproxime textos e imagens correspondentes, eliminando esforços cognitivos do estudante para buscar o necessário relacionamento entre os elementos visuais, como texto explicativo e sua imagem, por exemplo.
Proximidade temporal	Apresente simultaneamente textos e imagens correspondentes para permitir sua associação na memória de trabalho, favorecendo o estabelecimento de conexões.
Segmentação	Divida o conteúdo de aprendizagem em unidades menores, permitindo ao estudante um processamento de forma estruturada, promovendo ele as articulações entre as unidades, tornando simples um <i>constructo</i> complexo.

Pré-treinamento	Apresente previamente os termos técnicos e outros elementos considerados como pré-requisitos para aumentar o fluxo de informações essenciais e, ao longo dos estudos, o estudante ter ciência dos termos e não precisar gastar processamento com a articulação de um novo termo com o conteúdo de estudo.
Modalidade	O texto oral complementa imagens de forma mais eficiente do que o texto escrito (voz + imagem > texto + imagem <), pois tanto imagem quanto texto são processados pelo canal visual da memória de trabalho, promovendo possível sobrecarga cognitiva. Uma alternativa é equilibrar o conteúdo utilizando o canal auditivo de processamento da memória de trabalho.
Multimídia	Via de regra, aprende-se melhor com imagens e palavras do que apenas com palavras. Ao expor o estudante a informações por meio dos canais auditivo e visual, promovemos no estudante a necessidade de integrar as mensagens de cada canal, processadas com equilíbrio, levando-o a uma construção pessoal de novos conhecimentos.
Personalização	Privilegie a linguagem dialógica/conversacional, pois promove aproximação com o estudante, por estabelecer trocas, em vez de transmissão unilateral. Em uma videoaula, a linguagem conversacional pode emergir de gravações mais espontâneas ou de roteiros em que as marcas de interlocução são previamente explicitadas no texto.

Fonte: elaborado pelo autor (2020), com base em Mayer (2009).

2.3.3 Conteúdos Educacionais

2.3.3.1 Conteúdos Educacionais Textuais

As diferentes formas de linguagem precisariam de uma mídia para ganharem materialidade. Assim como a linguagem oral precisa da voz, a linguagem escrita precisa do papel – e mais recentemente, da tela do computador. A mídia impressa ainda é amplamente utilizada no meio educacional, mesmo com a crescente ampliação do acesso às mídias digitais.

De acordo com Filatro e Cairo (2015, p. 62), para produzir conteúdos educacionais textuais (impressos ou digitais) com qualidade comunicacional para

cursos em que exista distanciamento físico e temporal entre quem ensina e quem aprende, deve-se adotar o diálogo didático simulado, também conhecido como linguagem dialógica, que “Ocorre por meio de um suporte midiático, como material impresso, vídeos, áudios e animações” e tem como intencionalidade pedagógica a utilização de artifícios de comunicação oral, quer dizer, do diálogo didático, no texto escrito, simulando, com isso, um nível desejável de interação para efetivar o processo de aprendizagem mediado por mídias diversas, como papel impresso, vídeos e áudios, por exemplo.

A simulação da conversa de sala de aula presencial, no texto, teria por objetivo estabelecer relação pessoal entre estudante e docentes para promover “motivação para estudar”, “sensação de comunicação de mão dupla” e favorecer o sentimento de interação, facilitando a compreensão e a recordação dos assuntos (FILATRO; CAIRO, 2015, p. 63).

No Quadro 9, Filatro e Cairo (2015) apresentam a descrição das características deste tipo de comunicação.

Quadro 9 – Característica da comunicação didática simulada

Característica	Descrição
Apresentação de conteúdo facilmente acessível	Os conteúdos devem ser apresentados em linguagem clara, mais coloquial, de leitura fácil e com uma densidade de informação moderada
Conselhos e sugestões explícitos	Os conteúdos devem indicar ao aluno o que deve ser feito ou evitado; no que ele deve prestar mais atenção; quais são as relações com outros tópicos ou situações etc.
Convites	Os conteúdos devem promover trocas de ideias, reflexões, considerações sobre o que é aceitável ou não em determinados temas
Busca por um envolvimento emocional	Os conteúdos devem estimular o aluno a se envolver com o assunto abordado e as questões pertinentes
Estilo pessoal	Os conteúdos devem reforçar a comunicação entre quem ensina e quem aprende, pelo uso de pronomes pessoais e possessivos

Fonte: Filatro e Cairo (2015, p. 63).

Este estilo de comunicação poderia, então, ser utilizado pelos autores de conteúdos educacionais ou designers instrucionais nos textos dos materiais

impressos ou em formato digital, em arquivo PDF²⁷, geralmente, e disponibilizados aos estudantes, cuja

“organização orienta os alunos por meio de uma estrutura sequencial lógica, ao mesmo tempo que oferece uma visão geral do conteúdo – por meio de sumários, hierarquia de títulos e outros recursos editoriais, como caixas de destaque e recursos visuais.” (FILATRO; CAIRO, 2015, p. 236).

A versão digital dos materiais de conteúdo textual, geralmente disponibilizada em arquivo PDF, é uma excelente alternativa, uma vez que facilita a distribuição do conteúdo, sempre que houver atualização.

Os textos, em geral, são de autoria de um conteudista, um especialista na área de conhecimento, e podem estar voltados à apresentação de conteúdos ou mesmo incluir atividades de aprendizagem. Além da linguagem dialógica, as autoras (2015) ressaltam que os textos devem estar alinhados à organização curricular previamente estabelecida, e trazem ainda uma série de elementos que compõem boas práticas para o desenvolvimento de conteúdo escrito, os quais estão relacionados na Quadro 10.

Quadro 10 – Boas práticas em redação

Elemento textual	Descrição
Clareza	Qualidade que torna claro o texto para quem o lê. Reserve um parágrafo para desenvolver cada ideia, evitando, assim, prejudicar a compreensão do seu texto pela mistura de mais de um assunto e suas ideias secundárias em um mesmo parágrafo.
Concisão	Mostre organização mental e planejamento da escrita, eliminando repetições e palavras desnecessárias presentes no texto para conseguir o máximo de expressividade com o mínimo de palavras. Ainda, use adequadamente elementos conectores, como “e” e “mas”, por exemplo, para conectar as orações e articular frases, que devem ser preferencialmente curtas.
Pessoalidade	Recomenda-se tratar o estudante como interlocutor direto, quer dizer, na primeira pessoa, reforçando a ideia de proximidade. Use “Você vai aprender...” em vez de “O aluno irá aprender...”, por exemplo.

²⁷Portable Document Format, em Inglês, ou Formato Portátil de Documento, em tradução livre para o Português. <<https://acrobat.adobe.com/br/pt/acrobat/about-adobe-pdf.html>>.

Coerência	Um texto é coerente quando existe uma lógica, uma ligação entre os tópicos abordados.
Coesão	Para estabelecer a lógica dentro do seu texto e entre assuntos diversos, quer dizer, costurar as ideias, o texto deve apresentar coesão, ou seja, escrever com as devidas concordâncias e elementos de referência.

Fonte: elaborado pelo autor (2020), com base em Filatro e Cairo (2015, p. 300-305).

Finalmente, Filatro e Cairo (2015) ressaltam a necessidade de o autor desenvolver ainda os elementos de destaque, como exemplos, alertas, reflexões, indicações de material complementar e verbetes, muitas vezes, de forma visual, com boxes, negritos, desenhos e outras cores.

2.3.3.2 Conteúdos Educacionais em Vídeo

As mídias digitais ocupam grande espaço na sociedade atual e exercem importante papel na educação. Para grande parte da população mundial, desde o momento em que acordamos, até irmos dormir, seguramos *smartphones* com acesso à internet, e neles assistimos inúmeros vídeos, seja para entretenimento ou como fonte de informação. Nesse sentido, as mídias digitais seriam usadas também na educação como um poderoso recurso no processo de ensino e aprendizagem.

No Brasil, vídeos educacionais existem desde muito tempo, com o Telecurso, por exemplo, no final dos anos de 1970. Depois, especialmente com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB (1996), no seu artigo 80, em que se expressa que “O Poder Público incentivará o desenvolvimento e a veiculação de programas de ensino a distância, em todos os níveis e modalidades de ensino, e de educação continuada.”, vimos uma explosão de produção de vídeos para a educação a distância.

A edição de 2008 do The Horizon Report apontava para o crescimento da utilização de vídeos na educação, mesmo que de forma menos profissional, caseira, com o uso de celulares e *softwares* gratuitos e livres, sem a necessidade de profissionalização da captura, edição e do compartilhamento, incentivando a própria produção de vídeos por parte dos estudantes, como ferramenta de avaliação e acompanhamento das suas práticas educacionais.

De acordo com Moran (1995), a linguagem veiculada pelos meios audiovisuais – como os conteúdos educacionais em vídeo – permite percepções diversas, apelando à imaginação e aos afetos:

O vídeo é sensorial, visual, linguagem falada, linguagem musical e escrita. Linguagens que interagem superpostas, interligadas, somadas, não separadas. Daí a sua força. O vídeo nos seduz, informa, entretém, projeta em outras realidades (no imaginário), em outros tempos e espaços. O vídeo combina a comunicação sensorial-cinestésica, com a audiovisual, a intuição com a lógica, a emoção com a razão. Combina, mas começa pelo sensorial, pelo emocional e pelo intuitivo, para atingir posteriormente o racional (MORAN, 1995, p. 28-29).

A linguagem audiovisual solicita a imaginação e reinveste a afetividade com um papel de mediação. O vídeo explora basicamente o ver, que supostamente se apoia no falar, que, por sua vez, estabelece uma aproximação do vídeo com o mundo.

Os temas são pouco aprofundados, explorando os ângulos emocionais, contraditórios, inesperados. Passam a informação em pequenas doses (compacto), organizadas em forma de mosaico (rápidas sínteses de cada assunto) e com apresentação variada (cada tema dura pouco e é ilustrado). (MORAN, 1995, p. 3).

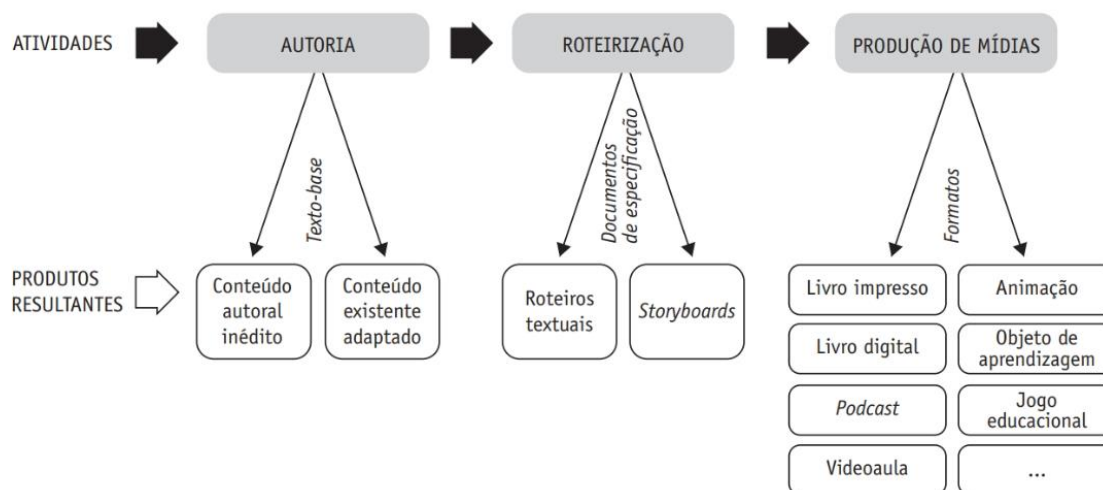
Pelo pressuposto teórico da aprendizagem multimídia, de acordo com Moran (2002), o recurso audiovisual

consegue dizer muito mais do que captamos, chega simultaneamente por muitos mais caminhos do que conscientemente percebemos e encontra dentro de nós uma repercussão em imagens básicas, centrais, simbólicas, arquetípicas, com as quais nos identificamos ou que se relacionam conosco de alguma forma. (MORAN, 2002, p. 2).

Cada mídia tem uma linguagem própria, sendo a roteirização a linguagem de produção dos recursos de multimídia, considerada “provavelmente uma das atividades mais críticas do processo de produção de conteúdos educacionais” porque “‘traduzir’ um texto para outra linguagem, sem alterar seu sentido, exige, no mínimo, um alto grau de discernimento por quem realiza a roteirização.” (FILATRO; CAIRO, 2015, p. 310). No caso dos conteúdos educacionais em vídeo, esse cuidado se deve especialmente porque “se apoiam basicamente na transmissão de áudio e vídeo, mas podem incluir animações, documentários, narrativas e o que mais permitir a criatividade do autor e/ou da equipe de produção.” (2015, p. 310), então, o texto-base escrito pelo autor serviria de guia de produção de mídia.

A Figura 21 ilustra o processo de produção de recursos educacionais de multimídia, da autoria, inédita ou adaptada; passando pela roteirização; até a produção da mídia, em diversos formatos.

Figura 21 – Esquema do processo de produção de recursos educacionais de multimídia



Fonte: Filatro e Cairo (2015, p. 311).

Explorando mais as contribuições do pensamento de Moran (1998 *apud* MORAN, 2004), encontramos que aprender por meio de vídeos é interessante do ponto de vista das individualidades, uma vez que permite ao estudante encontrar caminhos próprios.

A construção do conhecimento, a partir do processamento multimídico é mais “livre”, menos rígido, com conexões mais abertas, que passam pelo sensorial, pelo emocional e pela organização do racional; uma organização provisória, que se modifica com facilidade, que cria convergências e divergências instantâneas, que precisa de processamento múltiplo instantâneo e de resposta imediata. (MORAN, 1998, p. 19 *apud* MORAN, 2004).

Sobre o “processamento multimídico” descrito por Moran (1998 *apud* MORAN, 2004), Filatro e Cairo (2015) recorrem ao conceito de Mayer sobre multimídia, que a conceituam como o recurso que permite a utilização de múltiplas mídias, como conteúdo em forma verbal (texto falado ou impresso) e conteúdo em forma pictórica (ilustrações, gráficos, diagramas, mapas, fotos, animações e vídeos), além da sons. Neste sentido, o conteúdo educacional em vídeo é apontado como um recurso de multimídia em essência, que utiliza os meios visual e auditivo, como imagens que ilustram e exemplificam, textos e legendas que explicam, a própria figura do docente, além da sua voz e músicas na vinheta, por exemplo.

Filatro (2008) registra que o uso desses elementos, acima descritos, deveria ser pensado com “finalidade instrucional”, para que a aprendizagem não seja sobrecarregada – os princípios para redução de processamento desnecessário visam

evitar a sobrecarga cognitiva que pode haver em materiais multimídia com excesso de imagens e sons, elementos distratores e desnecessários em geral.

Para Arroio e Giordan (2006), o conteúdo educacional em vídeo se mostra didaticamente eficaz quando desempenha uma função informativa, em que se tem por objetivo transmitir informações que precisam ser ouvidas ou visualizadas, e que encontram no audiovisual o melhor meio de veiculação.

Filatro (2008, p. 32) categoriza os recursos audiovisuais, em sua aplicação educacional, como uma tecnologia distributiva “do tipo um-para-um, pressupõem um estudante passivo diante de um ensino mais diretivo [...] empregadas quando o objetivo é a aquisição de informações.” E aborda a questão da videoaula sob uma perspectiva neurobiológica de aprendizagem.

Quando a informação é apresentada em duas modalidades sensoriais – visual e auditiva – em vez de em uma, são ativados dois sistemas de processamento e a capacidade da memória de trabalho é estendida. [...] A combinação de uma imagem com sua designação verbal é mais facilmente lembrada do que a apresentação dessa mesma imagem duas vezes ou a repetição dessa designação verbal várias vezes, de forma isolada. (FILATRO, 2008, p. 74).

Vídeos podem ser definidos como um tipo de conteúdo educacional utilizado na educação, não só na modalidade a distância, uma vez que simularia a ação docente em sala de aula, mas também como ferramenta didática de apoio ao professor nas aulas presenciais. “Vídeos podem ser utilizados tanto para enriquecer aulas presenciais quanto em Educação a Distância (EaD). Os professores podem produzir vídeos, assim como os próprios alunos, como atividades de criação.” (MATTAR, 2009, p. 3).

“O vídeo tem um poder de ilustração muito forte, prende atenção quando bem estruturado e elaborado. Tem movimento, áudio e, muitas vezes, é autoexplicativo.” (SCHNEIDER; CAETANO; RIBEIRO, 2012, p. 3). Filatro e Cairo (2015) descrevem vídeos como recursos avançados de aprendizagem, com vistas à modelagem de comportamento – conforme se vê no Quadro 11, abaixo:

Quadro 11 – Aplicação das mídias e tecnologias a necessidades de aprendizagem

Necessidade de aprendizagem	Nível dos recursos		
	Básico	Intermediário	Avançado
Processamento de informações	Mídia impressa	Hipertexto, páginas web	Livros digitais
Articulação entre teoria e prática	Tutoriais multimídia	Objetos de aprendizagem	<i>Screencasts</i>
Discussão e argumentação	Apresentação de slides	Animações	Podcasts
Modelagem de comportamento	Ilustrações multiquadros	Podcasts	Vídeos
Prática profissional	Estudos de caso	Animações e infográficos	Simulações

Fonte: Filatro e Cairo (2015, p. 220).

Com esta finalidade apresentada no Quadro 11, o vídeo poderosamente atrairia a atenção dos estudantes, valendo-se de sons, imagens e textos para promover aprendizagem, a partir de múltiplas percepções sensoriais. De acordo ainda com as autoras (2015), videoaula é um

recurso no qual o educador exerce um papel preponderante na apresentação de conteúdos e na proposição de atividades de aprendizagem. Observadas as peculiaridades do vídeo, o desempenho docente aproxima-se muito de sua atuação em sala de aula convencional. Como é um formato instrucional conhecido do aluno, carrega forte dimensão afetiva. No entanto, do diálogo simultâneo e direto estabelecido com os alunos presencialmente, o diálogo passa ser simulado, e a interação pluridialógica é substituída por um caminho de mão única que requer cuidadoso planejamento a fim de atender às expectativas e antecipar potenciais dúvidas do público-alvo. (FILATRO; CAIRO, 2015, p. 269).

Disso, pode-se inferir que o conteúdo educacional em vídeo é um recurso de multimídia em que o professor exerce grande papel, não só na condução da apresentação dos conteúdos, como também na condução e proposta de atividades de aprendizagem, podendo influenciar, dessa forma, a motivação e a atenção dos estudantes, quando elaborada em toda a sua potencialidade – até de maneira interativa, quando possível.

Falando em potencial de interatividade do vídeo, Moore e Kearsley (2007) lembravam que,

em virtude de sua capacidade para mostrar pessoas interagindo, o vídeo é uma boa mídia para o ensino de aptidões interpessoais e para o ensino de qualquer tipo de procedimento, pois consegue mostrar a sequência de ações

envolvidas; pode mostrar closes, movimento lento ou acelerado, perspectivas múltiplas e assim por diante. Áudio e vídeo podem ser ambos usados para apresentar as opiniões dos especialistas, o que aumenta a credibilidade e o interesse dos materiais. Áudio e vídeo são especialmente eficazes para a transmissão de aspectos emocionais ou relacionados à atitude de uma disciplina. (MOORE; KEARSLEY, 2007, p. 82-83 – grifo do autor).

Levantando as potencialidades e restrições dos contextos de produção e de utilização das mídias, Filatro e Cairo (2015) apresentam no Quadro 12 a capacidade de interatividade das mídias, e apontam que o vídeo pode ser um recurso de mão única ou mesmo permitir interação.

Quadro 12 – Matriz de opções midiáticas e tecnológicas

Mídias e tecnologias		Nível dos recursos		
		Básico	Intermediário	Avançado
Texto	Mão única	Impressa	Páginas web	Blogs
	Interativa	E-mail	Conferências por computador	Wikis
Áudio	Mão única	Clipes de áudio	Podcasts	Infográficos com áudio
	Interativa	Suporte telefônico	Conferências por telefone	Audiokonferências
Imagens	Mão única	Fotografias	CDs/DVDs	Animações
	Interativa	Bancos e galerias de imagens	Infográficos animados	Jogos e simulações, infográficos analíticos
Vídeo	Mão única	Clipes de vídeo	Vídeos anotados	<i>Videocasts</i>
	Interativa	Webcasts/TV	Videofones e mensageiros instantâneos	Videoconferências

Fonte: Filatro e Cairo (2015, p. 220).

As autoras (2015) descrevem ainda o grau de interatividade das mídias, apontando que o vídeo é um conteúdo educacional que apresenta nível mínimo de interatividade – como se pode ver a seguir na Quadro 13.

Quadro 13 – Nível de interatividade de conteúdos educacionais

Nível de interatividade	Descrição	Exemplos
Interatividade mínima	○ O sistema oferece ao usuário opções de acesso a conteúdos lineares, por meio de controles como iniciar, parar, avançar, retroceder ou reiniciar	Apresentações de slides gravadas, animações fechadas, objetos de aprendizagem demonstrativos
Interatividade reativa	○ O sistema atua de modo meramente responsivo, proporcionando respostas aos estímulos apresentados ○ Trata-se de uma estrutura mais fechada, em que as atividades não permitem ir além do que foi determinado ○ Adequado para atividades iniciais, com pouca complexidade, em que conceitos básicos são apresentados e algum nível de resposta é solicitado	Objetos de aprendizagem com questões de múltipla escolha ou preenchimento de lacunas
Interatividade proativa	○ O sistema permite ao aluno manipular o conteúdo segundo suas necessidades, gerando respostas não previstas no projeto inicial ○ Apresenta maior complexidade ao possibilitar a alteração de parâmetros e geração de novos resultados a partir do uso de um conjunto de recursos	Animações digitais abertas, objetos de aprendizagem com recursos de simulação
Interatividade mútua	○ O sistema adapta-se ao percurso traçado pelo usuário ○ Apresenta maior grau de complexidade, tanto em termos tecnológicos como pedagógicos, pois necessita avaliar o desempenho dos estudantes para então oferecer opções de interação com o sistema ○ Proporciona grande dinamismo visto que conta com diversas possibilidades ativadas conforme o caminho traçado pelo estudante	Jogos educacionais

Fonte: Filatro e Cairo (2015, p. 235).

A utilização conteúdos educacionais em vídeo como forma de ensino é, supostamente, decorrência dos novos modos de difusão do conhecimento na contemporaneidade. Moran (2009) estabelece uma diferença entre teleaula e videoaula. Para o autor, teleaula é a aula realizada a distância, na qual o professor é visto pelos estudantes ao vivo, em tempo real; e videoaula é a aula gravada e posteriormente assistida pelo estudante.

Mussio (2016) traz uma definição técnica do que seja videoaula:

as videoaulas podem ser definidas como uma modalidade que prevê educador (“professor-apresentador”) e educando (“aluno-usuário”) desenvolvendo um processo de ensino-aprendizagem, separados, física e espacialmente, e mediados por uma interface baseada em tecnologias de comunicação. (MUSSIO, 2016, p. 334).

Medeiros e Pansanato (2015) apresentam no Quadro 14 resultados de trabalhos relacionados aos estilos de videoaulas e as preferências dos estudantes. Um dos resultados aponta para o seguinte uso:

Quadro 14 – Estilos de videoaulas e preferência dos estudantes

Estilo do vídeo	Resultados da pesquisa	Características
Estilo tutorial	O mais envolvente	Há uma voz narrando o passo a passo de uma tarefa
Estilo cabeça falante associado a slides	Mais indicado para procedimentos	Diz respeito à parte superior do professor sendo filmada pela câmera, enquanto exibem-se slides ao lado ou em sobreposição à sua imagem.

Fonte: elaborado pelo autor (2020), adaptado de Medeiros e Pansanato (2015, p. 2-3).

Outra importante conclusão obtida pela pesquisa dos autores (2015) é a preferência dos estudantes pelo uso de animações e da imagem do professor, bem como da sua escrita no quadro, e não somente da sua narração associada à escrita, quando se trata de conteúdos e cálculos matemáticos, por exemplo. Adicionalmente, Medeiros e Pansanato (2015) apontam como preferências dos estudantes em relação às videoaulas:

- i. uso de animações, imagem do professor e sua escrita no quadro, e não somente da sua narração associada à escrita, quando se trata de conteúdos e cálculos matemáticos (2015, p. 3);
- ii. produção de curta duração, com cerca de 11 a 20 minutos, sem transições bruscas e com sons musicais, para oferecer alívio do cansaço durante o estudo (2015, p. 6);
- iii. promoção de interação com o vídeo – mais de 85% dos respondentes (2015, p. 7).

Nesta mesma linha de preferências dos estudantes sobre vídeos educacionais, em adição aos resultados apresentados acima, Mussio (2016) traz mais um dado interessante: o oferecimento de *links* para navegação não linear, “de modo a definir percursos e conteúdos outros a serem explorados em decorrência do suporte ao qual estão veiculadas” (MUSSIO, 2016, p. 335).

O Quadro 15 foi extraído da pesquisa de Medeiros e Pansanato (2015) sobre as preferências de interação dos estudantes com as videoaulas.

Quadro 15 – Preferências de interação do estudante com a videoaula

Recursos interativos	Frequência	
Download de material adicional	57	58,8%
Exemplo prático	51	52,6%
Comunicação com o professor	45	46,4%
Pausa/reprodução	44	44,4%
Dicas de estudo	42	43,3%
Sumário para acesso rápido a trechos da videoaula	42	43,3%
Animação interativa (com escolha de opções ou parâmetros)	40	41,2%
Exercício complementar	39	40,2%
Página da Web (ou website)	38	39,2%
Respostas a perguntas	34	35,1%
Avanço/recuo rápido	34	35,1%
Comunicação com o tutor	30	30,9%
Repetição de trechos da videoaula	30	30,9%
Avaliação ou comentários (feedback)	30	30,9%
Pergunta de acompanhamento	27	27,8%
Enquete (pesquisa informal de opinião)	22	22,7%
Nenhum	05	5,2%

Fonte: Medeiros e Pansanato (2015, p. 7).

Selecionamos alguns tipos de videoaula propostos por Mazzeo e Ambrózio (2012), apresentados no Quadro 16.

Quadro 16 – Categorias de produções de videoaula

Videoaula expositiva	Professor discorre livremente sobre um assunto, sem apoio de recursos complementares; recomenda-se, para tanto, a organização de um roteiro com as falas a serem lidas ou apenas tópicos para nortear as gravações.
Videoaula expositiva com slides	Professor discorre livremente sobre um assunto, com apoio de um roteiro elaborado pelo professor, em slides, que serão apresentados numa TV ao lado do professor, no estúdio, para nortear as gravações e ilustrar a aula para o estudante ter algum apoio visual e textual; na mesa de edição, pode-se alternar entre a proteção da imagem do professor e do recurso.
Videoaula com lousa interativa digital	Em estúdio, com ou sem apoio de slides, o professor se utiliza de uma lousa interativa digital, em que posa escrever, substituindo o quadro negro da sala de aula; na mesa de edição, pode-se alternar entre a proteção da imagem do professor e do recurso.
Videoaula com captura de tela	Em estúdio, com ou sem apoio de slides, o professor se utiliza de ferramentas de captura de tela para projetor no vídeo as ações que estão acontecendo no seu dispositivo,

	como tablet, por exemplo; este formato é interessante quando se precisa demonstrar procedimentos a partir do computador, por exemplo, o funcionamento de um software; na mesa de edição, pode-se alternar entre a proteção da imagem do professor e do recurso.
--	---

Fonte: elaborado pelo autor (2020), adaptado de MAZZEO; AMBRÓZIO (2012, p. 9).

Etapas de produção de conteúdos educacionais em vídeo

O desenvolvimento de conteúdos educacionais em vídeos, geralmente, é composto das etapas de pré-produção, produção e pós-produção. E a roteirização de produtos para mídias digitais requer um documento de roteiro mais complexo, uma vez que se deve separar as indicações para:

- i. **o professor**, como o assunto sobre o qual ele deve discorrer, que vai aparecer no teleprompter; e
- ii. **o editor**, com direcionamento sobre corte, vinheta e momentos para inserção de imagens na pós-produção, por exemplo, abrangendo, com isso, os aspectos textuais, pictóricos e sonoros.

No entanto, reduzindo o roteiro ao mais elementar possível, tem-se um documento simples, na forma de tópicos, como *slides* de apresentação, para servir de guia para o docente discorrer livremente, como em uma aula presencial, onde “cada frase e ação são elaboradas mentalmente ao mesmo tempo em que são executadas.”. (FILATRO; CAIRO, 2015, p. 379).

Para Mussio (2016), o uso de roteiros para a produção de videoaulas concentra menos momentos espontâneos e mais situações estruturadas, se comparadas a uma aula expositiva presencial; moldando, dessa forma, a interação entre o docente e os estudantes.

Pré-produção

Nesta etapa são feitas reuniões entre a equipe multidisciplinar de desenvolvimento do recurso educacional audiovisual e o docente que gravará as aulas, para planejar e roteirizar as ações docentes – não necessariamente as falas – a fim de tornar o processo de gravação mais eficaz e garantir que todas as manifestações necessárias à aprendizagem tenham sido adotadas – e elaborando

orientações para ações da equipe e etapa de pós-produção, com elaboração e inserção de vinhetas, destaques, *zoom* e inserção de imagens e esquemas.

A etapa de pré-produção é fundamental, inclusive, para diminuir as intervenções de pós-produção não previstas, ou seja, correção de erros:

O gênero videoaula é marcado predominantemente por textos curtos, segmentados em diferentes cenas, de modo que a taxa informacional possa ser segmentada em distintos blocos de vídeo e o aluno não se sinta sobrecarregado por um excesso de informação. (PEREIRA, 2017, p. 5).

Produção

A segunda etapa de produção de videoaulas envolve mais exatamente a materialização do que foi planejado na etapa anterior, quer dizer, será feita a gravação da aula nos moldes do que foi roteirizado. Trata-se de uma etapa técnica, de conhecimento especializado em desenvolvimento audiovisual, como plano, cores, iluminação, movimentação do docente, postura e entonação vocal, entre outros.

Pós-Produção

Finalmente, a aula é editada com os recursos previstos para ser, com isso, finalizada para a sua veiculação e armazenagem.

Segundo Ferreira (2016), uma vez que o foco é o aprendizado, deve-se considerar a dimensão pedagógica da produção da videoaula:

[...] atualmente, o vídeo usado em sala de aula e/ou as videoaulas, mais comumente empregadas na modalidade à distância, podem instrumentalizar o professor e o aluno para um aprendizado mais consistente. Sendo assim, tornar a produção de videoaulas mais dinâmica e realizável é uma condição fundamental para que o professor sensibilize seus alunos e este se interesse pelo conteúdo proposto. (FERREIRA, 2016, p. 8).

Estas etapas de produção são consideradas importantes para que a sua execução seja organizada e os resultados estejam em conformidade com a qualidade determinada. No entanto, trata-se de um processo técnico que não faz parte do escopo deste estudo.

