



CBIE²⁰¹⁹

Congresso Brasileiro
de Informática na Educação

ANAIS

**VIII JORNADA DE ATUALIZAÇÃO
EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO
(JAIE 2019)**

Coordenadores:

Claudia Lage Rebello da Motta (UFRJ)
Jorge Henrique Cabral Fernandes (UnB)

**11 a 14 de Novembro de 2019
Brasília, DF**



VIII Jornada de Atualização em Informática na Educação (JAIE 2019)

VIII Congresso Brasileiro de Informática na Educação

ANAIS DA VIII JORNADA DE ATUALIZAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (JAIE 2019)

<http://cbie.ceie-br.org>

<https://www.br-ie.org/pub/index.php/pie>

ISBN: 978-85-7669-484-7

Brasília, DF, Brasil
11 a 14 de novembro de 2019

Editora

Sociedade Brasileira de Computação – SBC

Organizadores

Claudia Lage Rebello da Motta (UFRJ)
Jorge Henrique Cabral Fernandes (UnB)

Organização e Execução

Universidade de Brasília (UnB)

Promoção

Comissão Especial de Informática na Educação – CEIE

Realização

Sociedade Brasileira de Computação – SBC



Este livro contém quatro capítulos correspondentes aos minicursos conduzidos na VIII Jornada de Atualização em Informática na Educação (JAIE 2019) do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2019). A inclusão nesta publicação não necessariamente constitui endosso pelos editores e/ou organizadores.

A fonte e os direitos da SBC devem ser devidamente referenciados. As cópias não devem ser utilizadas de nenhum modo que implique o endosso da SBC. Cópias da obra não podem ser colocadas à venda sem a autorização expressa da SBC.

Permissão para fazer cópias impressas ou digitais de todo ou parte deste trabalho para uso pessoal ou acadêmico é concedido sem taxas desde que cópias não sejam feitas ou distribuídas para renda ou vantagem comercial e que cópias contenham esta observação e citação completa na primeira página.

Sociedade Brasileira de Computação
CNPJ no. 29.532.264/0001-78
Inscrição Estadual isenta
CCM nº 18115128
<http://www.sbc.org.br>

Av. Bento Gonçalves, 9500 – Setor 4 – Sala 116 – Prédio 43424 – Agronomia
CEP 91501-970 – Porto Alegre – RS, Brasil

Produzido em Brasília, DF, Brasil.

- C749 Congresso Brasileiro de Informática na Educação (8. : 2019 : Brasília).
Anais da VIII Jornada de Atualização em Informática na Educação (JAIE 2019) [recurso eletrônico] / organizadores, Claudia Lage Rebello da Motta e Jorge Henrique Cabral Fernandes. - Brasília : Sociedade Brasileira de Computação, 2019.
125 p. : il.
- Inclui bibliografia.
Modo de acesso: World Wide Web: <<https://brie.org/pub/index.php/pie/issue/view/185>>.
ISBN 978-85-7669-484-7
1. Informática na educação - Congressos. I. Motta, Claudia Lage Rebello da (org.). II. Fernandes, Jorge Henrique Cabral (org.). III. Título.
- CDU 004:37

Sobre o Congresso Brasileiro de Informática na Educação

O **Congresso Brasileiro de Informática da Educação (CBIE)** é um evento anual da Sociedade Brasileira de Computação (SBC), de caráter internacional, que tem como objetivo geral promover um fórum para reunir a comunidade da área de Informática na Educação, possibilitando a troca de conhecimento e o estabelecimento de metas para que os desafios educacionais do Brasil sejam superados. Em particular, o CBIE funciona como um fórum para debater e propor avanços e soluções na área de Informática na Educação, visando ao desenvolvimento da educação em todos os seus níveis, com o apoio da tecnologia.

O tema deste ano é **"A Computação na perspectiva da diversidade, inclusão e inovação na educação para o século XXI"**, pois considera que a Informática na Educação orientada por estes conceitos contribui significativamente para o progresso da sociedade contemporânea. A proposta está alicerçada na relevância da computação para as diversas áreas de conhecimento, em especial a Educação e, sobretudo, na formação do cidadão para o novo milênio.

O CBIE 2019 congregará palestrantes nacionais e internacionais, pesquisadores, professores, alunos e demais interessados no tema, constituindo-se num espaço privilegiado de discussões, reflexões, troca de saberes, interconexão de experiências vivenciadas em diferentes contextos e realidades, na busca de uma nova ecologia para uma sociedade permeada pela cultura digital.

Apoio:



Prefácio

A Jornada de Atualização em Informática na Educação, como os outros eventos do CBIE, reflete a competência de equipes consolidadas e é uma oportunidade ímpar para os participantes se atualizarem na área de Informática na Educação.

O tema do congresso deste ano, **"A Computação na perspectiva da diversidade, inclusão e inovação na educação para o século XXI"**, balizou as escolhas dos minicursos oferecidos nesta edição do JAIE. Pensamos tanto na formação das próximas gerações que irão lidar com um mundo onde a computação estará presente nas diversas profissões, quanto naqueles que estão passando pela fase de transição para tempos novos e mais incertos.

Este ano recebemos através do sistema JEMS/SBC dez propostas de minicursos, avaliadas cuidadosamente pelos critérios pré-estabelecidos na chamada. Contamos com dez avaliadores, onde cada um avaliou duas propostas, numa primeira rodada e uma na segunda rodada, quando houve discrepância na avaliação. Os quatro minicursos selecionados trazem pesquisas consolidadas e propostas inovadoras para toda comunidade.

Os minicursos selecionados foram:

- Metodologia neurocientífica-pedagógica aplicada a concepção de jogos para ativação das funções cognitivas de alunos da educação básica
- Pensamento Computacional: Fundamentos e Integração na Educação Básica
- Avaliação adaptativa utilizando espaço de conhecimento baseado em competências
- Introdução à Informática na Educação baseada em Evidências

O Capítulo 1 "Metodologia neurocientífica-pedagógica aplicada a concepção de jogos para ativação das funções cognitivas de alunos da educação básica" aborda o processo de criação e desenvolvimento de jogos capazes de promover a inclusão e acolher a diversidade, oferecendo contribuições aos processos de ensino-aprendizagem. No Capítulo 2 "Pensamento Computacional: Fundamentos e Integração na Educação Básica", o Pensamento Computacional é discutido fundamentado nas Diretrizes de Ensino de Computação na Educação Básica, elaboradas pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC). O Capítulo 3 "Avaliação adaptativa utilizando espaço de conhecimento baseado em competências" apresenta as principais técnicas de avaliação adaptativa computadorizada atualmente utilizadas, seu histórico e sua importância no contexto educacional. Dentre as técnicas utilizadas o trabalho aprofunda-se na Teoria do Espaço do Conhecimento (KST). Finalmente, o Capítulo 4 "Introdução à Informática na Educação baseada em Evidências" tem por objetivo trazer à luz dois fatores fundamentais para a melhoria da qualidade das pesquisas em Informática na Educação: a evidência e a reprodutibilidade das pesquisas. No capítulo são elaborados o conceito de evidência e as práticas educacionais baseadas em evidência, incluindo seus pontos positivos e negativos.

Nosso reconhecimento aos membros do Comitê de Programa do JAIE 2019 que avaliaram as propostas com o rigor científico necessário e com as mentes abertas para a inovação. Agradecimentos especiais à professora Leticia Lopes Leite (UnB), Coordenadora Geral do CBIE 2019, pela confiança e apoio recebidos. Gratidão ao Coordenador da Comissão Especial de Informática na Educação da Sociedade Brasileira de Computação, professor Sérgio Crespo Coelho da Silva Pinto, pela sua atuação frente à comunidade.



Os capítulos dos minicursos da JAIE 2019 permanecem disponíveis a toda comunidade de Informática na Educação, e para todos que se interessam pelos temas apresentados. Esse material, rico em exemplos, pode também ser utilizado por professores do Ensino Fundamental, Médio e Superior. Esperamos que os participantes desfrutem dos minicursos e aproveitem para encontrar seus pares e ampliar sua rede de contatos.

Brasília/DF, novembro de 2019.

*Claudia Lage Rebello da Motta
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)*

*Jorge Henrique Cabral Fernandes
Universidade de Brasília (UnB)*

Coordenadores da JAIE 2019

Comitê de Programa

- Coordenadores:

Claudia Lage Rebello da Motta | Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Jorge Henrique Cabral Fernandes (UnB) | Universidade de Brasília (UnB)

- Membros do Comitê de Programa:

Edilson Ferneda | Universidade Católica de Brasília (UCB)

Edson Pimentel | Universidade Federal do ABC (UFABC)

Fábio Ferrentini Sampaio | Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Henrique Schneider | Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Ismar Frango Silveira | Universidade Cruzeiro do Sul

José Francisco Netto | Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Patrícia Tedesco | Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Patrick Moratori | Universidade Federal Fluminense (UFF)

Rosa Maria E. Moreira Costa | Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Sérgio Crespo C. S. Pinto | Universidade Federal Fluminense (UFF)

Outras Coordenações Relacionadas

- **Coordenação Geral do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2019):**
Letícia Lopes Leite | Universidade de Brasília (UnB/CIC)
- **Coordenação do XXX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2019):**
André Raabe | Universidade do Vale do Itajaí (Univali)
Letícia Lopes Leite | Universidade de Brasília (UnB/CIC)
- **Coordenação do XXV Workshop de Informática na Escola (WIE 2019):**
Adriano Canabarro Teixeira | Universidade de Passo Fundo (UPF)
Vandor Roberto Vilardi Rissoli | Universidade de Brasília (UnB/FGA)
- **Coordenação da VIII Jornada de Atualização em Informática em Educação (JAIE 2019):**
Claudia Lage Rebello da Motta | Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Jorge Henrique Cabral Fernandes | Universidade de Brasília (UnB)
- **Coordenação do Concurso Alexandre Direne de Teses, Dissertações e Trabalhos de Conclusão de Curso em Informática na Educação (CTD-IE 2019):**
Aletéia Patrícia Favacho de Araújo | Universidade de Brasília (UnB)
Ismar Frango | Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) / Universidade Cruzeiro do Sul
- **Coordenação dos Workshops do CBIE 2019:**
Guilherme Ramos | Universidade de Brasília (UnB)
Patrícia Grasel da Silva | Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ)
- **Coordenação do V Concurso Integrado de Desenvolvimento de Soluções de Tecnologia e Objetos de Aprendizagem para a Educação (Apps.Edu 2019):**
Fabiano Dorça | Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Marcelo Grandi Mandelli | Universidade de Brasília (UnB)
- **Coordenação da Mostra de Práticas de Informática na Educação (MPIE 2019):**
Giovanni Almeida Santos | Universidade de Brasília (UnB/FGA)
José Aires | Universidade Federal do Ceará (UFC)
- **Coordenação do Painel de Políticas e Diretrizes para Informática na Educação (PPDIE 2019):**
Marcello Ferreira | Universidade de Brasília (UnB)
Sérgio Crespo | Universidade Federal Fluminense (UFF)
- **Coordenação do SBIE Postgraduate Students Experience (STUDX 2019)**
André Raabe | Universidade do Vale do Itajaí (Univali)
Tancicleide Gomes | Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Carolina Moreira | Universidade Federal do Paraná (UFPR)
- **Coordenação do Desafie! 2019**
Crediné Silva de Menezes | Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Vinícius Ruela Pereira Borges | Universidade de Brasília (UnB)

- Coordenação do Espaço de Criatividade

Graziela Guarda | Universidade Católica de Brasília (UCB)

Kelen Silveira Bernardi | Universidade Federal de Pelotas (UFPel/RBAC)

Tiago Thompsen Primo Universidade Federal de Pelotas (UFPel/RBAC)

- Organização Geral:

Edison Ishikawa | Universidade de Brasília (UnB)

Gilberto Lacerda Santos | Universidade de Brasília (UnB)

Graziela Ferreira Guarda | Universidade Católica de Brasília (UCB)

Marcelo Marotta | Universidade de Brasília (UnB)

Márcia Cristina Moraes | Colorado State University (CSU)

Teresinha de Jesus Araújo Magalhães Nogueira | Universidade de Brasília (UnB)

- Comitê Científico

Alexis Tejedor De León | Universidad Tecnológica de Panamá

César A. Collazos | Universidad del Cauca

Claudia Motta | Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Crediné Silva de Menezes | Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Cristian Cechinel | Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Edison Ishikawa | Universidade de Brasília (UnB)

Fabiano Dorça | Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Gilberto Lacerda Santos | Universidade de Brasília (UnB)

Giovanni Almeida Santos | Universidade de Brasília (UnB)

Gisela Clunie | Universidad Tecnológica de Panamá

Guilherme Ramos | Universidade de Brasília (UnB)

Ismar Frango | Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) / Universidade Cruzeiro do Sul

Jorge Henrique Cabral Fernandes | Universidade de Brasília (UnB)

José Aires | Universidade Federal do Ceará (UFC)

Kinshuk | University of North Texas

Leticia Lopes Leite | Universidade de Brasília (UnB)

Marcello Ferreira | Universidade de Brasília (UnB)

Marcelo Grandi Mandelli | Universidade de Brasília (UnB)

Márcia Cristina Moraes | Colorado State University

Mario Pireddu | Universidade de Roma

Neuza Pedro | Universidade de Lisboa

Patrícia Grasel da Silva | Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ)

Phillip Benachour | Lancaster University

Rafael Dias Araújo | Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Regina Motz | Universidad de La República Uruguay

Sérgio Crespo | Universidade Federal Fluminense (UFF)

Vandor Roberto Vilardi Rissoli | Universidade de Brasília (UnB)

Vinícius Ruela | Universidade de Brasília (UnB)

- Comitê Cultural e de Divulgação

Harineide Madeira Macedo | Universidade de Brasília (UnB)



- **Comitê Financeiro**

Deise Mazzarella Goulart Ferreira | Universidade de Brasília (UnB)

- **Coordenação de Publicação e Editoração dos Anais**

Rafael Dias Araújo | Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Comitê Gestor da Comissão Especial de Informática na Educação (CEIE)

Coordenador: Sérgio Crespo | Universidade Federal Fluminense (UFF)

Vice-coordenadora: Thais Castro | Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Bruno Gadelha | Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Crediné de Menezes | Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Dennys Leite Maia | Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Esdras Bispo | Universidade Federal de Goiás (UFG)

Isabel Dillmann Nunes | Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Isabela Gasparini | Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

Jorge Fernando | Colégio Pedro II (CPII RJ)

José Aires de Castro Filho | Universidade Federal do Ceará (UFC)

Luis Rivero | Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Mauricio Capobianco Lopes | Universidade Regional de Blumenau (FURB)

Patrícia Cabral Tedesco | Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Patricia Silva | Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Rafael Dias Araújo | Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Thiago Schumacher Barcelos | Instituto Federal de São Paulo (IFSP)

Sociedade Brasileira de Computação (SBC)

Presidência

Raimundo José de Araújo Macêdo (UFBA) – Presidente

André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho (USP) – Vice-Presidente

Diretorias

Renata Galante (UFRGS) – Diretora Administrativa

Carlos André Guimarães Ferraz (UFPE) – Diretor de Finanças

Cristiano Maciel (UFMT) – Diretor de Eventos e Comissões Especiais

Itana Maria de Souza Gimenes (UEM) – Diretora de Educação

José Viterbo Filho (UFF) – Diretor de Publicações

Priscila América Solís Mendez Barreto (UnB) – Diretora de Planejamento e Programas Especiais

Marcelo Duduchi Feitosa (CEETEPS) – Diretor de Secretarias Regionais

Francisco Dantas de Medeiros Neto (UERN) – Diretor de Divulgação e Marketing

Edson Norberto Cáceres (UFMS) – Diretor de Relações Profissionais

Carlos Eduardo Ferreira (USP) – Diretor de Competições Científicas

Wagner Meira (UFMG) – Diretor de Cooperação com Sociedades Científicas

Rossana Maria de Castro Andrade (UFC) – Diretora de Articulação com Empresas

Diretoria Extraordinária

Leila Ribeiro (UFRGS) – Diretora de Ensino de Computação na Educação Básica

Sumário

Capítulo 1. Metodologia neurocientífica-pedagógica aplicada à concepção de jogos para ativação das funções cognitivas de estudantes da educação básica.....	01
Carla Verônica Machado Marques (UFRJ), Carlo Emmanoel Tolla de Oliveira (UFRJ) e Raquel Moreira Machado Fernandes (UFRJ)	
Capítulo 2. Pensamento Computacional: Fundamentos e Integração na Educação Básica	25
Leila Ribeiro (UFRGS), Luciana Foss (UFPEl) e Simone André da Costa Cavalheiro (UFPEl)	
Capítulo 3. Avaliação adaptativa utilizando espaço de conhecimento baseado em competência....	64
Emerson Moura de Alencar (UFRN), Eduardo Henrique da Silva Aranha (UFRN) e André Maurício Cunha Campos (UFRN)	
Capítulo 4. Introdução à Informática na Educação baseada em Evidências.....	90
Leonardo Marques (UFAL), Seiji Isotani (USP) e Ig Ibert Bittencourt (UFAL)	

Capítulo

1

Metodologia neurocientífica-pedagógica aplicada à concepção de jogos para ativação das funções cognitivas de estudantes da educação básica

Carla Verônica Machado Marques, Carlo Emmanoel Tolla de Oliveira, Raquel Moreira Machado Fernandes

Abstract

In this text we will discuss the process of creation and development of games to activate the executive mental functions of basic education students. Based on Computational Neuropedagogy, a new transdisciplinary science, it is possible to measure and stimulate students' cognitive development through games constructed with a neuroscientific-pedagogical methodology. Such games are capable of promoting inclusion and embracing diversity in all its forms, offering great contributions to the teaching-learning processes by enabling the educational object to transcend its content, expanding to a context of polysemy of knowledge and of transitivity between different languages of knowledge. During a minicourse based on this text, participants will have the opportunity to learn how to use the process of developing games as a pedagogical strategy, in order to make the student a protagonist of their own learning. In addition, it is expected to present to the participants, based on the results of already consolidated research, ideas and insights for the creation and use of games in different contexts, in order to enable playfulness, diversity and inclusion.

Resumo

Neste texto abordaremos o processo de criação e desenvolvimento de jogos para ativação das funções mentais executivas de estudantes da Educação básica. Com base na Neuropedagogia Computacional, uma nova ciência transdisciplinar, é possível mensurar e estimular o desenvolvimento cognitivo dos estudantes através de jogos construídos com uma metodologia neurocientífica-pedagógica. Tais jogos são capazes de promover a inclusão e acolher a diversidade em todas as suas formas, oferecendo grandes contribuições aos processos de ensino-aprendizagem ao possibilitar que o objeto educativo possa transcender ao seu conteúdo, expandindo-se para um contexto de polissemia de saberes e de transitividade entre diversas linguagens do conhecimento. Durante um minicurso baseado nesse texto, os participantes terão a oportunidade de aprender como utilizar o

processo de desenvolvimento de jogos digitais como estratégia pedagógica, de modo a tornar o estudante um protagonista de seu próprio aprendizado. Além disso, espera-se apresentar aos participantes, com base nos resultados de pesquisas já consolidadas, ideias e insights para a criação e utilização dos jogos em diferentes contextos, a fim de possibilitar a ludicidade, a diversidade e a inclusão.

1.1. Uma breve introdução à teoria neuropedagógica

É fato que as inovações tecnológicas e a globalização vêm modificando as redes de comunicação, sobretudo as sociais e digitais. A tecnologia hoje é imprescindível em diversas áreas de conhecimento e vem ganhando cada vez mais espaço na educação, principalmente no que se refere à mudança de paradigmas e metodologias de ensino-aprendizagem.

Na luta contra a concepção bancária da educação [Freire, 1983] e acreditando-se no futuro da educação entrelaçado ao avanço da cibernética [Papert, 2008], a computação é uma possibilidade promissora para extirpar a concepção mecânica da consciência, por meio da qual acredita-se ser possível depositar conhecimentos. Esse modelo de educação reduz o potencial do indivíduo, tornando-o passivo em relação ao objeto cognoscível. O indivíduo, portanto, torna-se um memorizador de conteúdos e esse descarte de competências faz com que a humanidade acomode-se em patamares inferiores de cognição [Marques, 2017]. As crianças finalizam a vida escolar com dificuldades de solucionar problemas de forma autônoma e inovadora, excluídas da inteligência coletiva e do pensamento socializado.

Já na década de 80, pesquisadores atentaram para a relação entre o computador e a cognição infantil, sendo Seymour Papert o maior propagador de uma abordagem construcionista através da qual a criança se desenvolve ao descobrir e construir. Contudo, ao afirmar que “a escola não se deixou mudar sob a influência do novo aparelho, ela viu o computador pela lente mental das suas próprias formas de pensar e fazer” [Papert, 2008], o pesquisador reforça os perigos do uso do computador nos moldes do automatismo pedagógico.

Para que o ciclo vicioso gerado por esse paradigma educacional seja quebrado, é preciso difundir um novo paradigma. Esse novo paradigma, entrelaçado à cibernética, deve ter como foco processos e não conteúdos, e possuir um projeto claro e preciso para o desenvolvimento das funções mentais superiores, isso é, da cognição.

Nesse sentido, a proposição de uma escola metacognitiva vai ao encontro da necessidade de tomada de consciência para uma educação dialógica e libertadora [Freire, 1983].

1.1.1. O que é a Metacognição?

Metacognição [Flavell, 1979] é o conhecimento da tomada de consciência quando se trata de aprendizagem, emoções, memória e percepção de si e do outro. Esse conhecimento é capaz de promover uma ruptura frente ao paradigma behaviorista [Seminário, 1999] e, portanto, constitui a base para uma nova ciência transdisciplinar, resultante da necessidade de um mosaico funcional epistêmico abrangendo a constituição e a prossecução de objetos neuropsicoeducativos capazes de possibilitar ao educando a tomada da consciência sobre o ato de aprender em um processo de aprendizagem significativo e, sobretudo, gamificado, de modo a atender todas as necessidades do indivíduo. Essa nova ciência é denominada Neuropedagogia Computacional e foi elaborada sob um modelo mental que

comprova a possibilidade de inferir processos cognitivos não diretamente observáveis a partir da captura refinada de comportamentos operativos observáveis [Marques, 2017].

Os problemas de desenvolvimento cognitivo afetam milhões de crianças e adolescentes no mundo inteiro todos os anos, sobretudo a população mais pobre que não possui acesso facilitado aos bens socioculturais que a população mais abastada possui [Marques, 2017]. A Neuropedagogia Computacional, pois, é uma possibilidade promissora para o levantamento de pré-requisitos para condições processuais e decisórias para compreender, prever e programar a conduta humana em direção a uma cognição mais socialmente distribuída. Nesse sentido, a Computação tem a tarefa essencial de promover a catarse do indivíduo, atuando como catalisadora do desenvolvimento cognitivo através de um modelo neurocientífico-pedagógico.

1.1.2. O que são funções cognitivas?

Segundo a Neurociência Educacional, área de conhecimento que tem como objetivo compreender as relações entre o cérebro e a aprendizagem, perpassando por áreas como Fisiologia, Anatomia, Psicologia, Linguística, entre outras, funções cognitivas são processos que organizam e possibilitam o funcionamento da estrutura cognitiva do cérebro. Tais funções são divididas em: memória, atenção, linguagem, percepção e funções executivas (memória operacional, controle inibitório e flexibilidade cognitiva, entre outras).

As funções executivas estão relacionadas ao planejamento e execução de tarefas, abrangendo a totalidade das funções cognitivas em atividades como a tomada de decisões, estratégias para solucionar problemas, tomada de decisão em tarefas de risco ou responsabilidade, entre outras.

As funções executivas, associadas ao córtex pré-frontal do cérebro, têm um importante papel no controle e regulamentação de condutas, sendo responsáveis por nossos pensamentos, emoções e ações.

Numa perspectiva Piagetiana, direciona-se esforços para a educação básica, pois durante a infância o desenvolvimento evolutivo da criança oportuniza a consolidação de estruturas cognitivas. Sendo assim, a computação pode ser uma aliada para prover estímulos às funções cognitivas, de modo a induzir o incremento de capacidades intelectuais, compreendendo-se a cognição como um sistema complexo.

1.1.3. Um modelo neurocientífico-pedagógico de Educação através de jogos digitais

A Neuropedagogia Computacional apresenta uma proposta pedagógica baseada em jogos, que exercem grande fascínio sobre os jovens e podem auxiliar nos processos de ensino-aprendizagem. Considera-se a utilização de jogos uma abordagem efetiva, pois a ludicidade é capaz de despertar o interesse das crianças, impulsionando ações e comportamentos operativos observáveis, trazendo à tona aspectos cognitivos implícitos atrelados aos objetivos de cada jogo. Assim, em concomitância com um processo divertido e prazeroso ao estudante, tem-se a possibilidade de capturar e refinar dados cognitivos. Esses dados devem servir como subsídio para a compreensão das estruturas internas, compondo as bases para um processo de otimização da aprendizagem.

1.1.4. Ciência através dos jogos digitais

Em Neuropedagogia Computacional, denomina-se games inteligentes os jogos digitais com propósito científico. Tais jogos, através da inteligência artificial, possibilitam a coleta de dados do percurso do jogador, oportunizando descobertas sobre aspectos da cognição humana e também descobertas sobre o funcionamento microgenético do cérebro. O estudo do funcionamento microgenético do cérebro privilegia o psiquismo individual no cruzamento dos fatores biológico, histórico e cultural, sendo crucial para a compreensão dos traços de personalidade e afetividade, por exemplo.

Esses jogos não possuem regras explícitas nem soluções pré-determinadas. Eles oferecem ao jogador um ambiente aberto a infinitas possibilidades de jogadas e soluções, para que o jogador descubra como jogá-lo. Assim, esse tipo de jogo não foca em erros e acertos, mas sim nas tomadas de decisão para construção de soluções pessoais, segundo os crivos (critérios) que embasam o jogo. Esse tipo de jogo, portanto, possibilita o acesso à estrutura cognitiva do indivíduo.

1.1.5. Estrutura cognitiva

A infra-estrutura cognitiva compõe-se de núcleos, "que seriam linguagens ou código sinatos aptos a promover a leitura da realidade", [Seminério, 1998] distribuídas da seguinte forma:

- L1: A organização das formas;
- L2: A designação;
- L3: O imaginário;
- L4: A atividade lógica;

O mais elementar de todos os códigos inatos seria a competência de organização das formas. Em termos de aplicações pedagógicas, a organização de formas não demanda um tratamento extensivo, exceto para promover o desenvolvimento de atividades artísticas. [Seminério, 1998]

Já a designação envolve a capacidade de significação das experiências, o que resulta na multiplicação de sentidos sobre a realidade, expandindo-se os vocabulários pensado e falado. Essa competência acaba por ser desenvolvida espontaneamente em contextos escolares e familiares, mas as aplicações pedagógicas para otimização dessa estrutura devem promover a sua multiplicação de forma acelerada, de modo a possibilitar que a criança construa um código ampliado, o que poderia contribuir para uma ascensão social na perspectiva de Seminério [1998].

Para Seminério [1998], o imaginário engloba o fluxo mais significativo da existência em qualquer ser humano e depende do nível de criatividade e produtividade de cada um. Assim, o imaginário pode ser compreendido como um repositório de manifestações de conhecimento.

As aplicações pedagógicas, nesse sentido, devem se preocupar com a expansão do imaginário, a fim de possibilitar o desenvolvimento da criatividade e provocar uma melhora na expressão oral e na expressão através de escrita(s). Trabalhando o imaginário,

a arte, a cultura, alimenta-se o inconsciente com diversos estímulos, criando várias redes semânticas que futuramente poderão ser ativadas na parte consciente. [Marques et al., 2010]

A atividade lógica é a mais elevada da infraestrutura cognitiva e diz respeito à recursividade, que atua em nível metalinguístico e possibilita a criação de regras e sistemas, funcionando como um sistema ordenador capaz de promover encadeamentos lógicos. “Se a metalinguagem é em lingüística a linguagem que permite analisar a própria linguagem, o metaprocessos é o que permite controlar qualquer outro processo - inclusive a própria lógica.” [Seminário, 1998]

Assim, a atividade lógica possui uma grande importância para o desenvolvimento cognitivo, pois é capaz de permitir a recursão em todas as linguagens, possibilitando o controle de processos através de atividades metacognitivas. Essas atividades metacognitivas podem ser motivadas pelo modelo de jogo proposto pela Neuropedagogia Computacional, à medida que ele, por não oferecer regras explícitas, obriga o jogador a eliciar as sequências de ações e atitudes a serem tomadas. Além disso, estimula o planejamento das ações a fim de descobrir a natureza do objeto de conhecimento diante do jogador, incitando a realização de diferentes operações mentais.

A proposta de mudança do paradigma atual para uma educação que se baseie nos processos em vez dos conteúdos é essencial para o desenvolvimento das funções mentais superiores, assim compreendendo-se a cognição e as regras generativas que permeiam as diversas linguagens do conhecimento. Desse modo, a educação passa a ser vista como um processo de construção e resgate da humanidade, de modo que a ativação da metacognição é um dos preceitos fundamentais a serem atingidos através dos jogos.

Através da observação dos metaprocessos das linguagens universais, pois, é possível traçar estratégias para alcançar novos patamares cognitivos, aliando-se os avanços da computação e da neurociência.

1.1.6. Metodologia de avaliação cognitiva – o modelo EICA

De acordo com a Psicogenética, área da Psicologia que estuda as relações entre a psique humana e a origem (gênese) dos processos evolutivos da inteligência humana, uma pessoa é um sistema caracterizado por uma ou mais áreas de força e áreas de fraqueza. Nessa perspectiva, as áreas de força representam uma competência pioneira e as áreas de fraqueza representam áreas de conhecimentos complementares. Como a competência pioneira e as áreas de fraqueza são diferentes em cada indivíduo, identificou-se uma necessidade de personalização do processo pedagógico. Nesse sentido, a máquina EICA (Estruturas Internas Cognitivas Aprendentes) é um modelo neuro-computacional para viabilizar a análise cognitiva através de jogos que instigam a metacognição conforme as necessidades de cada indivíduo.

Assumindo que a ontogênese (o desenvolvimento do indivíduo) repete a filogênese (desenvolvimento da humanidade), a máquina EICA é capaz de identificar, através de objetos simbólicos de cada etapa do desenvolvimento humano, em qual etapa do desenvolvimento cognitivo o indivíduo se encontra em cada área microgenética específica, de modo a possibilitar uma proposta pedagógica capaz de acelerar o desenvolvimento cognitivo e ampliar a capacidade de transitar entre conhecimentos distintos.

A Neuropedagogia Computacional tem como objetivo, pois, apresentar uma perspectiva neuropedagógica capaz de possibilitar ao educando participar de desafios calculados para acelerar a sua cognição, contrariando o processo de educação convencional que visa educar através de aulas expositivas e conteúdos didáticos. O novo modelo de aprendizagem proposto se dá, portanto, pela instalação das EICA através de jogos digitais.

1.1.7. Jogos digitais neuropsicopedagógicos e inclusão

Na perspectiva da Neuropedagogia Computacional a utilização de jogos digitais pode possibilitar a análise da assinatura cognitiva do educando e a mediação personalizada adaptativa e evolutiva para o salto cognitivo, que é o momento de aquisição de um novo conhecimento. Desse modo, o jogo digital pode funcionar como uma prótese cognitiva, estimulando o cérebro para um processo de aprendizagem otimizado capaz de atingir as áreas de fraqueza / deficiência.

Ressalta-se a possibilidade de um jogo conferir inclusão, diversidade e inovação ao processo educativo. Em linguagem analógica, pode-se dizer que o jogo está para a deficiência cognitiva, assim como o óculos está para a deficiência visual. Desse modo, dado que existem possibilidades de adaptação para diversas deficiências, tais como a deficiência auditiva através de aparelhos de surdez e a deficiência física através de próteses mecânicas, acredita-se que os jogos neuropsicopedagógicos digitais podem atuar como próteses cognitivas, auxiliando amplamente nos processos de ensino-aprendizagem em contextos plurais e cada vez mais inclusivos.

Segundo Marques [2017], um jogo digital passa a funcionar como uma prótese cognitiva quando habilita o processador de alta transitividade no cérebro. O nível de complexidade cerebral aumenta ao passo que o emaranhamento neuronal forma cada vez mais conexões duplicando a meta-regra cada vez mais vezes e cada vez mais rápido de forma a otimizar o processo de aprendizagem a tal ponto que até a área mais deficiente passa a refletir as habilidades da área de força da pessoa.

À medida que a criança adquire o domínio consciente das regras generativas universais de diferentes áreas do conhecimento, ela constrói mais conexões neuronais e amplia sua inteligência, otimizando o seu desenvolvimento através da recursão e da transição pelas linguagens de conhecimento, de forma a ativar, corrigir ou aumentar uma função ou competência.

1.1.8. Como estimular a metacognição?

Para fazer o educando transitar entre as linguagens da cognição e desenvolver as competências esperadas, podem ser utilizadas técnicas metacognitivas. Entre as possibilidades comprovadas cientificamente, cita-se a Elaboração Dirigida e a técnica do Fio Condutor Microgenético, que ativa o processamento evolutivo-reflexivo da cognição provocando a metacognição [Lemos et al., 2012].