2.3.4 Design Audiovisual

O design audiovisual proposto pelos autores Becker *et al* (2017) emerge da união das ciências da Interação Humano-Computador (IHC) e Estudos de Audiência, a fim de estudar o consumo audiovisual por meio de interfaces interativas, situação em que o espectador alterna papéis, sendo ora passivos, assistindo ao conteúdo; ora ativos, interagindo com o conteúdo – condição que passa a ser incorporada no fluxo do design do produto audiovisual, que, antes, era composto por Emissor, Mensagem, Canal e Significado, e, agora, ganha o elemento *Feedback*, gerando a característica de duplo papel.

Os autores (2017) apresentam os seguintes cenários de comunicação:

- i. **Modelo Broadcast** – é para múltiplos receptores, como rádio, televisão e mídias impressas, que considera abstrata e passiva a sua audiência;
- ii. **Modelo Aderência** – pode-se identificar padrões de uso e características dos consumidores; só há troca de informação após a interação dos usuários, portanto os conteúdos produzidos precisam envolver e gerar engajamento para atrair a audiência;
- iii. **Modelo Propagação** – melhoramento do modelo aderência, que não leva em consideração aspectos da motivação pessoal e geração de valores, com os seguintes elementos:
 - **Recursos técnicos** usados para facilitar a circulação de determinados tipos de conteúdo;
 - **Estruturas econômicas** que facilitam ou restringem a circulação;
 - **Atributos dos textos midiáticos** que apelam às motivações comunitárias para compartilhar materiais;
 - **Redes sociais** que conectam as pessoas por meio do compartilhamento de material significativo.

Estes elementos dariam voz às preferências dos usuários, sendo o ponto de intersecção com as contribuições da IHC, pois

“Quando entendemos as formas como os indivíduos usam os sistemas, melhores são as possibilidades de criar soluções para que as interações que

ocorrem com as (e através das) máquinas se tornem mais eficientes e provejam uma experiência mais completa.” (BECKER *et al*, 2017, p. 8).

A IHC é uma ciência que se desenvolveu a partir do advento dos computadores pessoais, em 1980, e vem sendo impulsionada desde a década de 1990 com a *web*, até o momento presente, em que interagimos com celulares, relógios, televisão, etc. De acordo com os estudos desta ciência, os aspectos que guiam o indivíduo em suas interações com o sistema:

- **Funcionalidade** (ser útil);
- **Usabilidade** (ser de fácil utilização ou que promova boa experiência);
- **Apelo ao uso** (despertar o desejo do usuário).

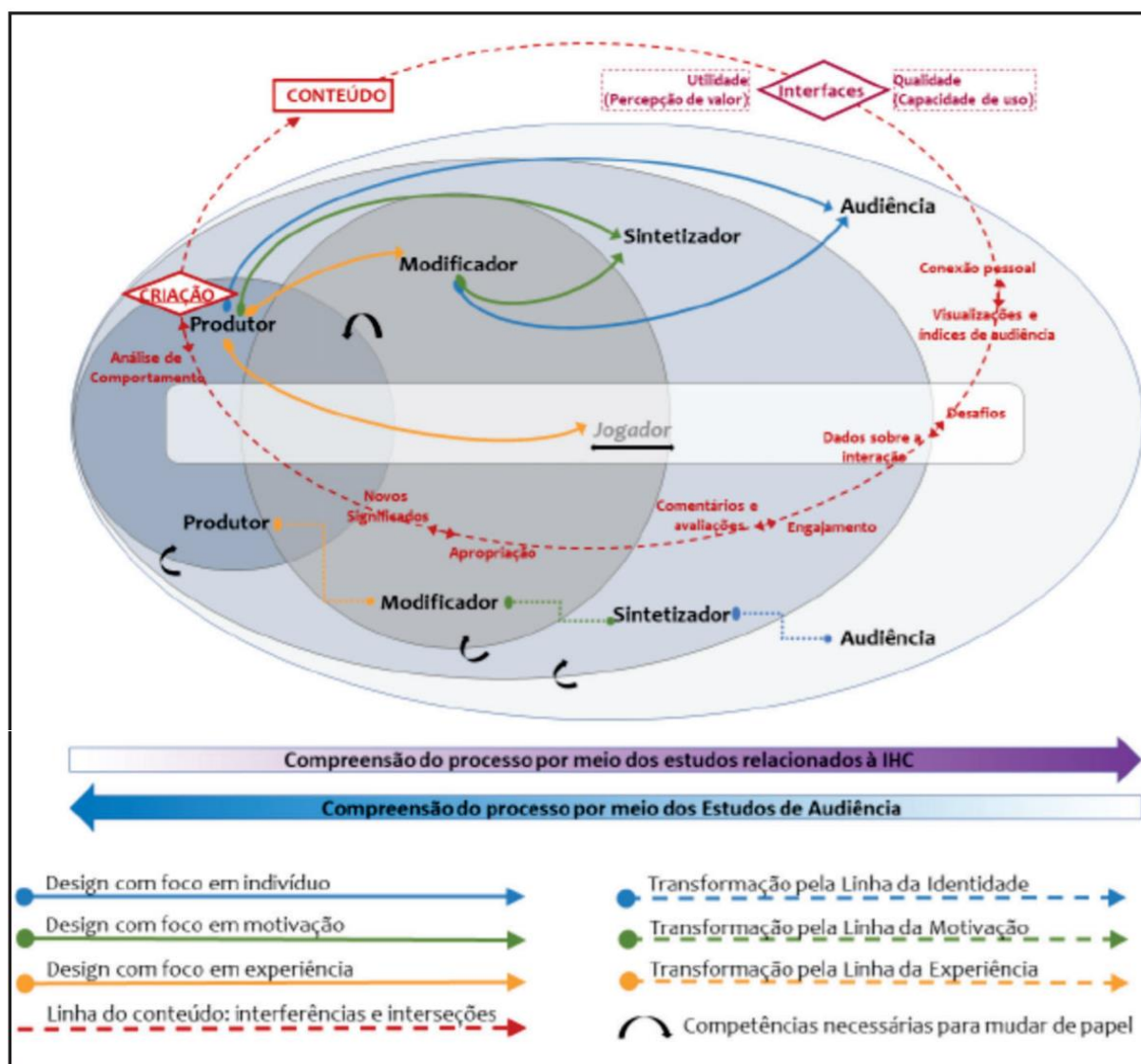
Neste sentido, o design do produto ou serviço, ou seja, da experiência, que tem como ponto central as relações emocionais que o indivíduo desenvolve durante a interação com o produto ou serviço, deve levar em consideração:

- i. as melhores formas de explorar suas plataformas de interação com suas limitações, ferramentas e capacidades; e
- ii. as limitações das pessoas que irão interagir, considerando-se os aspectos ergonômicos, sociais e psicológicos, e os possíveis erros humanos que podem ocorrer no processo.

Para atingir tal objetivo, os autores (2017) destacam como técnica de design de experiência com produtos e serviços a Descrição de personas e os Cenários de interação, ou seja, um rico detalhamento das características dos indivíduos, e a simulação de situações reais de uso do design, que variam os usuários em mais ou menos ativos e se limitam às possibilidades da tecnologia escolhida.

O fluxograma do processo de design audiovisual, que analisa a produção, a interação e os métodos de fruição, leva “em conta cinco papéis que podem ser executados pelo indivíduo: a audiência, o sintetizador, o modificador, o jogador e o produtor.”. (BECKER, *et al*, 2017, p. 4), conforme se vê na Figura 22.

Figura 22 – Fluxo do processo de design audiovisual



Fonte: Becker et al (2017, p. 13).

Este desenho de relações descreve o processo de produção de conteúdos audiovisuais, levando em conta os seguintes componentes:

- i. **Conteúdo** – formato, tema e narrativa;
- ii. **Interação do indivíduo;** e
- iii. **Etapas de fruição**, planejadas conforme o engajamento do indivíduo, que, a depender do momento, pode exercer diferentes papéis, tais como:
 - a. **Audiência** – quase ausência de interação; passivo
 - b. **Sintetizador** – recomendam, comentam e compartilham suas preferências; envolve engajamento;

- c. **Modificador** – manipulam e recriam conteúdos do seu interesse; supera o engajamento; rumo à apropriação;
- d. **Produtor** – criam conteúdo original, sendo independentes, de certa forma; distribuem conteúdo;
- e. **Jogador** – domina todas as habilidades dos perfis anteriormente descritos; buscam conteúdos desafiadores que os levem à alguma ação.

No desenvolvimento de conteúdo audiovisual, portanto, Becker *et al* (2017) asseveram ser necessário considerar os seguintes aspectos relacionados aos papéis do usuário:

- i. **Conteúdo** – varia de acordo com o tipo de usuário;
- ii. **Identidade** – a audiência ativa ou passiva baliza a proposição de interação no conteúdo;
- iii. **Motivação** – varia de acordo com o tipo de usuário;
- iv. **Experiência** – recursos interativos, desafios e complexidade para a prática.

2.3.5 Conectivismo

Desde o final da década de 1970, as tecnologias digitais têm influenciado o modo de viver, de se comunicar e de aprender. Se, antes, o conhecimento durava décadas, hoje ele muda em poucos anos, no máximo. Se as sociedades mudaram, na sua maioria, estes indivíduos também mudaram. Sendo assim, era de se esperar que o ambiente escolar refletisse a sociedade em que está inserida, mas ainda vemos serem reproduzidos os mesmos padrões estabelecidos há quase 300 anos. (SILVA, 2014).

Neste sentido, procedimentos de ensino e aprendizagem estabelecidos no século XVII não poderiam ser válidos para o contexto do século XXI. Conforme pensa Prensky (2001, p. 1), “Nossos alunos mudaram radicalmente. Os alunos de hoje não são os mesmos para os quais o nosso sistema educacional foi criado.”, conceitualmente, eles nasceram cercados e utilizando tecnologias digitais de comunicação, de modo que eles pensam e processam informação de forma bem diferente do que as gerações que os antecederam.

Os Nativos Digitais estão acostumados a receber informações muito rapidamente. Eles gostam de processar mais de uma coisa por vez e realizar múltiplas tarefas. Eles preferem os seus gráficos antes do texto ao invés do oposto. Eles preferem acesso aleatório (como hipertexto). Eles trabalham melhor quando ligados a uma rede de contatos. Eles têm sucesso com gratificações instantâneas e recompensas frequentes. Eles preferem jogos a trabalhar “sério”. (PRENSKY, 2001, p. 2).

Tendo estes encaminhamentos em mente, seria de se esperar que um processo de ensino e aprendizagem desalinhado às características e aos interesses destes novos estudantes despertasse neles mais interesse pela educação informal. “Isso significa ir mais rápido, menos passo-a-passo, mais em paralelo, com mais acesso aleatório, entre outras coisas.” (PRENSKY, 2001, p. 4) e elaborar uma metodologia apropriada para cada conteúdo ou disciplina, tendo os próprios estudantes como fonte de informação.

O desenvolvimento de tecnologias digitais de informação e comunicação resultou em abundância conhecimento, e o Conectivismo se destaca como uma teoria de abordagem mais aderente à era digital, apontando que as teorias de aprendizagem até então elaboradas são insuficientes para abraçar estas mudanças e alcançar as necessidades dos indivíduos na era digital, ao passo que o Conectivismo busca atender às novas necessidades dos sujeitos do século XXI, e considerar as realidades introduzidas pelo desenvolvimento tecnológico e que surgiram das transformações econômicas, sociais e culturais (SIEMENS, 2004).

Um princípio central da maioria das teorias de aprendizagens é que a aprendizagem ocorre dentro de uma pessoa. [...] Estas teorias não fazem referência a aprendizagem que ocorre por fora das pessoas [...] Também falham ao descrever como ocorre a aprendizagem no interior das organizações. (SIEMENS, 2004, p. 4).

No contexto do mundo conectado, em rede, promovendo abundância de informação, ressalta-se a importância de avaliar rapidamente a importância do que se aprende, não só pelo ciclo de vida mais curto da aplicabilidade dos conhecimentos, mas também em razão de não ser possível experimentar pessoalmente todas as aprendizagens supostamente necessárias para atuar nos diversos cenários da vida – grande parte do conhecimento necessário, agora, é adquirido observando a experiência de terceiros. A capacidade para aprender é mais importante do que o que já se sabe, por isso, o desafio da aprendizagem digital é “ativar o conhecimento no ponto de aplicação.” (MOTA, 2009, p. 108).

Linearidade não pode ser o alicerce para o sistema de educação na era da informação. Nesta fase é fundamental construir modelos com formato não linear que facilitem a aprendizagem. Afinal, aprender e pensar não são processos lineares (PRADO, 2018, p. 36).

No conceito do Conectivismo, o que se aprende também é importante, uma vez que o conhecimento aplicável, para Siemens (2004), é aquele que falta ao indivíduo para desenvolver determinada tarefa, quer dizer, o currículo formal escolar poderia ser revisitado, de modo a buscar o equilíbrio com a aprendizagem informal, associada às necessidades e interesses individuais – característica informal e não estruturada da aprendizagem. A aprendizagem também ocorreria fora das mentes, estando disponível em organizações e artefatos, e pode ser acessada no caos das redes de comunicação e informação, sendo necessário ao indivíduo aprender a conectar as fontes de informação para adquirir os conhecimentos necessários para a sua atuação. Sendo assim, seria interessante que o estudante tivesse consciência da sua parcela de responsabilidade sobre a sua aprendizagem. Para Siemens (2004), esta necessária habilidade para a aprendizagem na era digital é chamada de autogestão do conhecimento.

Um outro pilar do Conectivismo é, segundo Siemens (2004), o contraditório, as vozes dissonantes. Prado (2018, p. 40) corrobora dizendo que a ideia é “incentivar o debate e a discordância, melhorar as habilidades de pensamento crítico dos estudantes e sua criatividade”. O Quadro 17 apresenta perguntas norteadoras que revelam algumas propriedades das teorias de aprendizagem.

Quadro 17 – Propriedades do Conectivismo

Propriedades	Conectivismo
Como ocorre a aprendizagem?	Distribuído em rede, social e potencializado pela tecnologia. Reconhecimento e interpretação de padrões.
Que fatores influenciam a aprendizagem?	Diversidade da rede.
Qual é o papel da memória?	Padrões adaptativos. Representativos do estado atual existente nas redes.
Como ocorre a transferência?	Conexão com as fontes de informação

Que tipos de aprendizagem são mais bem explicados por esta teoria?	Aprendizagens baseadas em diversas fontes de conhecimento.
---	--

Fonte: elaborado pelo autor (2020), adaptado de Mota (2009).

Esta nova teoria da aprendizagem considera que a tomada de decisão, a seleção das informações, do que é importante, e a atualização constante para sua formação, não está, necessariamente, armazenada na memória humana, encontra-se em outros dispositivos de rede estabelecendo as conexões necessárias para a aprendizagem. (PILONETTO, RODRIGUES, PAZ, 2018, p. 219).

Neste capítulo, foram observados aspectos fundamentais design instrucional de conteúdos educacionais, educação a distância, Conectivismo, aprendizagem digital e modelagem audiovisual, encerrando, com isso, o referencial teórico desta pesquisa.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A revisão bibliográfica da pesquisa teve início em agosto de 2019, sendo finalizada em agosto de 2020. Em razão do grande alcance da internet, as buscas nas plataformas digitais Scielo, Capes e Google Acadêmico tiveram o propósito de enriquecer e complementar as escolhas de leituras de livros relacionados aos temas desta pesquisa, formando as bases teóricas que a sustentam.

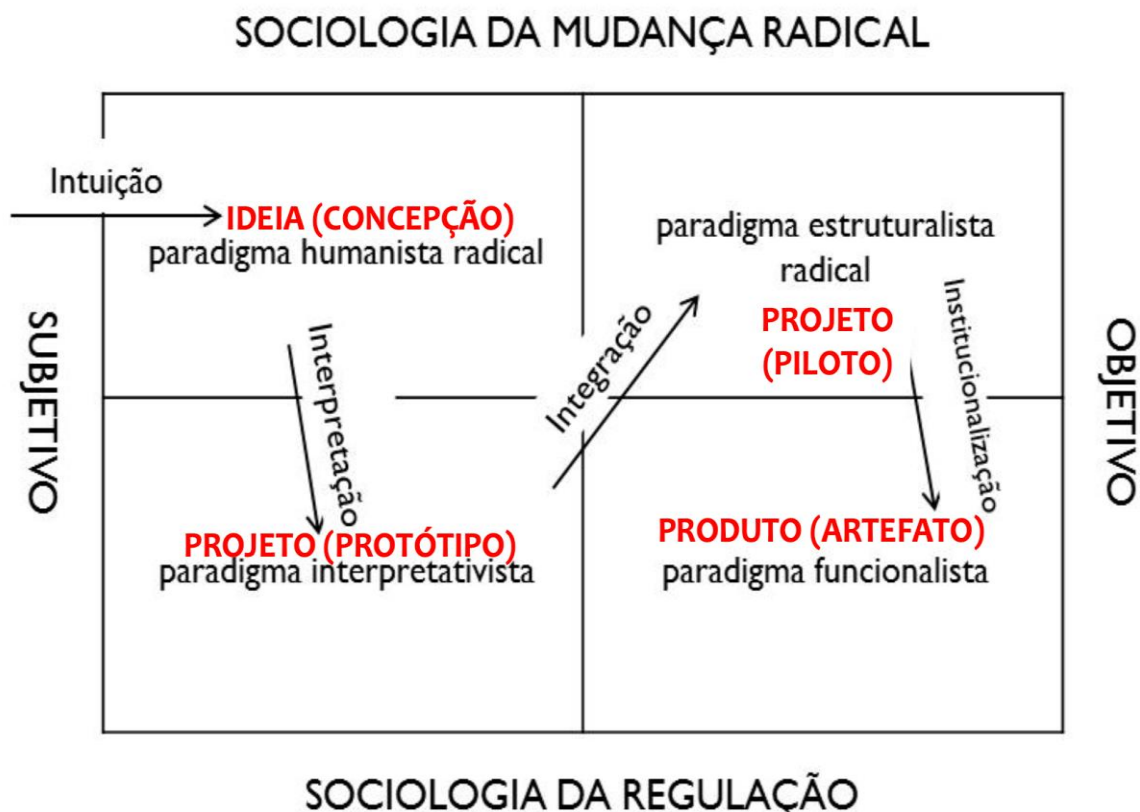
O protocolo de pesquisa nas citadas bases de dados apresentou os seguintes descritores: design instrucional, carga cognitiva, *multimedia learning*, conteúdos educacionais, videoaulas ead, tecnologias educacionais, gerações educação a distância, neurociência cognitiva, neurônios, atenção, memória, emoção, sensação e percepção, sinal, signo, símbolo, imagem mental, aprendizagem digital, conectivismo. Ainda, o autor contou com a indicação pontual do orientador desta pesquisa em relação a textos elementares para a construção desta dissertação.

O critério de exclusão se deu sobre os descritores acerca da neurociência cognitiva: optou-se por excluir os resultados mais avizinados à psicologia cognitiva, dando-se preferência aos textos mais alinhados às questões biológicas, fisiológicas e anatômicas do cérebro, que continham enfoque na relação entre aprendizagem e formação de memórias. Posteriormente, entendendo ser necessário o suporte da psicologia cognitiva para se explicar os fatos que se pretendia, foram feitas leituras de artigos, dissertações e livro sobre os temas da psicologia cognitiva, complementando, desta forma, a pesquisa para que estivesse bem sustentada.

3.1 Caracterização da pesquisa

Uma vez que se trata de um programa de mestrado profissional, que, portanto, traz a necessidade de desenvolver um produto, esta pesquisa científica, quanto a sua natureza, classifica-se como uma pesquisa aplicada, no paradigma funcionalista de Morgan (1980), que se baseia na suposição de que há um padrão implícito e uma ordem no sistema social, e teoriza sobre a orientação das ações, em um determinado contexto, para o alcance de estados futuros, por meio da interação e da modelagem de comportamento. O conhecido diagrama elaborado pelo autor é representado na Figura 23, a seguir.

Figura 23 – Diagrama dos paradigmas de Morgan



Fonte: Morgan (1980).

No eixo que representaria os pressupostos metateóricos sobre a natureza da ciência, esta pesquisa tem caráter objetivo, enquanto no eixo que simbolizaria as premissas metateóricas sobre a natureza da sociedade, esta pesquisa repousa sobre o quadrante funcionalista.

Com relação a sua abordagem, tendo em vista o contexto do processo educativo, esta pesquisa tem cunho qualitativo, entendendo que os dados coletados na realidade desta abordagem são textuais e marcados pela expressão subjetiva dos sujeitos da pesquisa. Para Triviños (1987, p. 117-118), as pesquisas qualitativas baseiam-se na fenomenologia, sem a necessidade de apoiarem-se em dados estatísticos – sem, contudo, serem especulativas.

Quanto aos seus objetivos, esta pesquisa caracteriza-se como sendo exploratória, pois objetiva explorar, pelo ângulo da neurociência cognitiva e psicologia cognitiva, o problema da carga cognitiva da aprendizagem dos conteúdos educacionais preparados para educação digital. Para Gil (2007, p. 27), este tipo de pesquisa se desenvolve quando se tem por objetivo “desenvolver, esclarecer e

modificar conceitos e idéias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores.”.

Recursos educacionais, como as videoaulas e os conteúdos textuais, elaborados segundo pressupostos da neurociência cognitiva e da psicologia cognitiva, seriam valiosos para elevar o desempenho dos estudantes, pois o fator emocional influencia diretamente a atenção, que modera a memória de trabalho, considerada a central de controle e processamento das informações captadas pelos sentidos, resultando em registros na memória de longo prazo que utilizam mais ou menos redes neurais, ou seja, o local de registro de experiências de aprendizagem, bem como em mais ou menos eficientes processos de evocação destes registros, como no momento das provas, por exemplo. Neste sentido, a pesquisa exploratória deve ser escolhida quando o tema ainda é pouco explorado e torna-se difícil formular hipóteses precisas e operacionalizáveis.

Como ponto de partida, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, que teve por objetivo levantar as fontes já compartilhadas em relação ao tema desta pesquisa e ainda situar o pesquisador com o universo do estudo proposto. Tal pesquisa envolveu a busca por materiais científicos sobre design instrucional, elaboração de conteúdos educacionais e neurociência cognitiva.

Após estabelecer o aporte teórico necessário para a pesquisa, a estratégia eleita foi a bibliográfica, resultando em um framework de elaboração de conteúdos educacionais para a aprendizagem digital, baseado em neurociência cognitiva e psicologia cognitiva. Para Gil (2007, p. 50),

A pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científico [...] A principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente.

A partir da pesquisa bibliográfica, foi possível realizar uma análise sobre o objeto da pesquisa em busca de subsídios indispensáveis para atender ao objetivo da pesquisa. Outro aspecto que caracteriza a estratégia de pesquisa bibliográfica, segundo Moreira e Caleffe (2006), é que coloca o pesquisador em contato direto com o que já foi produzido na área em questão, exigindo a crítica reflexão sobre os textos consultados na pesquisa.

O instrumento de coleta de dados para análise desta pesquisa é a avaliação, que tem como propósito

ajudar a fazer um julgamento confiável a respeito da qualidade de: 1) determinados programas na escola; 2) procedimentos como métodos de ensino; 3) produtos como materiais instrucionais. Os dados são obtidos de materiais avaliados e de pessoas que os estão usando. Estes dados são então comparados a um conjunto de critérios usados para indicar qualidades desejáveis. (MOREIRA e CALEFFE, 2006, p. 80).

A coleta de dados análise, para tanto, foi feita pelo próprio autor da pesquisa, que receberá acesso aos conteúdos educacionais digitais para analisar a forma como são elaborados, a fim de evidenciar os pontos de melhoria em relação ao objetivo desta pesquisa, que é elaborar conteúdos educacionais baseado nas evidências da neurociência cognitiva e da psicologia cognitiva aplicáveis à aprendizagem digital. O acesso será realizado pela ferramenta de links da IES, onde deve-se digitar o nome da disciplina e abrir o link de cada aula, que é composta, na sua maioria, por videoaulas, slides, textos para leitura em PDF e exercícios.

A amostragem a ser analisada diz respeito a um curso superior da área de exatas, na modalidade a distância, não de todas as disciplinas da grade curricular, mas apenas das disciplinas iniciais, do primeiro ano de curso, que têm caráter mais introdutório, abrangente, aumentando, assim, as possibilidades de observar as questões da carga cognitiva dos conteúdos educacionais analisados. Outro motivo para esta escolha diz respeito à metodologia de ensino da IES, que considera oferecer também no primeiro ano de curso disciplinas de adaptação à modalidade à distância, ao sistema acadêmico e às ferramentas do ambiente virtual de aprendizagem, demonstrando preocupação com a carga cognitiva do estudante.

Neste sentido, as disciplinas selecionadas para análise e coleta de dados foram assim denominadas: Disciplina A, Disciplina B, Disciplina C, Disciplina D, Disciplina E e Disciplina F.

3.2 Descrição do produto da pesquisa

Para obter o rigor da pesquisa científica, bem como a sua precisão e credibilidade, no sentido de evidenciar onde o docente ou designer instrucional deve atuar nas adequações didáticas dos conteúdos educacionais, de forma que estejam

mais aderentes às evidências da neurociência cognitiva e da psicologia cognitiva para a aprendizagem digital, o framework foi aplicado sob dois pontos de vista: a do próprio pesquisador, coletando dados empiricamente; e a dos autores que efetivamente elaboram tais conteúdos educacionais.

Para coletar os dados empiricamente, optou-se por utilizar como instrumento de avaliação o conceito da ferramenta de mapeamento de processos chamada As-Is To-Be²⁸, adaptado de forma simplificada à realidade da pesquisa, visando expor um quadro de comparação em relação ao levantamento da situação atual, As-Is – descrição textual do processo – e a modelagem da situação futura, To-Be – derivada da existente. Este enquadramento permitiu observar e avaliar como o professor ou designer instrucional elabora seus materiais na realidade atual, e, comparativamente ao framework, evidenciar os desalinhamentos encontrados e, assim, reconhecer o potencial para melhoria, a partir de um conjunto de intervenções que visam transformar um saber, para torná-lo mais simples de ser ensinado e, por conseguinte, mais compreensível.

3.2.1 Levantamento da situação atual | AS-IS

Para este propósito, optou-se por pedir acesso ao sistema de links de conteúdos educacionais para que o autor tivesse contato com o objeto de pesquisa para realizar observação, análise e proceder a coleta dos dados acerca de como são elaborados os conteúdos educacionais na realidade atual de um público específico – já descrito anteriormente – podendo, desta forma, identificar se seguem as premissas apontadas como relevantes pela neurociência cognitiva e da psicologia cognitiva aplicáveis à aprendizagem digital.

Sendo assim, no mês de outubro de 2020, foi realizada uma reunião entre o professor orientador desta pesquisa, o coordenador do curso em questão, na

²⁸Para Davemport (1993) e Hammer (1993), citados por Castela e Tribolet (2004, p. 1), o modelo chamado As-Is representa a forma como os processos são executados na vida real, no contexto de uma organização, enquanto o modelo To-Be reflete alterações futuras aos processos, implementáveis ou não. O modelo de processos As-Is To-Be tem como objetivos servir de base para a melhoria dos processos e para a inovação dos processos; entre outros.

modalidade a distância, e este autor, no sentido de explicar a proposta da pesquisa e verificar a possibilidade de firmar apoio, a fim de analisar os conteúdos educacionais e dar andamento aos processos metodológicos. Para atingir este fim, o instrumento de coleta de dados utilizado foi, portanto, o Quadro AS-IS TO-BE – que será apresentado a partir da seção 4. Descrição e Análise dos Resultados.

3.2.2 Modelagem da situação futura | TO-BE

Para a modelagem da situação desejada ou futura, optou-se por descrever e estruturar o conjunto de características a serem consideradas na elaboração de conteúdos educacionais segundo as evidências da neurociência cognitiva e da psicologia cognitiva aplicáveis à aprendizagem digital.

De acordo com Sweller, Van Merrienboer, Paas (1998), a carga cognitiva extrínseca de conteúdos educacionais pode ser reduzida com eficiência instrucional, ou seja, redirecionando a atenção do estudante do que é considerado irrelevante para a aprendizagem, para o que considerado relevante para a aprendizagem, e em especial em prol da construção de esquemas.

Neste sentido, no que tange ao oferecimento de atividades de prática, para diminuir a carga cognitiva extrínseca dos conteúdos, maximizar a eficiência instrucional e, com isso, facilitar a compreensão de assuntos complexos, seria interessante que o docente adotasse, na medida da necessidade de cada conteúdo educacional, uma ou mais destas abordagens apresentadas no Quadro 18, propostas por Sweller, Van Merrienboer, Paas (1998).

Quadro 18 – Framework de abordagens de elaboração de atividades de prática baseado na neurociência e psicologia cognitiva

Ação	Efeito
Exemplo resolvido	Altamente aderente à aprendizagem pelo cérebro, resolver problemas e elaborar questionamentos sobre eles leva à construção de esquemas gerais porque direciona a atenção ao que se pede no problema e suas possíveis soluções associadas, desde que não tragam informação redundante ou não formem uma sequência de exemplos resolvidos de baixa variação.
Atividade sem objetivo	Sem ter o objetivo especificado na atividade, resta ao estudante encontrar uma maneira de analisar e buscar solução ao que se pede no problema – exatamente o necessário para construir esquemas. Exemplo: em vez do enunciado: “Um carro, não uniformemente, acelera de zero por 1 minuto. Sua velocidade final é de 2km/min. Qual distância foi percorrida?” sugere-se, ao final: “Calcule o valor do maior número de variáveis que você puder.”. (p. 21-22 – tradução livre)
Atividade de conclusão	São problemas para os quais são fornecidos um enunciado, uma pergunta e uma parte da solução, cabendo ao estudante completá-la. À medida que o estudante vai adquirindo <i>expertise</i> , diminui-se a parcela da solução oferecida.

Fonte: adaptado de Sweller, Van Merriënboer, Paas (1998).

Da mesma forma, para elaborar conteúdos educacionais, o docente ou designer educacional precisaria observar as características apresentadas no Quadro 19, que têm como referência os estudos Sweller, Van Merriënboer, Paas (1998) sobre Carga Cognitiva em materiais instrucionais; Mayer (2009) sobre Aprendizagem Multimídia; Willingham (2011) sobre o processo do pensamento durante a aprendizagem, Dehaene (2012) e Kandel *et al* (2014) sobre o processamento sensorial pelo cérebro; Tokuhami Espinosa (2014) e Cosenza (2015) sobre atenção; e Izquierdo (2018) sobre consolidação das memórias, e tiveram sua nomenclatura interpretada e modificada para ganharem maior compreensão acadêmica, com uma nomenclatura mais didática.