O Fio Condutor tem como objetivo levar o educando à ativação da metacognição, isto é, ao exercício da consciência das regras de um conhecimento. Para tanto, a técnica dispõe de dez fases de aplicação, levando o indivíduo da metacognição fraca ou inconsciente, estado onde faz uso das regras sem os conhecimentos das mesmas, até a metacognição forte, compreendida como o estado onde o indivíduo é capaz de reconhecer e expressar as regras generativas utilizadas.

O Fio Condutor Microgenético possui dez fases contínuas e sucessivas constituídas de conjuntos de *inputs* e *outputs*. A primeira etapa constitui um *input*, onde deve-se possibilitar a entrada de uma situação-problema sem regras ou instruções oferecidas. Isso pode ser feito através do fornecimento de objetos ou jogos manipuláveis ou, no caso de jogos digitais, através de uma tela onde o sujeito inicia seu movimento de exploração.

A partir disso, espera-se um *output*, isto é, uma saída sob a forma de ação observável. Nessa etapa espera-se o fim do tempo de reação e o início de uma ação observável, que pode ser por exemplo a manipulação e/ou movimentação dos objetos disponibilizados. Nessas duas etapas, ainda observa-se um nível de metacognição considerado fraco.

Na fase 3, que trata uma interpretação observável, provoca-se uma nova saída, de modo que o sujeito expresse o que fez por meio de linguagem. No caso de um jogo digital, por exemplo, pode-se oferecer ao sujeito a possibilidade de contar o que fez na fase anterior. Com isto, busca-se impulsionar a metacognição para que atinja um nível considerado forte.

Após a condução dessas fases, o processo deve ser reiniciado de forma similar à conduzida anteriormente, porém com uma nova situação-problema e um novo design de apresentação, de modo que o sujeito possa movimentar-se pelas fases 4, 5 e 6, chegando até a fase 7.

Na fase 7, aplica-se uma mediação denominada Elaboração Dirigida. Trata-se de uma técnica elaborada por Franco Lo Presti Seminério a partir da teoria de Bandura [1977]. Com essa técnica, é possível instigar a criança e levá-la a uma reflexão sobre seus processos cognitivos. A elaboração dirigida consiste em perguntas realizadas pelo mediador com o objetivo de levar o indivíduo a pensar sobre suas ações com maior profundidade, de modo que possa também pensar sobre coisas que não havia pensado ou ações que realizou sem se dar conta. Desse modo, através do diálogo com o mediador, a criança é capaz a refletir sobre sua conduta. Destaca-se, portanto, a importância das ações de mediação nas atividades educativas, corroborando-se as idéias de Vygotsky e em articulação com o pensamento bakhtiniano.

Segundo Inhelder apud Lemos et al. [2014], a Elaboração Dirigida é a principal responsável pela formação de Esquemas Inovadores, isso é, o alargamento dos repertórios de pensamento, o que possibilita processos cognitivos flexíveis e criativos. Nas fases 8, 9 e 10 verifica-se, pois, a estabilidade desses esquemas, reaplicando-se novos problemas de mesma complexidade.

A técnica do Fio Condutor possibilita entender a inteligência como um mecanismo possível, expansível e ao alcance de todos, independente da classe social ou econômica. Através dessa metodologia é possível levar o indivíduo a aprender algo novo cada vez mais rápido, porque o sistema se capacita para tal quanto mais é estimulado da maneira correta, e desenvolve a flexibilidade mental responsável pela atualização e mudança de conhecimentos - competências essenciais para o século XXI. [Marques et al., 2010]

Cabe ressaltar que as técnicas apresentadas não são de uso exclusivo no âmbito dos jogos, podendo ser utilizadas em diversas atividades pedagógicas para a educação básica, como por exemplo oficinas de leitura e produção textual, experimentos científicos para o aprendizado de Ciências, entre outras.

1.2. O processo de construção de jogos

A proposta pedagógica de ensinar através de jogos digitais demanda o conhecimento de um processo de desenvolvimento baseado em um modelo de pesquisa científica, de forma a possibilitar a concepção de um jogo capaz de ensinar uma competência à medida que rastreia a interação do usuário. Apresenta-se, portanto, em linhas gerais, o processo de construção de um sistema educacional inteligente [Marques et al.,2015], segundo a proposta doravante denominada metodologia Marques-Oliveira para concepção de games inteligentes.

O projeto do jogo deve iniciar com um *brainstorm*, a fim de coletar ideias e selecionar o tema a ser aprendido pelo educando.

Após o *brainstorm*, sugere-se a utilização de *Spike* para verificar se as ideias obtidas são realmente viáveis e tangíveis. A *Spike* é uma técnica oriunda dos métodos ágeis e constitui-se de uma história com pouca definição. Desse modo, funciona como uma rápida prova de conceito (*proof of concept*) para que se descubra se o projeto é viável. Caso o resultado da *Spike* seja favorável, pode-se prosseguir para a consolidação do tema e realização dos processos metodológicos.

O processo de desenvolvimento de um sistema educacional inteligente abrange quatro etapas: modelagem dimensional, processo criativo, projeto interacional e desenvolvimento conceitual. [Marques et al., 2015]

A cada processo deve-se realizar atividades e elaborar documentações específicas de forma complementar e interdisciplinar. A figura 1 contém uma síntese da documentação sugerida no âmbito da metodologia que será apresentada adiante:

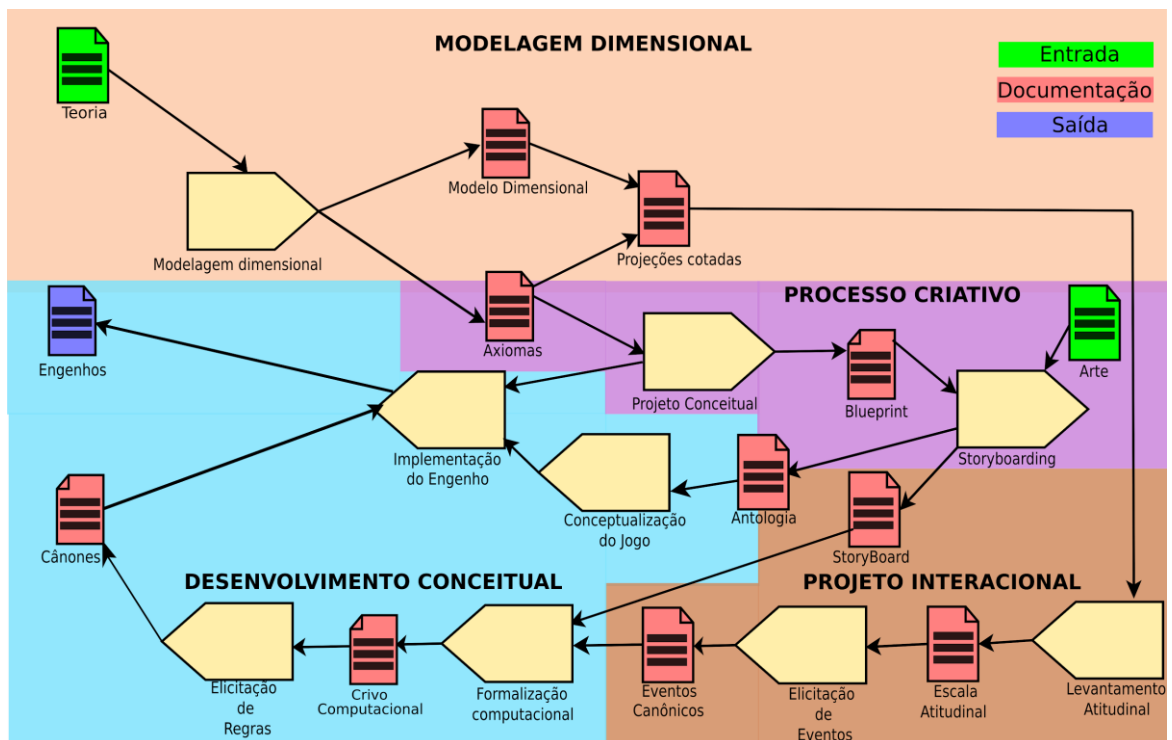


Figura 1. Síntese do processo de Construção de um Sistema Educacional

1.2.1. O modelo dimensional

O processo deve iniciar através do levantamento da teoria envolvida no modelo neuropsicopedagógico do jogo e do levantamento da teoria acerca da competência que irá abordar.

O modelo dimensional é o espaço onde se desenvolve o itinerário do sujeito aprendente, onde cada ponto no espaço representa a competência do indivíduo num dado momento, e os deslocamentos representam transições entre competências ou estados competentes [Marques et al., 2015]. O modelo dimensional é o primeiro grande processo de construção de um jogo, pois através dele é possível a representação de conceitos educacionais de forma cientificamente computável utilizando-se espaços multidimensionais onde grandezas e magnitudes representam, respectivamente, aspectos do aprendizado e graus esperados de aquisição do conhecimento.

A organização por dimensões possibilita uma visão geral do conhecimento a ser disponibilizado sob a forma de objeto de aprendizagem. É necessário não só definir os conceitos relevantes para a compreensão do domínio, mas também verificar a forma como eles se inter-relacionam e como podem compor a navegabilidade do jogo, elaborando-se todo o processo educacional. Para tanto, deve-se realizar um extenso trabalho de adaptação da teoria pedagógica às possibilidades de construções computacionais.

Define-se dimensão como um espaço que identifica uma habilidade ou competência cognitiva a ser desenvolvida pelo sujeito aprendente. Cada ponto no espaço representa uma habilidade/competência num determinado tempo, isso é, os deslocamentos representam transições de estados entre habilidades e/ou competências. O espaço dimensional é então coordenado por eixos ortogonais, que são a representação de grupos de fatores que concorrem livremente, isso é, não apresentam-se como subcategorias uns dos outros, e portanto, podem ser estudados separadamente.

Além de ortogonalidade, o modelo dimensional deve ter domínio e grandeza, sendo o domínio definido como o âmbito de uma ciência, arte, conteúdo ou disciplina, e grandeza as competências a serem adquiridas em determinado domínio.

Como forma de iniciar o planejamento do modelo dimensional do projeto, sugere-se uma organização de acordo com a tabela 1. Em seguida, sugere-se a representação diagramática do modelo dimensional, a fim de que a representação visual seja capaz de demonstrar as relações no espaço projetado.

Tabela 1. Definindo o domínio do jogo

DOMÍNIO: _____	
Magnitudes / Dimensões	Grandezas

Para a elaboração do jogo, também é necessário que se realize um mapeamento axiomático. Um axioma é uma premissa considerada necessariamente evidente e verdadeira para o processo neuropedagógico educacional, segundo os preceitos teóricos. Deve-se, pois, efetuar sua formalização. Para tanto, pode-se criar uma tabela com os axiomas selecionados e uma breve descrição com fundamentação e informação sobre sua observabilidade.

Tabela 2. Seleção de axiomas

Axiomas	Descrição dos Axiomas

1.2.2. Processo criativo

Finda a etapa de recorte teórico para a criação da modelagem dimensional, deve-se prosseguir para o processo criativo, etapa de criação da arte inicial, pareando-a com os requisitos do modelo cognitivo, definindo-se os episódios de aprendizado.

Recomenda-se a elaboração de um *Blueprint*, um documento que deve conter um relato textual em parágrafos ou itens de tudo que se pretende construir no aprendizado. Através do *Blueprint* define-se o escopo do projeto, prosseguindo-se posteriormente para uma descrição abrangente das cenas e dos personagens do jogo.

Tabela 3. Elaborando o *blueprint*

Blueprint: <i>(Nome do Jogo)</i>
<i>(Descreva em linhas gerais o formato do jogo e os aprendizados esperados)</i>
Tema Plot: <i>(Defina de forma curta o Tema da Narrativa com base no enredo desejado):</i>
Personagens: <i>(Descreva o(s) personagem (ns) do jogo atribuindo características físicas, psicológicas e místicas)</i>
Cenário: <i>(Descreva o(s) cenário(s) do jogo atribuindo características geográficas, históricas e/ou místicas)</i>

Objeto: <i>(Descreva os objetos disponibilizados no jogo, atribuindo características físicas, místicas e especificando sua função e/ou valor no jogo)</i>
Transporte: <i>(Descreva os meios de transporte disponibilizados no jogo, especificando os personagens portadores, as formas de aquisição, origens e destinos possíveis)</i>
Missão: <i>(Descreva a(s) missões do jogo, dividindo-as em Main Quests e Side Quests)</i>
Takes: <i>(Histórias curtas baseadas na tríade imagem-cena-texto)</i>

As *side quests* são missões secundárias que um personagem pode adquirir durante a jogada e podem colaborar para o aprofundamento de determinados conceitos e/ou para a captura de outros dados cognitivos além dos propostos nas *main quests* ou missões principais. As *main quests* e *side quests* podem compor uma grande missão.

Após a especificação do *Blueprint*, deve-se elaborar os roteiros e os desdobramentos do jogo, com uma visão voltada para a representação gráfica e metafórica, considerando como relevantes a produção da antologia e o design do *storyboard*.

A antologia é uma coleção de histórias minimalistas ou microepisódios que compõem o enredo e carregam aspectos das competências educacionais selecionadas na modelagem dimensional.

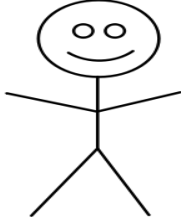
Na elaboração da antologia, recomenda-se o pareamento com os axiomas onde se originam. Para tanto, pode-se organizar o trabalho tal como propõe a tabela 4.

Tabela 4. Criação da Antologia

Antologia	
Microepisódios	Origem (Axioma)

O *Storyboard* é uma amostra dos microepisódios elaborados na etapa de Antologia contendo uma apresentação visual do conhecimento a ser construído pelo educando. Pode ser realizado através de rascunhos gráficos, conforme o modelo presente na tabela 5.

Tabela 5. Projeto de Storyboard

Projeto de Storyboard (<i>Nome do jogo</i>)			
Cena:	Cena:	Cena:	Cena:
			
Observações:	Observações:	Observações:	Observações:

1.2.3. Projeto interacional

No projeto interacional, preocupa-se com as atitudes inconscientes e conscientes no processo das microgêneses cognitivas. Assim, as atitudes pertencem a um módulo procedimental. A computação ponderada das atitudes do usuário permite a discriminação de um conjunto de eventos que disparam a marcação de um ou mais registros em um ou mais eixos dimensionais.

Todas as interações observáveis do educando são, portanto, oportunidades de registro de sua assinatura cognitiva. No entanto, o registro indiscriminado de todas as ações pode gerar uma grande quantidade de dados de difícil interpretação. Para tanto, a atividade de análise das interações pode ser organizada com o auxílio da tabela 6:

Tabela 6. Projeção e escala de atitudes do usuário

Escala atitudinal		
Atitude do usuário	Interpretação fundamentada da atitude do usuário	Evento disparado no Jogo

O repertório de eventos canônicos é construído elencando-se eventos decorrentes da ação do jogador ou eventos ativados pela inteligência do jogo que representam oportunidades de observação e / ou intervenção. É uma coleção mínima de eventos para investigar e projetar as intervenções no processo educacional.

Tabela 7. Projeção de eventos canônicos

Eventos canônicos		
Evento	Oportunidade de observação	Oportunidade de intervenção

Com o enredo definido e o levantamento das interações realizado, o processo de mapeamento axiomático pode ser ampliado para englobar conjuntos de marcadores que podem ser atribuídos a cada uma das dimensões projetadas no processo educacional. Nessa etapa, as projeções cotadas podem determinar a relevância de cada observação.

Os marcadores permitem a identificação de estados e transição de estados e também auxiliam na construção de crivos, atividade a ser realizada na etapa de desenvolvimento conceitual. A organização dessa atividade pode ser feita de acordo com a tabela 8.

Tabela 8. Cruzamento axioma X dimensão com atribuição de projeções e marcadores

Mapeamento axiomático			
Dimensão	Axioma	Projeção cotada	Marcadores

1.2.4. Desenvolvimento conceitual

No desenvolvimento conceitual, são estabelecidas, de fato, a mecânica e a dinâmica do processo educacional.

No desenvolvimento conceitual, o autor deve descrever o conceito ligado ao jogo, fornecendo dados sobre ambientação, descrição do universo, personagens, entre outros. Sugere-se que nessa etapa, volte-se ao *BluePrint* para modificação ou complementação.

Os crivos definidos nessa etapa servirão como base para a construção do engenho computacional, que tem o propósito de implementar no processo educacional o modelo matemático e vários outros aspectos definidos pelos documentos neuropedagógicos. Para a elaboração de crivos, deve-se construir narrativas possíveis que representem os preceitos básicos da temática abordada e expressá-las na forma de tabelas, que conterão perspectivas de ações e reações. Depois, prossegue-se para uma análise geral do potencial pedagógico dos eventos apontados, com o objetivo de utilizar o embasamento científico para calibrar o processo educacional. Assim, espera-se uma formalização que permita a incorporação da teoria em um engenho computacional capaz de coletar as informações do educando.

A tabela 9 representa o mínimo requerido para se obter uma assinatura cognitiva pertinente [Marques et al., 2015].

Tabela 9. Cruzamento axioma X dimensão com atribuição de projeções e marcadores

Coluna/Quesito	Descrição	Relevância
Marcador	Objeto referenciado na interação	Seleção de um ou mais interadores
Posição	Localização terminal do objeto	Decisão do objetivo a ser alcançado
Ação	Modelo de interação usado	Regra generativa aplicada
Pontuação	Índice de sucesso calculado pelo crivo	Correlação da regra usada com a teórica
Tempo	Tempo usado para fazer a	Assinatura temporal do

	interação	processo mental
Resultado	Estado cognitivo registrado pelo crivo	Assinatura espacial do processo mental

Com essa proposta, é possível analisar o educando durante todo o jogo, avaliando o quanto está avançando e em quais momentos sinaliza dificuldades. Através de heurísticas e recursos de inteligência artificial pode-se extrair conclusões dos dados coletados, auxiliando na identificação e no tratamento.

Finda a concepção do jogo, o projeto deverá ser devidamente implementado com técnicas de programação e banco de dados, de forma que todas as ações do usuário possam ser minuciosamente registradas, gerando, com diferentes graus de automatização, conforme a evolução do projeto, um relatório com base nos crivos técnicos pré estabelecidos, onde um pesquisador ou professor possa acompanhar e avaliar o desenvolvimento do educando [Marques et al., 2015]. Desse modo, portanto, têm-se como saída um engenho computacional.

O engenho é um sistema que envolve diversas partes que refletem a complexidade do jogo digital implementado. Em um engenho, o cânone tributário é o sistema que controla as respostas que o jogo dá quando os limiares prescritos pelo crivo computacional são ativados e o cânone emissário é o sistema que avalia as interações do usuário definidas pelos eventos canônicos e envia para o engenho de coleta através do engenho conectivo [Marques, 2017].

Existem diversas técnicas, linguagens de programação e ferramentas que podem ser utilizadas para o desenvolvimento do game em suporte digital, e essas, devem ser selecionadas de acordo com as necessidades de cada projeto.

1.3. A construção de jogos digitais como prática pedagógica

O processo de construção de jogos digitais apresentado na seção II possibilita que profissionais da educação e professores da educação básica sejam capazes de realizar a concepção de artefatos neuropsicoeducativos, de modo a contribuir para uma educação de base científica, onde valoriza-se a neurodiversidade, de modo a levar o estudante ao máximo de suas potencialidades. Com esse conhecimento, é possível construir e mediar um aprendizado otimizado e instigante.

Nessa seção, pretende-se apresentar que esse conhecimento também pode ser utilizado numa perspectiva neuropedagógica, de forma que professores da educação básica podem apropriar-se para difundir esse conhecimento como metodologia de aprendizagem.

Pesquisas da linha “Informática, Educação e Sociedade” realizadas no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Informática na Universidade Federal do Rio de Janeiro apresentam indícios de que a metodologia, ao ser utilizada por estudantes do Ensino Médio, gera resultados positivos e satisfatórios para os estudantes e para os professores. Sendo assim, a metodologia pode ser utilizada para otimizar o processo de aprendizagem

e difundir a tecnologia em áreas de vulnerabilidade socioeconômica, apresentando a programação de jogos digitais de forma lúdica e desafiante, constituindo-se, dessa forma, um tema de pesquisa livre, abrangente, e condizente com a nova proposta de uma Base Nacional Comum Curricular, estabelecida pelo Ministério da Educação em 2017, sobretudo no que diz respeito ao item 5, que estabelece como competência a ser desenvolvida pelo educando:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. [Brasil, 2017;2018]

É possível, pois, utilizar a atividade de construção de jogos digitais para fomentar aos estudantes a busca autônoma pelo conhecimento, a fim de se explorar a ludicidade como fonte de criatividade, possibilitando o desenvolvimento da capacidade de criar problemas e oportunizando a produção de narrativas, entre outras atividades.

Além do desenvolvimento das funções cognitivas, a construção de jogos pelos estudantes da educação básica pode ser utilizada numa perspectiva construcionista como estratégia para promover o letramento digital, possibilitando a aquisição da fluência digital, o que permitirá ao educando exercer o protagonismo na vida pessoal e coletiva.

A construção de jogos como prática de aprendizagem também possibilita a manifestação da afetividade, na perspectiva de Wallon [2007], e a sociabilidade. É importante, para tanto, oportunizar ao estudante a atuação em diferentes papéis sociais, o que impulsiona as trocas dialógicas, a percepção da alteridade e a experiência de atividade profissional.

Desse modo, o professor-mediador deve compreender e incentivar a concepção, o projeto e a construção de jogos digitais, utilizando uma linguagem de fácil compreensão, ressaltando as fases de acordo com o conhecimento de Engenharia de Software, destacando sua evolução e apresentando os papéis que os estudantes podem assumir no processo, sendo eles:

- Designer - Autor conceitual do Jogo
- Projetista - Autor técnico do jogo
- Ilustrador - Responsável pelo aspecto visual
- Programador - Responsável pelo desenvolvimento do código
- Engenheiro - Responsável pela qualidade do produto

Para melhor divisão das etapas de desenvolvimento de forma tangível para os estudantes, pode-se proceder da seguinte forma:

● **Pré produção**

Nessa fase as ideias iniciais devem ser coletadas para estabelecer o conceito do game. Uma vez organizadas, elas devem compor o projeto de construção do game.

A pré-produção divide-se em concepção e projeto. A concepção é a fase inicial onde as ideias são livremente gestadas na construção de um conceito para o jogo. Alguns protótipos podem ser construídos para avaliação da viabilidade dos conceitos.

Já o projeto é a fase de construção de toda arquitetura para a produção final de um jogo, já tendo o conceito do jogo consolidado a partir do resultado da fase inicial de concepção. Nessa etapa, pode-se introduzir os estudantes ao conceito de Metodologias de Desenvolvimento Ágeis, utilizando *sprints*, isto é, ciclos de projeto. Desse modo, aproxima-se os estudantes do mundo da tecnologia, de modo a relacionar os conteúdos aprendidos com tarefas reais e saberes cada vez mais exigidos pelo mercado de trabalho, fomentando a formação do sujeito para atuação na sociedade em que vive.

● **Produção**

Nessa fase o jogo é efetivamente produzido. Toda a equipe está articulada para seguir a documentação consolidada e desenvolver o jogo como um produto.

Existe um planejamento temporal que conduz o desenvolvimento em etapas bem definidas para que todas as tarefas sincronizem entre as equipes. O jogo é continuamente incrementado e repassado às equipes de concepção para validação do produto. Para a produção do jogo, sugere-se a utilização da linguagem Python devido à sua curva de aprendizagem, facilidade de instalação, utilização e disponibilidade de materiais, além de uma grande comunidade de colaboradores ativos.

● **Pós produção**

Nessa fase o jogo é refinado e polido para disponibilização ao usuário final. Essa fase pode ser subdividida em duas etapas: Homologação e Implantação. Na homologação, o jogo é exaustivamente testado a fim de que se possa remover o máximo de incoerências e falhas. Na implantação, o jogo está pronto para ser disponibilizado ao usuário.

1.3.1. Desenvolvendo um jogo digital com tema de Ciências

Nesse minicurso, a atividade prática abrange a utilização da metodologia apresentada para criar um game no domínio de ciências, tendo a genética como uma das possibilidades de tema de estudo. Tal atividade é apresentada em conformidade com a metodologia já consolidada que vêm sendo amplamente utilizada com os estudantes da educação básica no município do Rio de Janeiro.

O processo de *brainstorming* deve ser realizado de forma colaborativa e mediada pelo professor, que divide a turma em grupos e demonstra aos participantes de forma prática a utilização das técnicas de elaboração dirigida e do fio condutor microgenético.

A atividade inicial demanda o povoamento do imaginário. Para tanto, convém iniciar o *brainstorm* de forma lúdica e ágil. Para tanto, sugere-se a utilização de dois cubos de 6 faces cada. O primeiro cubo deve conter em cada face uma opção de cenário e o segundo cubo deve conter uma opção de personagem. Desse modo, sorteia-se ideias para a concepção do jogo. Essa atividade pode ser realizada com cubos físicos ou virtuais e, ao término, as histórias elaboradas sob a forma de *takes* devem ser combinadas para formar uma única história.

A partir do refinamento dos *takes*, inicia-se a atividade de programação com o objetivo de fornecer ao participante uma breve introdução à programação, demonstrando, assim, que é possível utilizar jogos simples e com fundamentação científica para conferir ludicidade aos processos de ensino-aprendizagem.

A atividade de programação, nessa proposta, é realizada através do Vitollino¹, um ambiente para construção de jogos para ensino de programação ou qualquer outro assunto que possa ser ensinado através de jogos digitais. Esse ambiente é baseado no Phaser e é programado em Brython, tendo como principal vantagem a possibilidade de facilitar a aprendizagem da linguagem Python.

Após a programação, sugere-se que os grupos troquem os jogos produzidos, a fim de que se possa conhecer o produto criativo gerado. Com isso, pode-se também gerar e discutir as estatísticas da turma.

1.3.2. Processo avaliativo implícito e explícito

A escola tradicional, modelo vigente na educação brasileira, não oferece acesso à avaliação da cognição. [Marques, 2017]. Nesta seção serão brevemente abordados os conceitos de avaliação implícita e explícita como forma de avaliar o desempenho dos estudantes.

A avaliação implícita pode ser realizada através de dados que não se expressam, mas podem ser inferidos através do histórico de jogadas pela arquitetura das EICA. Já, a avaliação explícita é a passível de realização através da análise dos dados coletados pelo jogo. Note-se que a avaliação implícita é realizada sem o conhecimento do jogador. Como exemplo, cita-se o tempo de latência entre as ações do jogador. O tempo que ele demora para entender uma situação e clicar em um objeto constitui uma possibilidade de avaliação implícita.

Em relação à utilização desta metodologia como processo de aprendizagem, convém notar que a observação sistemática do comportamento dos estudantes envolvidos é capaz de revelar, através do processo de avaliação implícita, indícios de desenvolvimento cognitivo. Em pesquisas tais como a de Rodrigues [2018], onde avaliou-se a produção de histórias durante o processo criativo de concepção dos jogos, constatou-se que estudantes com desempenho aquém da média esperada em avaliações tradicionais a partir de aulas expositivas, obtiveram um excelente desempenho nas atividades pertinentes aos processos metodológicos de concepção de jogos.

Nesse sentido, aponta-se a taxonomia dos níveis cognitivos definidas por Benjamin Bloom [1956] como uma possibilidade para avaliação da aprendizagem, que pode ser realizada de maneira interpretativa com base nos dados coletados e/ou em observações sistemáticas realizadas pelo próprio professor/mediador.

1 http://activufrj.nce.ufrj.br/wiki/labase/Projeto_Vitollino



Figura 2. Categorias do domínio cognitivo segundo a Taxonomia de Bloom. Adaptado de Bloom [1956]

A avaliação, portanto, pode considerar também a participação e o desenvolvimento dos estudantes em relação às categorias de domínio cognitivo propostas por Bloom numa perspectiva qualitativa. Nesse sentido, o professor/mediador pode elaborar planilhas de acompanhamento dos estudantes e utilizar observações sistemáticas como forma de acompanhamento durante o desenvolvimento das atividades realizadas em sala de aula. Note-se que as categorias taxonômicas devem relacionar-se aos *takes*; portanto, a avaliação dependerá dos *takes* elaborados. Para tanto, sugere-se a organização conforme a tabela 10.

Tabela 10. Avaliação cognitiva a partir dos *Takes*

<i>Takes</i>	Domínio cognitivo
	Conhecer
	Compreender
	Aplicar
	Analisar

	Sintetizar
	Avaliar

Em relação às funções cognitivas, é possível delinear marcadores para identificar *déficits* e realizar um estudo longitudinal para verificar variações e incrementos. Para tanto, sugere-se uma sequência baseada em pré-teste, teste, pós teste e, sempre que possível, *delayed post-test*, a fim de verificar a consolidação do desenvolvimento e conferir ainda mais cientificidade ao processo pedagógico.

Fomentar a elaboração de jogos com a metodologia apresentada impulsiona o desenvolvimento dos estudantes da educação básica; portanto, indícios de desenvolvimento cognitivo podem ser coletados a partir de cada uma das atividades realizada pelos estudantes. Nesse sentido, a elaboração de *main quests* e *side quests*, por exemplo, instigam a formação de conceitos e soluções-problemas, desenvolvendo as funções executivas. Já, a capacidade de abstração-raciocínio para representação do conhecimento através do jogo, amplia as funções de percepção e linguagem. A atividade de concepção do jogo através de etapas pré-definidas impulsiona a função de planejamento. Já a fluência verbal e a expressão da linguagem através de signos linguísticos são estimuladas pelas atividades de criação de histórias e elaboração dos *storyboards*.

Como as diversas atividades envolvidas no processo de concepção de um jogo estão relacionadas às funções cognitivas, a sua inserção no âmbito escolar constitui uma metodologia neurocientífica-pedagógica viável para ativar e incrementar as funções cognitivas dos estudantes da educação básica.

Recomenda-se aos professores e entusiastas da Informática na Educação que prezem por critérios de cientificidade e conduzam seus trabalhos com rigor, numa perspectiva de Educação como Ciência.

1.4. Considerações

A proposta do estudo no âmbito da Neuropedagogia Computacional é ser um *continuum* como a própria vida, sempre se resignificando e adaptando-se ao ambiente. Ficam ainda muitas questões a serem estudadas e implicações pedagógicas que suscitam análises constantes. [Marques et al., 2010]

Neste trabalho, apresentamos de forma didática e introdutória uma metodologia neurocientífica-pedagógica aplicada à concepção de jogos para ativação das funções cognitivas de estudantes da educação básica. Doravante denominada metodologia Marques-Oliveira, a metodologia apresentada é dotada de potencial para ser utilizada por professores em duas frentes, sendo a primeira a criação de artefatos neuropsicoeducativos, de modo a contribuir para uma Educação de Base Científica, buscando a valorização da neurodiversidade com inovação e inclusão, a fim de levar o estudante ao máximo de suas potencialidades.

A segunda diz respeito à utilização da metodologia como estratégia pedagógica, de modo a promover a alfabetização e a fluência digital, mediando a metacognição através de técnicas como o Fio Condutor Microgenético, numa perspectiva construcionista onde os estudantes têm a oportunidade de construir e programar jogos, ativando e desenvolvendo funções cognitivas.

A principal contribuição desta proposta é a difusão da Neuropedagogia Computacional, uma nova ciência transdisciplinar que tanto tem a contribuir com os processos de ensino-aprendizagem, utilizando a computação como uma importante aliada. Com esse conhecimento, é possível construir e mediar um aprendizado otimizado, personalizado e instigante. Espera-se, portanto, impulsionar cada vez mais a utilização da Informática na Educação, dada a magnífica possibilidade de educar e minimizar diferenças através de jogos digitais.

De forma metacognitiva e inclusiva, a utilização de jogos neuropsicopedagógicos constitui um novo paradigma da Educação, onde se deseja que todos cheguem a um mesmo patamar democrático de cognição.

Espera-se, portanto, difundir novas práticas educativas com o uso da Informática a fim de minimizar os problemas da Educação relacionados às deficiências de aprendizagem, em grande parte oriundas da falta de estímulo cognitivo.

Agradecimentos

Agradecimentos aos estudantes e pesquisadores de Neuropedagogia Computacional do Laboratório de Automação de Sistemas de Engenharia (LABASE) e do Grupo de Informática Aplicada à Educação (GINAPE) do Núcleo de Computação Eletrônica (NCE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Referências

- Atkinson, R.C.; Shiffrin, R.M. Human memory: A proposed system and its control processes. In Spence, K.W.; Spence, J.T. *The psychology of learning and motivation* (Volume 2). New York: Academic Press, 1968.
- Bandura, A. *Social learning theory*. New Jersey: Prentice-Hall, 1977.
- Bandura, A. A evolução da teoria social cognitiva. *Teoria social cognitiva: conceitos básicos*. Porto Alegre: Artmed, p. 15-41, 200
- Bloom, B. S., Englehart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. *The Taxonomy of educational objectives, handbook I: The Cognitive domain*. New York: David McKay Co., Inc, 1956.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil e Ensino Fundamental*. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio*. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.
- Bruner, J. *Uma nova teoria da aprendizagem*. Rio de Janeiro: Edições Bloch, 1971.