Quadro 19 – Framework de elaboração de conteúdos educacionais para a aprendizagem digital, baseado em neurociência cognitiva e psicologia cognitiva

Premissa	Ação	Justificativa
Modalidade e multimídia	Utilize ambos os canais de processamento da memória de trabalho simultaneamente para equilibrar as fontes de informação e não saturar um canal. Procure diversificar as fontes de informação, utilizando estratégias como: imagem + texto; imagem + áudio; Imagem + toque (quando na prática), por exemplo.	Uma informação é quebrada em estímulos sensoriais (verbal, tátil, auditivo, visual, olfativo) para encontrar registros associados nos diferentes locais do córtex cerebral. Dehaene (2012). A prática de variadas formas contribui para a construção de esquemas porque aumenta a carga cognitiva relevante, bem como a probabilidade de encontrar na mente do estudante uma relação já existente. Sweller, Van Merrienboer, Paas (1998).
Protocolo para informações visuais e textuais	Use texto à direita e imagem/rostos à esquerda da tela, quando estiverem aparecendo de forma simultânea. Isso otimiza o processamento da leitura e melhora a associação da imagem ao que foi lido. Mantenha as imagens à esquerda quando só tiver imagem na tela. Definir uma posição forma uma memória (as imagens estão sempre ali), agilizando seu processamento. Se um texto e uma imagem, por exemplo, dependem um do outro para serem compreendidas, as fontes de informação devem ficar física e temporalmente juntas	Letras são processadas no hemisfério esquerdo, na região occipito-temporal. Rostos e paisagens também, mas se houver concorrência (simultaneidade), a região occipito-temporal dará preferência ao processamento das letras. Informações emocionais (imagens e sons, por exemplo) são processadas no hemisfério direito e auxiliam a transmitir o estado de espírito e as intenções do falante, facilitando a interpretação do significado da frase. Dehaene (2012). Colocar um estímulo sempre no mesmo local reduz o tempo de reação do cérebro e deixa seu processamento com maior desempenho,

	para não delegar tal tarefa à memória de trabalho.	sugerindo um planejamento do movimento ocular para aquele ponto. Kandel <i>et al</i> (2014).
Destaque sonoro e visual para chamar a atenção	Nos vídeos, procure planejar momentos para que seja inserido um destaque sonoro, com o objetivo de chamar a atenção do estudante para algo importante da sua exposição oral. Nos textos de aula ou slides de vídeo, procure aplicar destaque no que é considerado relevante para a aprendizagem, com o uso de cores e luz/sombra, por exemplo. Podem ser até mesmo um padrão, como a criação de uma seção de Resumo dos principais pontos da aula, por exemplo.	A orientação dos movimentos da cabeça e dos olhos é auxiliada pelo colículo superior ipsilateral, em resposta a um som. Dehaene (2012). A atenção do cérebro será direcionada para estímulos significativos, ou seja, que possam trazer consequências importantes. Cosenza (2015). O surgimento abrupto de um estímulo visual representa respostas intensas da atenção, mas elementos estáveis no mundo visual raramente são objeto de atenção. Kandel <i>et al</i> (2014).
Segmentação de conteúdo – Ciclos de até 20 min	Divida o conteúdo de aprendizagem em unidades menores, oferecendo ao estudante um processamento de forma estruturada, permitindo, com isso, que ele mesmo promova as articulações entre as unidades, tornando simples um conceito complexo. No contexto dos nativos digitais, a capacidade de atenção seletiva é de até 20min.	A capacidade de atenção do estudante se esgota entre 10 e 20 minutos. Tokuhami Espinosa (2014).
Desafio após a aquisição de um conhecimento	Para manter alto o nível de atenção dos estudantes, a cada intervalo, de no máximo 20 min, se possível, varie em um ou mais destes aspectos: interlocutor (professor); lugar (estúdio, externa, sala de aula, quadro negro, lousa interativa, etc.); e atividade/dinâmica	Um estresse moderado logo após a aquisição da memória pode melhorar a sua consolidação; enquanto uma experiência nova logo após a aquisição de uma memória (até 2 horas após) pode danificar seu processo de consolidação. Izquierdo (2018).

	(teoria/exposição, prática, simulação, vídeo de resolução de exercícios; aplicação em contexto real, etc.). Estas mudanças são estimulantes para o cérebro. Não aplique um novo conteúdo, mas reflita e trabalhe sobre o conteúdo atual.	
Investindo tempo na lógica do conteúdo	Apenas desafie o estudante com uma análise/resolução de problema quando ele estiver familiarizado com a estrutura de regras de resolução. Invista tempo inicialmente na exposição das regras e no contato com elas por meio de prática guiada (exercícios resolvidos) e exemplos cotidianos (contexto real de utilização).	Provavelmente serão deficientes os resultados de conteúdos de aprendizagem que requeiram envolver assuntos novos em processos complexos de raciocínio, como acontece na aprendizagem pela descoberta; mas provavelmente serão eficientes os resultados de conteúdos de aprendizagem planejados no sentido de facilitar ao estudante a aquisição de conhecimentos específicos. A “exemplificação” é a forma mais eficiente de instrução, comparada à “resolução de problemas” e às “descobertas práticas guiadas”, porque envolve menor esforço cognitivo. Uma nova tarefa não será completada com êxito antes que seus pré-requisitos de aprendizagem sejam aprendidos e automatizados, liberando capacidade de processamento da memória de trabalho. Os pré-requisitos de aprendizagem devem ser apresentados segundo a capacidade da memória de trabalho em processar informações relacionadas entre si – qualquer coisa além de 3 informações simultâneas parece exceder esta capacidade de processamento.

		Quanto maior o nível de interação entre os elementos de um assunto, maior é a sua carga cognitiva intrínseca, pois mais elementos estão sendo trabalhados simultaneamente na memória de trabalho. Sweller, Van Merrienboer, Paas (1998).
Complexidade progressiva	Procure organizar os conteúdos da sua disciplina seguindo uma lógica progressiva de complexidade dos assuntos, do menos complexo ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens.	À medida que deixam de ser ingressantes e se aprofundam nos conteúdos do currículo, é importante considerar oferecer ao estudante um aumento gradual de complexidade de assuntos, cuja carga cognitiva intrínseca não se pode influenciar. Sweller, Van Merrienboer, Paas (1998).
Oralidade e escrita	Utilize linguagem dialógica nos textos de leitura de aula para buscar criar vínculo de proximidade do estudante com o texto/conteúdo, simulando a relação professor-aluno estabelecida naturalmente em sala de aula. Procure escrever de forma objetiva, eliminando o que for desnecessário, tanto de texto quanto de imagem. Ao utilizar duas ou mais fontes de informação, verifique se elas se complementam ou se estão apenas sendo redundantes. Obs.: a redundância pode ser benéfica para estudantes ingressantes, mas perdem a eficácia em estudantes mais avançados.	O Princípio da Coerência Textual tem por objetivo oferecer apenas o que for relevante, diminuindo o processamento de informações desnecessárias; e o Princípio da Personalização tem por objetivo promover aproximação com o estudante, a partir do uso de mecanismos de linguagem oral na linguagem escrita. Mayer (2009). De modo geral, para evitar redundância, observe se as fontes de informação utilizadas de fato se complementam, mas permita algumas redundâncias para que estudantes ingressantes se beneficiem delas. Sweller, Van Merrienboer, Paas (1998).

Concreto e familiar	Para exercitar assuntos considerados complexos, que requeiram o desenvolvimento do pensamento abstrato, como cálculo de área, teorias quânticas e velocidade, por exemplo, utilize exemplos com algo concreto e familiar. Concreto para ser aderente ao processo cognitivo, e familiar para ser aderente às estruturas cognitivas. O cérebro tem mais facilidade quando se cria uma imagem mental.	Segundo Willingham (2011), conceitos abstratos, como cálculo de área, teorias quânticas e velocidade, por exemplo, são considerados complexos e o cérebro teria preferência pelo que é concreto, quer dizer, que permitiria estabelecer a criação de uma imagem mental. O autor considera que quando se utiliza um contexto adverso do escolar, como exemplos reais de utilização, por exemplo, resulta em dificuldade de associação à estrutura de solução aprendidas. Dessa forma, sugere-se oferecer exemplos em diferentes contextos, durante a aprendizagem, para ampliar suas possibilidades de interpretação.
-----------------------------------	--	--

Fonte: elaborado pelo autor (2020), com base em Sweller, Van Merrienboer, Paas (1998); Mayer (2009); Willingham (2011); Dehaene (2012); Kandel *et al* (2014); Tokuhami Espinosa (2014); Cosenza (2015); Izquierdo (2018).

3.3.3 Validação do produto

Para verificar o ponto de vista prático dos autores que efetivamente elaboram tais materiais, em relação à utilização das 10 premissas na elaboração de conteúdos educacionais, foi feito um convite para 40 professores da área de exatas. Eles foram orientados, por e-mail, a acessar o link do produto para conhecer as premissas e responder a 10 perguntas, uma sobre cada uma das 10 premissas, e justificar suas escolhas.

O texto de e-mail consta no Apêndice 01. No próximo capítulo é apresentada a análise dos dados obtidos neste estudo.

4 APRESENTAÇÃO, INTERPRETAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados aqui apresentados foram separados em relação aos dados coletados e analisados, e em relação à validação feita pelos docentes a quem foi enviado o link do produto desta pesquisa, seção denominada painel de especialistas.

4.1 Dados coletados, interpretados e analisados

Esta análise, essencialmente, abrangeu os seguintes itens que, de forma geral, compõem as aulas: videoaula – e eventualmente a versão impressa dos slides usados pelos professores – telas digitais, texto de leitura das telas e exercícios. Esses conteúdos dizem respeito às disciplinas denominadas A, B, C, D, E e F.

Importante esclarecer que a *Premissa 7: Complexidade Progressiva* foi observada em todas as aulas, mas apenas ao final de cada disciplina foi possível atribuir um valor, uma vez que somente ao final pode-se constatar a progressão da complexidade dos assuntos. Desta forma, a nota da Premissa 7 foi atribuída à disciplina, e não a cada aula, como foi o procedimento adotado para as demais premissas.

Também vale estabelecer antecipadamente o entendimento sobre a desnecessidade de avaliar todas as 10 premissas em todas as 6 disciplinas. Ao contrário, a cada disciplina analisada, avaliou-se seu conteúdo e, em conformidade com o que roga cada premissa e o entendimento deste autor, optou-se eventualmente pela adoção do termo “não se aplicada”, deixando, assim, de avaliar determinada premissa em determinada disciplina.

Outro destaque importante é quanto aos quadros AS-IS TO-BE de cada disciplina. Optou-se por unir as informações do Quadro 18, elaboração de atividades de prática, e do Quadro 19, sobre elaboração de conteúdos, resultando, assim, num quadro único, para facilitar a exposição das análises.

Ainda, e finalmente, é preciso situar o leitor em relação ao volume de informações geradas com esta análise, para que, assim, possa-se justificar algumas decisões tomadas, em benefício da pesquisa e da leitura de quem possa interessar esta pesquisa:

- Foram analisadas, como já mencionado, 6 disciplinas, compostas por seis aulas;
- Cada aula é composta por vídeo, telas digitais, slides usados pelo professor nas projeções, e documento de leitura em PDF;
- Para cada aula foi observada a sua aderência atual em relação às 10 premissas da neurociência cognitiva e da psicologia cognitiva para elaboração de conteúdos educacionais para a aprendizagem digital – salvo em situações mencionadas como “não se aplica”

Estas relações resultaram em uma dissertação, até este ponto, inacabada, com mais de 500 páginas, gerando a necessidade de se estabelecer uma forma sintética de apresentação. Desta forma, os resultados doravante apresentados foram resumidos da sua versão original para não gerar cansaço na leitura. Optou-se por apresentar imagens de exemplo apenas na disciplina denominada A, as demais disciplinas apresentarão todas as informações, senão as imagens de ilustração.

4.1.1 Disciplina A

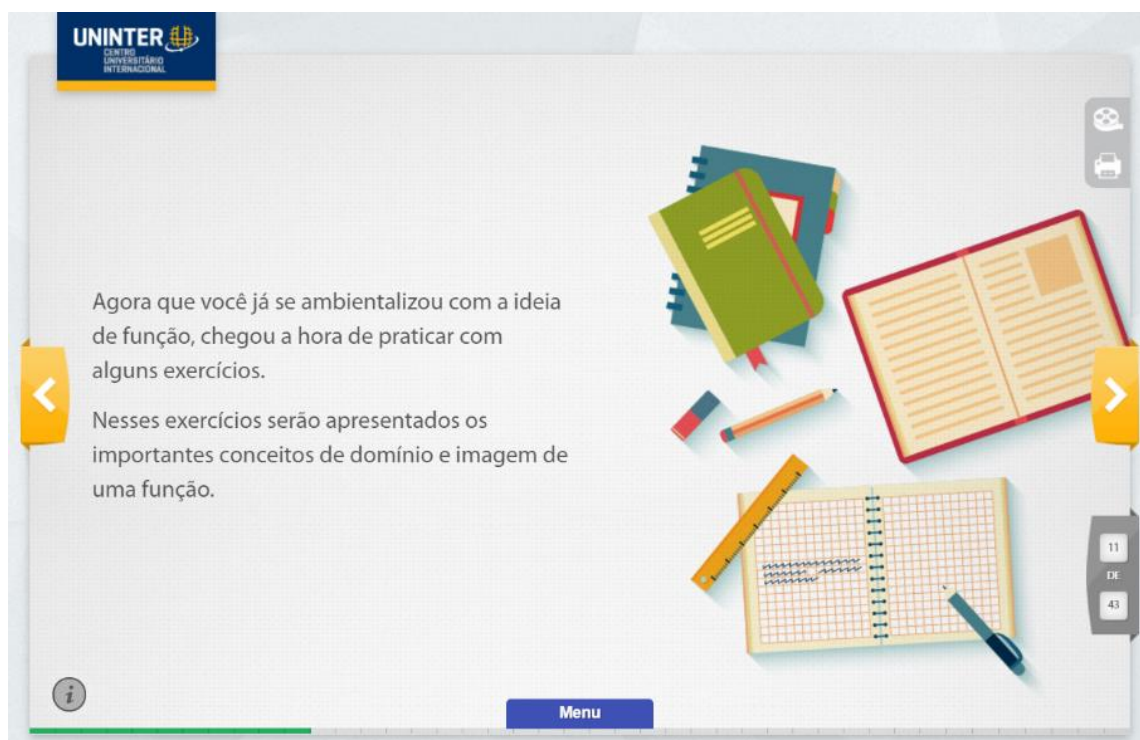
Premissa 01: Modalidade e Multimídia

Ao longo das aulas foram utilizadas variações das fontes de informação, de forma simultânea: texto/vídeo e imagem; e imagem/texto e áudio.

Premissa 02: Protocolo para informações visuais e textuais

Quando apresentou texto e imagem juntos nas telas, em geral, não adotou o protocolo, como se pode observar na Figura 24.

Figura 24 – Não atendimento ao protocolo para texto e imagem, na tela digital



Fonte: UNINTER (2020).

Quando as informações eram consideradas complementares, muitas vezes ficaram próximas física e temporalmente, sendo fundamental para a interpretação gráfica ter o texto explicativo junto, ainda que não atendendo ao protocolo para imagens e texto.

Figura 25 – Proximidade física e temporal de fontes complementares de informação

UNINTER
CENTRO UNIVERSITÁRIO
INTERNACIONAL

09. Uma pessoa está à beira de um lago quando observa sob ângulo $13,5^\circ$ um ninho de pássaro no alto de um poste de iluminação de 12 metros de altura.

Calcule a largura do lago nesse ponto de observação, desconsiderando a altura do observador.

Resolução:

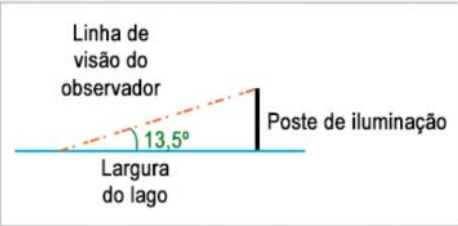


Diagrama: Um triângulo retângulo com o ângulo de observação de $13,5^\circ$. O poste de iluminação (altura de 12 metros) é o cateto vertical. A largura do lago é o cateto horizontal. A linha de visão do observador é a hipotenusa.

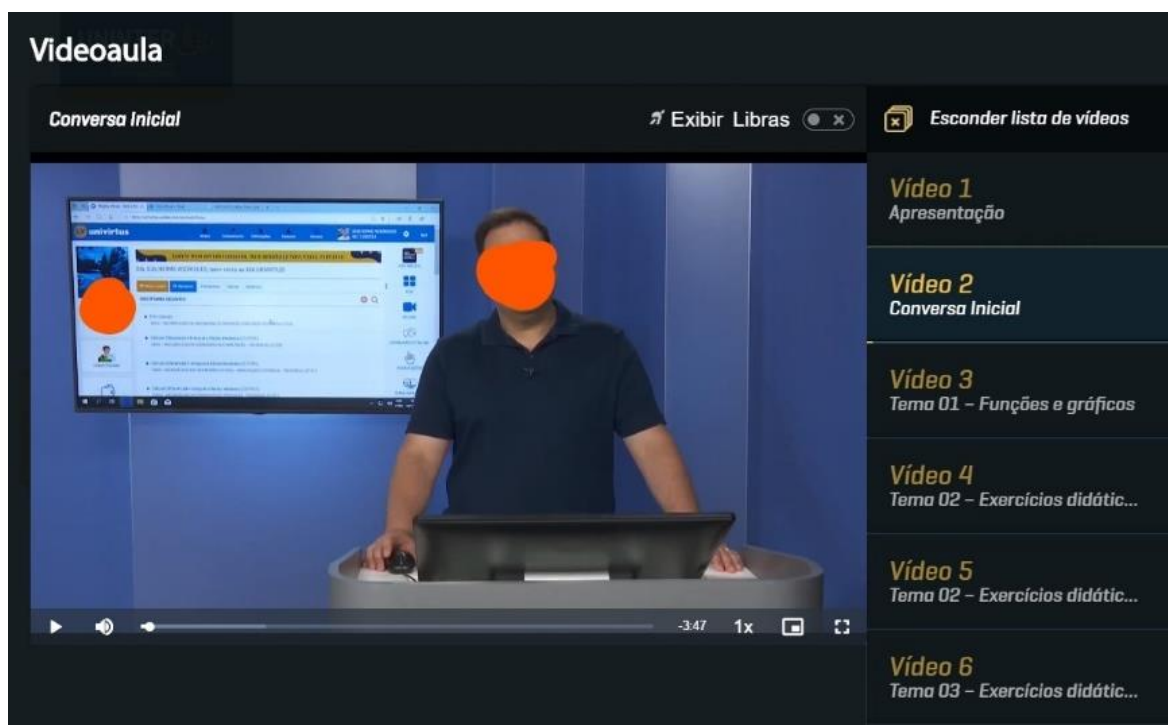
$$\begin{aligned} \operatorname{tg}(13,5^\circ) &= \frac{12}{\text{lago}} \\ 0,2400787591 &= \frac{12}{\text{lago}} \\ 0,2400787591 \cdot \text{lago} &= 12 \\ \text{lago} &= \frac{12}{0,2400787591} \\ \text{lago} &= 50 \text{ m (arredondando)} \end{aligned}$$

Menu

Fonte: UNINTER (2020).

Nos vídeos, também foi observada variações. No caso do púlpito, o professor está à direita e a tela com os textos, à esquerda – não atendendo ao protocolo para informações visuais e textuais.

Figura 26 – Não atendimento ao protocolo para texto e imagem, no vídeo



Fonte: UNINTER (2020).

De forma geral, quando as informações visuais eram mostradas sozinhas, sem texto junto, não houve padronização, ora apareciam ao centro, ora à direita, ora abaixo, ora à esquerda.

Premissa 03: Destaque sonoro e visual para chamar a atenção

O destaque sonoro inexistente. Contudo, houve utilização de destaque visual quando se entendeu necessário enfatizar e destacar um texto em relação aos demais. Inclusive, a premissa foi aplicada de forma simples, sob palavras e termos, determinando sua valência, no sentido de ir traçando um caminho de elementos fundamentais à compreensão do assunto. Via de regra, os destaques são feitos de forma espontânea durante a resolução de exercícios.

Figura 27 – Destaque visual

The screenshot shows a video player interface. The main video area displays a handwritten math problem in Portuguese. The problem is as follows:

EX1. Supondo uma empresa que produz uma peça x que tem seu custo de fabricação R\$ 2,00 por unidade (custo unitário). Sabendo que essa linha de fabricação tem um custo fixo, independente da quantidade fabricada, de R\$ 1.000,00. Monte a função que representa o custo produtivo (custo total) dessa peça.

Below the text, a hand is visible holding a blue marker, drawing a coordinate system with a vertical y-axis and a horizontal x-axis. The x-axis is labeled with a blue 'x'.

At the bottom of the video player, there is a progress bar and a volume icon. The video title 'Videoaula' is visible in the top left corner. On the right side, there is a sidebar with a list of videos:

- Vídeo 1: Apresentação
- Vídeo 2: Conversa Inicial
- Vídeo 3: Tema 01 – Funções e gráficos
- Vídeo 4: Tema 02 – Exercícios didáticos...
- Vídeo 5: Tema 02 – Exercícios didáticos...
- Vídeo 6: Tema 03 – Exercícios didáticos...

Fonte: UNINTER (2020).

Premissa 04: Segmentação de conteúdo – Ciclos de até 20 min

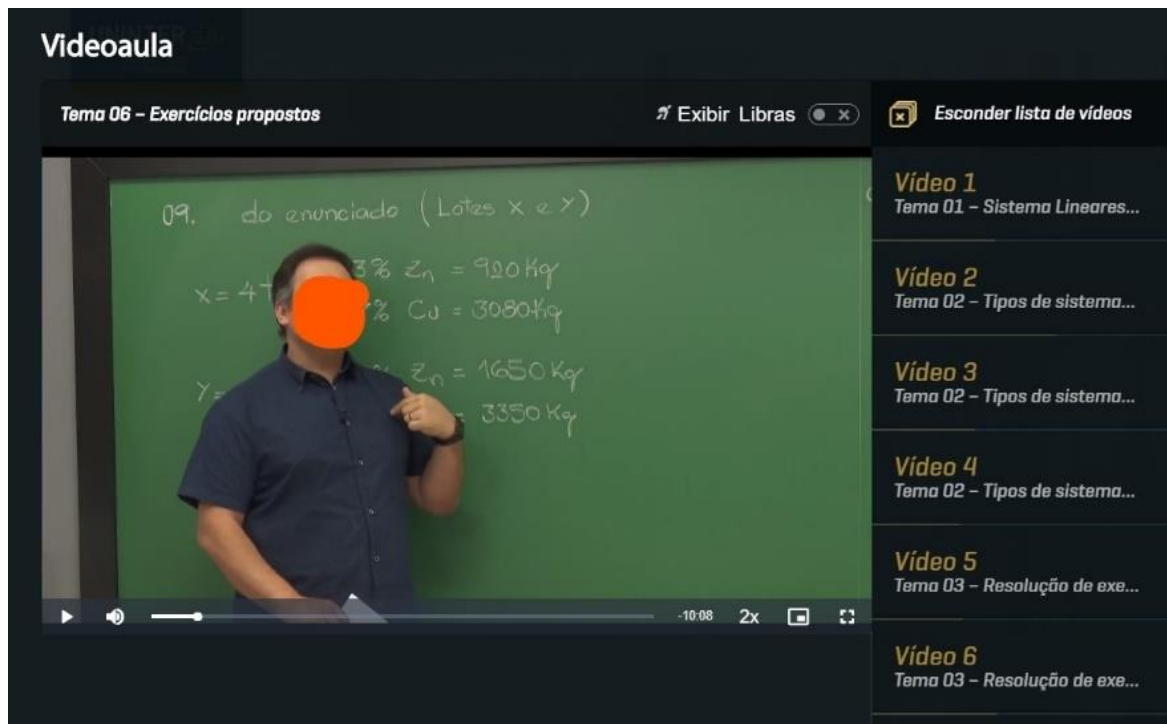
As aulas da disciplina denominada A são divididas em várias unidades menores, de até 10 minutos, permitindo ao estudante promover as articulações entre as unidades, tornando simples um conceito complexo.

Premissa 05: Desafio após a aquisição de um conhecimento

As aulas 1, 2 e 5 variam em termos de dinâmica, ora expondo teoria, com imagem e texto, ora resolvendo exercícios, com texto e voz, mas não o suficiente para manter alto o nível de atenção do estudante, do ponto de vista desta observação feita pelo pesquisador. Já as aulas 3, 4 e 6 se apresentaram um pouco diferente, por ter, basicamente, resolução de exercícios. Não houve a variação da imagem do professor com os textos ao lado, tendo havido majoritariamente a variação do som da sua voz durante a resolução dos exercícios. A aula 6, especificamente, variou em termos de lugar, ora resolvendo exercícios, com texto e voz, ora em sala de aula, com imagem e voz, como se pode conferir na Figura 28, mas não o suficiente para manter alto o

nível de atenção do estudante, do ponto de vista desta observação feita pelo pesquisador.

Figura 28 – Variação em termos de lugar



Fonte: UNINTER (2020).

Premissa 06: Investindo tempo na lógica do conteúdo

Oferece uma gama de exercícios a serem resolvidos, com um guia de resolução, que conta com um passo a passo da resolução e gabarito de resposta.

Premissa 07: Complexidade progressiva

A disciplina denominada A, pela observação feita das seis aulas, oportunizou ao estudante progressiva complexidade de assuntos, do menos complexo ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens. Vale ressaltar que o autor da pesquisa não tem conhecimento técnico nem teórico sobre o assunto observado, de modo que esta avaliação tem caráter subjetivo.

Premissa 08: Oralidade e escrita

Os textos não utilizam linguagem dialógica. Porém, o texto é claro e objetivo, sem informações textuais e visuais desnecessárias. Algumas imagens são meramente ilustrativas, não complementam o texto, mas também não caracterizam redundância.

Premissa 09: Concreto e familiar

Utilizou exemplos com algo concreto e familiar para exercitar assuntos considerados complexos, que requeiram o desenvolvimento do pensamento abstrato.

Premissa 10: Exercícios

Nas telas digitais, os exercícios propostos para serem resolvidos na aula são apresentados e a resolução é desenvolvida em vídeo, passo a passo, pelo professor. Os exercícios são resolvidos pelo próprio professor, à mão, numa lousa branca, que fica deitada numa superfície horizontal à sua frente, com foco de luz debaixo da lousa e uma câmera posicionada verticalmente no teto, como se pode observar na Figura 29. No documento de leitura (PDF), são apresentados na sua integralidade: enunciado, alternativas, resolução e gabarito.

Quanto ao estilo dos exercícios, entende-se caracterizar como um exemplo resolvido, onde o professor desenvolve todo o raciocínio necessário para estabelecer a lógica e interpretação dos dados e, não ao final, como orienta a premissa, mas ao longo do exercício, o professor faz reflexões sobre a realidade do exemplo, gerando, supostamente, o mesmo efeito pretendido: redirecionar a atenção do que é irrelevante (dificuldade, por exemplo) para o que é relevante (o que se pede no problema e suas possíveis soluções associadas). Os demais exercícios, propostos para o estudante resolver, não se tratam de atividades sem objetivo ou atividades de conclusão, talvez por serem estilos não difundidos na cultura acadêmica brasileira, ao contrário, são bem específicos no que se pede para calcular/resolver.

Figura 29 – Exercícios

Videoaula

Tema 01 – Funções e gráficos Exibir Libras Esconder lista de vídeos

EX1. Supondo uma empresa que produz uma peça X que tem seu custo de fabricação R\$ 2,00 por unidade (custo unitário). Sabendo que a linha de fabricação tem um custo fixo independente da quantidade fabricada de R\$ 100,00. Monte a função que representa o custo produtivo (custo total) por peça.

Vídeo 1
Apresentação

Vídeo 2
Conversa Inicial

Vídeo 3
Tema 01 – Funções e gráficos

Vídeo 4
Tema 02 – Exercícios didáticos

Vídeo 5
Tema 02 – Exercícios didáticos

Vídeo 6
Tema 03 – Exercícios didáticos

Fonte: UNINTER (2020).

O Quadro 20 evidencia o potencial para melhoria dos conteúdos educacionais desta disciplina, contrapondo a situação atual AS-IS com a modelagem da situação futura TO-BE.

Quadro 20 – AS-IS TO-BE da Disciplina A

Premissa	AS-IS – situação atual	TO-BE – situação desejada
Modalidade e Multimídia	Atendeu parcialmente a premissa	Utilize ambos os canais de processamento da memória de trabalho simultaneamente para equilibrar as fontes de informação e não saturar um canal. Procure diversificar as fontes de informação, utilizando estratégias como: imagem + texto; imagem + áudio; Imagem + toque (quando na prática), por exemplo.
Protocolo de orientação de informações visuais e textuais	Não atendeu a premissa	Use texto à direita e imagem/rostos à esquerda da tela, quando estiverem aparecendo de forma simultânea. Isso otimiza o processamento da leitura e melhora a associação da imagem ao que foi lido. Mantenha as imagens à esquerda quando só tiver imagem na tela. Definir uma posição forma uma memória (as imagens estão sempre ali), agilizando seu processamento. Se um texto e uma imagem, por exemplo, dependem um do outro para serem compreendidas, as fontes de informação devem ficar física e temporalmente juntas para não delegar tal tarefa à memória de trabalho.
Destaque sonoro e visual para chamar a atenção	Atendeu parcialmente a premissa	Nos vídeos, procure planejar momentos para que seja inserido um destaque sonoro, com o objetivo de chamar a atenção do estudante para algo importante da sua exposição oral. Nos textos de aula ou slides de vídeo, procure aplicar destaque no que é considerado relevante para a

		aprendizagem, com o uso de cores e luz/sombra, por exemplo. Podem ser até mesmo um padrão, como a criação de uma seção de Resumo dos principais pontos da aula, por exemplo.
Segmentação de conteúdo – Ciclos de até 20 min	Atendeu a premissa	Divida o conteúdo de aprendizagem em unidades menores, oferecendo ao estudante um processamento de forma estruturada, permitindo, com isso, que ele mesmo promova as articulações entre as unidades, tornando simples um conceito complexo. No contexto dos nativos digitais, a capacidade de atenção seletiva dos é de até 20min.
Desafio após a aquisição de um conhecimento	Atendeu parcialmente a premissa	Para manter alto o nível de atenção dos estudantes, a cada intervalo, de no máximo 20 min, se possível, varie em um ou mais destes aspectos: interlocutor (professor); lugar (estúdio, externa, sala de aula, quadro negro, lousa interativa, etc.); e atividade/dinâmica (teoria/exposição, prática, simulação, vídeo de resolução de exercícios; aplicação em contexto real, etc.). Estas mudanças são estimulantes para o cérebro. Não aplique um novo conteúdo, mas reflita e trabalhe sobre o conteúdo atual.
Investindo tempo na lógica do conteúdo	Atendeu a premissa	Apenas desafie o estudante com uma análise/resolução de problema quando ele estiver familiarizado com a estrutura de regras de resolução. Invista tempo inicialmente na exposição das regras e no contato com elas por meio de prática guiada (exercícios

		resolvidos) e exemplos cotidianos (contexto real de utilização).
Complexidade Progressiva	Atendeu a premissa	Procure organizar os conteúdos da sua disciplina seguindo uma lógica progressiva de complexidade dos assuntos, do menos complexo ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens.
Oralidade e Escrita	Não atendeu a premissa	Utilize linguagem dialógica nos textos de leitura de aula para buscar criar vínculo de proximidade do estudante com o texto/conteúdo, simulando a relação professor-aluno estabelecida naturalmente em sala de aula. Procure escrever de forma objetiva, eliminando o que for desnecessário, tanto de texto quanto de imagem. Ao utilizar duas ou mais fontes de informação, verifique se elas se complementam ou se estão apenas sendo redundantes. Obs.: a redundância pode ser benéfica para estudantes ingressantes, mas perdem a eficácia em estudantes mais avançados.
Concreto e familiar	Atendeu a premissa	Para exercitar assuntos considerados complexos, que requeiram o desenvolvimento do pensamento abstrato, como cálculo de área, teorias quânticas e velocidade, por exemplo, utilize exemplos com algo concreto e familiar. Concreto para ser aderente ao processo cognitivo, e familiar para ser aderente às estruturas cognitivas. O cérebro tem mais facilidade quando se cria uma imagem mental.

Exercícios	Atendeu parcialmente a premissa	Na teoria da carga cognitiva estão previstos três modelos poderosos de elaboração de exercícios. Planeje os exercícios da sua disciplina, assunto ou aula, de forma a privilegiar um ou mais destes modelos: Exemplo resolvido – resolva problemas para o estudante ver as regras de solução, depois faça questionamentos sobre o exercício resolvido, para gerar reflexão. Isso redireciona a atenção do que é irrelevante (dificuldade, por exemplo) para o que é relevante (o que se pede no problema e suas possíveis soluções associadas); Atividade de conclusão – resolva parte do problema, cabendo ao estudante iniciante complementar os exercícios com o restante. À medida que ele vai adquirindo expertise, diminui-se a parcela da solução oferecida, até permitir ele resolver por inteiro; Atividade sem objetivo – sem ter o objetivo especificado na atividade, resta ao estudante encontrar uma maneira de analisar o que tem de dados disponíveis e buscar soluções ao que se pede no problema. Exemplo: em vez do enunciado <u>Um carro, não uniformemente, acelera de zero por 1 minuto. Sua velocidade final é de 2km/min. Qual distância foi percorrida?</u> sugere-se ao final <u>Calcule o valor do maior número de variáveis que você puder.</u>
--------------------------	--	---

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

4.1.2 Disciplina B

Premissa 01: Modalidade e Multimídia

Talvez pelo caráter mais teórico, nota-se nesta disciplina a utilização mais aguda de fontes de informação visual, com texto e imagem em praticamente todas as telas projetadas pelo professor, ao longo dos vídeos. Ao longo da aula, observou-se apenas variações de texto e imagem.

Premissa 02: Protocolo para informações visuais e textuais

Quando apresentou texto e imagem juntos nas telas, não adotou o protocolo. Nos vídeos, o posicionamento das informações visual e textual, variou. No caso do púlpito, o professor está à esquerda e a tela com os textos, à direita – atendendo ao protocolo para informações visuais e textuais. Sem o púlpito, o professor posicionou-se à direita, mantendo a projeção dos textos à esquerda, não atendendo ao protocolo para informações visuais e textuais.

Quando as informações eram consideradas complementares, foi possível visualizá-las com proximidade física e temporal por ser um documento de PDF, mas supondo a sua impressão, as informações ficaram em páginas distintas, não estando, portanto, próximas física e temporalmente. Nas telas digitais, permaneceram próximas visual e temporalmente. Não houve padronização quanto a mostrar imagens sempre no mesmo lugar, ao lado direito da tela, para formar memória e otimizar o processamento cerebral. Quando as informações visuais eram mostradas sozinhas, sem texto junto, elas apareceram ou ao centro e à esquerda, ou à direita.

Premissa 03: Destaque sonoro e visual para chamar a atenção

O destaque sonoro inexistiu. Ao longo das aulas, não houve utilização de destaque visual quando se entendeu necessário enfatizar e destacar um texto em relação aos demais.

Premissa 04: Segmentação de conteúdo – Ciclos de até 20 min

As aulas da disciplina denominada B são divididas em várias unidades menores, de até 10 minutos, permitindo ao estudante promover as articulações entre as unidades, tornando simples um conceito complexo.

Premissa 05: Desafio após a aquisição de um conhecimento

Não há variação. Ao longo de todas as aulas, permanece a exposição teórica com imagem e texto, e projetando as telas, com texto e voz.

Premissa 06: Investindo tempo na lógica do conteúdo

Do ponto de vista desta observação feita pelo pesquisador, esta premissa não se aplica ao contexto analisado, uma vez que o assunto tinha o intuito de posicionar o estudante na realidade da futura profissão.

Premissa 07: Complexidade progressiva

A disciplina denominada B, pela observação feita das seis aulas, oportunizou ao estudante progressiva complexidade de assuntos, do menos complexo ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens. Vale ressaltar que o autor da pesquisa não tem conhecimento técnico nem teórico sobre o assunto observado, de modo que esta avaliação tem caráter subjetivo.

Premissa 08: Oralidade e escrita

Nas aulas 1 e 2, os textos utilizam algum nível elementar de linguagem dialógica, aplicando o conceito de perguntas e respostas. Nas demais aulas, não há. Adicionalmente, entende-se que, no documento de PDF, os textos são claros e objetivos, sem informações textuais e visuais desnecessárias; no entanto, nas telas projetadas ao longo dos vídeos, que utilizam os mesmos textos, faz-se uso de imagens meramente ilustrativas, sem o intuito de complementar o texto.

Premissa 09: Concreto e familiar

Do ponto de vista desta observação feita pelo pesquisador, esta premissa não se aplica ao contexto analisado, uma vez que o assunto tinha o intuito de posicionar o estudante na realidade da futura profissão.

Premissa 10: Exercícios

Por ser uma disciplina de caráter mais teórico, não houve momentos de resolução de exercícios.

O Quadro 21 evidencia o potencial para melhoria dos conteúdos educacionais desta disciplina, contrapondo a situação atual AS-IS com a modelagem da situação futura TO-BE.

Quadro 21 – AS-IS TO-BE da Disciplina B

Premissa	AS-IS – situação atual	TO-BE – situação desejada
Modalidade e Multimídia	Atendeu parcialmente a premissa	Utilize ambos os canais de processamento da memória de trabalho simultaneamente para equilibrar as fontes de informação e não saturar um canal. Procure diversificar as fontes de informação, utilizando estratégias como: imagem + texto; imagem + áudio; Imagem + toque (quando na prática), por exemplo.
Protocolo de orientação de informações visuais e textuais	Não atendeu a premissa	Use texto à direita e imagem/rostos à esquerda da tela, quando estiverem aparecendo de forma simultânea. Isso otimiza o processamento da leitura e melhora a associação da imagem ao que foi lido. Mantenha as imagens à esquerda quando só tiver imagem na tela. Definir uma posição forma uma memória (as imagens estão sempre ali), agilizando seu processamento. Se um texto e uma imagem, por exemplo, dependem um do outro para serem compreendidas, as fontes de informação devem ficar física e temporalmente juntas para não delegar tal tarefa à memória de trabalho.
Destaque sonoro e visual para chamar a atenção	Atendeu parcialmente a premissa	Nos vídeos, procure planejar momentos para que seja inserido um destaque sonoro, com o objetivo de chamar a atenção do estudante para algo importante da sua exposição oral. Nos textos de aula ou slides de vídeo, procure aplicar destaque no que é considerado relevante para a

		aprendizagem, com o uso de cores e luz/sombra, por exemplo. Podem ser até mesmo um padrão, como a criação de uma seção de Resumo dos principais pontos da aula, por exemplo.
Segmentação de conteúdo – Ciclos de até 20 min	Atendeu a premissa	Divida o conteúdo de aprendizagem em unidades menores, oferecendo ao estudante um processamento de forma estruturada, permitindo, com isso, que ele mesmo promova as articulações entre as unidades, tornando simples um conceito complexo. No contexto dos nativos digitais, a capacidade de atenção seletiva dos é de até 20min.
Desafio após a aquisição de um conhecimento	Não atendeu a premissa	Para manter alto o nível de atenção dos estudantes, a cada intervalo, de no máximo 20 min, se possível, varie em um ou mais destes aspectos: interlocutor (professor); lugar (estúdio, externa, sala de aula, quadro negro, lousa interativa, etc.); e atividade/dinâmica (teoria/exposição, prática, simulação, vídeo de resolução de exercícios; aplicação em contexto real, etc.). Estas mudanças são estimulantes para o cérebro. Não aplique um novo conteúdo, mas reflita e trabalhe sobre o conteúdo atual.
Investindo tempo na lógica do conteúdo	Não se aplica	Apenas desafie o estudante com uma análise/resolução de problema quando ele estiver familiarizado com a estrutura de regras de resolução. Invista tempo inicialmente na exposição das regras e no contato com elas por meio de prática guiada (exercícios

		resolvidos) e exemplos cotidianos (contexto real de utilização).
Complexidade Progressiva	Atendeu a premissa	Procure organizar os conteúdos da sua disciplina seguindo uma lógica progressiva de complexidade dos assuntos, do menos complexo ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens.
Oralidade e Escrita	Atendeu parcialmente a premissa	Utilize linguagem dialógica nos textos de leitura de aula para buscar criar vínculo de proximidade do estudante com o texto/conteúdo, simulando a relação professor-aluno estabelecida naturalmente em sala de aula. Procure escrever de forma objetiva, eliminando o que for desnecessário, tanto de texto quanto de imagem. Ao utilizar duas ou mais fontes de informação, verifique se elas se complementam ou se estão apenas sendo redundantes. Obs.: a redundância pode ser benéfica para estudantes ingressantes, mas perdem a eficácia em estudantes mais avançados.
Concreto e familiar	Não se aplica	Para exercitar assuntos considerados complexos, que requeiram o desenvolvimento do pensamento abstrato, como cálculo de área, teorias quânticas e velocidade, por exemplo, utilize exemplos com algo concreto e familiar. Concreto para ser aderente ao processo cognitivo, e familiar para ser aderente às estruturas cognitivas. O cérebro tem mais facilidade quando se cria uma imagem mental.

Exercícios	Não se aplica	Na teoria da carga cognitiva estão previstos três modelos poderosos de elaboração de exercícios. Planeje os exercícios da sua disciplina, assunto ou aula, de forma a privilegiar um ou mais destes modelos: Exemplo resolvido – resolva problemas para o estudante ver as regras de solução, depois faça questionamentos sobre o exercício resolvido, para gerar reflexão. Isso redireciona a atenção do que é irrelevante (dificuldade, por exemplo) para o que é relevante (o que se pede no problema e suas possíveis soluções associadas); Atividade de conclusão – resolva parte do problema, cabendo ao estudante iniciante complementar os exercícios com o restante. À medida que ele vai adquirindo expertise, diminui-se a parcela da solução oferecida, até permitir ele resolver por inteiro; Atividade sem objetivo – sem ter o objetivo especificado na atividade, resta ao estudante encontrar uma maneira de analisar o que tem de dados disponíveis e buscar soluções ao que se pede no problema. Exemplo: em vez do enunciado <u>Um carro, não uniformemente, acelera de zero por 1 minuto. Sua velocidade final é de 2km/min. Qual distância foi percorrida?</u> sugere-se ao final <u>Calcule o valor do maior número de variáveis que você puder.</u>
--------------------------	----------------------	---

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

4.1.3 Disciplina C

Premissa 01: Modalidade e Multimídia

Ao longo da aula, foram utilizadas variações das fontes de informação, de forma simultânea: texto e imagem; e imagem/texto e áudio.

Premissa 02: Protocolo para informações visuais e textuais

Quando apresentou texto e imagem juntos nas telas, eventualmente adotou o protocolo, mantendo imagem à esquerda e texto à direita. Quando as informações eram consideradas complementares, ficaram próximas física e temporalmente, ainda que não atendendo ao protocolo para imagens e texto, pois estas situações ocorreram no PDF de leitura, que se apresenta na orientação vertical/retrato, inviabilizando a adoção do protocolo.

Premissa 03: Destaque sonoro e visual para chamar a atenção

O destaque sonoro inexistiu. Ao longo das aulas, não houve utilização de destaque visual quando se entendeu necessário enfatizar e destacar um texto em relação aos demais.

Premissa 04: Segmentação de conteúdo – Ciclos de até 20 min

A aula é dividida em várias unidades menores, de até 10 minutos, permitindo ao estudante promover as articulações entre as unidades, tornando simples um conceito complexo.

Premissa 05: Desafio após a aquisição de um conhecimento

Varia em termos de dinâmica, ora expondo teoria, com imagem e texto, ora resolvendo exercícios, com texto e voz, mas não o suficiente para manter alto o nível de atenção do estudante, do ponto de vista desta observação feita pelo pesquisador.

Premissa 06: Investindo tempo na lógica do conteúdo

Atendeu a premissa, oferecendo uma gama de exemplos resolvidos, seguindo um passo a passo da resolução.

Premissa 07: Complexidade progressiva

A disciplina denominada C, pela observação feita das seis aulas, oportunizou ao estudante progressiva complexidade de assuntos, do menos complexo ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens. Vale ressaltar que o autor da pesquisa não tem conhecimento técnico nem teórico sobre o assunto observado, de modo que esta avaliação tem caráter subjetivo.

Premissa 08: Oralidade e escrita

Os textos não utilizam linguagem dialógica, porém o texto é claro e objetivo, sem informações textuais e visuais desnecessárias – mesmo porque a disciplina já apresenta muitas imagens de gráfico, relacionadas ao texto que explica a situação – as imagens são relevantes para a compreensão do texto.

Premissa 09: Concreto e familiar

Nas aulas 1, 2, e 5 foi observada a utilização de algo concreto e familiar. No entanto, do ponto de vista da análise feita por este pesquisador, as questões realmente abstratas, que necessitam de concretude para a facilitação da compreensão, não foram calçadas com algo concreto e familiar. Já nas aulas 3, 4 e 6 foi observada a utilização mais aguda de um ponto de referência concreto e familiar nas relações com assuntos considerados complexos, que requeiram o desenvolvimento do pensamento abstrato.

Premissa 10: Exercícios

Ao longo do vídeo, foram oferecidos exemplos com exercícios resolvidos, para aplicar os conceitos estudados e promover a compreensão da lógica de resolução. Estes exercícios, no entanto, eram bem específicos no que se pedia, não plicando, por exemplo, o tipo atividade sem objetivo.

O Quadro 22 evidencia o potencial para melhoria dos conteúdos educacionais desta disciplina, contrapondo a situação atual AS-IS com a modelagem da situação futura TO-BE.

Quadro 22 – AS-IS TO-BE da Disciplina C

Premissa	AS-IS – situação atual	TO-BE – situação desejada
Modalidade e Multimídia	Atendeu parcialmente a premissa	Utilize ambos os canais de processamento da memória de trabalho simultaneamente para equilibrar as fontes de informação e não saturar um canal. Procure diversificar as fontes de informação, utilizando estratégias como: imagem + texto; imagem + áudio; Imagem + toque (quando na prática), por exemplo.
Protocolo de orientação de informações visuais e textuais	Atendeu parcialmente a premissa	Use texto à direita e imagem/rostos à esquerda da tela, quando estiverem aparecendo de forma simultânea. Isso otimiza o processamento da leitura e melhora a associação da imagem ao que foi lido. Mantenha as imagens à esquerda quando só tiver imagem na tela. Definir uma posição forma uma memória (as imagens estão sempre ali), agilizando seu processamento. Se um texto e uma imagem, por exemplo, dependem um do outro para serem compreendidas, as fontes de informação devem ficar física e temporalmente juntas para não delegar tal tarefa à memória de trabalho.
Destaque sonoro e visual para chamar a atenção	Não atendeu a premissa	Nos vídeos, procure planejar momentos para que seja inserido um destaque sonoro, com o objetivo de chamar a atenção do estudante para algo importante da sua exposição oral. Nos textos de aula ou slides de vídeo, procure aplicar destaque no que é considerado relevante para a

		aprendizagem, com o uso de cores e luz/sombra, por exemplo. Podem ser até mesmo um padrão, como a criação de uma seção de Resumo dos principais pontos da aula, por exemplo.
Segmentação de conteúdo – Ciclos de até 20 min	Atendeu a premissa	Divida o conteúdo de aprendizagem em unidades menores, oferecendo ao estudante um processamento de forma estruturada, permitindo, com isso, que ele mesmo promova as articulações entre as unidades, tornando simples um conceito complexo. No contexto dos nativos digitais, a capacidade de atenção seletiva dos é de até 20min.
Desafio após a aquisição de um conhecimento	Não atendeu a premissa	Para manter alto o nível de atenção dos estudantes, a cada intervalo, de no máximo 20 min, se possível, varie em um ou mais destes aspectos: interlocutor (professor); lugar (estúdio, externa, sala de aula, quadro negro, lousa interativa, etc.); e atividade/dinâmica (teoria/exposição, prática, simulação, vídeo de resolução de exercícios; aplicação em contexto real, etc.). Estas mudanças são estimulantes para o cérebro. Não aplique um novo conteúdo, mas reflita e trabalhe sobre o conteúdo atual.
Investindo tempo na lógica do conteúdo	Atendeu a premissa	Apenas desafie o estudante com uma análise/resolução de problema quando ele estiver familiarizado com a estrutura de regras de resolução. Invista tempo inicialmente na exposição das regras e no contato com elas por meio de prática guiada (exercícios

		resolvidos) e exemplos cotidianos (contexto real de utilização).
Complexidade Progressiva	Atendeu a premissa	Procure organizar os conteúdos da sua disciplina seguindo uma lógica progressiva de complexidade dos assuntos, do menos complexo ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens.
Oralidade e Escrita	Atendeu parcialmente a premissa	Utilize linguagem dialógica nos textos de leitura de aula para buscar criar vínculo de proximidade do estudante com o texto/conteúdo, simulando a relação professor-aluno estabelecida naturalmente em sala de aula. Procure escrever de forma objetiva, eliminando o que for desnecessário, tanto de texto quanto de imagem. Ao utilizar duas ou mais fontes de informação, verifique se elas se complementam ou se estão apenas sendo redundantes. Obs.: a redundância pode ser benéfica para estudantes ingressantes, mas perdem a eficácia em estudantes mais avançados.
Concreto e familiar	Atendeu parcialmente a premissa	Para exercitar assuntos considerados complexos, que requeiram o desenvolvimento do pensamento abstrato, como cálculo de área, teorias quânticas e velocidade, por exemplo, utilize exemplos com algo concreto e familiar. Concreto para ser aderente ao processo cognitivo, e familiar para ser aderente às estruturas cognitivas. O cérebro tem mais facilidade quando se cria uma imagem mental.

Exercícios	Atendeu parcialmente a premissa	Na teoria da carga cognitiva estão previstos três modelos poderosos de elaboração de exercícios. Planeje os exercícios da sua disciplina, assunto ou aula, de forma a privilegiar um ou mais destes modelos: Exemplo resolvido – resolva problemas para o estudante ver as regras de solução, depois faça questionamentos sobre o exercício resolvido, para gerar reflexão. Isso redireciona a atenção do que é irrelevante (dificuldade, por exemplo) para o que é relevante (o que se pede no problema e suas possíveis soluções associadas); Atividade de conclusão – resolva parte do problema, cabendo ao estudante iniciante complementar os exercícios com o restante. À medida que ele vai adquirindo expertise, diminui-se a parcela da solução oferecida, até permitir ele resolver por inteiro; Atividade sem objetivo – sem ter o objetivo especificado na atividade, resta ao estudante encontrar uma maneira de analisar o que tem de dados disponíveis e buscar soluções ao que se pede no problema. Exemplo: em vez do enunciado <u>Um carro, não uniformemente, acelera de zero por 1 minuto. Sua velocidade final é de 2km/min. Qual distância foi percorrida?</u> sugere-se ao final <u>Calcule o valor do maior número de variáveis que você puder.</u>
--------------------------	--	--

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

4.1.4 Disciplina D

Premissa 01: Modalidade e Multimídia

Ao longo da aula, com o objetivo de não sobrecarregar cognitivamente a memória de trabalho, foram utilizadas variações das fontes de informação, de forma simultânea: texto e imagem; e imagem/texto e áudio.

Premissa 02: Protocolo para informações visuais e textuais

Quando apresentou texto e imagem juntos nas telas, não adotou o protocolo, posicionando imagens ora à direita, ora abaixo do texto. Quando as informações eram consideradas complementares, ficaram próximas física e temporalmente, ainda que não atendendo ao protocolo para imagens e texto.

Premissa 03: Destaque sonoro e visual para chamar a atenção

O destaque sonoro inexistiu. Houve algum nível de aplicação de destaque visual quando se entendeu necessário enfatizar e destacar um texto em relação aos demais. No entanto, observou-se em uma aula que a premissa de destaque para provocar a atenção do estudante e traçar um caminho com os pontos principais a serem compreendidos não foi devidamente utilizada – do ponto de vista do pesquisador em relação à análise feita, os muitos destaques trouxeram sobrecarga cognitiva ao conteúdo.

Premissa 04: Segmentação de conteúdo – Ciclos de até 20 min

A aula é dividida em várias unidades menores, com cerca de 15 minutos, permitindo ao estudante promover as articulações entre as unidades, tornando simples um conceito complexo.

Premissa 05: Desafio após a aquisição de um conhecimento

Varia em termos de dinâmica, ora expondo teoria, com imagem e texto, ora praticando, com texto e voz. Diferentemente da disciplina denominada A, esta disciplina denominada D apresenta um tipo de conteúdo mais lúdico, de modo que esta variação, do ponto de vista da análise feita pelo pesquisador, foi suficiente para manter a atenção do estudante ao longo da aula.

Premissa 06: Investindo tempo na lógica do conteúdo

Atendeu a premissa, oferecendo uma gama atividades de prática, a fim de demonstrar a utilização das ferramentas.

Premissa 07: Complexidade progressiva

A disciplina denominada D, pela observação feita das seis aulas, oportunizou ao estudante progressiva complexidade de assuntos, do menos complexo ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens. Vale ressaltar que o autor da pesquisa não tem conhecimento técnico nem teórico sobre o assunto observado, de modo que esta avaliação tem caráter subjetivo.

Premissa 08: Oralidade e escrita

Os textos não utilizam linguagem dialógica, que tem o objetivo de estabelecer proximidade com o professor, por meio da simulação da conversa com o aluno. Porém, o texto é claro e objetivo, sem informações textuais e visuais desnecessárias – mesmo porque a disciplina já apresenta muitas imagens de gráfico, relacionadas ao texto que explica a situação – as imagens são relevantes para a compreensão do texto.

Premissa 09: Concreto e familiar

Do ponto de vista desta observação feita pelo pesquisador, esta premissa não se aplica ao contexto analisado, uma vez que o assunto é bastante prático e permite a associação com o concreto.

Premissa 10: Exercícios

Ao longo das aulas, para exercitar o conteúdo e demonstrar os conceitos estudados e promover a compreensão da lógica, o professor desenvolveu práticas com os instrumentos específicos da disciplina, utilizando o recurso da lousa branca, que fica deitada numa superfície horizontal à sua frente, com foco de luz debaixo da lousa e uma câmera posicionada verticalmente no teto.

Quanto ao estilo das atividades de prática, entende-se caracterizar como um exemplo resolvido, onde o professor desenvolve todo o raciocínio necessário para estabelecer a lógica e interpretação dos dados. Interessante notar que não houve a proposição de resolução de exercícios pelo aluno, houve tão somente a observação de práticas.

O Quadro 23 evidencia o potencial para melhoria dos conteúdos educacionais desta disciplina, contrapondo a situação atual AS-IS com a modelagem da situação futura TO-BE.

Quadro 23 – AS-IS TO-BE da Disciplina D

Premissa	AS-IS – situação atual	TO-BE – situação desejada
Modalidade e Multimídia	Atendeu parcialmente a premissa	Utilize ambos os canais de processamento da memória de trabalho simultaneamente para equilibrar as fontes de informação e não saturar um canal. Procure diversificar as fontes de informação, utilizando estratégias como: imagem + texto; imagem + áudio; Imagem + toque (quando na prática), por exemplo.
Protocolo de orientação de informações visuais e textuais	Atendeu parcialmente a premissa	Use texto à direita e imagem/rostos à esquerda da tela, quando estiverem aparecendo de forma simultânea. Isso otimiza o processamento da leitura e melhora a associação da imagem ao que foi lido. Mantenha as imagens à esquerda quando só tiver imagem na tela. Definir uma posição forma uma memória (as imagens estão sempre ali), agilizando seu processamento. Se um texto e uma imagem, por exemplo, dependem um do outro para serem compreendidas, as fontes de informação devem ficar física e temporalmente juntas para não delegar tal tarefa à memória de trabalho.
Destaque sonoro e visual para chamar a atenção	Atendeu parcialmente a premissa	Nos vídeos, procure planejar momentos para que seja inserido um destaque sonoro, com o objetivo de chamar a atenção do estudante para algo importante da sua exposição oral. Nos textos de aula ou slides de vídeo, procure aplicar destaque no que é considerado relevante para a

		aprendizagem, com o uso de cores e luz/sombra, por exemplo. Podem ser até mesmo um padrão, como a criação de uma seção de Resumo dos principais pontos da aula, por exemplo.
Segmentação de conteúdo – Ciclos de até 20 min	Atendeu a premissa	Divida o conteúdo de aprendizagem em unidades menores, oferecendo ao estudante um processamento de forma estruturada, permitindo, com isso, que ele mesmo promova as articulações entre as unidades, tornando simples um conceito complexo. No contexto dos nativos digitais, a capacidade de atenção seletiva dos é de até 20min.
Desafio após a aquisição de um conhecimento	Atendeu parcialmente a premissa	Para manter alto o nível de atenção dos estudantes, a cada intervalo, de no máximo 20 min, se possível, varie em um ou mais destes aspectos: interlocutor (professor); lugar (estúdio, externa, sala de aula, quadro negro, lousa interativa, etc.); e atividade/dinâmica (teoria/exposição, prática, simulação, vídeo de resolução de exercícios; aplicação em contexto real, etc.). Estas mudanças são estimulantes para o cérebro. Não aplique um novo conteúdo, mas reflita e trabalhe sobre o conteúdo atual.
Investindo tempo na lógica do conteúdo	Atendeu a premissa	Apenas desafie o estudante com uma análise/resolução de problema quando ele estiver familiarizado com a estrutura de regras de resolução. Invista tempo inicialmente na exposição das regras e no contato com elas por meio de prática guiada (exercícios

		resolvidos) e exemplos cotidianos (contexto real de utilização).
Complexidade Progressiva	Atendeu a premissa	Procure organizar os conteúdos da sua disciplina seguindo uma lógica progressiva de complexidade dos assuntos, do menos complexo ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens.
Oralidade e Escrita	Atendeu parcialmente a premissa	Utilize linguagem dialógica nos textos de leitura de aula para buscar criar vínculo de proximidade do estudante com o texto/conteúdo, simulando a relação professor-aluno estabelecida naturalmente em sala de aula. Procure escrever de forma objetiva, eliminando o que for desnecessário, tanto de texto quanto de imagem. Ao utilizar duas ou mais fontes de informação, verifique se elas se complementam ou se estão apenas sendo redundantes. Obs.: a redundância pode ser benéfica para estudantes ingressantes, mas perdem a eficácia em estudantes mais avançados.
Concreto e familiar	Não se aplica	Para exercitar assuntos considerados complexos, que requeiram o desenvolvimento do pensamento abstrato, como cálculo de área, teorias quânticas e velocidade, por exemplo, utilize exemplos com algo concreto e familiar. Concreto para ser aderente ao processo cognitivo, e familiar para ser aderente às estruturas cognitivas. O cérebro tem mais facilidade quando se cria uma imagem mental.

Exercícios	Atendeu parcialmente a premissa	Na teoria da carga cognitiva estão previstos três modelos poderosos de elaboração de exercícios. Planeje os exercícios da sua disciplina, assunto ou aula, de forma a privilegiar um ou mais destes modelos: Exemplo resolvido – resolva problemas para o estudante ver as regras de solução, depois faça questionamentos sobre o exercício resolvido, para gerar reflexão. Isso redireciona a atenção do que é irrelevante (dificuldade, por exemplo) para o que é relevante (o que se pede no problema e suas possíveis soluções associadas); Atividade de conclusão – resolva parte do problema, cabendo ao estudante iniciante complementar os exercícios com o restante. À medida que ele vai adquirindo expertise, diminui-se a parcela da solução oferecida, até permitir ele resolver por inteiro; Atividade sem objetivo – sem ter o objetivo especificado na atividade, resta ao estudante encontrar uma maneira de analisar o que tem de dados disponíveis e buscar soluções ao que se pede no problema. Exemplo: em vez do enunciado <u>Um carro, não uniformemente, acelera de zero por 1 minuto. Sua velocidade final é de 2km/min. Qual distância foi percorrida?</u> sugere-se ao final <u>Calcule o valor do maior número de variáveis que você puder.</u>
--------------------------	--	--

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

4.1.5 Disciplina E

Premissa 01: Modalidade e Multimídia

Ao longo da aula, foram utilizadas as seguintes variações das fontes de informação, de forma simultânea: texto e imagem; e imagem/texto e áudio.

Premissa 02: Protocolo para informações visuais e textuais

Quando apresentou texto e imagem juntos nas telas, não adotou o protocolo, posicionando imagens ora à direita, ora abaixo do texto. Quando as informações eram consideradas complementares, ficaram próximas física e temporalmente, sendo fundamental para a interpretação gráfica ter o texto explicativo junto, ainda que não atendendo ao protocolo para imagens e texto.

Premissa 03: Destaque sonoro e visual para chamar a atenção

Houve algum nível de aplicação de destaque visual quando se entendeu necessário enfatizar e destacar um texto em relação aos demais. No entanto, a premissa não foi devidamente utilizada – do ponto de vista do pesquisador em relação à análise feita, os muitos destaques trouxeram sobrecarga cognitiva ao conteúdo.

Premissa 04: Segmentação de conteúdo – Ciclos de até 20 min

A aula é dividida em várias unidades menores, com cerca de 15 minutos, permitindo ao estudante promover as articulações entre as unidades, tornando simples um conceito complexo.

Premissa 05: Desafio após a aquisição de um conhecimento

Varia em termos de dinâmica, ora expondo teoria, com imagem e texto, ora trabalhando exemplos, com texto e voz, mas não o suficiente para manter

alto o nível de atenção do estudante, do ponto de vista desta observação feita pelo pesquisador.

Premissa 06: Investindo tempo na lógica do conteúdo

Atendeu a premissa, oferecendo uma gama exemplos, com o objetivo de compreender a lógica de resolução.

Premissa 07: Complexidade progressiva

A disciplina denominada E, pela observação feita das seis aulas, oportunizou ao estudante progressiva complexidade de assuntos, do menos complexo ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens. Vale ressaltar que o autor da pesquisa não tem conhecimento técnico nem teórico sobre o assunto observado, de modo que esta avaliação tem caráter subjetivo.

Premissa 08: Oralidade e escrita

Os textos não utilizam linguagem dialógica. Porém, o texto é claro e objetivo, sem informações textuais e visuais desnecessárias – mesmo porque a disciplina já apresenta muitas fórmulas – as imagens são relevantes para a compreensão do texto.

Premissa 09: Concreto e familiar

Não foi observada a utilização de algo concreto e familiar para explicar as relações complexas do conteúdo.

Premissa 10: Exercícios

Para exercitar o conteúdo, a professora resolveu exemplos relacionados aos assuntos, mas não houve a proposição de exercícios para os estudantes resolverem, como na disciplina denominada A.

O Quadro 24 evidencia o potencial para melhoria dos conteúdos educacionais desta disciplina, contrapondo a situação atual AS-IS com a modelagem da situação futura TO-BE.