- Delbem, E. Metodologia para analisar o desenvolvimento inter-relacional em alunos do ensino médio utilizando jogos. Dissertação de Mestrado. UFRJ - NCE, Rio de Janeiro, 2014.
- Ferraz, A. P. do C. M., Belhot, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.
- Flavell, J. H. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, p. 906 – 911, 1979.
- Freire, P. *Pedagogia do Oprimido*. 13.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.
- Furst, P. Fontes para a origem dos universais da cognição. Tese de Doutorado. UFRJ - IP, Rio de Janeiro, 2003.
- Gadotti, M. *A educação contra a educação*. Rio de Janeiro: Paz e terra, 1984.
- Gadotti, M. A boniteza de um sonho: aprender e ensinar com sentido. *Abceducatio*. Ano III, n. 17, p. 30-33, 2002.
- Guilford, J.P. Creativity. *American Psychologist*, v. 5, n. 9, p. 444–454, 1950.
- Guilford, J.P. *The nature of human intelligence*. McGraw-Hill, 1967.
- Lakoff, G.; Johnson, M., *Philosophy in the Flesh: the Embodied Mind and its Challenge to Western Thought*. New York: Basic Books, 1999.
- Lemos, M. K.; Motta, C. L. R.; Marques, C.V.M.; Oliveira, C. E. T.; Fróes, M.; Silva, J. O. P.; (2014). Fio Condutor Microgenético: uma metodologia para a mediação metacognitiva em jogos computacionais. *Revista Brasileira de Informática na Educação*. 22. 10.5753/RBIE.2014.22.01.1.
- Lemos, M. K.; Motta, C. L. R.; Marques, C. V. M.; Oliveira, C. E. T. (2012) Modelo Fractal das Microgêneses Cognitivas: uma metodologia para a mediação metacognitiva em jogos computacionais. In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, 23., 2012, Rio de Janeiro. Anais.. ISSN 2316-6533.
- Luria, A. R. *Higher Cortical Functions in Man*. New York; Basic Books, 1966a.
- Luria, A. R. *Human Brain and Psychological Processes*. New York, Harper, 1966b.
- Luria, A. R. Towards the problem of the historical nature of psychological processes. *International Journal of Psychology*, v. 6, p. 259-272, 1971.
- Mahoney, A. A, Almeida, L. R. *Henri Wallon. Psicologia e Educação*. São Paulo: Edições Loyola, 2012.
- Motta, C. L. R; Oliveira, C. E. T; Meirelles, M. S. P.; Berroir, J.P.; Herlin, I. The Implementation of a web-based System for Automatic Classification of land use and covering changes. *IADIS International Conference Applied Computing: Salamanca*, 2007.
- Marques, C.V.M. Oliveira, C. E. T.; Motta, C. L. R. *Neuropedagogia e Informática I: A Revolução Cognitiva – um estudo sobre a teoria de Franco Lo Presti Seminário. Relatório Técnico 04/09*. NCE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

- Marques, C. V. M.; Oliveira, C. E. T.; Motta, C. L. R.; Vrabl, S.; Lapolli, F.; Angelo, L.; Daflon, L. Avaliação de crianças deficientes visuais através de Jogos Neuropedagógicos. *Revista Brasileira de Computação Aplicada* (ISSN 2176-6649), Passo Fundo, v.2, n. 1, p. 29-40, mar. 2010.
- Marques, C.V.M.; Oliveira, C. E. T.; Motta, C. L. R. A máquina da Metacognição. *Relatório Técnico do NCE 04/10 - Universidade Federal do Rio de Janeiro*, 2010.
- Marques, C. V. M; Oliveira, C. E. T., Barreira, C. V. B.; Cuesta, D. A.; Mendonça, A. M. N. Templates Cérebro-Mente: Um Modelo Diagramático Aplicado a Jogos Inteligentes. In: *Conferência Internacional sobre Informática na Educação (TISE)*, 19., 2014, Fortaleza. Chile: Universidad de Chile, 2014.
- Marques, C.V.M., Oliveira, C.E.T., Barreira, C. V. (2015) Games Inteligentes: Investigação Científica por Jogos Computacionais. *Revista de Informática Aplicada*, Volume 11, Número 1, 2015.
- Marques, C. V. M.; Silva, J. O. P.; Fróes, M. M.; Lima, P. M.V.; Motta, C. L. R., Oliveira, C. E.T. (2015) Sistemas educacionais inteligentes in *Grandes desafios da computação no Brasil - Relatos do 3º Seminário*. Sociedade Brasileira de Computação. ISBN: 9788588442986.
- Marques, C.V.M.; Oliveira, C. E. T; Motta, C. L.R. A Bridge to Cognition Through Intelligent Games. In: *Universal Access in Human-Computer Interaction. Human and Technological Environments: 11th International Conference, UAHCI 2017, Held as Part of HCI International 2017, Vancouver, BC, Canada, July 9-14, 2017, Proceedings, Part III* (pp.223-232)
- Marques, C. V. M. “Eica - Estruturas Internas Cognitivas Aprendentes: Um Modelo Neuro-Computacional Aplicado À Instância Psíquica Do Sistema Pessoa Em Espaços Dimensionais”. Tese de Doutorado em Engenharia de Sistemas e de Computação do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós Graduação e Pesquisa em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.
- Nunes, S. da C; Santos, R. P. O construcionismo de Papert na criação de um objeto de aprendizagem e sua avaliação segundo a taxionomia de Bloom. *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - IX ENPEC*. Águas de Lindóia, SP, 2013.
- Papert, S. A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática. Porto Alegre, Artes Médicas, 1994.
- Piaget, J. *Recherches sur l'abstraction réfléchissante*. Paris, Presses Universitaires de France, 1977.
- Pimentel, A.P.C. Uma proposta de identificação de assinaturas cognitivas com padrões de pensamento criador. *Dissertação de Mestrado*. NCE – UFRJ, 2015.
- Rodrigues, A.P. C. (2018) Fio Condutor Pedagógico Metacognitivo: uma Máquina de Estados não Determinística para Elaboração de Games Inteligentes. *Dissertação de Mestrado- PPGI - Universidade Federal do Rio de Janeiro*.
- Seminário, F. L. P. *Elaboração dirigida: um caminho para o desenvolvimento metaprocessual da cognição humana*. Cadernos do ISOP- n.10, 1987.
- Seminário, F. L. P. et al. *Metacognição: um novo paradigma*. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, Rio de Janeiro, v. 51, n. 1, p. 110-126, jan./mar. 1999.

Seminério, F. L. P. O imaginário cognitivo: uma fronteira entre consciência e inconsciente. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, 49 (4): 94-107, 1998.

Seminério, F. L. P. A Metacognição e seus usos: um mecanismo geral de desenvolvimento cognitivo. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, Rio de Janeiro, v. 47, n. 3, p. 3-29, abr./jun. 1995a.

Seminério, F. L. P. Códigos morfogenéticos da Cognição. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, Rio de Janeiro, v. 47, n. 1, p. 3-45, jan./mar. 1995b.

Shimamura A. e Metcalfe, J. *Metacognition: Knowing about Knowing*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1992.

Wallon, H. *A evolução psicológica da criança*. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

Capítulo

2

Pensamento Computacional: Fundamentos e Integração na Educação Básica

Leila Ribeiro, Luciana Foss, Simone André da Costa Cavalheiro

Abstract

The goal of this paper is to support the realization of a course to clarify the meaning and discuss the relevance of Computational Thinking. The concepts are presented in an intuitive way, being illustrated with everyday situations. We differentiate logical from computational reasoning and discuss the importance of Computational Thinking in solving problems. The three pillars of Computational Thinking - Abstraction, Automation and Analysis - are presented, highlighting the role of each of them in developing the skills needed for the problem-solving process. The teaching of Computational Thinking is discussed based on the Computing Guidelines in Basic Education of the Brazilian Computer Society (SBC). Activities illustrating how these concepts can be developed in different school stages are presented.

Resumo

O objetivo deste texto é apoiar a realização de um minicurso para esclarecer o significado e discutir a importância do Pensamento Computacional. Os conceitos são apresentados de forma intuitiva, sendo ilustrados com situações do cotidiano. Diferencia-se o raciocínio lógico do computacional e discute-se a importância do Pensamento Computacional na resolução de problemas. Os três pilares do Pensamento Computacional - Abstração, Automação e Análise - são apresentados, destacando-se o papel de cada um deles no desenvolvimento das habilidades necessárias para o processo de solução de problemas. O ensino do Pensamento Computacional é discutido com base nas Diretrizes de Computação na Educação Básica da Sociedade Brasileira da Computação (SBC). São apresentadas atividades e realizadas dinâmicas para ilustrar como esses conceitos podem ser desenvolvidos em diferentes etapas escolares.

2.1. Introdução

Para entender o que é o *pensamento computacional*, precisamos entender o que é *computação*. Computação é uma ciência muito antiga na humanidade, embora só tenha sido reconhecida como uma área da ciência nas últimas décadas. Desde a antiguidade, babilônios e egípcios descreviam procedimentos de cálculos complexos (por exemplo, de navegação, geometria, astronomia) para que outras pessoas pudessem seguir essas instruções e assim usar o conhecimento e experiência dos cientistas mesmo sem serem especialistas. Essas pessoas eram os *computadores* de antigamente. Somente no final do século XX, o homem construiu as máquinas que chamamos hoje de computadores, com o objetivo de seguir instruções de forma mais rápida e sem erros. Mas, como se contrói o procedimento que será seguido por outras pessoas ou máquinas computadoras? O grande objetivo da Computação é “*compreender, formalizar e automatizar o raciocínio*”. Porém, diferente da Filosofia, aqui não estamos pensando de forma mais ampla sobre o raciocínio, mas sim interessados no processo de racionalização do raciocínio, ou seja, formalização do mesmo, o que permite a sua automação e análise (matemática).

A questão de formalização do raciocínio está intimamente relacionada à resolução de problemas. Para entender isso, tomemos como exemplo o raciocínio lógico. O objetivo do raciocínio lógico é basicamente encontrarmos (ou deduzirmos) verdades. O processo utilizado é, partido de premissas, que são fatos aceitos como verdades, utilizar regras bem definidas (do sistema lógico que se está usando) para encontrar novas verdades (conclusões). A dedução em si, que é a sequência de regras utilizadas, é comumente chamada de *prova* (de que a conclusão é verdadeira). O problema que está sendo resolvido é se uma sentença é ou não verdadeira: se encontrarmos uma prova a partir de sentenças que já sabemos que são verdadeiras confirmando a veracidade de uma nova sentença, ela será aceita como verdadeira. Podemos enxergar o raciocínio ou pensamento computacional como uma generalização do raciocínio lógico¹; um processo de transformação de entradas em saída, onde as entradas e a saída não são necessariamente sentenças verdadeiras, mas qualquer coisa (elementos de um conjunto qualquer), sendo que as entradas e a saída nem precisam ser do mesmo tipo, e as regras que podemos utilizar não são necessariamente as regras da lógica, mas um conjunto qualquer de regras ou instruções bem definidas. Da mesma forma que o produto do raciocínio lógico é a prova, o produto do raciocínio computacional é a sequência de regras que define a transformação, que comumente chamamos de *algoritmo*. O problema que está sendo resolvido aqui é como transformar a entrada na saída. Exemplos concretos seriam: dado um número, como encontrar seus fatores primos? Dada uma pilha de provas de alunos, como ordenar essas provas? Dado um mapa rodoviário, como encontrar uma rota? Dados os ingredientes, como fazer um bolo? A Figura 2.1 mostra um esquema que sintetiza essa relação entre raciocínio lógico e raciocínio computacional.

Como o resultado do processo de raciocínio computacional deve ser uma descrição clara e não-ambígua de um processo, a Computação está fortemente baseada na Matemática, que provê uma linguagem precisa para descrição de modelos. Mas, diferente da Matemática, o objeto da Computação são os processos, ou seja, em Computação se constrói modelos de processos. Esses modelos, comumente chamados de *algoritmos*, podem

¹A estreita relação entre provas e programas é conhecida como o isomorfismo de Curry-Howard (Wadler, 2015)

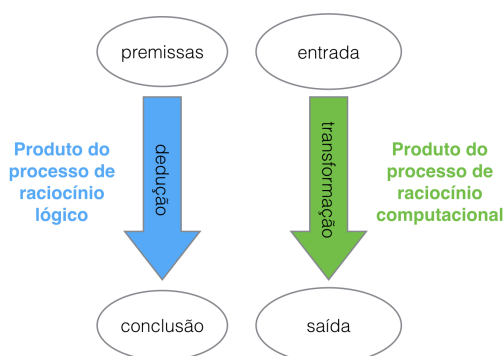


Figura 2.1: Raciocínio Lógico *versus* Raciocínio Computacional.

ser bastante abstratos, descritos em linguagem natural ou linguagens de especificação, ou programas em uma linguagem de programação. Um outro componente essencial da Computação é a representação da informação, pois grande parte dos processos que se quer descrever envolvem manipulação de estruturas complexas. Pode-se argumentar que na Matemática também usa-se diversas abstrações para nos ajudar a resolver problemas. Então por que precisamos de Computação? Somente para automatizar a solução do problema? Não, muito mais que isso. Vamos discutir esse ponto em um exemplo.

Imagine que o problema seja “*descreva o processo de ordenação de uma pilha de figurinhas*”. Essa não é uma tarefa trivial. A Matemática não nos ajuda a resolver esse tipo de problema, pois não provê as abstrações (de informação e processo) necessárias para descrever a solução. Além disso, não é objeto da Matemática investigar *Como construímos uma prova?*, ou mais genericamente, *Como construímos um algoritmo?*. A ênfase do raciocínio ou pensamento computacional não são apenas os produtos em si (provas ou algoritmos), e sim o *processo de construção desses produtos*, ou seja, além das abstrações necessárias para descrever algoritmos, o pensamento computacional engloba também técnicas para a construção de algoritmos, que podem ser vistas como técnicas de solução de problemas.

A evolução da Computação, em especial das áreas de Algoritmos, Teoria da Computação, Engenharia de Software e Ciência de Dados, descreve a trajetória da nossa aquisição de conhecimento com relação a como sistematizar (e se possível, automatizar) o *processo* de resolução de problemas (incluindo a construção de processos e representação da informação). Essa habilidade, de sistematizar, representar e analisar a resolução de problemas é chamada de *raciocínio ou pensamento computacional*² (Wing, 2006). A Figura 2.2 ilustra os pilares do *Pensamento Computacional*, que serão detalhados nas próximas seções.

A estrutura do texto de apoio ao minicurso está resumida na Figura 2.3.

² O termo *pensamento computacional* é uma tradução do termo original em inglês *computational thinking*. Embora do ponto de vista filosófico existam diferenças entre os termos *raciocínio* e *pensamento*, neste capítulo usaremos os dois termos como sinônimos.



Figura 2.2: Pilares do Pensamento Computacional. Fonte (Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2018).

- 1.1. Introdução
 - 1.2. Solução de problemas e pensamento computacional
 - 1.3. Abstração
 - 1.3.1. Abstrações para representar informação
 - 1.3.2. Abstrações para descrever algoritmos
 - 1.3.3. Técnicas para construir algoritmos
 - 1.4. Automação
 - 1.4.1. Máquinas computadoradas
 - 1.4.2. Linguagens para descrever algoritmos
 - 1.4.3. Modelagem computacional
 - 1.5. Análise
 - 1.5.1. Viabilidade de encontrar solução computacional
 - 1.5.2. Correção e adequação das soluções
 - 1.5.3. Eficiência das soluções
 - 1.6. Como ensinar Pensamento Computacional
 - 1.6.1. O Pensamento Computacional nas Diretrizes de Ensino de Computação na Educação Básica da SBC
 - 1.6.2. Exemplos de Atividades Práticas
- Referências**

Figura 2.3: Estrutura do texto de apoio ao minicurso.

2.2. Solução de problemas e pensamento computacional

O objetivo desta seção é definir o papel do pensamento computacional no processo de resolução de problemas. Para ilustrar, são apresentados problemas e discutidas diferentes soluções.

Problema 1

Ordene uma pilha com 10 figurinhas em ordem crescente. Considere que não há números repetidos e os números podem variar de 1 a 10.000.

Este problema pode ser solucionado facilmente por alunos que tenham aprendido a noção de ordem entre números. Como são apenas 10 figurinhas, normalmente eles apenas colocam todas na sua frente e vão buscando o próximo número para montar a pilha ordenada, fazendo as comparações necessárias mentalmente.