Quadro 24 – AS-IS TO-BE da Disciplina E

Premissa	AS-IS – situação atual	TO-BE – situação desejada
Modalidade e Multimídia	Atendeu parcialmente a premissa	Utilize ambos os canais de processamento da memória de trabalho simultaneamente para equilibrar as fontes de informação e não saturar um canal. Procure diversificar as fontes de informação, utilizando estratégias como: imagem + texto; imagem + áudio; Imagem + toque (quando na prática), por exemplo.
Protocolo de orientação de informações visuais e textuais	Atendeu parcialmente a premissa	Use texto à direita e imagem/rostos à esquerda da tela, quando estiverem aparecendo de forma simultânea. Isso otimiza o processamento da leitura e melhora a associação da imagem ao que foi lido. Mantenha as imagens à esquerda quando só tiver imagem na tela. Definir uma posição forma uma memória (as imagens estão sempre ali), agilizando seu processamento. Se um texto e uma imagem, por exemplo, dependem um do outro para serem compreendidas, as fontes de informação devem ficar física e temporalmente juntas para não delegar tal tarefa à memória de trabalho.
Destaque sonoro e visual para chamar a atenção	Não atendeu a premissa	Nos vídeos, procure planejar momentos para que seja inserido um destaque sonoro, com o objetivo de chamar a atenção do estudante para algo importante da sua exposição oral. Nos textos de aula ou slides de vídeo, procure aplicar destaque no que é considerado relevante para a

		aprendizagem, com o uso de cores e luz/sombra, por exemplo. Podem ser até mesmo um padrão, como a criação de uma seção de Resumo dos principais pontos da aula, por exemplo.
Segmentação de conteúdo – Ciclos de até 20 min	Atendeu a premissa	Divida o conteúdo de aprendizagem em unidades menores, oferecendo ao estudante um processamento de forma estruturada, permitindo, com isso, que ele mesmo promova as articulações entre as unidades, tornando simples um conceito complexo. No contexto dos nativos digitais, a capacidade de atenção seletiva dos é de até 20min.
Desafio após a aquisição de um conhecimento	Não atendeu a premissa	Para manter alto o nível de atenção dos estudantes, a cada intervalo, de no máximo 20 min, se possível, varie em um ou mais destes aspectos: interlocutor (professor); lugar (estúdio, externa, sala de aula, quadro negro, lousa interativa, etc.); e atividade/dinâmica (teoria/exposição, prática, simulação, vídeo de resolução de exercícios; aplicação em contexto real, etc.). Estas mudanças são estimulantes para o cérebro. Não aplique um novo conteúdo, mas reflita e trabalhe sobre o conteúdo atual.
Investindo tempo na lógica do conteúdo	Atendeu a premissa	Apenas desafie o estudante com uma análise/resolução de problema quando ele estiver familiarizado com a estrutura de regras de resolução. Invista tempo inicialmente na exposição das regras e no contato com elas por meio de prática guiada (exercícios resolvidos) e exemplos cotidianos (contexto real de utilização).

Complexidade Progressiva	Atendeu a premissa	Procure organizar os conteúdos da sua disciplina seguindo uma lógica progressiva de complexidade dos assuntos, do menos complexo ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens.
Oralidade e Escrita	Atendeu parcialmente a premissa	Utilize linguagem dialógica nos textos de leitura de aula para buscar criar vínculo de proximidade do estudante com o texto/conteúdo, simulando a relação professor-aluno estabelecida naturalmente em sala de aula. Procure escrever de forma objetiva, eliminando o que for desnecessário, tanto de texto quanto de imagem. Ao utilizar duas ou mais fontes de informação, verifique se elas se complementam ou se estão apenas sendo redundantes. Obs.: a redundância pode ser benéfica para estudantes ingressantes, mas perdem a eficácia em estudantes mais avançados.
Concreto e familiar	Não atendeu a premissa	Para exercitar assuntos considerados complexos, que requeiram o desenvolvimento do pensamento abstrato, como cálculo de área, teorias quânticas e velocidade, por exemplo, utilize exemplos com algo concreto e familiar. Concreto para ser aderente ao processo cognitivo, e familiar para ser aderente às estruturas cognitivas. O cérebro tem mais facilidade quando se cria uma imagem mental.
Exercícios	Não atendeu a premissa	Na teoria da carga cognitiva estão previstos três modelos poderosos de elaboração de exercícios. Planeje os exercícios da sua disciplina, assunto ou aula, de forma a privilegiar um ou mais destes modelos:

		Exemplo resolvido – resolva problemas para o estudante ver as regras de solução, depois faça questionamentos sobre o exercício resolvido, para gerar reflexão. Isso redireciona a atenção do que é irrelevante (dificuldade, por exemplo) para o que é relevante (o que se pede no problema e suas possíveis soluções associadas); Atividade de conclusão – resolva parte do problema, cabendo ao estudante iniciante complementar os exercícios com o restante. À medida que ele vai adquirindo expertise, diminui-se a parcela da solução oferecida, até permitir ele resolver por inteiro; Atividade sem objetivo – sem ter o objetivo especificado na atividade, resta ao estudante encontrar uma maneira de analisar o que tem de dados disponíveis e buscar soluções ao que se pede no problema. Exemplo: em vez do enunciado <u>Um carro, não uniformemente, acelera de zero por 1 minuto. Sua velocidade final é de 2km/min. Qual distância foi percorrida?</u> sugere-se ao final <u>Calcule o valor do maior número de variáveis que você puder.</u>
--	--	--

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

4.1.6 Disciplina F

Premissa 01: Modalidade e Multimídia

Ao longo da aula, foram utilizadas variações das fontes de informação, de forma simultânea, com o objetivo de não sobrecarregar cognitivamente a memória de trabalho: texto e imagem; imagem/texto e áudio.

Premissa 02: Protocolo para informações visuais e textuais

Quando apresentou texto e imagem juntos nas telas, não adotou o protocolo, posicionando imagens ora à direita, ora abaixo do texto. Quando as informações eram consideradas complementares, ficaram próximas física e temporalmente, ainda que não atendendo ao protocolo para imagens e texto.

Premissa 03: Destaque sonoro e visual para chamar a atenção

O destaque sonoro inexistiu. Na maioria das aulas, não houve aplicação de destaque visual para enfatizar e destacar um texto em relação aos demais.

Premissa 04: Segmentação de conteúdo – Ciclos de até 20 min

A aula é dividida em várias unidades menores, de até 10 minutos, permitindo ao estudante promover as articulações entre as unidades, tornando simples um conceito complexo.

Premissa 05: Desafio após a aquisição de um conhecimento

Varia em termos de dinâmica, ora expondo teoria, com imagem e texto, ora resolvendo exemplos, com texto e voz, mas não o suficiente para manter alto o nível de atenção do estudante, do ponto de vista desta observação feita pelo pesquisador.

Premissa 06: Investindo tempo na lógica do conteúdo

Atendeu a premissa, oferecendo uma gama exemplos, com o objetivo de compreender a lógica de resolução.

Premissa 07: Complexidade progressiva

A disciplina denominada F, pela observação feita das seis aulas, oportunizou ao estudante progressiva complexidade de assuntos, do menos complexo ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens. Vale ressaltar que o autor da pesquisa não tem conhecimento técnico nem teórico sobre o assunto observado, de modo que esta avaliação tem caráter subjetivo.

Premissa 08: Oralidade e escrita

Os textos não utilizam linguagem dialógica. Porém, o texto é claro e objetivo, sem informações textuais e visuais desnecessárias. Não houve uso de imagens consideradas relevantes para a compreensão do texto.

Premissa 09: Concreto e familiar

Do ponto de vista desta observação feita pelo pesquisador, esta premissa não se aplica ao contexto analisado, uma vez que o assunto é bastante prático e permite a associação com o concreto.

Premissa 10: Exercícios

Ao longo do vídeo, foram oferecidos exemplos com exercícios resolvidos, para aplicar os conceitos estudados e promover a compreensão da lógica de resolução. Estes exercícios, no entanto, eram bem específicos no que se pedia, não plicando, por exemplo, o tipo atividade sem objetivo. Interessante notar que

não houve a proposição de resolução de exercícios pelo aluno, assim como aconteceu na disciplina denominada A. Houve tão somente a observação de exercícios resolvidos.

O Quadro 25 evidencia o potencial para melhoria dos conteúdos educacionais desta disciplina, contrapondo a situação atual AS-IS com a modelagem da situação futura TO-BE.

Quadro 25 – AS-IS TO-BE da Disciplina F

Premissa	AS-IS – situação atual	TO-BE – situação desejada
Modalidade e Multimídia	Atendeu parcialmente a premissa	Utilize ambos os canais de processamento da memória de trabalho simultaneamente para equilibrar as fontes de informação e não saturar um canal. Procure diversificar as fontes de informação, utilizando estratégias como: imagem + texto; imagem + áudio; Imagem + toque (quando na prática), por exemplo.
Protocolo de orientação de informações visuais e textuais	Não atendeu a premissa	Use texto à direita e imagem/rostos à esquerda da tela, quando estiverem aparecendo de forma simultânea. Isso otimiza o processamento da leitura e melhora a associação da imagem ao que foi lido. Mantenha as imagens à esquerda quando só tiver imagem na tela. Definir uma posição forma uma memória (as imagens estão sempre ali), agilizando seu processamento. Se um texto e uma imagem, por exemplo, dependem um do outro para serem compreendidas, as fontes de informação devem ficar física e temporalmente juntas para não delegar tal tarefa à memória de trabalho.
Destaque sonoro e visual para chamar a atenção	Não atendeu a premissa	Nos vídeos, procure planejar momentos para que seja inserido um destaque sonoro, com o objetivo de chamar a atenção do estudante para algo importante da sua exposição oral. Nos textos de aula ou slides de vídeo, procure aplicar destaque no que é considerado relevante para a

		aprendizagem, com o uso de cores e luz/sombra, por exemplo. Podem ser até mesmo um padrão, como a criação de uma seção de Resumo dos principais pontos da aula, por exemplo.
Segmentação de conteúdo – Ciclos de até 20 min	Atendeu a premissa	Divida o conteúdo de aprendizagem em unidades menores, oferecendo ao estudante um processamento de forma estruturada, permitindo, com isso, que ele mesmo promova as articulações entre as unidades, tornando simples um conceito complexo. No contexto dos nativos digitais, a capacidade de atenção seletiva dos é de até 20min.
Desafio após a aquisição de um conhecimento	Atendeu parcialmente a premissa	Para manter alto o nível de atenção dos estudantes, a cada intervalo, de no máximo 20 min, se possível, varie em um ou mais destes aspectos: interlocutor (professor); lugar (estúdio, externa, sala de aula, quadro negro, lousa interativa, etc.); e atividade/dinâmica (teoria/exposição, prática, simulação, vídeo de resolução de exercícios; aplicação em contexto real, etc.). Estas mudanças são estimulantes para o cérebro. Não aplique um novo conteúdo, mas reflita e trabalhe sobre o conteúdo atual.
Investindo tempo na lógica do conteúdo	Atendeu a premissa	Apenas desafie o estudante com uma análise/resolução de problema quando ele estiver familiarizado com a estrutura de regras de resolução. Invista tempo inicialmente na exposição das regras e no contato com elas por meio de prática guiada (exercícios

		resolvidos) e exemplos cotidianos (contexto real de utilização).
Complexidade Progressiva	Atendeu a premissa	Procure organizar os conteúdos da sua disciplina seguindo uma lógica progressiva de complexidade dos assuntos, do menos complexo ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens.
Oralidade e Escrita	Atendeu parcialmente a premissa	Utilize linguagem dialógica nos textos de leitura de aula para buscar criar vínculo de proximidade do estudante com o texto/conteúdo, simulando a relação professor-aluno estabelecida naturalmente em sala de aula. Procure escrever de forma objetiva, eliminando o que for desnecessário, tanto de texto quanto de imagem. Ao utilizar duas ou mais fontes de informação, verifique se elas se complementam ou se estão apenas sendo redundantes. Obs.: a redundância pode ser benéfica para estudantes ingressantes, mas perdem a eficácia em estudantes mais avançados.
Concreto e familiar	Não se aplica	Para exercitar assuntos considerados complexos, que requeiram o desenvolvimento do pensamento abstrato, como cálculo de área, teorias quânticas e velocidade, por exemplo, utilize exemplos com algo concreto e familiar. Concreto para ser aderente ao processo cognitivo, e familiar para ser aderente às estruturas cognitivas. O cérebro tem mais facilidade quando se cria uma imagem mental.

Exercícios	Atendeu parcialmente a premissa	Na teoria da carga cognitiva estão previstos três modelos poderosos de elaboração de exercícios. Planeje os exercícios da sua disciplina, assunto ou aula, de forma a privilegiar um ou mais destes modelos: Exemplo resolvido – resolva problemas para o estudante ver as regras de solução, depois faça questionamentos sobre o exercício resolvido, para gerar reflexão. Isso redireciona a atenção do que é irrelevante (dificuldade, por exemplo) para o que é relevante (o que se pede no problema e suas possíveis soluções associadas); Atividade de conclusão – resolva parte do problema, cabendo ao estudante iniciante complementar os exercícios com o restante. À medida que ele vai adquirindo expertise, diminui-se a parcela da solução oferecida, até permitir ele resolver por inteiro; Atividade sem objetivo – sem ter o objetivo especificado na atividade, resta ao estudante encontrar uma maneira de analisar o que tem de dados disponíveis e buscar soluções ao que se pede no problema. Exemplo: em vez do enunciado <u>Um carro, não uniformemente, acelera de zero por 1 minuto. Sua velocidade final é de 2km/min. Qual distância foi percorrida?</u> sugere-se ao final <u>Calcule o valor do maior número de variáveis que você puder.</u>
--------------------------	--	--

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

4.1.7 Resultados numéricos

A seguir, apresenta-se também, na sua versão resumida, os índices médios de aderência às premissas ora propostas, de todas as seis disciplinas. Importante descrever aqui, primeiramente, como foi determinada a avaliação e o cálculo foi realizado: utilizou-se uma escala de valência entre 1 e 5, sendo 1 o índice de menos aderência à premissa, e 5 o índice de maior aderência à premissa. Para obter a média por premissa, somou-se a nota de cada premissa, de cada aula, e dividiu-se por seis – conforme exemplifica a Figura 30, referente à disciplina denominada A.

Figura 30 – Tabela de valência utilizada

	Disciplina A						Média/Premissa
	Aula 1	Aula 2	Aula 3	Aula 4	Aula 5	Aula 6	
Premissa 01: Modalidade e multimídia	4	4	4	4	4	4	4,00
Premissa 02: Protocolo para informações visuais e textuais	2	2	2	2	2	2	2,00
Premissa 03: Destaque sonoro e visual para chamar a atenção	3	3	3	1	1	1	2,00
Premissa 04: Segmentação de conteúdo/Ciclos de até 20 min	5	5	5	5	5	5	5,00
Premissa 05: Desafio após a aquisição de um conhecimento	3	3	2	2	2	2	2,33
Premissa 06: Investindo tempo na lógica do conteúdo	5	5	5	5	5	5	5,00
Premissa 07: Complexidade progressiva	5	5	5	5	5	5	5,00
Premissa 08: Oralidade e escrita	2	2	2	2	2	2	2,00
Premissa 09: Concreto e familiar	5	5	4	4	5	5	4,67
Premissa 10: Exercícios	4	4	4	4	4	4	4,00
Média/Aula	3,80	3,80	3,60	3,40	3,50	3,50	

Fonte: o autor (2020).

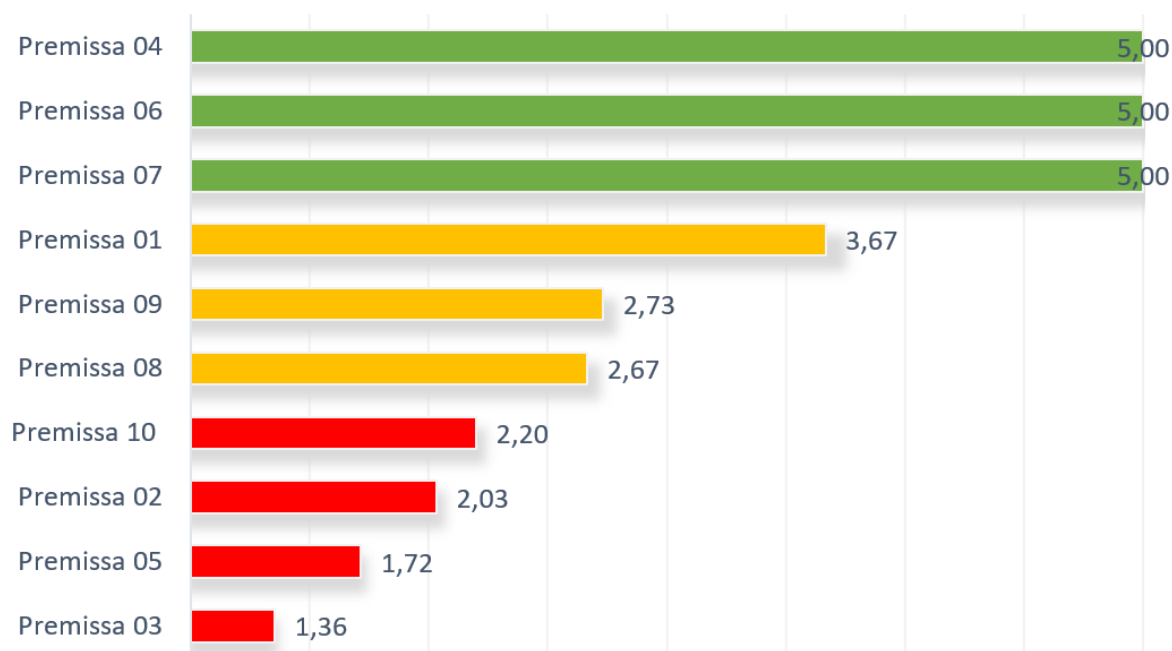
A média da disciplina foi calculada somando-se as notas das 10 premissas de cada aula, dividindo-se por 10, desconsiderando as situações em que "não se aplica", depois somou-se a nota das seis aulas e dividiu-se por 6. Tais valores estão apresentados a seguir na Figura 31.

Figura 31 – Índices médios de aderência

Disciplina A			Disciplina B			Disciplina C		
	Média/ Premissa	Média da Disciplina		Média/ Premissa	Média da Disciplina		Média/ Premissa	Média da Disciplina
Premissa 01	4	3,60	Premissa 01	2	2,60	Premissa 01	4	3,05
Premissa 02	2		Premissa 02	1,5		Premissa 02	2	
Premissa 03	2		Premissa 03	1,33		Premissa 03	1	
Premissa 04	5		Premissa 04	5		Premissa 04	5	
Premissa 05	2,3		Premissa 05	1		Premissa 05	1	
Premissa 06	5		Premissa 06	x		Premissa 06	5	
Premissa 07	5		Premissa 07	5		Premissa 07	5	
Premissa 08	2		Premissa 08	2,3		Premissa 08	3	
Premissa 09	4,7		Premissa 09	x		Premissa 09	2,5	
Premissa 10	4		Premissa 10	x		Premissa 10	2	
Disciplina D			Disciplina E			Disciplina F		
	Média/ Premissa	Média da Disciplina		Média/ Premissa	Média da Disciplina		Média/ Premissa	Média da Disciplina
Premissa 01	4	3,54	Premissa 01	4	2,80	Premissa 01	4	3,15
Premissa 02	2		Premissa 02	2		Premissa 02	2,7	
Premissa 03	1,8		Premissa 03	1		Premissa 03	1	
Premissa 04	5		Premissa 04	5		Premissa 04	5	
Premissa 05	4		Premissa 05	1		Premissa 05	1	
Premissa 06	5		Premissa 06	5		Premissa 06	5	
Premissa 07	5		Premissa 07	5		Premissa 07	5	
Premissa 08	3		Premissa 08	3		Premissa 08	2,7	
Premissa 09	x		Premissa 09	1		Premissa 09	x	
Premissa 10	2		Premissa 10	1		Premissa 10	2	

Fonte: o autor (2020).

Para apontar as premissas mais e menos aderentes, calculou-se a média das dez premissas obtidas nos conteúdos analisados das seis disciplinas, salvo quando não se aplicava. Tais valores estão apresentados a seguir na Figura 32, organizados do mais para o menos aderente.

Figura 32 – Premissas mais e menos aderentes: resultado da análise

Fonte: o autor (2020).

4.1.8 Avaliação qualitativa dos dados

A **Disciplina A**, que teve média 3,6, teve premissas com avaliações variando entre 2, menos aderente, e 5, mais aderente. As premissas 2, sobre protocolo para informações visuais e textuais; premissa 3, sobre destaque sonoro e visual para chamar a atenção; premissa 8, sobre oralidade de escrita; e a premissa 5, sobre desafiar o estudante após a aquisição de um conhecimento, destacaram-se pela menor aderência do conteúdo analisado.

Sobre a premissa 2, observou-se que, inicialmente, que o fato de as imagens serem organizadas sempre à direita, nas telas digitais, poderia ser uma questão definida na programação em html. No entanto, a última tela digital testifica que não, pois posiciona as imagens à esquerda da tela digital, sugerindo que tal posicionamento pode ser orientado pelo designer instrucional ou pelo docente que elabora tais materiais.

Ainda sobre esta premissa, observou-se que deva existir uma predefinição da equipe de estúdios de gravação quanto ao posicionamento do professor em relação a

cada espaço de utilização dos recursos de apoio à aprendizagem. Quando utilizava o púlpito, não atendia à premissa, mas quando estava fora do púlpito, se posicionava à esquerda da tela de projeções.

Em relação à premissa 3, apesar de ter havido algum nível de utilização de destaque visual, os destaques foram feitos espontaneamente, quando se entendia relevante pelo docente. Já o destaque sonoro, inexistente. A falta de um planejamento de destaque talvez seja em razão do desconhecimento dos benefícios que trazem à aprendizagem, no sentido de mapear elementos-chave e destacá-los de alguma forma para chamar a atenção do estudante.

A avaliação da premissa 8 aponta para a não adoção da linguagem dialógica como elemento de aproximação entre os agentes de ensino e de aprendizagem, bem como pela utilização de imagens meramente ilustrativas, para compor uma tela mais harmoniosa, do ponto de vista do design, mas trazendo sobrecarga cognitiva e não servindo para complementar a informação trazida pelo texto. Recomendar a utilização de linguagem dialógica como padrão para qualquer perfil de aluno, evidenciando os benefícios trazidos no contexto da educação a distância.

A falta de orientação para a utilização deste necessário tipo de redação pode ser apontada como uma provável causa, enquanto que a utilização de imagens meramente ilustrativas, talvez, se deva a algum critério técnico e pessoal do designer gráfico para composição das telas. Sobre a premissa 5, entendeu-se que as variações utilizadas não seriam suficientes para gerar o engajamento da atenção. Limitações, possivelmente resultante de padronização, restringem as variações do lugar (sempre no estúdio), e do interlocutor (sempre o mesmo professor) – possivelmente definido do planejamento pedagógico.

Os conteúdos analisados nesta disciplina mostraram maior aderências às premissas 1, sobre modalidade e multimídia; premissa 4, sobre segmentação e ciclos de 20 minutos; premissa 6, sobre investimento de tempo na lógica do conteúdo; premissa 7, sobre complexidade progressiva; e premissa 10, sobre elaboração de exercícios. Ao longo das aulas, foram observadas variações suficientes em termos de estímulos sensoriais, utilizando os canais visual, auditivo e levando para a prática de exercícios. As aulas já funcionam dentro dos parâmetros de segmentação, permitindo ao estudante refletir sobre os conteúdos em intervalos menores, e a disciplina apresentou progressão da sua complexidade, partindo do mais simples ao mais

complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens. Da mesma forma, observou-se alto comprometimento com o investimento da lógica do conteúdo antes de solicitar ao estudante a resolução de exercícios, que, inclusive, teve grande aproximação com o tipo “exemplo resolvido”, fornecendo ao estudante uma visão integral da mecânica de resolução e interpretação dos enunciados.

A **Disciplina B** obteve média de 2,6 em relação ao atendimento das premissas analisadas, tendo destaque as premissas 1, 2, 3, 5 e 8, com valores variando entre 1 e 2,3. Refletindo sobre o conteúdo desta disciplina, definiu-se não analisar as premissas 6, sobre investimento de tempo na lógica do conteúdo; premissa 9, sobre usar algo concreto e familiar para temas abstratos; e premissa 10, sobre elaboração de exercícios. Isso porque estas três premissas estão relacionadas à questão prática do conteúdo, da preparação para a prática, até a prática em si – o que não poderia se observar nesta disciplina, de caráter mais teórico.

Na premissa 1, sobre modalidade e multimídia, apenas texto e imagem foram utilizados, sem momentos de áudio e imagem ou de prática. Isso em razão, possivelmente, do caráter teórico da disciplina, que não se inclinou para a realização de exercícios e experimentos, nem mesmo optou por trazer variações em áudio para explicar um esquema, por exemplo, visando ao objetivo da premissa, de explorar os diversos estímulos sensoriais possíveis para a aprendizagem.

Na premissa 2, sobre protocolo para informações visuais e textuais, como não houve padronização do posicionamento das imagens nas telas digitais, ainda aponta para uma adoção preferencial do designer gráfico. Adicionalmente, a falta de proximidade física e temporal de imagens e seus textos associados foi observada nos documentos de PDF, agravando a sua avaliação. Possivelmente, esta premissa não foi observada para a elaboração das páginas de PDF por critérios de otimização da utilização dos espaços das páginas, até, por que não, pensando nos custos de impressão, por parte do aluno.

Na premissa 3, sobre destaque visual e sonoro para chamar a atenção, não houve a utilização de destaque de nenhum tipo. A falta de um planejamento de destaque talvez seja em razão do desconhecimento dos benefícios que trazem à

aprendizagem, no sentido de mapear elementos-chave e destacá-los de alguma forma para chamar a atenção do estudante.

Na premissa 5, sobre desafio após a aquisição de um conhecimento, observou-se que não há variação, permanecendo em todas as aulas a exposição teórica com imagem e texto, e projetando as telas, com texto e voz. Possíveis limitações, resultante de padronização, restringem as variações do interlocutor (sempre o mesmo professor) e do lugar (sempre no estúdio).

Na premissa 8, sobre oralidade e escrita, os textos em PDF utilizam algum nível elementar de linguagem dialógica, aplicando o conceito de perguntas e respostas, apenas nas aulas 1 e 2. Ainda, nas telas projetadas ao longo dos vídeos, faz-se uso de imagens meramente ilustrativas, sem o intuito de complementar o texto, e isso talvez se deva a ausência de design instrucional na elaboração dos materiais de ensino.

Os conteúdos analisados nesta disciplina mostraram maior aderências às premissas 1, sobre modalidade e multimídia; premissa 4, sobre segmentação e ciclos de 20 minutos; e premissa 7, sobre complexidade progressiva; e premissa 10, sobre exercícios. As aulas já funcionam dentro dos parâmetros de segmentação, permitindo ao estudante refletir sobre os conteúdos em intervalos menores, e a disciplina apresentou progressão da sua complexidade, partindo do mais simples ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens.

A **Disciplina C**, que teve média 3,0, teve premissas com avaliações variando entre 1, menos aderente, e 5, mais aderente. As premissas 2, sobre protocolo para informações visuais e textuais; premissa 3, sobre destaque sonoro e visual para chamar a atenção; premissa 5, sobre desafiar o estudante após a aquisição de um conhecimento; premissa 9, sobre usar algo concreto e familiar para temas complexos; e a premissa 10, sobre elaboração de exercícios, destacaram-se pela menor aderência do conteúdo analisado.

Sobre a premissa 2, observou-se que, eventualmente, adotou o protocolo, mantendo imagem à esquerda e texto à direita. Isso pode reforçar a hipótese de não haver definição da programação quanto à possibilidade de usar os elementos em

quaisquer pontos da tela, cabendo então ao designer gráfico que monta as telas em html a definição de onde cada elemento será disposto na tela.

Em relação à premissa 3, não houve utilização de destaques visual ou sonoro. A falta de um planejamento de destaque talvez seja em razão do desconhecimento dos benefícios que trazem à aprendizagem, no sentido de mapear elementos-chave e destacá-los de alguma forma para chamar a atenção do estudante.

Sobre a premissa 5, observou-se que as variações apresentadas não são suficientes para gerar o engajamento da atenção. Limitações, possivelmente resultante de padronização, restringem as variações do lugar (sempre no estúdio), e do interlocutor (sempre o mesmo professor) – possivelmente discutido e definido no planejamento pedagógico da disciplina.

A premissa 9 foi aplicada inadequadamente ao longo das aulas, ao longo das quais sentiu-se falta de ancorar estas aprendizagens para estabelecer sentido concreto com algo familiar e facilitar a compreensão do tema considerado abstrato. Indicar uma possível causa se torna desafiador porque, do ponto de vista de quem elaborou o conteúdo e de quem o validou, a utilização de uma referência concreta pode não ter sido observada como algo necessário. No entanto, um olhar leigo, de estudante inicial, como a deste pesquisador, entendeu ser necessário.

Quanto à premissa 10, observou-se que na disciplina faz-se pouco uso de exemplos do tipo resolvido, além de serem bem específicos no que se pedia, não permitindo ao estudando ampliar sua visão sobre o assunto com exercícios do tipo sem objetivo. Esta questão dos tipos de exercícios propostos na teoria da carga cognitiva talvez ainda seja desconhecida pelo público. Além disso, é possível que não estejam em conformidade com o que se pede no padrão ENADE, adotado pela IES.

Os conteúdos analisados nesta disciplina mostraram maior aderências às premissas 1, sobre modalidade e multimídia; premissa 4, sobre segmentação e ciclos de 20 minutos; premissa 6, sobre investimento de tempo na lógica do conteúdo; e premissa 7, sobre complexidade progressiva. Ao longo das aulas, foram observadas variações suficientes em termos de estímulos sensoriais, utilizando os canais visual, auditivo e levando para a prática de exercícios. As aulas já funcionam dentro dos parâmetros de segmentação, permitindo ao estudante refletir sobre os conteúdos em intervalos menores, e a disciplina apresentou progressão da sua complexidade,

partindo do mais simples ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens. Da mesma forma, observou-se alto comprometimento com o investimento da lógica do conteúdo antes de solicitar ao estudante a resolução de exercícios.

A **Disciplina D** obteve média de 3,5 em relação ao atendimento das premissas analisadas, tendo destaque as premissas 2, 3 e 10, com valores aproximadamente em 2 pontos, na escala de 1 a 5. Refletindo sobre o conteúdo desta disciplina, definiu-se não analisar a premissa 9, sobre usar algo concreto e familiar para temas abstratos, pois os temas que permeiam esta disciplina são, do ponto de vista deste avaliador, bastante concretas.

Na premissa 2, sobre protocolo para informações visuais e textuais, não houve padronização do posicionamento das imagens nas telas digitais, ainda apontando para um ato preferencial do designer gráfico. Na premissa 3, sobre destaque visual e sonoro para chamar a atenção, houve excesso de destaque às informações projetadas na tela, o que trouxe mais carga cognitiva ao conteúdo. Já o destaque sonoro, inexistente. O desconhecimento sobre a correta utilização da premissa pode ter sido da causa deste excesso de adições visuais.

A premissa 10, aqui, ganha destaque pelo índice negativo, porque não houve aplicação de exercícios para o estudante resolver, mesmo entendendo ser uma disciplina altamente prática. Mas, é necessário ressaltar que tais proposições podem ter sido oferecidas em formas de lista de exercícios separadas dos materiais de aula analisados, uma vez que a organização da aula dentro do ambiente virtual de aprendizagem é uma deliberação do professor e tutor da disciplina, em concordância com a coordenação do curso.

Os conteúdos analisados nesta disciplina mostraram maior aderências às premissas 1, sobre modalidade e multimídia; premissa 4, sobre segmentação e ciclos de 20 minutos; premissa 5, sobre desafiar o estudante após a um conteúdo; premissa 6, sobre investir tempo na lógica do assunto; e premissa 7, sobre complexidade progressiva. As aulas mostraram variações suficientes quanto à utilização dos canais visual e auditivo para promoção da aprendizagem; a dinâmica de funcionamento já está em conformidade com os parâmetros de segmentação, permitindo ao estudante

refletir sobre os conteúdos em intervalos menores; houve comprometimento com o investimento de tempo sobre a lógica do assunto, antes de propor resolução de atividades práticas; e, por fim, a disciplina apresentou progressão da sua complexidade, partindo do mais simples ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens.

A **Disciplina E**, que teve média 2,8, teve premissas com avaliações variando entre 1 e 5. As premissas 2, sobre protocolo para informações visuais e textuais; a premissa 3, sobre destaque sonoro e visual para chamar a atenção; a premissa 5, sobre desafiar o estudante após a aquisição de um conhecimento; a premissa 9, sobre usar algo concreto e familiar para temas complexos; e a premissa 10, sobre elaboração de exercícios, destacaram-se pela menor aderência do conteúdo analisado.

Sobre a premissa 2, observou-se que não adotou o protocolo para informações visuais e textuais, novamente reforçando a hipótese de caber ao designer gráfico que monta as telas em html a definição de onde cada elemento será disposto na tela. Em relação à premissa 3, houve excesso de manifestações de destaque na tela, acarretando maior carga cognitiva ao conteúdo apresentado. Já o destaque sonoro, inexistente. O desconhecimento sobre a correta utilização da premissa pode ter sido da causa deste excesso de adições visuais.

Sobre a premissa 5, observou-se que as variações apresentadas não são suficientes para gerar o engajamento da atenção. Limitações, possivelmente resultante de padronização, restringem as variações do lugar (sempre no estúdio), e do interlocutor (sempre o mesmo professor) – possivelmente discutido e definido no planejamento pedagógico da disciplina.

A premissa 9 foi aplicada inadequadamente ao longo das aulas, ao longo das quais sentiu-se a falta de ancorar estas aprendizagens para estabelecer sentido concreto com algo familiar e facilitar a compreensão do tema. Novamente, apontar uma causa se torna desafiador porque a utilização de uma referência concreta pode não ter sido observada como algo necessário por quem elaborou o conteúdo e por quem o validou.

Quanto à premissa 10, não houve aplicação de exercícios para o estudante resolver, mesmo entendendo ser uma disciplina cuja prática é fortemente recomendada. Contudo, é necessário ressaltar que tais proposições podem ter sido oferecidas em formas de lista de exercícios separadas dos materiais de aula analisados, uma vez que a organização da aula dentro do ambiente virtual de aprendizagem é uma deliberação do professor e tutor da disciplina, em concordância com a coordenação do curso.

Os conteúdos analisados nesta disciplina mostraram maior aderências às premissas 1, sobre modalidade e multimídia; a premissa 4, sobre segmentação e ciclos de 20 minutos; a premissa 6, sobre investimento de tempo na lógica do conteúdo; e a premissa 7, sobre complexidade progressiva; Ao longo das aulas, foram observadas variações suficientes em termos de estímulos sensoriais, utilizando os canais visual, auditivo e levando para a prática de exercícios. As aulas já funcionam dentro dos parâmetros de segmentação, permitindo ao estudante refletir sobre os conteúdos em intervalos menores, e a disciplina apresentou progressão da sua complexidade, partindo do mais simples ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens. Da mesma forma, observou-se alto comprometimento com o investimento da lógica do conteúdo antes de solicitar ao estudante a resolução de exercícios.

A **Disciplina F** obteve média de 3,1 em relação ao atendimento das premissas analisadas, tendo destaque as premissas 2, 3, 5, 8 e 10, com valores variando entre 1 e 2,7. Refletindo sobre o conteúdo desta disciplina, definiu-se não analisar a premissa 9, sobre usar algo concreto e familiar para temas abstratos, pois os temas que permeiam esta disciplina são, do ponto de vista deste avaliador, bastante concretas.

Na premissa 2, sobre protocolo para informações visuais e textuais, não houve padronização do posicionamento das imagens nas telas digitais, também apontando para um ato preferencial do designer gráfico. Na premissa 3, sobre destaque visual e sonoro para chamar a atenção, não foram observados apontamentos dos elementos-chave para a compreensão dos assuntos. A falta de um planejamento de destaque talvez seja em razão do desconhecimento dos benefícios que trazem à aprendizagem,

no sentido de mapear elementos-chave e destacá-los de alguma forma para chamar a atenção do estudante.

Na premissa 5, sobre desafio após a aquisição de um conhecimento, observou-se que varia em termos de dinâmica, ora expondo conteúdo com imagem, texto e voz, ora praticando com voz e texto, mas não o suficiente para manter alto o nível de atenção do estudante. Possíveis limitações, resultante de padronização, restringem as variações do interlocutor (sempre o mesmo professor) e do lugar (sempre no estúdio).

Na premissa 8, sobre oralidade e escrita, não se utilizou linguagem dialógica nem imagens consideradas relevantes, de caráter complementar ao texto. Uma possibilidade seria a ausência de design instrucional na preparação do conteúdo para a aprendizagem digital, permanecendo tão somente o conteúdo em seu estado elementar, sem as necessárias intervenções didáticas visando à diminuição da carga cognitiva do conteúdo.

A premissa 10, aqui, ganha destaque pelo índice negativo, porque não houve aplicação de exercícios para o estudante resolver, mesmo entendendo ser uma disciplina altamente prática. Todavia, é necessário ressaltar que tais proposições podem ter sido oferecidas em formas de lista de exercícios separadas dos materiais de aula analisados, uma vez que a organização da aula dentro do ambiente virtual de aprendizagem é uma deliberação do professor e tutor da disciplina, em concordância com a coordenação do curso.

Os conteúdos analisados nesta disciplina mostraram maior aderências às premissas 1, sobre modalidade e multimídia; a premissa 4, sobre segmentação e ciclos de 20 minutos; a premissa 6, sobre investir tempo na lógica do assunto; e a premissa 7, sobre complexidade progressiva. As aulas mostraram variações suficientes quanto à utilização dos canais visual e auditivo para promoção da aprendizagem; a dinâmica de funcionamento já está em conformidade com os parâmetros de segmentação, permitindo ao estudante refletir sobre os conteúdos em intervalos menores; houve comprometimento com o investimento de tempo sobre a lógica do assunto, antes de propor resolução de atividades práticas; e, por fim, a disciplina apresentou progressão da sua complexidade, partindo do mais simples ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens.

Feita interpretação dos resultados – comportamento das premissas – ao longo das aulas e disciplinas, é interessante comparar os resultados obtidos entre as disciplinas.

Como se pode observar, na Figura 32, a média das premissas dos conteúdos analisados, as premissas 4, sobre segmentação de conteúdo e ciclos de 20 minutos; 6, sobre investimento de tempo na lógica do conteúdo; e 7, sobre complexidade progressiva, foram bem avaliadas nas disciplinas observadas, obtendo média 5 na escala de valência utilizada, indicando terem atualmente alta aderência ao framework proposto nesta pesquisa.

Na outra ponta do gráfico, com baixa aderência, atualmente, à proposta desta pesquisa, as premissas 3, sobre destaque visual e sonoro; 5, sobre desafio após a aquisição de um conteúdo; 2, sobre protocolo para informações visuais e textuais; e 10, sobre elaboração de exercícios, obtiveram médias que variam entre 1,36 e 2,20. No meio do gráfico, com índices considerados médios dentro da escala de valência utilizada, as premissas 1, sobre modalidade e multimídia; 8, sobre oralidade e escrita; e 9, sobre apoio concreto e familiar, obtiveram médias que variaram entre 2,67 e 3,67.

Os dois últimos grupos de premissas, com índices baixos e médios, apontam para oportunidades de receberem intervenção de design instrucional, com vistas ao aprimoramento da carga cognitiva e, conseqüentemente, da compreensão e da aprendizagem. Sobre estas premissas, então, apontam-se recomendações:

Premissa 1 – Modalidade e multimídia

Ao longo das aulas analisadas, pode-se observar pouca diversidade de estímulos sensoriais possíveis para a aprendizagem, atendo-se majoritariamente à fonte visual, com texto, imagens e vídeos – o que não equilibra a carga cognitiva imposta aos canais de processamento da memória de trabalho. Eventualmente, utilizava-se simultaneamente o canal auditivo e visual, por exemplo, com voz e texto/imagem.

Recomenda-se, para tanto, estabelecer um modelo de produção apoiado em design instrucional, com vistas a diversificar as estratégias possíveis e equilibrar a carga cognitiva dos conteúdos educacionais.

Premissa 2 – Protocolo para informações visuais e textuais

Ao longo da análise das disciplinas, observou-se que não há um padrão para a disposição dos elementos nas telas. Deste modo, a fim de aumentar a aderência à premissa, recomenda-se adotar por padrão os textos à direita e as imagens à esquerda da tela. Da mesma forma, recomenda-se uma nova configuração dos estúdios e demais espaços de gravação, a fim de permitir que o docente, ao utilizar os recursos de ensino, posicione-se à esquerda.

Para os documentos de leitura da aula, disponibilizados em PDF para o estudante, recomenda-se alterar a orientação das páginas, de Retrato para Paisagem, quer dizer, sair do vertical e adotar a orientação horizontal, a fim de adequar-se ao formato das telas de televisão, computador e smartphone – que apresenta responsividade, permitindo girar a tela – e então receber as mesmas recomendações para as telas, uma vez que a orientação vertical das páginas de texto dificultam a adoção deste protocolo, pois diminuiria o tamanho das imagens e da fonte de texto.

Premissa 3 – Destaque sonoro e visual para chamar a atenção

Como era de se esperar, não se utilizou destaque sonoro em momento algum. Evidentemente, trata-se de um apoio pouco convencional na educação. Assim como os corredores de atletismo ficam atentos ao som do disparo para iniciar o movimento do corpo, e os pilotos de corrida estão atentos ao apagar das luzes vermelhas para acelerar, a ideia por trás desta premissa é basicamente a mesma: captar a atenção do cérebro, através de um sinal visual ou sonoro, e, com isso, trazer a atenção do estudante para algo relevante para a sua aprendizagem. De toda forma, aponta-se para a necessidade de um acultramento em relação a uma rotina de destaques em benefício da aprendizagem dos estudantes.

No entanto, há de se ter prudência quanto ao uso de destaques visuais, para não trazer prejuízos com o aumento da carga cognitiva. Deixa-se como recomendação para a utilização desta premissa, que haja um planejamento por parte do docente conteudista ou que vá gravar as aulas, no sentido de utilizar-se de palavras-chave, destacando os elementos essenciais para a aprendizagem de determinada habilidade ou competência desejada, e, ao final, elas fazerem sentido, no conjunto da obra. Ainda, recomenda-se estabelecer no planejamento das videoaulas uma seção, ao

final da aula, por exemplo, destacada com um sinal sonoro, uma vinheta diferente das demais, por exemplo, para trazer um apanhado geral das informações mais relevantes para o alcance dos objetivos propostos.

Premissa 5 – Desafio após a aquisição de um conhecimento

A essência desta premissa é não trabalhar um novo assunto tão logo termine a sua exposição, mas variar a forma de trabalhar o mesmo assunto, dentro do intervalo de 20 minutos. O que se observou durante a análise das disciplinas foi uma pequena variação em termos de dinâmica, ora expondo teoria com texto, imagem e voz, ora praticando. No entanto, por diversas vezes, o intervalo recomendado de 20 minutos não era totalmente utilizado, ou seja, permitia maior aprofundamento do assunto, de modo que poder-se-ia trabalhar o conteúdo de outras formas, no entanto, um novo assunto era iniciado.

A fim de aumentar a aderência a esta premissa, recomenda-se adotar um planejamento de ensino que desafie mental e cognitivamente o estudante, privilegiando, para isso, a alternância entre teoria e prática; estúdio e quadro negro/lousa branca e, se possível, entre professores – trazendo outra dinâmica didática – dentro do intervalo de 20 minutos, e só então mudar de assunto.

Premissa 8 – Oralidade e escrita

Os textos lidos não apresentaram características de dialogicidade como elemento de aproximação entre as figuras do professor e do aluno – conduta necessária na educação a distância, que utiliza o material didático como mediador do processo de ensino e aprendizagem. No entanto, eram sempre bem objetivos, eliminando elementos textuais desnecessários. Esta mesma característica de objetividade, contudo, não foi observada quando da utilização de imagens. Trata-se de não utilizar imagens meramente ilustrativas, mas apenas aquelas que complementaríamos a compreensão do texto.

Para aumentar a aderência a esta premissa, novamente recomenda-se buscar apoio no design instrucional, com vistas a eliminar o desnecessário e adicionar elementos potencialmente complementares. Como uma das possíveis causas

apontadas para o uso indevido de imagens junto ao texto foi o critério pessoal do designer gráfico para compor uma tela mais harmoniosa, recomenda-se ainda que tal agente não adicione elementos visuais por conta própria, ou seja, sem que tenha sido solicitado pelo docente ou designer instrucional, a fim de não gerar aumento da carga cognitiva desnecessariamente.

Premissa 9 – Concreto e familiar

Salvo no caso das disciplinas em que esta premissa não se aplica, esta premissa obteve um valor médio porque, do ponto de vista deste autor, que avaliou os conteúdos, houve a necessidade de promover o apoio em algo concreto e familiar para exercitar assuntos que exigissem o pensamento abstrato. No entanto, há de se ressaltar que esta necessidade pode apresentar variação entre um estudante e outro, a depender da sua habilidade com o pensamento abstrato, mesmo tendo como premissa que o cérebro, segundo Willingham (2011), prefere o concreto.

De toda forma, apresenta-se como recomendação a utilização do referencial concreto como o padrão para este tipo de disciplina, seja na exposição didática, seja nos exemplos a serem resolvidos ou nas proposições de resolução por parte do aluno, sendo interessante realizar um mapeamento das disciplinas consideradas abstratas.

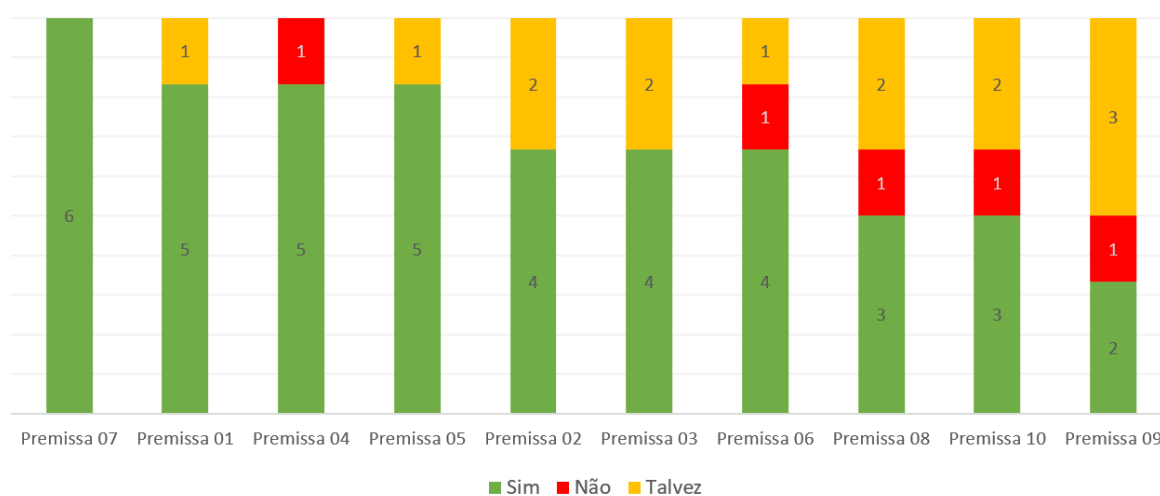
Premissa 10 – Exercícios

A teoria da carga cognitiva prevê três tipos de proposição de exercícios com alta eficiência instrucional. O que se observou foi a exaustiva utilização do tipo exemplos resolvidos, que, sem dúvida, trazem para o estudante maior confiança para desenvolver sozinho, depois, a agenda de exercícios – e nenhuma evidência dos demais tipos. Recomenda-se dar um passo além e adotar estes três tipos de proposição de exercícios, de forma equilibrada, buscando observar se não extrapolam as necessidades do padrão ENADE utilizado pela IES.

4.2 Painel de especialistas

Após aguardar o prazo de 10 dias para que os docentes pudessem conhecer o produto desta pesquisa, foi obtido retorno de 6 professores, correspondendo a 15% do total de 40 existentes no grupo. A seguir, na Figura 33, serão apresentados os resultados das respostas sobre cada premissa, organizados do mais para o menos aderente.

Figura 33 – Premissas mais e menos aderentes: resultado dos especialistas



Fonte: o autor (2020).

Dos 6 retornos, apenas 3, em média, optaram por justificar suas escolhas, conforme solicitado no e-mail, as quais são transcritas a seguir, juntamente com algumas ponderações do autor desta pesquisa, realizadas sobre tais justificativas.

Premissa 1 – Modalidade e multimídia

- **Respondente A:** *cada aluno possui uma facilidade no aprendizado. Considero essa diversificação importante*
- **Respondente B:** *Cada um tempo maior facilidade de aprendizagem de acordo com o órgão sensorial, visão, audição e tato. Diversificando a chance de aprendizado em uma turma será maior*
- **Respondente C:** *Como as pessoas tem habilidades diferentes pelos canais de memorização, a variação no meio de exposição cria uma uniformidade*

no processo. Um valor médio. Caso os métodos explorassem especificamente o melhor canal de cada pessoa, o resultado seria superior à média

- **Respondente E:** *A utilização conjunta de imagem e texto fortalece a explicação para o aluno*

Todos os respondentes parecem concordar com a premissa sobre a diversificação das fontes de informação para utilização simultânea dos canais de processamento da memória de trabalho. No entanto, parecem ter compreendido a questão pela ótica das múltiplas inteligências, ou preferências por diferentes estilos de aprendizagem. Apesar de serem interpretações possíveis, não fazem parte do escopo desta pesquisa, que se atém à utilização de ambos os canais de processamento da memória de trabalho, de forma simultânea, visando não saturar um canal.

Premissa 2 – Protocolo para informações visuais e textuais

- **Respondente A:** *Acredito que manter um padrão facilite ao aluno assimilar o conteúdo*
- **Respondente B:** *a cada imagem deve haver um texto explicativo para não ocorrer interpretações pessoais*

De fato, o padrão, conforme Kandel *et al* (2014), reduz o tempo de reação do cérebro e deixa seu processamento com maior desempenho; e uma imagem, preferencialmente, não deve estar solta, avulsa em meio ao texto, mas acompanhada, antes ou depois, de um texto que o explique e oriente, direcione as reflexões do estudante para o objetivo pretendido.

Premissa 3 – Destaque visual e sonoro para chamar a atenção

- **Respondente A:** *considero importante utilizar os destaques, porém destaques sonoros depende da equipe de produção do vídeos e não exclusivamente do professor*

- **Respondente B:** *acredito que sim, como um apito, se cada vez que se quer chamar a atenção tocar o apito, depois de um tempo, quando voltar a tocar se saberá que está ocorrendo algo importante*
- **Respondente C:** *Um destaque visual em slide é bem factível. Dependendo do destaque sonoro, pode criar uma distração ou irritação*

Os respondentes convergem sobre a importância dos destaques, e trazem as seguintes ponderações: parceria técnica com a equipe de gravação – de edição, na realidade – distração ou irritação, ou seja, obter um efeito adverso ao pretendido; e, interessante, o respondente B traz a questão do condicionamento, do reforço para a mudança de comportamento. De fato, pretende-se captar a atenção do estudante por meio de uma agenda de destaques, ou seja, passando, de certa forma, pelo condicionamento e modelagem de comportamento do estudante que, ao ouvir o sinal do sonoro, compreende que algo importante para a sua aprendizagem está sendo abordado.

Premissa 4 – Segmentação de conteúdo/Ciclos de 20 min

- **Respondente A:** *considero que unidades menores auxiliam na assimilação do conteúdo*
- **Respondente B:** *a capacidade de atenção se eleva de acordo com o interesse e necessidade do conteúdo, não é o tempo que irá prender a atenção do aluno*
- **Respondente C:** *De certa forma isto já é explorado. Um mesmo assunto não dura tanto tempo num mesmo enfoque*

O respondente B entende que se o estudante tem particular interesse sobre o assunto estudado, a segmentação de conteúdos em ciclos de 20 minutos não terá efeito sobre a manutenção da atenção do estudante, que segundo Takuhamá Espinosa (2014) se esgota entre 10 e 20 minutos. Este pensamento se justifica, de certa forma, apoiado dos estudos sobre motivação. Por conta disso, poderá ser oportunamente tratada em situações futuras, quando da abrangência da pesquisa.

Premissa 5 – Desafio após a aquisição de um conteúdo

- **Respondente A:** *a mudança é importante para prender a atenção do aluno, porém depende também das equipes de produção*
- **Respondente B:** *para se manter a atenção deve-se estimular as sensações*
- **Respondente C:** *Sim, mas mudanças abruptas e/ou com baixa qualidade (sem muito cuidado) parecem produzir efeito contrário*

Os respondentes A e C concordam que as variações propostas pela premissa são importantes para a captação e manutenção da atenção do estudante, mas trazem ressalvas quando à dependência da equipe técnica – provavelmente a dos estúdios, abrangendo a gerência – para a viabilidade da utilização da premissa; e quanto ao alcance de efeitos contrários aos desejados, em razão de mudanças abruptas e feitas sem cuidado. Infelizmente, pela falta de desenvolvimento da reflexão, este autor não se sente seguro em discutir os possíveis argumentos com aqueles utilizados para justificar a utilização desta premissa.

Premissa 6 – Investindo tempo na lógica do conteúdo

- **Respondente A:** *exercícios resolvidos e exemplos do cotidiano ajudam na retenção do conhecimento*
- **Respondente B:** *não há possibilidade de resolver problemas que envolvam regras, sem conhecer tais regras*
- **Respondente C:** *Isto pode estender o tempo de exposição ao longo do ciclos das aulas e deve ser ajustado com o conteúdo necessário. Outro aspecto é que, olhar excessivamente o método (ou mecanismo) de resolução, "o como", pode tirar o foco e a importância "do porquê"*

Os respondentes A e B convergem sobre o investimento de tempo na lógica do conteúdo, a fim de trazer segurança ao estudante quando lhe for solicitada a resolução de atividades. Já o respondente C, traz uma reflexão sobre esta premissa estender o assunto e prejudicar os conteúdos seguintes, bem como traz um importante ponto de atenção, arrazoando que a premissa deposita mais importância no como fazer, em detrimento do porquê fazer. Este comentário traz uma importante reflexão, que poderá ser oportunamente tratada em situações futuras, quando da abrangência da pesquisa.

Premissa 7 – Complexidade progressiva

- **Respondente A:** *Planejamento do menos complexo para o mais complexo é fundamental, principalmente para as engenharias que abordam assunto de maior complexidade*
- **Respondente B:** *perfeito*
- **Respondente C:** *Por ser o processo mais natural de aprendizagem*

Premissa 8 – Oralidade e escrita

- **Respondente A:** *acredito que o texto dialógico auxilie no estudo do aluno*
- **Respondente B:** *concordo*
- **Respondente C:** *A linguagem dialógica, como proposta, parece fazer sentido para alunos de pouca idade, na escola primária. Para a escola secundária, seria um transição. Para curso superior, no qual o aluno está aprendendo uma profissão, deve ser um processo que guarda uma formalidade. É preciso moldar o comportamento e o vocabulário para formar o profissional*

Os respondentes A e B concordam com a utilização da linguagem dialógica para promoção da proximidade entre os agentes educacionais, separados temporal e fisicamente na modalidade da educação a distância. Já o respondente C, entende que o ensino superior “guarda uma formalidade” e que, portanto, a linguagem dialógica infantilizaria o processo de aprendizagem do estudante de ensino superior – aqui, entendendo que o respondente C os equaliza em qualquer modalidade de ensino.

Premissa 9 – Concreto e familiar

- **Respondente A:** *Acredito que pode variar consideravelmente em função das habilidades de cada indivíduo*
- **Respondente B:** *exemplos conhecidos facilitam a compreensão*
- **Respondente C:** *Inicialmente sim. Mas o raciocínio específico precisa ser desenvolvido, que depende exclusivamente do aluno. Depende do processo*

cognitivo desenvolvido pelo aluno. Utilizar analogia para teoria quântica, por exemplo, serve para publicação de textos científicos para leigos, como em revistas de uso geral (Superinteressante e outras). Para uma profissional que trabalhará com os temas, não. O texto e os conceitos precisam ser cientificamente, precisos e bem aplicados

O respondente A aparentemente converge com a deste autor, relativizando a habilidade de abstração de cada indivíduo. Já o respondente B, concorda com a justificativa da premissa. Enquanto o respondente C crê que a premissa seja relevante para leigos, mas que os futuros profissionais da área não devem receber o apoio do concreto para facilitar a aprendizagem de conceitos que necessitem do pensamento abstrato. Este comentário traz uma importante reflexão sobre a utilização do concreto apenas para estudantes iniciantes ou se ao longo de todo o curso, que poderá ser oportunamente tratada em situações futuras, quando da abrangência da pesquisa.

Premissa 10 – Exercícios

- **Respondente A:** *formas diferentes de apresentar um problema permitem que o aluno encontre outros caminhos para entender um determinado problema*
- **Respondente C:** *Acredito que, com o cuidado de não mecanizar a solução, o método possa ser utilizado*

O respondente A parece concordar com a utilização dos três tipos de proposição de exercícios, enquanto o respondente C ressaltou a sua utilização de forma indiscriminada.

5. PRODUTO DE APLICABILIDADE PEDAGÓGICA

O produto desenvolvido a partir desta pesquisa diz respeito a um framework²⁹ de elaboração de conteúdos educacionais para a aprendizagem digital, baseado em neurociência cognitiva e psicologia cognitiva. Uma vez que se trata de um programa de mestrado profissional, que, portanto, traz a necessidade de desenvolver um produto, esta pesquisa científica, se classifica como uma pesquisa aplicada, no paradigma funcionalista de Morgan (1980), que se baseia na suposição de que há um padrão implícito e uma ordem no sistema social, e teoriza sobre a orientação das ações, em um determinado contexto, para o alcance de estados futuros, por meio da interação e da modelagem de comportamento.

No eixo que representaria os pressupostos metateóricos sobre a natureza da ciência, esta pesquisa tem caráter objetivo, enquanto no eixo que simbolizaria as premissas metateóricas sobre a natureza da sociedade, esta pesquisa repousa sobre o quadrante funcionalista. O conhecido diagrama elaborado pelo autor é representado na Figura 34, a seguir.

Figura 34 – Diagrama dos paradigmas de Morgan



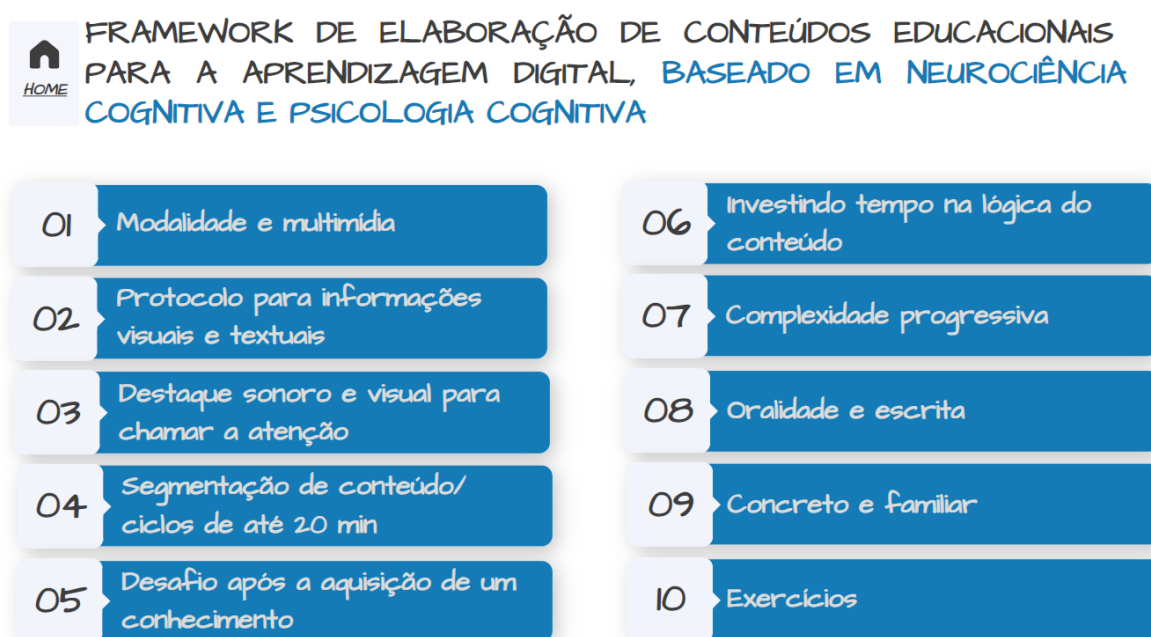
Fonte: Morgan (1980).

²⁹ Com base nas definições de Eisenhart (1991) e Lester (2005), o framework pode ser compreendido como um modelo novo de aplicabilidade, resultado da união de fragmentos de projetos bem sucedidos em seus contextos.

Buscando seguir os preceitos de design encontrados em Williams (2008) e Krug (2008), como contraste, alinhamento, repetição, contraste, poucos cliques, olhar e não ler páginas e demais princípios de usabilidade, a fim de viabilizar a concepção do produto acadêmico de mestrado, optou-se por utilizar a plataforma Genially³⁰, em versão gratuita, por ser uma alternativa já conhecida do autor desta pesquisa para elaboração de telas dinâmicas e interativas.

Desta forma, o framework apresenta-se conforme demonstra a Figura 35.

Figura 35 – Amostra da tela do framework



Fonte: o autor (2020).

Como se vê, o framework contém 10 premissas, isso porque os estudos sobre neurociência cognitiva e psicologia cognitiva realizados nesta pesquisa resultaram em um conjunto de características a serem consideradas na elaboração de conteúdos educacionais aplicáveis à aprendizagem digital. De acordo com Sweller, Van Merriënboer, Paas (1998), a carga cognitiva extrínseca de conteúdos educacionais pode ser reduzida com eficiência instrucional, ou seja, redirecionando a atenção do estudante do que é considerado irrelevante para a aprendizagem, para o que

³⁰ <https://www.genial.ly/>

considerado relevante para a aprendizagem, e em especial em prol da construção de esquemas.

Desta forma, para elaborar conteúdos educacionais, o docente ou designer instrucional precisaria observar as características apresentadas a seguir, que têm como referência os estudos Sweller, Van Merriënboer, Paas (1998) sobre Carga Cognitiva em materiais instrucionais; Mayer (2009) sobre Aprendizagem Multimídia; Willingham (2011) sobre o processo do pensamento durante a aprendizagem, Dehaene (2012) e Kandel et al (2014) sobre o processamento sensorial pelo cérebro; Tokuhami Espinosa (2014) e Cosenza (2015) sobre atenção; e Izquierdo (2018) sobre consolidação das memórias, e tiveram sua nomenclatura interpretada e modificada para ganharem maior compreensão acadêmica, com uma nomenclatura mais didática.