Problema 2

Ordene uma pilha com 1.000 figurinhas em ordem crescente.

Neste caso, apesar do problema ser essencialmente o mesmo (ou seja, é apenas uma nova instância do problema anterior), a solução *ad hoc* descrita acima é de difícil implementação porque quando colocamos 1.000 figurinhas na mesa fica difícil visualizar qual o próximo número. A estratégia mais usada neste caso é, antes de ordenar, dividir a pilha de acordo com a centena, e depois cada pilha de acordo com a dezena. Ou seja, dividir o problema em problemas menores até que a solução seja quase trivial. Depois das pilhas menores estarem ordenadas, precisa-se juntá-las de forma adequada para encontrar a solução do problema. Mas essa não é a única forma de resolver este problema, existem muitas outras, algumas mais e outras menos eficientes.

Problema 3

Descreva como ordenar uma pilha com figurinhas em ordem crescente.

Agora o problema é como descrever o método de ordenação, ou seja, o algoritmo utilizado para ordenar, para que o processo possa ser replicado, seguido por outras pessoas. Esta tarefa é bem mais difícil do que as anteriores, principalmente porque para descrever o processo de ordenação, precisamos falar sobre estruturas de dados (neste caso, uma pilha) e usar operações para definir o que deve ser feito em cada passo. Mas sem ter formalizados os conceitos de estruturas de dados e operações para definir processos (um algoritmo é uma descrição de um processo) é difícil solucionar este problema. Saber dar instruções de forma clara e precisa é uma habilidade necessária para todas as pessoas, e essa habilidade requer treinamento adequado. Além dos conhecimentos sobre os dados e como construir processos, precisa-se ter domínio da linguagem na qual os processos serão descritos. E a linguagem a ser usada depende de quem executará o processo: se for uma pessoa, pode-se usar linguagem natural, se for um computador, deve-se usar uma linguagem de programação. A grande diferença normalmente está no nível de abstração, pois linguagens naturais tendem a ser mais abstratas. Em breve discutiremos em mais detalhes a questão das linguagens.

Problema 4

O processo de ordenação descrito pode ser executado mais rápido se houverem mais pessoas para ajudar? Qual o número de pessoas seria o ideal? Existe alguma forma mais eficiente de ordenar as figurinhas? Dadas duas estratégias de ordenação, qual a melhor? O algoritmo descrito está correto, ou seja, no final da execução, a pilha está ordenada?

Solucionar este problema envolve analisar o algoritmo, ou método de ordenação, descrito na solução do Problema 3. Mas, mesmo que esse método esteja descrito de forma precisa, a análise da correção e eficiência do método não é uma tarefa trivial, apesar de ser de extrema importância porque um algoritmo que não gera o resultado desejado é inútil, bem como um que gera o resultado esperado, mas que demoraria demais para gerar este resultado (dependendo do problema e instância considerada, uma solução pode demorar vários anos para ser encontrada e esperar pode não ser viável do ponto de vista prático).

A seguir, vamos discutir três exemplos de soluções para o problema de ordenar uma lista de números em ordem crescente (uma abstração do problema de ordenar figurinhas) usando três (3) linguagens diferentes: uma visual, linguagem natural e linguagem de programação. O algoritmo apresentado é um algoritmo tradicional de ordenação chamado *quicksort* (Cormen et al., 2009). A Figura 2.5(a) mostra o algoritmo através de um diagrama. As setas representam o fluxo dos dados, as caixas vermelhas representam ações e a parte amarela pontos de decisão. A ideia é que a **lista** (a lista de números) entra na ação **ordena**, e então é testado se a **lista** está vazia ou não. Em caso positivo, o algoritmo termina retornando a própria **lista** vazia (que está ordenada pois não contém nenhum elemento). Em caso negativo, é identificado o primeiro elemento da **lista** (ação **primeiro**), e a **lista** é dividida em 2 partes, uma contendo os elementos menores que o primeiro (ação **seleciona-menores**) e outra contendo os elementos maiores que o primeiro (ação **seleciona-maiores**). Cada uma destas sublistas resultantes são ordenadas (repetindo o processo **ordena** para cada uma) e no final o resultado é construído juntando-se essas sublistas ordenadas e colocando o primeiro elemento no meio delas (ação **monta**). A linguagem visual é interessante porque deixa evidente o fluxo de dados e as ações envolvidas. Esse mesmo processo pode ser descrito em língua portuguesa (Figura 2.5 (b)). Note que a descrição do algoritmo em português é apenas uma frase, que foi quebrada em linhas diferentes na figura para maior clareza. É uma frase simples, mas descreve de forma sucinta e precisa o processo que deve ser seguido para ordenar a lista. Quando temos uma descrição precisa da solução, a implementação em uma linguagem de programação pode ser imediata: a Figura 2.5 (c) mostra como ficaria o programa correspondente descrito em uma linguagem funcional (Scheme ou Racket (*Racket Documentation*, n.d.)). Basicamente, o programa tem os mesmos elementos principais que a descrição textual, mas com uma sintaxe mais enxuta e rígida. Isso exemplifica um dos pontos que queremos enfatizar neste texto: *programar é fácil, o difícil é saber construir a solução dos problemas*. Se soubermos construir uma frase (ou texto) precisa em português, que descreve um processo, a programação seria um simples trabalho de tradução. Claro, dependendo da linguagem de programação utilizada a tradução pode ser mais fácil ou difícil, pois linguagens de programação diferentes oferecem

abstrações diferentes, mas ainda assim seria uma. A questão que realmente exige maior esforço e conhecimento é a construção da solução em si. E é esse o foco do *Pensamento Computacional*.

Os pilares do Pensamento Computacional (Wing, 2008), mostrados na Figura 2.4, provêm as habilidades necessárias para resolver os problemas citados anteriormente.

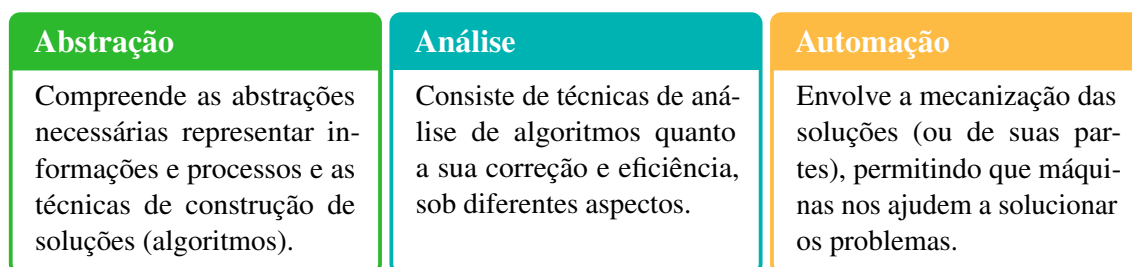


Figura 2.4: Pilares do Pensamento Computacional.

Em 2006, Wing (Wing, 2006) utiliza o termo *Pensamento Computacional* para apresentar a visão de que todas as pessoas podem se beneficiar do ato de pensar como um cientista da Computação. Informalmente, o pensamento computacional (Wing, 2011) descreve a atividade mental envolvida na formulação de problemas para admitir soluções computacionais e na proposta de soluções. As soluções (algoritmos) podem ser executadas por seres humanos ou máquinas, ou de maneira mais geral, por combinações de seres humanos e máquinas.

Já, em 1962, Alan Perlis (Perlis, 1962) argumentava que todos deveriam aprender a programar computadores no nível universitário. Ele identificou que a execução automatizada dos processos, explorada pela programação, mudaria a forma como os profissionais de todas as áreas pensariam sobre seu trabalho. No contexto da educação básica, na década de 1980, Papert (Papert, 1980) introduziu e popularizou a ideia de que computadores e o pensamento procedural poderiam afetar o modo como as crianças pensam e aprendem. Ao desenvolver o construcionismo (uma abordagem do construtivismo), defendia que o uso do computador (ou de ferramentas similares) na educação permitiria ao estudante desenvolver o seu raciocínio na solução de problemas e construir o seu próprio conhecimento.

O desenvolvimento do *Pensamento Computacional* não tem como objetivo direcionar as pessoas a pensarem como computadores. Ao contrário, sugere que utilize-mos a nossa inteligência, os fundamentos e os recursos da computação para abordar os problemas. Importante também observar que raciocinar computacionalmente é mais do que programar um computador. A Sociedade Internacional de Tecnologia em Educação (ISTE) e a Associação de Professores de Ciência da Computação (CSTA) (ISTE & CSTA, 2011) operacionalizaram o termo *Pensamento Computacional* como um processo de resolução de problemas.

2.3. Abstração

Nesta seção são apresentados os conceitos fundamentais necessários tanto para representar a informação quanto para descrever algoritmos. Também são discutidas as principais técnicas que podem ser usadas para construir algoritmos, ou seja, para auxiliar no

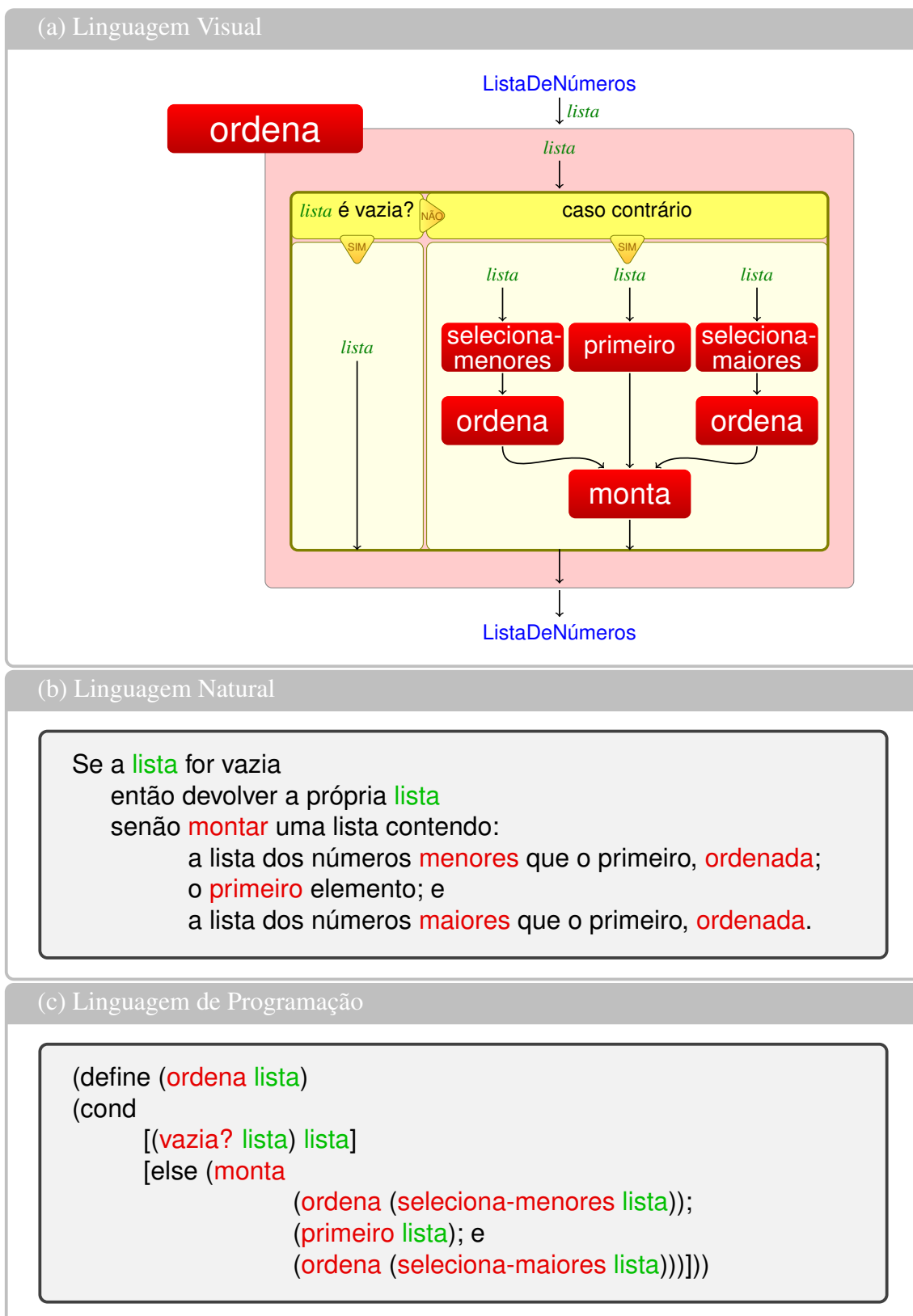


Figura 2.5: Três diferentes linguagens usadas na descrição do algoritmo Ordena

processo de resolução do problema.

A abstração (Wing, 2011; Barr & Stephenson, 2011; Wing, 2008, 2006) é um mecanismo importante no processo de solução de problemas, o qual consiste em simplificar a realidade, representando os aspectos mais relevantes de um problema e sua solução. Em Computação, a abstração permite que sejam construídos *modelos* de processos (naturais ou artificiais). Esses modelos envolvem tanto uma descrição da dinâmica do processo, ou seja, como ele evolui (através de algoritmos) quanto a descrição da informação que é tratada no processo (dado). Em Matemática, se usam abstrações para representar quantidades (que é um tipo de informação), que são os números. Para representar outros tipos de informação (muitas vezes bastante complexos) são necessárias abstrações adequadas. Para construir algoritmos, também é necessário que sejam conhecidas as abstrações que representam as operações fundamentais que nos permitem descrever processos. Finalmente, um ingrediente essencial deste eixo é aprender como se pode construir modelos (computacionais) da realidade. Juntamente com as abstrações para representar informações e processos, o domínio de técnicas de construção de algoritmos provê um subsídio fundamental para a habilidade de resolução de problemas.

2.3.1. Abstrações para representar informação

Se um algoritmo representa uma transformação de recursos (dados de entrada) em resultados (dados de saída), precisamos ser capazes de representar esses recursos e resultados de alguma forma. Como os algoritmos devem ser genéricos (ou seja, funcionar para várias entradas diferentes), a entrada e a saída devem ser representadas por conjuntos de elementos. Dependendo da finalidade do algoritmo, os elementos podem ser muito simples (um número, por exemplo), ou complexos (uma pilha de provas de alunos, um mapa, uma ficha de paciente de hospital etc). Para podermos descrever algoritmos necessitamos poder falar sobre esses dados, sejam eles simples ou complexos. E para isso precisamos das abstrações adequadas. Quando a entrada é um número ou uma palavra, podemos usar os conhecimentos já adquiridos durante anos em Matemática ou Português. Mas quando queremos processar uma pilha de provas para, por exemplo, ordenar de alguma forma, precisamos usar uma abstração para essa pilha. Quando queremos descrever como se encontra uma rota em um mapa rodoviário, precisamos falar do mapa e como ele é organizado para poder explicar para alguém como se procura um caminho. A diferença entre um número e uma pilha de provas é que o número representa um conceito indivisível, uma quantidade, enquanto a pilha é composta por unidades menores, que são as provas. E cada prova, por sua vez, pode ser composta de uma coleção de informações (nome do aluno, questões, respostas, nota). E para explicar como ordenar essa pilha de provas, precisamos acessar cada elemento da pilha, bem como as informações contidas em cada prova. Para descrever como encontrar uma rota em um mapa precisamos enxergar o mapa não como uma unidade, mas como um conjunto de cidades ligadas por estradas. Ou seja, para descrever algoritmos nós precisamos enxergar dados como composições de dados mais simples. Assim, temos vários níveis de abstração que podem ser usados para resolver um problema: no caso das provas, podemos enxergar a pilha como um todo, ou selecionar uma das provas, ou pegar uma informação de uma das provas. O nível de abstração escolhido dependerá do que se quer realizar em cada passo do algoritmo. Mas precisamos entender e poder falar sobre todos.

As abstrações de dados (chamadas estruturas de dados) mais importantes em Computação são (Cormen et al., 2009):

Registros : um registro representa uma coleção de informações de um objeto. Por exemplo, um registro de prova pode conter nome do aluno, questões, respostas, nota etc. Registros podem ser usados também para descrever dados de carteiras de identidade, formulários, cartão de respostas do vestibular etc;

Listas : uma lista é uma sequência de dados. Listas podem ser usadas como abstração para pilha de provas, baralho de cartas, cadeias de DNA, lista de compras, fila de banco, partituras (listas de notas musicais) etc;

Grafos : um grafo é uma estrutura que contém entidades (chamadas vértices) e relacionamentos (chamados arcos). Grafos podem ser usados para representar uma infinidade de estruturas, como redes sociais, mapas, árvores genealógicas etc.

Essas abstrações precisam ser trabalhadas de forma concreta e depois formalizadas, da mesma forma que o conceito de número na Matemática, para permitir que os alunos tenham capacidade de trabalhar sobre elas depois.

2.3.2. Abstrações para descrever algoritmos

Além de abstrações para dados, precisamos de técnicas para descrever as soluções em forma de algoritmos. Um algoritmo é composto por instruções que devem ser executadas de uma forma e na ordem definida para se atingir a solução desejada. Portanto, para se definir um algoritmo é necessário saber quais as instruções básicas que se pode usar, e quais operações podem ser usadas para se montar descrições dos procedimentos a partir dessas instruções básicas.

As instruções básicas dependem de quem vai ler o algoritmo. Se o leitor já sabe como ordenar uma lista, a instrução “*Ordene a lista*” é adequada. Caso contrário, precisa-se definir melhor como realizar esta instrução, através de instruções mais básicas que o leitor consiga entender. Em linguagens de programação, as instruções básicas são os comandos pré-definidos da linguagem, e existem bibliotecas de instruções que podem ser utilizadas. Para construir as soluções dos problemas para os quais não existem instruções básicas que os resolvam, usam-se operações que combinam instruções básicas de maneira a definir processos mais elaborados. As operações são basicamente de 3 tipos³:

Composição : permite juntar vários passos na descrição de um algoritmo. Esses passos podem ser conectados de várias formas diferentes (sequencial, paralela, por dependências etc);

Escolha : permite definir pontos de escolha em um algoritmo, que são momentos de decisão nos quais o próximo passo a ser executado depende da situação atual do processo;

³Essas operações foram vastamente estudadas pela área de álgebras de processos, que investiga as operações fundamentais para descrever processos (Milner, 1982; Hoare, 1985)

Repetição : permite que ações sejam repetidas em um algoritmo, de forma controlada. Existem várias formas de se definir como as repetições devem ser executadas (por exemplo, laços ou recursão).

Essas operações são implementadas de diversas formas em diferentes linguagens de especificação e programação.

2.3.3. Técnicas para construir algoritmos

Para se construir um algoritmo, não basta conhecer as abstrações de dados e processos. São necessárias técnicas que nos permitem chegar com mais facilidade do enunciado de um problema a uma solução. Entre estas técnicas, destacam-se:

Decomposição : É a técnica mais importante para se solucionar um problema, e consiste em decompor o problema em problemas menores, solucioná-los e combinar as soluções para obter a solução do problema original;

Generalização : É uma técnica que consiste em identificar padrões de comportamento e/ou dados e construir modelos genéricos que podem ser usados em vários contextos. Programas ou algoritmos são descrições de procedimentos, e podem ser usados como dados para outros programas ou algoritmos. Essa noção de que programas são dados, chamada de *meta-programação*, é um conceito fundamental da Computação e permite que se construam soluções extremamente elegantes, genéricas e simples para problemas complexos;

Transformação : Reutilizar e adaptar algoritmos é fundamental, e exige um grande poder de abstração. Muitas vezes problemas que, a primeira vista parecem totalmente diferentes podem ser solucionados pelo mesmo algoritmo fazendo-se apenas pequenas modificações. A técnica de transformação consiste em utilizar a solução de um problema para solucionar outro, através de transformação. Essas transformações podem ser feitas em diferentes contextos: para utilizar um algoritmo já existente para resolver o problema (reuso); para realizar melhorias em uma solução existente (refinamento); para adaptar soluções existentes a outras realidades (evolução); para compreender as relações entre problemas (redução) etc.

2.4. Automação

Nesta seção discute-se o que são “máquinas computadoras”, ou seja, máquinas que seguem instruções, bem como o que são linguagens e a relação entre as linguagens para descrever algoritmos e as máquinas computadoras. Finalmente, fala-se sobre modelagem computacional.

A abstração nos permite encontrar e descrever um modelo de solução para um problema, e a automação é a mecanização de todas ou parte das tarefas da solução para resolver o problema usando computadores.

A automação (Wing, 2011; Council, 2010; Wing, 2008, 2006) envolve diferentes aspectos que devem ser levados em conta, que serão descritos nas subseções a seguir.

2.4.1. Máquinas computadoras

Para podermos automatizar a solução de um problema, primeiro é necessário saber se essa automatização é possível. Para que a mecanização seja possível, o computador deve ser capaz de interpretar as abstrações do modelo. Nesse contexto, um computador poderia ser um dispositivo mecânico, elétrico ou biológico (como por exemplo o DNA ou computadores moleculares) com capacidade de processamento, armazenamento e comunicação. Ou também poderia ser um humano, que segue fielmente os passos de um algoritmo, realizando o processamento de informações de forma mecânica. É importante saber escolher qual o tipo de computador (ou combinação de computadores) é o mais adequado para realizar uma tarefa desejada. Por exemplo, para preencher uma nota fiscal de venda, é melhor o vendedor preencher manualmente e fazer os cálculos no papel? Ou preencher manualmente e fazer os cálculos usando uma calculadora? Ou ainda, preencher usando um aplicativo de computador que fará os cálculos de forma automática? Para fazer a escolha adequada, é importante que se conheçam as características de cada máquina: para que elas servem, qual a dificuldade de utilizá-las, que tipos de problemas elas podem apresentar, como resolver esses problemas, etc.

2.4.2. Linguagens para descrever algoritmos

Escolhido o computador adequado, deve-se traduzir a solução do problema (algoritmo) para uma linguagem compreendida pelo computador. Cada tipo de computador reconhece uma (ou várias) linguagem(ns) diferente(s). Por exemplo, um computador tradicional compreende dados e instruções representadas por sequências de zeros e uns; o DNA compreende informações compostas por sequências de bases A (adenina), C (citosina), T (timina) e G (guanina); já um humano compreende sentenças descritas em diferentes linguagens naturais (português, inglês, espanhol, etc) e também linguagens formais como a matemática. Apesar de serem mais facilmente compreendidas, as linguagens naturais nem sempre são a melhor opção quando se quer descrever de forma precisa nossas abstrações. Uma linguagem natural é essencialmente ambígua e subjetiva, o que permite diferentes interpretações para uma mesma instrução. Já as linguagens compreendidas pelos computadores tradicionais usam uma representação bastante precisa. Existem diferentes linguagens que permitem descrições de soluções em diferentes níveis de abstração. A escolha da linguagem a ser utilizada, deve levar em conta essa característica. Quanto maior o nível de abstração, maior é a facilidade de descrever o algoritmo (solução do problema) nessa linguagem.

2.4.3. Modelagem computacional

A utilização de modelos pode auxiliar no entendimento de um problema, permitindo a simulação do comportamento dos sistemas envolvidos, bem como de soluções propostas. Os modelos podem ser físicos ou matemáticos. Por exemplo, pode-se construir modelos físicos de pontes que permitem medir deformações sofridas por tais estruturas ao receberem uma determinada carga; ou ainda, pode-se construir modelos matemáticos que podem ser simulados com o uso de um computador. A modelagem computacional fornece recursos para tratar problemas complexos e que envolvem um elevado número de variáveis. Para isso, é proposto o uso de métodos numéricos para tratamento do problema, associados a ferramentas computacionais e técnicas avançadas de programação. Exemplos de simulação

computacional podem ser encontrados nas mais diversas áreas como, no estudo de sistemas biológicos, no desenvolvimento de projetos e jogos, na previsão meteorológica etc. O mercado está repleto de ambientes para simulação computacional que disponibilizam diversos recursos para construção de modelos de sistemas reais (Jahangirian et al., 2010) e a decisão de qual e como utilizar precisa ser tomada. Para isso, algumas considerações devem ser feitas: Como validar um modelo? Como tratar os resultados obtidos de uma simulação? Como saber se os resultados são válidos para o sistema real?

2.5. Análise

Esta seção apresenta e discute as principais formas de análise de problemas e suas soluções computacionais: como saber se é possível encontrar um algoritmo que resolve um problema, como saber se um algoritmo é realmente a solução de um problema, e como analisar a eficiência de algoritmos.

A Ciência da Computação provê fundamentos teóricos sólidos e uma rica teoria para análise e classificação de problemas (Cormen et al., 2009; Sipser, 2006; Lewis & Papadimitriou, 1997; Brassard & Bratley, 1996), permitindo descobrir se um problema tem ou não solução computacional, e também se pode existir algoritmo eficiente que o resolva, antes mesmo de tentar construir o algoritmo. A análise é de extrema importância pois fundamenta argumentação crítica sobre os problemas e suas soluções. De forma geral, a análise pode ser de três tipos, que serão discutidos a seguir.

2.5.1. Viabilidade de encontrar solução computacional

Nem todos os problemas podem ser resolvidos com o uso de computadores, existem vários problemas que não são passíveis de mecanização, chamados não-computáveis. Em alguns casos, apenas parte da solução pode ser executada por um computador. Por exemplo, não existe algoritmo que pode determinar se duas funções são equivalentes, mas é possível, dada uma entrada, verificar se duas funções produzem a mesma saída. Outros problemas não-computáveis são: determinar se um conjunto de dominós pode cobrir um tabuleiro; determinar se um algoritmo sempre termina; determinar se uma equação (polinomial) sempre tem uma solução (inteira); verificar se um programa tem vulnerabilidades de segurança etc.

2.5.2. Correção e adequação das soluções

Considerando os problemas que possuem soluções computacionais, como saber se um algoritmo proposto resolve o problema em questão? Uma solução está “correta” quando funciona exatamente como se espera em todas as situações. Se a solução foi dada por um programa de computador, afirma-se que o programa está “correto” quando ele fornece a saída esperada para todo valor possível de entrada. A questão é que o conjunto de todas as entradas possíveis para um programa, exceto para casos triviais, é extremamente grande. Ademais, os problemas que hoje em dia se apresentam nas mais diversas áreas do conhecimento possuem, em geral, soluções complexas.

Simulações e testes são algumas das técnicas utilizadas para encontrar erros e avaliar se os programas possuem características desejadas. Elas envolvem a execução de partes do programa ou de todo o sistema para avaliar propriedades de interesse, como por

exemplo, se o programa responde corretamente a determinadas entradas, se executa as principais funções dentro de um tempo aceitável, se atinge o resultado geral esperado, entre outros. Outra técnica de análise consiste na definição e utilização de modelos matemáticos para simular e verificar sistemas reais. A partir de uma especificação precisa (modelo matemático) é possível construir uma prova formal (utilizando de argumentação lógica e técnicas de demonstração) que garante que o modelo satisfaz determinadas propriedades. Diversas metodologias também já foram propostas para demonstrar que o projeto de um sistema está correto com respeito à sua especificação. Refinamentos (transformações precisas) podem ser especificados para transformar um modelo matemático em um projeto e um projeto em sua implementação, a qual, ao final do processo, é correta por construção.

2.5.3. Eficiência das soluções

A eficiência permite avaliar e comparar diferentes algoritmos quanto ao uso de recursos como tempo, memória, processador, energia, comunicação etc. Vamos supor que se precise avisar um colega que a reunião da tarde foi cancelada. Poderia-se enviar uma mensagem pelo celular para o colega. Alternativamente, poderia-se telefonar para ele. Também se poderia enviar um e-mail ou ir pessoalmente a sua casa. Há diversas alternativas para avisá-lo do cancelamento da reunião. Qual deve ser utilizada? Para escolher, pode-se levar em consideração os recursos disponíveis (por exemplo, celular, telefone), o tempo que será necessário para avisar usando cada alternativa, o custo de cada alternativa etc. Da mesma forma, existem diversos algoritmos que resolvem um mesmo problema. Para escolher qual utilizar em cada situação, precisamos poder analisar quantitativamente os algoritmos para dar subsídio ao processo de escolha da melhor alternativa.

Existem problemas para os quais não se encontrou até o momento soluções computacionais eficientes. Para esses problemas, chamados intratáveis, existem soluções (isto é, existem algoritmos que os resolvem), mas na prática levariam tanto tempo para chegar a um resultado (por vezes anos ou séculos, dependendo do tamanho da instância do problema) que se tornam inúteis. Já foi mostrado que muitos problemas de grande interesse prático se enquadram nessa categoria. É importante saber como identificar se um problema é intratável, para que não se tente encontrar solução eficiente para um problema que já foi classificado como intratável. Muitas vezes, pequenas modificações no enunciado do problema podem torná-lo tratável computacionalmente.

2.6. Como ensinar Pensamento Computacional

Esta seção aborda o ensino de Pensamento Computacional, relacionando os conceitos desenvolvidos nas seções anteriores com a proposta de Diretrizes de Ensino de Computação na Educação Básica da Sociedade Brasileira de Computação. São apresentadas atividades que ilustram como alguns conceitos fundamentais do pensamento computacional podem ser trabalhados.

2.6.1. O Pensamento Computacional nas Diretrizes de Ensino de Computação na Educação Básica da SBC

A proposta de Diretrizes de Ensino de Computação na Educação Básica foi elaborada por uma comissão de professores especialistas na área. Versões intermediárias foram

apresentadas e discutidas com a comunidade em eventos da SBC. Na elaboração, foram considerados os currículos de vários países, como Estados Unidos (ISTE & CSTA, 2011), Inglaterra (Guerra et al., 2012), Austrália (ACARA & NAP, n.d.), Alemanha (GOV.UK Department for Education, n.d.), entre outros (CFE ARGENTINA, 2015; OPS, 2016), além de vários projetos-piloto existentes no Brasil (Bordini et al., 2016). O documento completo pode ser encontrado em (Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2018).

As Diretrizes da SBC englobam toda área de Computação, e estão organizadas em três eixos: Pensamento Computacional, Mundo Digital e Cultura Digital. A Computação auxilia no desenvolvimento de todas as dez competências gerais da Base Nacional Comum Curricular proposta pelo Ministério da Educação. O Pensamento Computacional auxilia no desenvolvimento de diversas competências gerais, mas com especial ênfase nas competências: 1 (compreensão do mundo); 2 (pensamento científico, criativo e crítico); 4 (comunicação); 5 (literacia digital); 7 (argumentação); e 9 (empatia e cooperação).

Para a apropriação dos conceitos fundamentais do Pensamento Computacional, a SBC sugere que eles sejam introduzidos do concreto ao abstrato. Ou seja, num primeiro momento os conceitos devem ser desenvolvidos a partir de situações do cotidiano e materiais manipuláveis para posteriormente introduzir suas respectivas formalizações e abstrações. Dessa forma, permite-se que o estudante, ao trabalhar com materiais concretos, crie modelos mentais que, em etapa posterior, servirão de base para que ele consiga abstrair e formalizar os conhecimentos. Por exemplo, nos Anos Iniciais pode-se trabalhar o conceito de lista e operações sobre listas utilizando-se baralhos, pilhas de figurinhas, fila de alunos, entre outros. Um segundo passo seria compreender a necessidade de descrever listas usando alguma linguagem, que até pode inicialmente ser uma linguagem visual, que é mais próxima da realidade concreta. Assim, quando este conceito for formalizado usando-se linguagens textuais e linguagens de programação, o passo de aprendizado que o aluno precisará dar será menor, pois ele já compreende o conceito em si, só precisa aprender a representá-lo de outra forma.

Nos Anos Iniciais os alunos já são expostos à noção básica de algoritmos quando, por exemplo, ensinam-se as operações aritméticas básicas. Essa etapa tem como objetivo que os alunos compreendam a necessidade de algoritmos para resolver problemas e compreendam a definição de algoritmos. Quer-se que eles identifiquem problemas cuja solução é um algoritmo, definindo-os através de suas entradas (recursos/insumos) e saídas (resultados) esperadas(os). Concomitantemente, são apresentados ao conjunto dos valores verdade e às operações básicas sobre eles (operações lógicas). Devem também entender que algoritmos são montados a partir de instruções e que a escolha da “máquina” define o conjunto de instruções que pode ser usado, impactando diretamente na montagem da solução. Deve ser enfatizada a diferença entre solução do problema e a representação da solução (usando alguma linguagem). Importante que identifiquem que a solução algorítmica de um problema envolve tanto a definição de dados (representações abstratas da informação) quanto do processo. A expectativa é que isso seja enfatizado, de forma que os estudantes tomem consciência da noção básica de algoritmo, sendo capazes de, a partir de conjuntos de instruções diversos, seguir e elaborar algoritmos para solucionar diferentes tipos de problemas, usando linguagem natural e linguagens pictográficas. Devem dominar as principais operações para a construção de algoritmos (composição sequencial, seleção e repetição) e ter noções de técnicas de decomposição de problemas. Além disso, espera-se

que os estudantes reconheçam a necessidade de representar e organizar a informação, cujos elementos podem ser atômicos (como números, palavras, valores-verdade) ou estruturados (como matrizes, registros, listas e grafos). Os estudantes devem dominar os conceitos dessas principais estruturas de dados, sendo capaz de identificar instâncias do mundo real e digital que possam ser por elas representadas.