Quadro 26 – Framework de elaboração de conteúdos educacionais para a aprendizagem digital, baseado em neurociência cognitiva e psicologia cognitiva

Premissa	Ação	Justificativa
Modalidade e multimídia	Utilize ambos os canais de processamento da memória de trabalho simultaneamente para equilibrar as fontes de informação e não saturar um canal. Procure diversificar as fontes de informação, utilizando estratégias como: imagem + texto; imagem + áudio; Imagem + toque (quando na prática), por exemplo.	Uma informação é quebrada em estímulos sensoriais (verbal, tátil, auditivo, visual, olfativo) para encontrar registros associados nos diferentes locais do córtex cerebral. Dehaene (2012). A prática de variadas formas contribui para a construção de esquemas porque aumenta a carga cognitiva relevante, bem como a probabilidade de encontrar na mente do estudante uma relação já existente. Sweller, Van Merriënboer, Paas (1998).
Protocolo para informações visuais e textuais	Use texto à direita e imagem/rostos à esquerda da tela, quando estiverem aparecendo de forma simultânea. Isso otimiza o processamento da leitura e melhora a associação da imagem ao que foi lido. Mantenha as imagens à esquerda quando só tiver imagem na tela. Definir uma posição forma uma memória (as imagens estão sempre ali), agilizando seu processamento. Se um texto e uma imagem, por exemplo, dependem um do outro para serem compreendidas, as fontes de informação devem ficar física e temporalmente juntas para não delegar tal tarefa à memória de trabalho.	Letras são processadas no hemisfério esquerdo, na região occipito-temporal. Rostos e paisagens também, mas se houver concorrência (simultaneidade), a região occipito-temporal dará preferência ao processamento das letras. Informações emocionais (imagens e sons, por exemplo) são processadas no hemisfério direito e auxiliam a transmitir o estado de espírito e as intenções do falante, facilitando a interpretação do significado da frase. Dehaene (2012). Colocar um estímulo sempre no mesmo local reduz o tempo de reação do cérebro e deixa seu processamento com maior desempenho, sugerindo um planejamento do movimento ocular para aquele ponto. Kandel <i>et al</i> (2014).

Destaque sonoro e visual para chamar a atenção	Nos vídeos, procure planejar momentos para que seja inserido um destaque sonoro, com o objetivo de chamar a atenção do estudante para algo importante da sua exposição oral. Nos textos de aula ou slides de vídeo, procure aplicar destaque no que é considerado relevante para a aprendizagem, com o uso de cores e luz/sombra, por exemplo. Podem ser até mesmo um padrão, como a criação de uma seção de Resumo dos principais pontos da aula, por exemplo.	A orientação dos movimentos da cabeça e dos olhos é auxiliada pelo colículo superior ipsilateral, em resposta a um som. Dehaene (2012). A atenção do cérebro será direcionada para estímulos significativos, ou seja, que possam trazer consequências importantes. Cosenza (2015). O surgimento abrupto de um estímulo visual representa respostas intensas da atenção, mas elementos estáveis no mundo visual raramente são objeto de atenção. Kandel <i>et al</i> (2014).
Segmentação de conteúdo – Ciclos de até 20 min	Divida o conteúdo de aprendizagem em unidades menores, oferecendo ao estudante um processamento de forma estruturada, permitindo, com isso, que ele mesmo promova as articulações entre as unidades, tornando simples um conceito complexo. No contexto dos nativos digitais, a capacidade de atenção seletiva é de até 20min.	A capacidade de atenção do estudante se esgota entre 10 e 20 minutos. Tokuhamma Espinosa (2014).
Desafio após a aquisição de um conhecimento	Para manter alto o nível de atenção dos estudantes, a cada intervalo, de no máximo 20 min, se possível, varie em um ou mais destes aspectos: interlocutor (professor); lugar (estúdio, externa, sala de aula, quadro negro, lousa interativa, etc.); e atividade/dinâmica (teoria/exposição, prática, simulação, vídeo de resolução de exercícios; aplicação em contexto	Um estresse moderado logo após a aquisição da memória pode melhorar a sua consolidação; enquanto uma experiência nova logo após a aquisição de uma memória (até 2 horas após) pode danificar seu processo de consolidação. Izquierdo (2018).

	real, etc.). Estas mudanças são estimulantes para o cérebro. Não aplique um novo conteúdo, mas reflita e trabalhe sobre o conteúdo atual.	
Investindo tempo na lógica do conteúdo	Apenas desafie o estudante com uma análise/resolução de problema quando ele estiver familiarizado com a estrutura de regras de resolução. Invista tempo inicialmente na exposição das regras e no contato com elas por meio de prática guiada (exercícios resolvidos) e exemplos cotidianos (contexto real de utilização).	Provavelmente serão deficientes os resultados de conteúdos de aprendizagem que requeiram envolver assuntos novos em processos complexos de raciocínio, como acontece na aprendizagem pela descoberta; mas provavelmente serão eficientes os resultados de conteúdos de aprendizagem planejados no sentido de facilitar ao estudante a aquisição de conhecimentos específicos. A “exemplificação” é a forma mais eficiente de instrução, comparada à “resolução de problemas” e às “descobertas práticas guiadas”, porque envolve menor esforço cognitivo. Uma nova tarefa não será completada com êxito antes que seus pré-requisitos de aprendizagem sejam aprendidos e automatizados, liberando capacidade de processamento da memória de trabalho. Os pré-requisitos de aprendizagem devem ser apresentados segundo a capacidade da memória de trabalho em processar informações relacionadas entre si – qualquer coisa além de 3 informações simultâneas parece exceder esta capacidade de processamento. Quanto maior o nível de interação entre os elementos de um assunto, maior é a sua carga cognitiva intrínseca, pois mais elementos estão sendo trabalhados simultaneamente na memória de trabalho. Sweller, Van Merrienboer, Paas (1998).

Complexidade progressiva	Procure organizar os conteúdos da sua disciplina seguindo uma lógica progressiva de complexidade dos assuntos, do menos complexo ao mais complexo, criando uma espécie de pré-requisito para as aprendizagens.	À medida que deixam de ser ingressantes e se aprofundam nos conteúdos do currículo, é importante considerar oferecer ao estudante um aumento gradual de complexidade de assuntos, cuja carga cognitiva intrínseca não se pode influenciar. Sweller, Van Merriënboer, Paas (1998).
Oralidade e escrita	Utilize linguagem dialógica nos textos de leitura de aula para buscar criar vínculo de proximidade do estudante com o texto/conteúdo, simulando a relação professor-aluno estabelecida naturalmente em sala de aula. Procure escrever de forma objetiva, eliminando o que for desnecessário, tanto de texto quanto de imagem. Ao utilizar duas ou mais fontes de informação, verifique se elas se complementam ou se estão apenas sendo redundantes. Obs.: a redundância pode ser benéfica para estudantes ingressantes, mas perdem a eficácia em estudantes mais avançados.	O Princípio da Coerência Textual tem por objetivo oferecer apenas o que for relevante, diminuindo o processamento de informações desnecessárias; e o Princípio da Personalização tem por objetivo promover aproximação com o estudante, a partir do uso de mecanismos de linguagem oral na linguagem escrita. Mayer (2009). De modo geral, para evitar redundância, observe se as fontes de informação utilizadas de fato se complementam, mas permita algumas redundâncias para que estudantes ingressantes se beneficiem delas. Sweller, Van Merriënboer, Paas (1998).
Concreto e familiar	Para exercitar assuntos considerados complexos, que requeiram o desenvolvimento do pensamento abstrato, como cálculo de área, teorias quânticas e velocidade, por exemplo, utilize exemplos com algo concreto e familiar. Concreto para ser aderente ao processo cognitivo, e familiar para ser aderente às	Segundo Willingham (2011), conceitos abstratos, como cálculo de área, teorias quânticas e velocidade, por exemplo, são considerados complexos e o cérebro teria preferência pelo que é concreto, quer dizer, que permitiria estabelecer a criação de uma imagem mental. O autor considera que quando se utiliza um contexto adverso do escolar, como exemplos reais de utilização, por exemplo, resulta em dificuldade de associação à

	estruturas cognitivas. O cérebro tem mais facilidade quando se cria uma imagem mental.	estrutura de solução aprendidas. Dessa forma, sugere-se oferecer exemplos em diferentes contextos, durante a aprendizagem, para ampliar suas possibilidades de interpretação.
Exercícios	Na teoria da carga cognitiva estão previstos 3 modelos poderosos de elaboração de exercícios, com alta eficiência instrucional: • Exemplo resolvido – Altamente aderente à aprendizagem pelo cérebro, resolver problemas e elaborar questionamentos sobre eles leva à construção de esquemas gerais porque direciona a atenção ao que se pede no problema e suas possíveis soluções associadas, desde que não tragam informação redundante ou não formem uma sequência de exemplos resolvidos de baixa variação. • Atividade sem objetivo – Sem ter o objetivo especificado na atividade, resta ao estudante encontrar uma maneira de analisar e buscar solução ao que se pede no problema – exatamente o necessário para construir esquemas. Exemplo: em vez do enunciado: “Um carro, não uniformemente, acelera de zero por 1 minuto. Sua velocidade final é de 2km/min. Qual distância foi percorrida?” sugere-se, ao final: “Calcule o valor do maior número de variáveis que você puder.”. (p. 21-22 – tradução livre) • Atividade de conclusão – São problemas para os quais são fornecidos um enunciado, uma pergunta e uma parte da solução, cabendo ao estudante completá-la. À medida que o estudante vai adquirindo expertise, diminui-se a parcela da solução oferecida.	

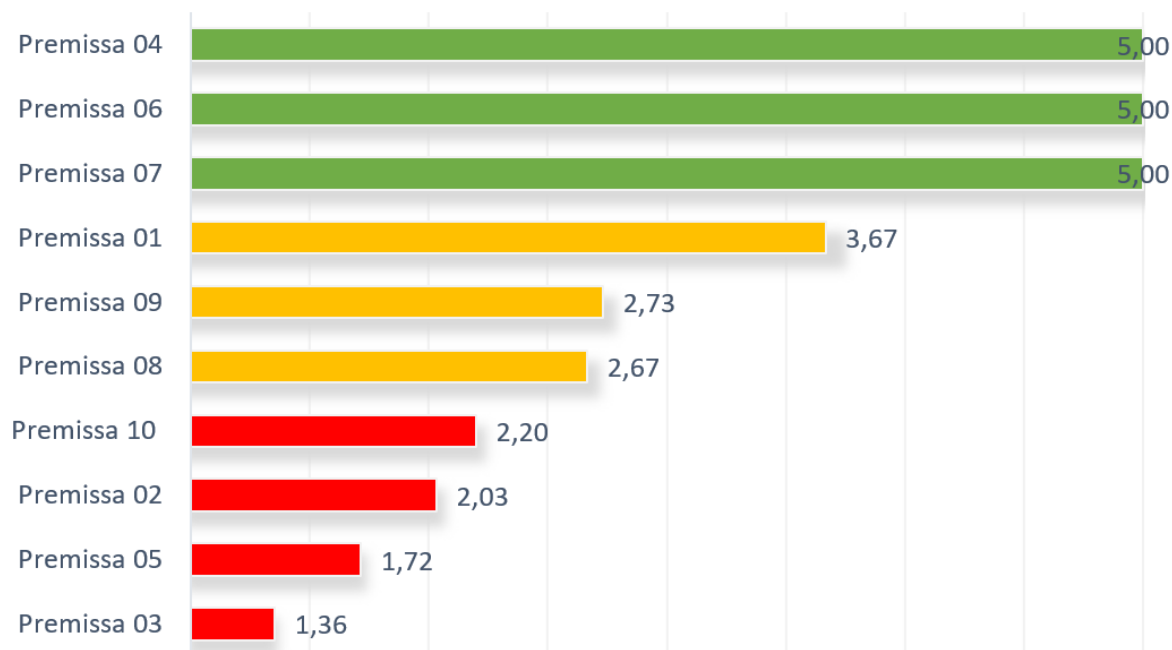
Fonte: elaborado pelo autor (2020), com base em Sweller, Van Merriënboer, Paas (1998); Mayer (2009); Willingham (2011); Dehaene (2012); Kandel *et al* (2014); Tokuhami Espinosa (2014); Cosenza (2015); Izquierdo (2018).

Para obter o rigor da pesquisa científica, bem como a sua precisão e credibilidade, no sentido de evidenciar onde o docente ou designer instrucional deve atuar nas adequações didáticas dos conteúdos educacionais, de forma que estejam mais aderentes às evidências da neurociência cognitiva e da psicologia cognitiva para a aprendizagem digital, o framework foi aplicado sob dois pontos de vista: a do próprio pesquisador, coletando dados empiricamente; e a dos autores que efetivamente elaboram tais conteúdos educacionais.

Para coletar os dados empiricamente, optou-se por utilizar como instrumento de avaliação o conceito da ferramenta de mapeamento de processos chamada As-Is To-Be³¹, adaptado de forma simplificada à realidade da pesquisa, visando expor um quadro de comparação em relação ao levantamento da situação atual, As-Is – descrição textual do processo – e a modelagem da situação futura, To-Be – derivada da existente. Este enquadramento permitiu observar e avaliar como o professor ou designer instrucional elabora seus materiais na realidade atual, e, comparativamente ao framework, evidenciar os desalinhamentos encontrados e, assim, reconhecer o potencial para melhoria, a partir de um conjunto de intervenções que visam transformar um saber, para torná-lo mais simples de ser ensinado e, por conseguinte, mais compreensível.

Estes procedimentos metodológicos As-Is e To-Be se referem ao processo de observação, análise e coleta de dados feitas pelo pesquisador em relação a 6 disciplinas do primeiro ano de um curso superior na modalidade a distância, da área de exatas. Cada disciplina era composta por seis aulas, buscando-se observar a forma como as 10 premissas foram utilizadas em elementos como videoaulas, telas digitais e documentos de leitura. Em seguida, foi feita a análise dos dados obtidos e observou-se grande variação em relação a aderência dos conteúdos às premissas propostas, conforme mostra a Figura 36.

³¹ Para Davemport (1993) e Hammer (1993), citados por Castela e Tribolet (2004, p. 1), o modelo chamado As-Is representa a forma como os processos são executados na vida real, no contexto de uma organização, enquanto o modelo To-Be reflete alterações futuras aos processos, implementáveis ou não. O modelo de processos As-Is To-Be tem como objetivos servir de base para a melhoria dos processos e para a inovação dos processos; entre outros.

Figura 36 – Premissas mais e menos aderentes: resultado da análise

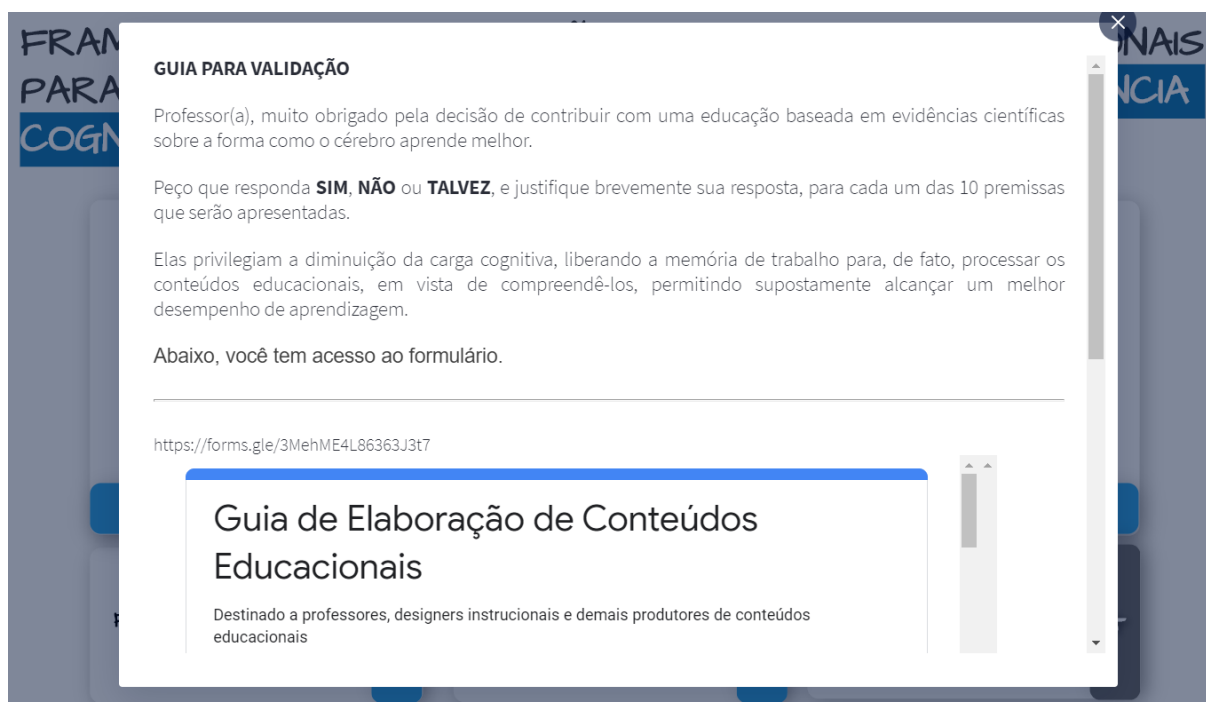
Fonte: o autor (2020).

Usando uma escala de valência de 1 a 5, sendo um a menos aderente e 5 a mais aderente, nota-se cerca de quatro premissas com boa avaliação nos conteúdos observados. As demais, então, necessitariam sofrer interferência da atividade de design instrucional quanto à questão da carga cognitiva extrínseca. As recomendações de design instrucional, para estes casos específicos, podem ser observadas no item “4.1.8 Avaliação qualitativa dos dados” da dissertação.

Agora, para verificar o ponto de vista prático dos autores que efetivamente elaboram tais conteúdos educacionais, em relação à utilização das 10 premissas na elaboração de conteúdos educacionais, foi feito um convite para 40 professores da área de exatas, obtendo o retorno de 6 deles. Eles foram orientados, por e-mail, a acessar o link do produto para que conhecessem as premissas, e responder a 10 perguntas, uma sobre cada uma das 10 premissas, e justificar suas escolhas – dos 6 retornos, 3 justificaram suas escolhas. Para este fim da coleta de dados, foi utilizado o site de Formulários³² Google, e inserido na plataforma Genially, conforme mostra a Figura 37.

³² <https://www.google.com/intl/pt-BR/forms/about/>

Figura 37 – Amostra do Guia de Validação



Fonte: o autor (2020).

A concepção do framework na plataforma Genially se deu desta forma: tendo em mente as delimitações apresentadas até aqui, buscou-se por um template que oferecesse as possibilidades necessárias ao framework. Feitas as devidas adaptações, chegou-se ao seguinte formato, com botões interativos, cuja interface foi adaptada especificamente para os validadores, sendo que após a conclusão desta dissertação, a plataforma foi configurada para fins acadêmicos e profissionais em geral. A Figura 38 a seguir apresenta a *home* – página principal – do produto, na referida configuração para os validadores; e a Figura 39 mostra o produto configurado para os fins acadêmicos e profissionais gerais.

Figura 38 – Tela principal do produto em fase piloto

FRAMEWORK DE ELABORAÇÃO DE CONTEÚDOS EDUCACIONAIS
PARA A APRENDIZAGEM DIGITAL, BASEADO EM NEUROCIÊNCIA
COGNITIVA E PSICOLOGIA COGNITIVA



Fonte: o autor (2020).

Figura 39 – Tela principal do produto final

FRAMEWORK DE ELABORAÇÃO DE CONTEÚDOS EDUCACIONAIS
PARA A APRENDIZAGEM DIGITAL, BASEADO EM NEUROCIÊNCIA
COGNITIVA E PSICOLOGIA COGNITIVA



Fonte: o autor (2020).

Para acessar o framework de elaboração de conteúdos educacionais para a aprendizagem digital, como base na neurociência cognitiva e na psicologia cognitiva, basta clicar neste link <<https://view.genial.ly/5f8bfc6c033b070d062690c5/horizontal-infographic-review-framework-conteudos-educacionais-neurociencia-e-psicologia>>.

Sendo assim, a resposta ao problema de pesquisa “Como podem ser elaborados conteúdos educacionais tendo como base as evidências dos estudos sobre a neurociência cognitiva e a psicologia cognitiva, e, dessa forma, melhorar a performance cognitiva dos estudantes, em termos de seleção e processamento das informações, articulação com os seus conhecimentos prévios, armazenamento das memórias e sua evocação?” culminou na concepção do produto desta pesquisa, resultado das pesquisas sobre neurociência cognitiva e psicologia cognitiva aplicáveis à educação, e classificado como sendo inerente ao paradigma funcionalista de Morgan (1980), composto por um conjunto de 10 características a serem observadas na elaboração de conteúdos educacionais para a aprendizagem digital.

Para tanto, atendeu-se a todos os objetivos específicos propostos para o objetivo geral desta pesquisa, utilizando-se dos conceitos da ferramenta de mapeamento de processos, denominada AS-IS TO-BE, para coletar dados empiricamente e, assim, obter o rigor e a credibilidade próprios da pesquisa científica, tendo obtido dos docentes validadores relevantes contribuições para pesquisas futuras, permitindo, com isso, estender os trabalhos ao público acadêmico.

6 CONCLUSÕES

Sendo os conteúdos educacionais um importante elemento de mediação entre estudante e professor, na modalidade de educação com distanciamento físico e temporal, esta pesquisa buscou promover uma necessária revisão da abordagem de elaboração deste elemento, a partir de um aprofundamento dos conhecimentos teóricos e práticos que envolvem as evidências da neurociência cognitiva e a psicologia cognitiva, em benefício de uma aprendizagem digital, e a fim de que os conteúdos educacionais continuem comunicando e interagindo com os estudantes para qualificar suas aprendizagens.

Para tanto, partiu-se do seguinte questionamento: Como podem ser elaborados conteúdos educacionais tendo como base as evidências dos estudos sobre a neurociência cognitiva e a psicologia cognitiva, e, dessa forma, melhorar a performance cognitiva dos estudantes, em termos de seleção e processamento das informações, articulação com os seus conhecimentos prévios e armazenamento das memórias e sua evocação?

Tendo em mente esta problemática, o seguinte objetivo geral foi estabelecido: Conceber um framework para fundamentar a elaboração de conteúdos educacionais, apresentando diretrizes e orientações baseadas nas evidências provenientes das pesquisas em neurociência cognitiva e psicologia cognitiva, relacionadas à seleção e ao processamento das informações, à articulação com conhecimentos prévios, e ao armazenamento das memórias e sua evocação, e à carga cognitiva destes conteúdos, para o melhoramento da performance cognitiva, no contexto da aprendizagem digital. Olhando para o alcance do propósito desta pesquisa, foram estabelecidos os seguintes objetos específicos:

- Relacionar as evidências resultantes dos estudos da neurociência cognitiva e psicologia cognitiva acerca do processamento relacionados a sensação, percepção, processamento cognitivo de informações, memorização e emoção, ligados à eficiência instrucional propostos pela teoria da carga cognitiva, no contexto da aprendizagem digital;
- Conceber um framework, propondo as características que os conteúdos educacionais didáticos deveriam ter, do ponto de vista das evidências resultantes dos estudos sobre o aprimoramento cognitivo, para estarem

alinhados em relação à eficiência instrucional, no contexto da aprendizagem digital;

- Avaliar o framework concebido contrapondo-o com os conteúdos educacionais atualmente disponíveis na realidade de um grupo de professores participantes

Pelo rigor da pesquisa científica e com a contribuição de profissionais especialistas, visando aproximar a teoria da prática, gerar confiabilidade e credibilidade ao resultado, assegurando a sua aplicabilidade prática em contexto reais, os resultados da pesquisa apontam para o alcance do objetivo proposto, e foram expressos no produto desta dissertação, qual seja: um framework de elaboração de conteúdos educacionais para a aprendizagem digital, baseado na neurociência cognitiva e na psicologia cognitiva.

Independentemente de haver mudanças dos perfis dos estudantes, em razão da sua natividade digital, a utilização cada vez maior de novas tecnologias na educação, acentuada ainda mais pelo distanciamento interpessoal imposto pela pandemia do COVID-19, trouxe maior relevância a esta pesquisa, que tratou de promover maior eficiência instrucional dos conteúdos educacionais para a aprendizagem digital, buscando utilizar-se mais das evidências sobre o funcionamento do cérebro, que incluem o conhecimento do processo da atenção na aprendizagem e a influência da emoção na formação de memórias de longo prazo; o conhecimento de como se dá o processamento cerebral das diversas fontes sensoriais, como a leitura, os sons e as imagens; e também a consideração da diminuição da carga cognitiva dos conteúdos educacionais, buscando maior eficiência de processamento das informações pela memória de trabalho.

Se antes, havia a opção pelo ensino presencial por parte daqueles que, por suas razões, resistem a modalidades sem ou com menos presencialidade, durante a pandemia, a opção era apenas uma: estudar remotamente e a distância. Diante disso, pessoas com diversos perfis, preferências e necessidades foram colocadas em frente à tela dos computadores e smartphones, seja para trabalhar, estudar, consumir e se relacionar.

Neste sentido, aponta-se como um dos impactos positivos desta pesquisa a utilização das evidências neurocientíficas e da psicologia em benefício da qualificação

da aprendizagem. Ou seja, a promoção de maior eficiência instrucional para os conteúdos educacionais utilizados para a aprendizagem digital, de forma a abranger não só perfis, preferências e necessidades de um público mais avizinjado às tecnologias, mas também de públicos diversos, que podem precisar de maior apoio, suporte, interação e facilitação das suas aprendizagens, uma vez que já estão sendo desafiadas pela imposta virtualidade das relações.

Esta pesquisa, indiscutivelmente, trouxe para este autor valiosos conhecimentos acerca de pesquisa científica e uma nova abordagem de elaboração de conteúdos educacionais, no contexto da aprendizagem digital, em que se observa o funcionamento do cérebro em frente a vídeos, imagens, textos e sons, como as emoções impactam a atenção, que se vai facilmente em face das distrações oportunizadas pelas tecnologias de informação e comunicação. Nota-se, com isso, a relevância para oportunamente colocar em prática tais propostas instrucionais, a fim de verificar empiricamente o progresso, tanto na qualificação da aprendizagem dos estudantes, verificada por meio de avaliações, quanto da sua satisfação com o processo de ensino e aprendizagem digital, permitindo, ainda, oferecer mais uma alternativa aos docentes, conteudistas e profissionais dedicados ao design instrucional.

Como limitações desta pesquisa, aponta-se as seguintes:

A avaliação realizada pelo pesquisador observou conteúdos educacionais de uma única área de conhecimento, inserida nas Exatas. Da mesma forma, as contribuições obtidas dizem respeito ao olhar de profissionais da mesma área. Neste sentido, entende-se que ampliar o alcance do framework, tanto para observar conteúdos educacionais de outras áreas do conhecimento, quanto obter a validação pelo olhar de profissionais destas outras áreas, seria interessante e enriqueceria ainda mais os resultados desta pesquisa.

Outra limitação seria o fato de não ter havido tempo para a elaboração de um conteúdo educacional para a aprendizagem digital, seguindo estas premissas, e implantá-lo para, então, observar as impressões, tanto dos estudantes quanto dos docentes, conteudistas e designers instrucionais – sendo este, então, o próximo e desejado passo em direção à continuidade deste trabalho acadêmico.

Por fim, entende-se como outra incompletude deste trabalho e não extensão da pesquisa, com vistas a abraçar as reflexões trazidas pelos especialistas em relação à aplicação das premissas num contexto real. Dentre as reflexões recebidas, destacam-se: observação das múltiplas inteligências ou preferências por diferentes estilos de aprendizagem; necessidade de parceria técnica com estúdio de gravação, equipe de edição e coordenação de cursos para a revisitação do planejamento pedagógico; estudo de possíveis efeitos contrários aos pretendidos com as premissas; consideração da motivação pela aprendizagem do conteúdo e a observância da demasiada ênfase no como fazer, em detrimento do porquê fazer; bem como o uso do referencial concreto e familiar apenas para estudantes ingressantes, e não para os mais avançados.

Estas valiosas complementações, por não terem sido consideradas críticas para a conclusão desta pesquisa, poderão ser observadas quando dos processos de continuidade de trabalhos futuros relacionados a esta pesquisa, como em publicações, congressos e doutoramento, por exemplo.

Para finalizar esta pesquisa, é importante frisar que o framework proposto não é uma solução absoluta para os problemas relacionados à elaboração de conteúdos educacionais para a aprendizagem digital, mas tão somente uma ferramenta, uma alternativa no enfrentamento dos desafios dantes observados pelo pesquisador nas suas atividades profissionais como designer instrucional de conteúdos educacionais do ensino superior a distância, surgindo então a inquietação pela pesquisa aqui apresentada. O framework de elaboração de conteúdos educacionais para a aprendizagem digital, baseado na neurociência cognitiva e na psicologia cognitiva ainda poderá evoluir, recebendo novas contribuições de pesquisas associadas aos temas da aprendizagem digital e da teoria da carga cognitiva no processo de design instrucional – atividade imprescindível para a qualificação das aprendizagens em que haja distanciamento físico e temporal.

REFERÊNCIAS

ADBI. **T20. Realizing Education for All In the Digital Age**. Japão: 2019. Disponível em: <<https://www.adb.org/sites/default/files/publication/503706/adbi-realizing-education-all-digital-age.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2020.

ADOBE Acrobat. **O que é PDF?** Disponível em: <<https://acrobat.adobe.com/br/pt/acrobat/about-adobe-pdf.html>>. Acesso em: 29 ago. 2020.

AGUILAR, Renata. **Neurociência aplicada à educação**. Caminhos para facilitar a aprendizagem na sala de aula. 2ª edição revista e ampliada. São Paulo: Edicon, 2019.

ALMEIDA, Geraldo. P. Plasticidade cerebral e aprendizagem. In: RELVAS, M. Pires. **Que cérebro é esse que chegou à escola**: as bases neurocientíficas da aprendizagem. 3 ed. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2017.

AMARAL, Vasco M. M. Neurociência dos movimentos e da aprendizagem afetiva e motora. In: RELVAS, M. Pires. **Que cérebro é esse que chegou à escola**: as bases neurocientíficas da aprendizagem. 3 ed. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2017.

AMTHOR, F. **Neurociência para leigos**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2017.

ANASTASIA, C. **The Social Framework of Learning via Neurodidactics**. 2016. Disponível em: <https://www.scirp.org/pdf/CE_2016092014524728.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2020.

ANDERSON, T.; DRON, J.; MATTAR (TRAD.), J. Três Gerações De Pedagogia De Educação A Distância. **EaD em Foco**, v. 2, n. 1, 17 out. 2012. Disponível em: <<https://eademfoco.cecierj.edu.br/index.php/Revista/article/view/162>>. Acesso em: 28 maio 2020.

ARROIO, A.; GIORDAN, M. **O vídeoeducativo**: aspectos da organização do ensino. Química nova na escola, n. 24, p. 8-11, 2006. Disponível em: <http://www.lapeq.fe.usp.br/meqvt/disciplina/biblioteca/artigos/arroio_giordan.pdf>. Acesso em: 08 jun 2020.

AZEVEDO NETTO, Carlos X. de. Signo, sinal, informação: as relações de construção e transferência de significados. **Informação & sociedade**, v. 12, n. 2, 2002. Disponível em: <https://brapci.inf.br/_repositorio/2010/11/pdf_f61135c5e3_0013351.pdf>. Acesso em: 04 out. 2020.

AZEVEDO, Delmir P.; RAMOS, Margarete S.; AZEVEDO, Marília B. P. **Roteirização de videoaulas para a educação on-line**. 2009. Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/roteirizacao-de-video-aulas-para-a-educacao-on-line/4738873/>>. Acesso em: 08 jun 2020.

BARRENECHEA, Cristina A. Cognição situada e a cultura da aprendizagem: algumas considerações. **Educar**, n. 16, p. 139-153. Curitiba: 2000, UFPR. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-40602000000200010&script=sci_arttext>. Acesso em: 08 out. 2020.

BARRET, L. F.; NIEDENTHAL, P. M.; WINKIELMAN, P. (Ed.). **Emotion and Consciousness**. The Guilford Press, 2005. Disponível em: <https://epdf.pub/emotion-and-consciousness.html>>. Acesso em: 25 out. 2020.

BECKER, V. *et al.* Design Audiovisual: a interseção dos estudos de audiência com a interação humano-computador. **Conexão – Comunicação e Cultura**. v. 17, n. 33, 2018. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/conexao/article/view/5672/3382>>. Acesso em: 24 maio 2020.

BELISÁRIO, Aluizio. O material didático na educação a distância e a constituição de propostas interativas. In: SILVA, Marcos (org). **Educação Online: teorias, práticas, legislação, formação corporativa**. 2 ed. São Paulo: Edições Loyola, 2006. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=lang_pt&id=TiYlzy3IM30C&oi=fnd&pg=PA77&dq=Edelman+e+Tononi&ots=OQWwcCyw6k&sig=xzwUqxgOVAju0BfStc26nXuQuKg&redir_esc=y#v=onepage&q=Tononi&f=false>. Acesso em: 24 out. 2020. Versão digital.

BELLONI, Maria L. **Educação a distância**. Campinas: Autores Associados, 2009.

BLAKE, W. Perception, Cognition, and Affordance. In: HINTON, Andrew. **Understanding context: Environment, language, and information architecture**. O'Reilly Media, Inc., 2014. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=a3mrBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=%22Perception,+Cognition,+and+Affordance%22+blake&ots=Uq54KvWFHD&sig=pXr_4qB2BXg_mDei60RtyqSEr44&redir_esc=y#v=onepage&q=%22Perception%2C%20Cognition%2C%20and%20Affordance%22%20blake&f=false>. Acesso em: 03 out. 2020.

BORGES, Monica, E. N. Estudos Cognitivos em Ciência da Informação. **Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, Florianópolis, n. 15, 1º sem. 2003. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/viewFile/116/5232>>. Acesso em: 08 out. 2020.

BOTEGA, Leonardo; OLIVEIRA, Natália; ARAÚJO, Regina Borges de; CAMPOS, Márcio R. **Visualização de Incertezas para a Melhoria da Consciência Situacional em Sistemas de Chamadas de Emergência**. Conference: XIII Simpósio Brasileiro Sobre Fatores Humanos: Foz do Iguaçu, 2014. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/268523791_Visualizacao_de_Incertezas_para_a_Melhoria_da_Consciencia_Situacional_em_Sistemas_de_Chamadas_de_Emergencia>. Acesso em: 02 mar 2021.

BRASIL. Casa Civil. **Decreto 5.622/05**, de 19 de Dezembro de 2005. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/dec_5622.pdf>. Acesso em: 17 jun 2020.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Lei número 9.394**, 20 de dezembro de 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm>. Acesso em: 12 maio 2020.

BROWN, John. Learning in the Digital Age. In: **EDUCASE. Forum for the Future of Higher Education**, 2001. Disponível em: <<https://library.educause.edu/resources/2001/1/learning-in-the-digital-age>>. Acesso em: 28 set. 2020.

CASTELA, Nuno; TRIBOLET, José. **Representação As-Is em Engenharia Organizacional**. 5ª CAPSI – Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação. Centro de Engenharia Organizacional, Lisboa-Portugal, 2004. Disponível em: <<https://www.inesc-id.pt/ficheiros/publicacoes/2112.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2020.

COHEN, Hugo. **Sala de Cirurgia**. Epilepsia. 9 de março de 2014. Disponível em: <<https://saladecirurgia.wordpress.com/tag/calosotomia/>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

CORCINI, Luiz. F.; MOSER, Alvino. Ciberespaço, Multitarefas e Atenção: breve revisão bibliográfica. In: **Revista Observatório**, v. 5, n. 4, jul-set. 2019. Disponível em: <<https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/observatorio/article/view/5951>>. Acesso em: 27 jul 2020.

COSENZA, Ramon M.; GUERRA, Leonor B. **Neurociências e educação**: como o cérebro aprende. Porto Alegre: Artmed, 2011.

COSENZA, Ramon. A neurociência da atenção. **Revista Neuroeducação**, São Paulo, 5. ed. p. 25-31, 2015.

COSTA, Cleide J. de S. A.; PARAGUAÇU, Fabio; MERCADO, Luís P. L. **Parâmetros para análise das ferramentas de aprendizagem colaborativa na internet**. Virtual Educa. Bilbao, 20-23 jun. 2006. Disponível em: <<http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:1547/n04araujo06.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2020.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. Teoria do Flow, pesquisa e aplicações. 2014. **ComCiência**. Tradução de Marina Gomes. Disponível em: <http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542014000700010&lng=e&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 26 abr 2020.

DA SILVA, J. A. *et al.* Sensação e percepção no contexto dos estudos em Epistemologia Genética. **Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas**, v. 6, n. 2, Ago-Dez/2014.

DAMÁSIO, A. **O mistério da consciência, do corpo e das emoções ao conhecimento de si**. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

DAMÁSIO, A. R. **O erro de Descartes**: emoção, razão e o cérebro humano. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. Disponível em: <https://books.google.com.br/books/about/O_erro_de_Descartes.html?id=-9bcBAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=snippet&q=emo%C3%A7%C3%B5es%20secund%C3%A1rias&f=false>. Acesso em: 24 out. 2020.

DAVENPORT, T. H. **Ecologia da Informação**: porque só a tecnologia não basta para o sucesso na era da informação. Tradução de Bernadette Siqueira Abrão. São Paulo: Futura, 1998. Disponível em: <<https://ppgic.files.wordpress.com/2018/07/davenport-t-h-2002.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2020.

DEHAENE, Stanislas. **Os neurônios da leitura**: como a ciência explica a nossa capacidade de ler. Porto Alegre: Penso, 2012.

DICIO. **Significado de Congênito**. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/congenito/>>. Acesso em: 12 out. 2020.

DONIS, Dondis A. **Sintaxe da linguagem visual**. Tradução de Jefherson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

DOROW, Patrícia F. *et al.* Compartilhamento do conhecimento e inovação: um estudo de caso. **Revista Espacios**. v. 34, n. 4, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Gertrudes_Dandolini/publication/287779502_Knowledge_sharing_and_innovation_A_case_study/links/58060b3208ae0075d82c2de1/Knowledge-sharing-and-innovation-A-case-study.pdf>. Acesso em: 09 out. 2020.

EDUCASE. **The Horizon Report**. 2008. Disponível em: <<https://library.educase.edu/resources/2008/1/2008-horizon-report>>. Acesso em: 11 maio. 2020.

EDUCASE. **The Horizon Report. Teaching and learning edition**. 2020. Disponível em: <<https://library.educase.edu/resources/2020/3/2020-educase-horizon-report-teaching-and-learning-edition>>. Acesso em: 24 maio 2020.

FERREIRA, Alden D. T. O Uso das Videoaulas como Elemento Facilitador da Aprendizagem na Educação a Distância. **Revista Científica Fundação Osório**. v. 1, p. 1-20. 2016. Disponível em: <<http://ebrevistas.eb.mil.br/index.php/rcfo/article/download/2370/1913>>. Acesso em: 08 jun 2020.

FIALHO, F. A. P. **Introdução às Ciências da Cognição**. Florianópolis: Insular, 2001.

FIALHO, F. A. P. **Uma introdução à engenharia do conhecimento**. Florianópolis: UFSC/PPGEP, 2000. np. (Caderno Didático).

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

FILATRO, A.; CAIRO, S. **Produção de conteúdos educacionais**. 2015. São Paulo: Saraiva. Versão Digital

FRANK, Jean; FERNANDEZ, J. L. Rememoração, subjetividade e as bases neurais da memória autobiográfica. Subjetividade e circuitaria neuronal. **Psicologia Clínica**, Rio de Janeiro v. 18, n. 1, p. 35-47, 2006. Seção temática Clínica e Neurociência. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-56652006000100004&script=sci_arttext>. Acesso em: 23 out. 2020.

GALLOTI, G. M. A. **Sistemas Multimídia**. São Paulo: Pearson: 2017.

GAZZANIGA, Michael *et. al.* **Neurociência cognitiva: a biologia da mente**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

GIL, Antonio C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

HELENE, André F.; XAVIER, Gilberto F. A construção da atenção a partir da memória. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 25, supl. 2, p. 12-20. dez 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-44462003000600004&script=sci_arttext>. Acesso em: 23 out. 2020.

HERCULANO, H. S. **Neurociências na educação**. Rio de Janeiro: CEDIC, 2009.

INEP. **Relatório Brasil no PISA 2018** – versão preliminar. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/documentos/2019/relatorio_PISA_2018_preliminar.pdf>. Acesso em: 28 jul 2020.

IZQUIERDO, Ivan. **Memória**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

KANDEL, E. R. **Em busca da memória: o nascimento de uma nova ciência da mente**. Trad: Rejane Rubino. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

KANDEL, Eric *et al.* **Princípios de Neurociências**. 5 ed. Tradução: Ana Lúcia Severo Rodrigues *et al.* Porto Alegre: AMGH, 2014. Versão digital.

KAST, Verena. **A dinâmica dos símbolos: fundamentos da psicoterapia Jungiana**. Petrópolis: Vozes, 2013. Versão digital.

KRUG, Steve. **Não me faça pensar**: uma abordagem de bom senso à usabilidade na web. 2 ed. Revisada. Rio de Janeiro: Alta Books: 2008. Versão digital. Acesso em: 01 mar 2021.

LEITE, Jan E. R. A natureza social da cognição: questões sobre a construção do conhecimento. Veredas - **Revista de Estudos Linguísticos**, v. 7, n. 1 e n. 2, p. 217-232. Juiz de Fora, jan./dez. 2003. Disponível em: <file:///C:/Users/drmda/Downloads/25276-Texto%20do%20artigo-99134-1-10-20160720%20(1).pdf>. Acesso em: 09 out. 2020.

LENT, Roberto. **Cem Bilhões de Neurônios?** Conceitos fundamentais de neurociência. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 2010. Versão digital.

LIBERATO, Aline A. e S.; SILVA, Ana Lúcia G. da. Processos do Aprender: as contribuições da neurociência para a formação de professores da educação infantil. In: **EDUCERE XII**, Formação de Professores e Profissionalização Docente. 2015, Curitiba: [s.n.], 2015. p. 11103-11118. Disponível em: <http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/20078_10211.pdf>. Acesso em: 03 maio 2018.

LIMA, Gercina A. B. Categorização como um processo cognitivo. **Ciência da Informação**, v. 11, p. 156-167. Brasília, jul 2007. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/663/444>. Acesso em: 07 out. 2020.

LIMA, Gercina A. B. Interfaces entre a ciência da informação e a ciência cognitiva. **Ciência da Informação**, v. 32, n. 1, p. 77-87. Brasília, jan./abr. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ci/v32n1/15975.pdf>. Acesso em: 07 out. 2020.

LISBOA, Felipe S. **O cérebro vai à escola**: aproximações entre neurociências e educação no Brasil. Jundiaí: Paco editorial, 2016.

LYNN, Richard; VANHANEN, Gerhard. **National IQs calculated and validated for 108 nations**. 2010. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/National-IQs-calculated-and-validated-for-108-Lynn-Meisenberg/48d7843f6ce714a684a93530a0c8b7da65d185db?p2df>. Acesso em: 29 jul. 2020.

MAIA, Carmem; MATTAR, João. **ABC da EaD**. Versão digital. São Paulo: Pearson, 2008.

MANGUEL, Alberto. **Uma história da leitura**. Tradução de Pedro Maia Soares. São Paulo: Companhia das Letras: 2004. Disponível em: < https://lelivros.love/book/baixar-livro-uma-historia-da-leitura-alberto-manguel-em-pdf-epub-e-mobi-ou-ler-online/#tab-additional_information>. Acesso em: 13 out. 2020. Versão digital.

MASHHADI, V. Z.; KARGOZARI, M. R. Influences of digital classrooms on education. **Procedia Computer Science** 3 (2011) 1178–1183. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705091000565X>>. Acesso em: 29 set. 2020.

MASSMANN, Diego F. **O problema da consciência**: a abordagem neurocientífica do problema mente-corpo. Dissertação de Mestrado. UNESP, Marília: 2012. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/91408>>. Acesso em: 24 out. 2020.

MATTAR, João. **YouTube na Educação**: o uso de vídeos em EaD. 2009. Disponível em: <<http://www.joaomattar.com/YouTube%20na%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20o%20uso%20de%20v%C3%ADdeos%20em%20EaD.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2020.

MAURICIO. Só Linguagem. **Proposta de redação**. 14 nov. 2010. Charge de Caco Galhardo, 2001. Disponível em: <http://solinguagem.blogspot.com/2010/11/proposta-de-redacao_5556.html>. Acesso em: 13 out. 2020.

MAYER, Richard E. **Multimedia Learning**. 2 ed., Nova Iorque: Cambridge University Press, 2009. Disponível em: <https://www.academia.edu/35245057/Multimedia_Learning_Second_Edition_-_Multimedia_Learning_Second_Edition_Richard_E._Mayer_Frontmatter_More_information?auto=download>. Acesso em: 25 maio 2020.

MAZZEO, I. R.; AMBRÓZIO, M. D. Processos de Produção e Distribuição de Vídeos na SEAD-UFSCAR. In: **Simpósio Internacional de Educação a Distância – SIED**, 2012. Disponível em: <<http://sistemas3.sead.ufscar.br/ojs/index.php/sied/article/view/347/176>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

MCLUHAN, M. **Os meios de comunicação como extensões do homem**. São Paulo: Cultrix, 1988.

MEDEIROS, L. F. *et al.* Um Modelo de Memória de Trabalho Artificial Utilizando Ontologias. In: **ABERGO 14º Congresso Brasileiro de Ergonomia**, 2006, Curitiba. Anais da ABERGO 2006 14º Congresso Brasileiro de Ergonomia, 2006. v. 1. MICHAELIS. Dicionário Brasileiro de Língua Portuguesa. Fonema. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=fonema>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

MEDEIROS, Luciano. B. A influência da escolaridade na avaliação neuropsicológica. In: RELVAS, M. Pires. **Que cérebro é esse que chegou à escola**: as bases neurocientíficas da aprendizagem. 3 ed. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2017.

MEDEIROS, S. F. L.; PANSANATO, L. T. E. Estudo das Preferências de Alunos e Professores sobre Videoaula para Identificar Requisitos de Software para Ferramentas de Produção. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA**

EDUCAÇÃO – SBIE. Anais 2015. Disponível em: <<https://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/5156/3547>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

MICHAELIS. **Dicionário Brasileiro de Língua Portuguesa.** Abstração. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=abstra%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 01 mar. 2021.

MICHAELIS. **Dicionário Brasileiro de Língua Portuguesa.** Charge. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/charge/>>. Acesso em: 27 out. 2020.

MICHAELIS. **Dicionário Brasileiro de Língua Portuguesa.** Dopamina. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/dopamina>>. Acesso em: 25 fev. 2021.

MICHAELIS. **Dicionário Brasileiro de Língua Portuguesa.** Fonema. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=fonema>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

MOORE, Michael G.; KEARSLEY, Greg. **Educação a distância:** uma visão integrada. Versão Digital. São Paulo: Cengage, 2007.

MORAN, J. M. Contribuições para uma pedagogia da educação online. In: SILVA, Marcos (org). **Educação Online:** teorias, práticas, legislação, formação corporativa. 2 ed. São Paulo: Edições Loyola, 2006. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=lang_pt&id=TiYlzy3IM30C&oi=fnd&pg=PA77&dq=Edelman+e+Tononi&ots=OQWwcCyw6k&sig=xzwUqxgOVAju0BfStc26nXuQuKg&redir_esc=y#v=onepage&q=Tononi&f=false>. Acesso em: 24 out. 2020. Versão digital.

MORAN, J. M. **Desafios da televisão e do vídeo à escola.** 2002. Disponível em: <http://www.eca.usp.br/prof/moran/site/textos/tecnologias_eduacacao/desafio.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2017.

MORAN, J. M. **O vídeo na sala de aula.** Comunicação e Educação, n. 2. p. 27-35. Abr 1995. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/comueduc/article/view/36131>>. Acesso em: 08 jun 2020.

MORAN, J. M. **Vídeos são instrumentos de comunicação e de produção.** Entrevista ao Portal do Professor no MEC. 06.03.2009. Disponível em: <http://www.eca.usp.br/prof/moran/site/textos/tecnologias_eduacacao/videos.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2020.

MORAN, J. M.; MASETTO, J. M.; BEHRENS, M. A. **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica.** 16 ed. Campinas: Papirus, 2004

MOREIRA, Herivelto; CALEFFE, Luiz G. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador**. 2. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2006.

MORGAN, G. Paradigmas, metáforas e resolução de quebra-cabeças na teoria das organizações. **RAE Revista de Administração de Empresas**. v. 45, n. 1. 2005. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/view/37103>>. Acesso em: 01 out. 2020.

MOTA, José C. **Web 2.0 ao e-Learning 2.0**: aprender na rede. 2009. Disponível em: <https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/1381/1/web20_e-learning20_aprender_na_rede.pdf> Acesso em: 11 out. 2020.

MUSSIO, Simone C. Do presencial ao digital: um diálogo com o gênero videoaula youtubiano de escrita científica. **Revista Fronteiras – Estudos midiáticos**. 18(3):334-347 set/dez 2016. Disponível em: <<http://revistas.unisinos.br/index.php/fronteiras/article/view/fem.2016.183.09/5674>>. Acesso em: 11 maio 2020.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Modeling Human and Organizational Behavior: Application to Military Simulations**. Washington, DC: The National Academies Press. 1998. Disponível em: <<https://www.nap.edu/catalog/6173/modeling-human-and-organizational-behavior-application-to-military-simulations>>. Acesso em 01 mar 2021.

OCDE. **The future of education and skills**: Education 2030. OECD Education 2030. OECD Publishing, Paris. 2018. Disponível em: <[https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf)>. Acesso em: 25 out. 2020.

OCDE. **Understanding the brain**: towards a new learning Science. 2002. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/education/understanding-the-brain_9789264174986-en>. Acesso em: 24 out. 2020.

OLIVEIRA, K. K. de S. Habilitadores da transformação digital em direção à Educação 4.0. **Revista Renote. Novas Tecnologias na Educação**. v. 18, n. 1, jul. 2020. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/106012>>. Acesso em: 25 out. 2020.

PEREIRA, Mary Sue C. Cérebro e educação – aspectos que perpassam nas teorias da aprendizagem. In: RELVAS, M. Pires. **Que cérebro é esse que chegou à escola**: as bases neurocientíficas da aprendizagem. 3 ed. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2017.

PEREIRA, Vinícius C. Uma proposta de instrumento de roteirização de videoaulas à luz da teoria instrucional e da aprendizagem multimídia. **Texto Livre. Linguagem e Tecnologia**. Belo Horizonte, v. 10, n. 1, p. 178-197, jan.-jun. 2017. Disponível em: <<http://www.periodicos.letras.ufmg.br/index.php/textolivre/article/view/11285/10476>>. Acesso em: 11 maio 2020.

PIAGET, J. & INHELDER, B. **Gênese das estruturas lógicas elementares**. 2 ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1966/1977.

PIAGET, Jean. **A epistemologia genética**: sabedoria e ilusões da filosofia, problemas de psicologia genética. 2. ed. São Paulo: Abril Cultural, 1983. (Os pensadores). Versão digital.

PILONETTO, Ivânia A.; RODRIGUES, Lilian; PAZ, Daiane, P. Conectivismo: aprendendo a partir das conexões. **VIII Contextos e Conceitos**, p. 217-222. IFPR, ago. 2018. Disponível em: <<https://palmas.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2018/09/Anais-VIII-Contextos-e-Conceitos-2018.pdf#page=217>>. Acesso em: 11 out. 2020.

PRADO, Magaly. Aprendizagem ativa conectada em meio ao caos do estudante-atrator-rede. **Comunicação & Educação, Ano XXIII**, n. 2, jul/dez. 2018. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/comueduc/article/view/131699/149966>>. Acesso em: 11 out. 2020.

PRENSKY, Marc. **Nativos Digitais, Imigrantes Digitais**. NCB University Press, V. 9 N. 5, Out. 2001. Tradução de Roberta de Moraes J. de S. Disponível em: <<http://poetadasmoreninhas.pbworks.com/w/file/fetch/60222961/Prensky%20-%20Imigrantes%20e%20nativos%20digitais.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2020.

RASMUSSEN, J. Skills, Rules, and Knowledge; Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, [S. l.], v. SMC- 13, n. 3, p. 257-266, maio/jun. 1983. Disponível em: <<https://www.iwilm.com/wp-content/downloads/SkillsRulesAndKnowledge-Rasmussen.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2021.

RELVAS, M. P. **Neurociência na prática pedagógica**. Rio de Janeiro: Wak, 2012.

RELVAS, Marta. P. Neuroaprendizagem na educação inclusiva. In: RELVAS, M. Pires. **Que cérebro é esse que chegou à escola**: as bases neurocientíficas da aprendizagem. 3 ed. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2017.

ROCHA, Janicy, A. P.; PAULA, Cláudio P. A. de; DUARTE, Adriana B. S. A cognição distribuída como referencial teórico para os estudos de usuários da informação. **Informação e Sociedade: Estudos**. v. 26, n. 2, p. 91-105. João Pessoa, maio/ago. 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Claudio_Paixao_Paula/publication/315795946_A_Cognicao_Distribuida_como_referencial_teorico_para_os_estudos_de_usuarios_da_informacao/links/58e5cc58aca2727858c927b8/A-Cognicao-Distribuida-como-referencial-teorico-para-os-estudos-de-usuarios-da-informacao.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

SABITZER, Barbara. **Neurodidactics**: a new stimulus in ICT and computer science education. 2011. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/228411501_NEURODIDACTICS-A_NEW_STIMULUS_IN_ICT_AND_COMPUTER_SCIENCE_EDUCATION>. (2011). Acesso em: 02 abr. 2020.

SACKS, Oliver. **Um antropólogo em marte**: sete histórias paradoxais. São Paulo: Companhia das Letras, 2006. Disponível em: <https://books.google.com.br/books/about/Um_antrop%C3%B3logo_em_Marte.html?id=Ox-oBAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 12 out. 2020. Versão digital.

SANTOS, Leila, M. A.; TAROUÇO, Liane M. R. A importância do estudo da teoria da carga cognitiva em uma educação tecnológica. **Revista Renote. Novas Tecnologias na Educação**. V. 5, n. 1, jul. 2007. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/14145>>. Acesso em: 24 out. 2020.

SANTOS, Neri; MARTINS, Onilza B.; MEDEIROS, Luciano F. de. Cognição e aprendizagem situada: da associação à aprendizagem por reestruturação. **Revista Intersaberes**, v. 10, n. 20, p. 155-203. Curitiba, jan./abr., 2015. Disponível em: <<https://uninter.com/intersaberes/index.php/revista/article/view/730/441>>. Acesso em: 09 out. 2020.

SCHNEIDER, Catiúcia K.; CAETANO, Lélia; RIBEIRO, Luis Otoni M. Análise de Vídeos Educacionais no Youtube: Caracteres e Legibilidade. **Revista Renote, Novas Tecnologias na Educação**, v. 10, n. 1, p. 1-11, jul. 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/renote/article/viewFile/30816/19202>>. Acesso em: 08 jun 2020.

SIEMENS, George. **Conectivismo**: uma teoria da aprendizagem para a era digital. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/53538608-Conectivismo-uma-teoria-da-aprendizagem-para-a-era-digital.html>>. Acesso em: 10 out. 2020.

SILVA, Edna M. O. da. **Como aprende o nativo digital**: reflexões sob a luz do conectivismo. 2014. Disponível em: <<https://www.uninter.com/intersaberes/index.php/revista/article/view/545>>. Acesso em: 11 out. 2020.

SILVA, Edson R. G. da; *et al.* Processamento cognitivo da informação para tomada de decisão. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, v. 1, n. 1, p. 25-39. João Pessoa, jan./jun. 2011. Disponível em: file:///C:/Users/drmda/Downloads/Dialnet-ProcessamentoCognitivoDaInformacaoParaTomadaDeDeci-3745764.pdf>. Acesso em: 07 out. 2020.

SILVA, F.; MORIN, C. R. I. A importância das neurociências na formação de professores. **Revista Momento**, v. 21, n. 1, p. 29-50, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/momento/article/view/2478/2195>>. Acesso em: 31/08/2020.

STERNBERG, R. J. **Psicologia cognitiva**. Rio de Janeiro: Cengage Learning, 2010.

SWELLER, John; VAN MERRIENBOER, Jeroen J. G.; PAAS, Fred G. W. C. Cognitive Architecture and Instructional Design. **Educational Psychology Review**, v. 10, n. 3, 1998. Disponível em: <<http://mrbartonmaths.com/resourcesnew/8.%20Research/Explicit%20Instruction/Cognitive%20Architecture%20and%20Instructional%20Design.pdf>>. Acesso em: 19 maio 2020.

TARCITANO, Luiz Antonio C. Neuroplasticidade cerebral e aprendizagem. In: RELVAS, M. Pires. **Que cérebro é esse que chegou à escola**: as bases neurocientíficas da aprendizagem. 3 ed. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2017.

TEIXEIRA, Josele. Neurociência e psicopedagogia: um diálogo possível. In: RELVAS, M. Pires. **Que cérebro é esse que chegou à escola**: as bases neurocientíficas da aprendizagem. 3 ed. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2017.

TOKUHAMA ESPINOSA, Tracey. **Making Classrooms Better**. 2014. Disponível em: <<http://www.mofet.macam.ac.il/innovative/ole/Documents/Making%20Classrooms%20Better-webinar-presentation.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

TRIVIÑOS, Augusto N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**. São Paulo: Atlas, 1987.

TWENGE, Jean. **iGen**: Por que as crianças de hoje estão crescendo menos rebeldes, mais tolerantes, menos felizes e completamente despreparadas para vida adulta. Sumaré: nVersos, 2018. Versão digital. Acesso em: 01 mar 2021.

VANDER ARK, Tom; SCHNEIDER, Carri. **How Digital Learning Contributes to Deeper Learning**. 2012. Disponível em: <<https://www.gettingsmart.com/publication/digital-learning-contributes-deeper-learning/#:~:text=%20%E2%80%9CHow%20Digital%20Learning%20Contributes%20to%20Deeper%20Learning%E2%80%9D,learning%20networks%20like%20New%20Tech%20and...%20More%20>>. Acesso em: 29 set. 2020.

VASCONCELOS, José W. Jr. A univocidade do sinal e a polissemia do símbolo. **Psicologia Argumento**. 2013 out./dez., 31(75), 717-727. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/psicologiaargumento/article/viewFile/20579/19825>>. Acesso em: 04 out. 2020.

VENÂNCIO, Ludmila; NASSIF, Mônica E. O comportamento de busca de informação sob o enfoque da cognição situada: um estudo empírico qualitativo. **Ciência da Informação**, v. 37, n. 1, p. 95-106. Brasília, jan./abr. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-19652008000100009&script=sci_arttext>. Acesso em: 08 out. 2020.

VERDUM, Priscila L. Prática Pedagógica: o que é? O que envolve? **Revista Educação por Escrito**. v. 4. n. 1. jul. 2013. Disponível em: <<https://www.educaretransformar.net.br/wp-content/uploads/2017/04/Pr%C3%A1ticas-pedag%C3%B3gicas.pdf>>. Acesso em: 29 fev. 2020.

VYGOTSKI, Lev S.; LURIA, Alexander R.; LEONTIEV, Alexis N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo: Ícone, 1998.

WEF. World Economic Forum. **Schools of the Future. Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution**. Switzerland. 2020. Disponível em: <<https://www.weforum.org/reports/schools-of-the-future-defining-new-models-of-education-for-the-fourth-industrial-revolution>>. Acesso em: 25 out. 2020.

WILLIAMS, Robin. **Design para quem não é designer**. 4 ed. Tradução de Bárbara Menezes. São Paulo: Callis, 2008. Versão digital. Acesso em:

WILLINGHAM, Daniel T. **Por que os alunos não gostam da escola?** Respostas da ciência cognitiva para tornar a sala de aula atrativa e efetiva. Tradução: Marcos Vinícius Martim da Silva. Edição do Kindle. Porto Alegre: Artmed, 2011.

YOUNG; R.; SETH, B. S. Two Visual Pathways in Primates Based on Sampling of Space: Exploitation and Exploration of Visual Information. Hypothesis and Theory Article. **Frontiers in Integrative Neuroscience**, 22 Nov. 2016. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnint.2016.00037/full>>. Acesso em: 25 abr. 2020.

ZILLMER, Eric. A.; SPIERS, Mary. V.; CULBERTSON, William C. **Principles of Neuropsychology**. 2. Ed. Thomsom. Wadsworth. 2008. Disponível em: <http://www.brainm.com/software/pubs/books/Principles_of_Neuropsychology2.pdf>. Acesso em: 04 mar 2021.

APÊNDICES

Apêndice A – E-mail de convite para validação

Olá, professores e professoras da (nome da escola superior).

Me chamo Darlan Martins, sou mestrando em Educação e Novas Tecnologias, orientado pelo prof. Luciano de Medeiros, e sou colega de casa, trabalho da (nome do setor e gestão).

Faço este contato com a anuência do (nome do coordenador do curso selecionado), que tem nos dado suporte e parceria nesta etapa da dissertação, e convido a participar da minha pesquisa de mestrado, respondendo 10 perguntas sobre elaboração de conteúdos educacionais (materiais didáticos), levando cerca de 15 minutos. Sua participação é anônima.

Deixo aqui algumas orientações para facilitar o processo:

- Acesse o link abaixo, usando preferencialmente navegador Google Chrome (os testes não apontaram erro acessando por celular ou iOS):

<https://view.genial.ly/5f8bfc6c033b070d062690c5/horizontal-infographic-review-framework-conteudos-educacionais-neurociencia-e-psicologia>

- Navegue pelos ícones azuis para explorar as informações gerais
- Clique em Framework para conhecer as premissas neurocientíficas para elaboração de conteúdos e exercícios; e
- Clique em Guia para Validação, para responder as 10 perguntas

Agradeço de antemão a sua contribuição para um processo educativo baseado em evidências científicas, e peço sua atenção para o prazo de retorno até o dia 30/11/2020.