Nos Anos Finais, espera-se que os estudantes sejam capazes de selecionar e utilizar modelos e representações adequadas para descrever informações e processos, bem como dominem as principais técnicas para construir soluções algorítmicas. Quanto à abstração de informação, devem reconhecer que entradas e saídas de algoritmos são elementos de tipos de dados. Apresenta-se o conceito de tipos de dados como conjuntos e as estruturas de dados, já introduzidas nos anos iniciais, são formalizadas. Além disso, devem conseguir descrever soluções, que possam ser automatizadas, de forma que máquinas possam executar partes ou todo o algoritmo proposto; construir modelos computacionais de sistemas complexos e analisar criticamente os problemas e suas soluções. Propõe-se inicialmente o uso de uma linguagem visual para descrever soluções de problemas, bem como o estabelecimento de relações de programas descritos na linguagem adotada com textos precisos em português. Posteriormente, pode-se fazer a transição para linguagens textuais de programação (lembrando sempre que a linguagem é apenas uma forma de representar soluções, o foco deve ser na construção da solução). Nessa etapa são também introduzidas e utilizadas as principais técnicas de solução de problemas: decomposição, generalização e transformação. E cada uma delas pode ser trabalhada em diferentes níveis e de forma gradual (Avila et al., 2019). A introdução à decomposição, num primeiro nível, envolve a utilização de uma (de)composição já estabelecida para resolver problemas. Os estudantes entram em contato com essa técnica utilizando uma estrutura previamente elaborada para resolver algum tipo de problema. Num nível intermediário, o problema a ser resolvido é apresentado decomposto e o estudante deve compor soluções de subproblemas para resolver o problema como um todo. Posteriormente, o processo de decomposição e composição deve ser construído pelo estudante. Já a generalização pode ser introduzida por meio da identificação de padrões e semelhanças em problemas, processos, soluções ou dados. E então, num nível intermediário, adaptam-se soluções ou partes de soluções para que elas se tornem mais genéricas. Por fim, criam-se modelos ou soluções que se apliquem a toda uma classe de problemas. Já dentre as técnicas de transformação, nos anos finais, o foco é dado a identificação de subproblemas comuns e ao reuso de soluções. Nos anos finais os alunos também são apresentados ao conceito de paralelismo, identificando partes de uma tarefa que podem ser realizadas concomitantemente e de recursão, identificando este conceito em diversas áreas (por exemplo, nas Artes, desenhando fractais a partir de regras ou em Literatura, construindo histórias dentro de histórias). Posteriormente, empregam o conceito de recursão para a compreensão mais profunda da técnica de solução por meio da decomposição de problemas.

No Ensino Médio a ênfase é na elaboração de projetos aplicando as diversas habilidades e conhecimentos adquiridos na etapa do Ensino Fundamental, e no desenvolvimento de habilidades relacionadas à análise crítica e argumentação, sob diferentes aspectos. No Ensino Médio são trabalhadas a técnica de transformação de problemas e o paradigma de metaprogramação (algoritmos que recebem outros algoritmos como entrada), que são conceitos necessários para a compreensão dos limites da computação, ou seja, dos limites

da formalização/racionalização. Esse entendimento, aliado aos fundamentos de inteligência artificial e robótica, provê a base necessária para uma discussão mais consubstanciada sobre o que é o Homem e o que é a Máquina, quais as similaridades e diferenças, não somente do ponto de vista físico, mas do ponto de vista filosófico, entendendo também as grandes questões éticas envolvidas na inteligência artificial. Outro conceito fundamental é a análise de algoritmos, tanto do ponto de vista de correção quanto de eficiência. Ao final do Ensino Médio, o aluno deve ter a habilidade de argumentar sobre algoritmos (processos), tendo meios de justificar porque a sua solução resolve de fato o problema, bem como analisar os tipos e quantidade de recursos necessários à sua execução.

2.6.2. Exemplos de atividades práticas

Nesta seção serão apresentadas atividades que permitem desenvolver habilidades relacionadas ao Pensamento Computacional. Algumas são atividades com materiais concretos, sem uso de ferramentas computacionais. Em outras usaremos o ambiente *WeScheme* [WeScheme Environment](#) (n.d.), no qual é possível executar programas na linguagem *Scheme*. Esta linguagem é uma linguagem construída especificamente para o ensino que segue a abordagem funcional e está inserida no contexto do projeto *Bootstrap.org*, que advoga que a ênfase do ensino deve ser em *projeto de algoritmos (ou programas)* e não em *programação*, pois é o projeto de algoritmos que desenvolve habilidades relacionadas à resolução de problemas, criatividade e novas formas de expressão. A ideia é que se use uma linguagem com sintaxe muito simples para que o aluno se concentre nos problemas a serem resolvidos e nas técnicas a serem usadas para resolvê-los, e não na linguagem em si. Idealmente, depois de compreender como construir as soluções (programas), o aluno poderia usar qualquer linguagem de programação de sua preferência. A linguagem *Scheme* é baseada na notação matemática, a seguir listamos as principais construções usadas (para uma introdução e vários exemplos do uso desta linguagem para ensino, ver [Bootstrap Program](#) (n.d.)):

Definição de constante: Para se dar um nome **CONST** a um valor **val**, ou seja, definir uma constante, a sintaxe é a seguinte:

(define **CONST** val)

Definição de função: Para se definir uma função com nome **Fun**, variáveis (parâmetros) **n1** e **n2** e corpo (expressão que define a relação entre o resultado da função e a entrada) **expr**, a sintaxe é a seguinte:

(define (**Fun** n1 n2) expr)

Aplicação de função: Para se aplica uma função com nome **Fun** aos argumentos (valores) **val1** e **val2**, a sintaxe é a seguinte:

(**Fun** val1 val2)

A Figura [2.6](#) ilustra uma tela do ambiente *WeScheme* (que pode ser acessado no link www.wescheme.org). O lado esquerdo é chamado *janela de definições* e é onde constantes e funções são definidas, e o lado direito é a *janela de interações*, e é onde as funções são aplicadas. No exemplo da figura, são definidas as constantes **CONSTANTE-DEZ** (com

valor 10) e **SOL**, que é uma imagem de um círculo amarelo que tem 20 pixels de raio (a função **circle** é pré-definida na linguagem e gera a imagem do círculo). Também é definida a função **soma-um**, que soma uma unidade a um valor dado (em *Scheme* todas as funções são pré-fixadas, por isso a função **+** aparece antes dos valores aos quais ela está sendo aplicada, os valores **x** e **1**). Na janela de interações, primeiro foi solicitada que o valor da constante **SOL** seja mostrando, e depois a função **soma-um** foi chamada duas vezes, com argumentos 2 e **CONSTANTE-DEZ**.

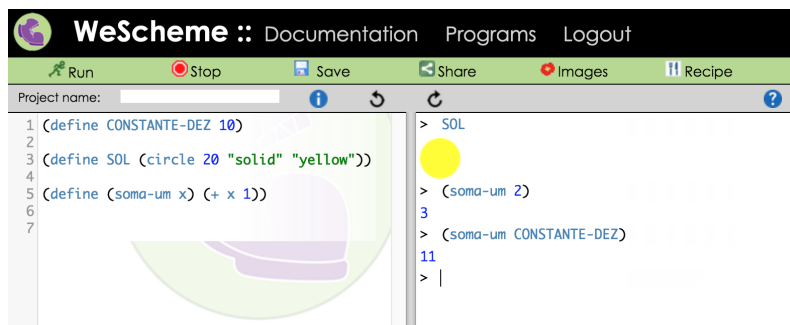


Figura 2.6: Tela do *WeScheme* (www.wescheme.org)

Cada atividade é apresentada em um quadro com sua descrição, objetivos, habilidades das diretrizes propostas pela SBC trabalhadas, materiais utilizados, metodologia e exemplo de avaliação. A Figura 2.7 apresenta uma breve descrição de cada atividade, e a descrição completa está no anexo A. Para a realização de cada atividade, espera-se que já tenham sido desenvolvidas as habilidades descritas em etapas anteriores nas diretrizes da SBC [Sociedade Brasileira de Computação \(SBC\) \(2018\)](#). Note que, apesar das habilidades estarem propostas para uma serialização específica nas diretrizes, não é imperativo que sejam desenvolvidas nessas etapas, apenas nesta ordem. Assim, em um contexto como atual, no qual a grande maioria dos alunos do Ensino Médio não desenvolveram as habilidades propostas para o Ensino Fundamental, é possível que elas sejam trabalhadas no Ensino Médio. As atividades a seguir são adequadas para alunos do Ensino Médio ou últimos anos dos Anos Finais.

2.7. Conclusão

A evolução da Computação, em especial as áreas de Teoria da Computação e Engenharia de Software, descrevem a trajetória da nossa aquisição de conhecimento com relação a como sistematizar (e se possível, automatizar) o processo de resolução de problemas. A metodologia utilizada para resolver problemas por meio de técnicas computacionais, bem como analisar criticamente as soluções, é chamada de Pensamento Computacional.

Neste capítulo foi apresentado o Pensamento Computacional e discutido sua importância na resolução de problemas. As principais etapas envolvidas no processo de solução de um problema delimitam os três pilares do Pensamento Computacional: Abstração, Automação e Análise. A primeira etapa consiste na busca de representações adequadas das informações e dos processos para descrever as soluções, bem como nas técnicas que nos permitem chegar com mais facilidade nessas soluções. A segunda etapa envolve a mecanização de (partes das) soluções, permitindo que máquinas nos auxiliem nas soluções do problemas. Já a terceira etapa compreende as técnicas necessárias para garantir que

<p>Ordenação: Propõe-se a definição e simulação de um algoritmo de ordenação utilizando linguagem natural.</p> <p>Entradas e Saídas: Identificam-se problemas cuja solução é um processo (algoritmo), definindo-os através de suas entradas (recursos/insumos) e saídas esperadas.</p> <p>Construção de Imagens: Propõe-se a definição de algoritmos para construir bandeiras a partir de funções básicas para desenhar figuras.</p> <p>Construção de Imagens no <i>WeScheme</i> : Propõe-se a tradução dos algoritmos de construção de bandeiras para a linguagem <i>Scheme</i> para execução no ambiente <i>WeScheme</i>.</p> <p>Definição de Funções: Identificam-se partes de código a serem abstraídas, de forma a simplificar as soluções e constroem-se funções genéricas a partir da identificação de padrões nas definições de funções</p> <p>Desenhando Cenas: Desenha-se cenas a partir de imagens, explicitando o processo de construção em si. No final, define-se uma forma de movimentação para um UFO e a cena é animada (com o UFO voando).</p>
--

Figura 2.7: Lista de Atividades.

uma solução seja adequada para o propósito.

O Pensamento Computacional desenvolve a capacidade de compreender, definir, modelar, comparar, solucionar, automatizar e analisar problemas (e soluções) de forma metódica e sistemática, incluindo uma série de disposições e atitudes consideradas essenciais para os profissionais do século XXI (como pensamento crítico, colaboração, flexibilidade, adaptabilidade entre outras) [ISTE & CSTA \(2011\)](#). É possível resolver problemas de forma mais rápida e eficiente quando se usa o Pensamento Computacional. Assim como outras habilidades básicas (ler, escrever, falar), é necessário que esta metodologia seja trabalhada desde o Ensino Fundamental para permitir o seu pleno desenvolvimento. Neste capítulo, também é abordado o Ensino do Pensamento Computacional, relacionando os seus principais conceitos com a proposta de Diretrizes de Ensino de Computação na Educação Básica [Sociedade Brasileira de Computação \(SBC\) \(2018\)](#). Exemplos de atividades que ilustram como esses conceitos podem ser trabalhados são delineados no final do capítulo.

Diversas iniciativas vêm sendo tomadas para inserção do Pensamento Computacional no Brasil [Ortiz & Pereira \(2018\)](#), as quais variam bastante em sua abordagem, por exemplo, estimulando o seu desenvolvimento por meio da programação [Zanetti et al. \(2016\)](#); [Rodrigues et al. \(2015\)](#), robótica [Costella et al. \(2017\)](#); [de Souza et al. \(2016\)](#), jogos digitais [Pessoa et al. \(2017\)](#); [Pinho et al. \(2016\)](#) e/ou atividades desplugadas [Silva Junior et al. \(2017\)](#); [ExpPC - Explorando o Pensamento Computacional desde o Ensino Fundamental \(n.d.\)](#). Independente da abordagem, o importante é que os fundamentos da área sejam introduzidos numa profundidade compatível com cada etapa do ciclo escolar. As

Diretrizes para ensino de Computação na Educação Básica [Sociedade Brasileira de Computação \(SBC\)](#) (2018) apresentam competências específicas, objetos de conhecimentos e habilidades, norteando como essa inserção deve ser realizada.

Referências

- ACARA, & NAP. (n.d.). *Australian curriculum*. (Disponível em <https://www.australiancurriculum.edu.au/>)
- Avila, C. O., Foss, L., Bordini, A., & da Costa Cavalheiro, S. A. (2019). Evaluation rubric for computational thinking concepts. In *Ieee 19th international conference on advanced learning technologies icalt 2019*. (To appear.)
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011, February). Bringing computational thinking to k-12: What is involved and what is the role of the computer science education community? *ACM Inroads*, 2(1), 48–54. Retrieved from <http://doi.acm.org/10.1145/1929887.1929905> doi: 10.1145/1929887.1929905
- Bootstrap program*. (n.d.). <https://www.bootstrapworld.org/>. (Accessed July 2019)
- Bordini, A., Avila, C. M. O., Weissshahn, Y., da Cunha, M. M., da Costa Cavalheiro, S. A., Foss, L., ... Reiser, R. H. S. (2016). Computação na Educação Básica no Brasil: o Estado da Arte. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, 23(2).
- Brassard, G., & Bratley, P. (1996). *Fundamentals of algorithmics*. NJ, USA: Prentice-Hall, Inc.
- CFE ARGENTINA. (2015). *Resolución no 263/15*. (Disponível em <http://www.unterseccionalroca.org.ar/imagenes/documentos/leg/Resolucion%20263-15%20%28Anexo%2001-%20Ley%20Nac%29.pdf>)
- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2009). *Introduction to algorithms, third edition* (3rd ed.). The MIT Press.
- Costella, L., et al. (2017). Construção de ambiente de ensino de robótica remota: democratizando o desenvolvimento do pensamento computacional em alunos da educação básica. In *Sbie* (pp. 354–363).
- Council, N. R. (2010). *Report of a workshop on the scope and nature of computational thinking*. Washington, DC: The National Academies Press. Retrieved from <https://www.nap.edu/catalog/12840/report-of-a-workshop-on-the-scope-and-nature-of-computational-thinking> doi: 10.17226/12840
- de Souza, I. M. L., et al. (2016). Explorando robótica com pensamento computacional no ensino médio: Um estudo sobre seus efeitos na educação. In *Sbie* (pp. 490–499).
- ExpPC - Explorando o Pensamento Computacional desde o Ensino Fundamental*. (n.d.). (Disponível em wp.ufpel.edu.br/pensamentocomputacional)

- GOV.UK. Department for Education. (n.d.). *National curriculum in england: computing programmes of study*. (Disponível em <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study>)
- Guerra, V., Kuhnt, B., & Blöchliger, I. (2012). *Informatics at school - worldwide. an international exploratory study about informatics as a subject at different school levels* (Tech. Rep.). University of Zurich.
- Hoare, C. A. R. (1985). *Communicating sequential processes*. NJ, USA: Prentice-Hall, Inc.
- ISTE, & CSTA. (2011). *Computational thinking leadership toolkit*. (Disponível em www.iste.org/docs/ct-documents/ct-leadershipt-toolkit.pdf)
- Jahangirian, M., Eldabi, T., Naseer, A., Stergioulas, L. K., & Young, T. (2010). Simulation in manufacturing and business: A review. *European Journal of Operational Research*, 203(1), 1 - 13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.06.004>
- Lewis, H. R., & Papadimitriou, C. H. (1997). *Elements of the theory of computation* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall PTR.
- Milner, R. (1982). *A calculus of communicating systems*. Berlin: Springer.
- OPS. (2016). *Esi- ja perusopetuksen opetusuunnitelman perusteiden uudistaminen*. (Disponível em <https://www.oph.fi/ops2016>)
- Ortiz, J. S. B., & Pereira, R. (2018). Um mapeamento sistemático sobre as iniciativas para promover o pensamento computacional. In *Sbie* (Vol. 29, p. 1093).
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. NY, USA: Basic Books, Inc.
- Perlis, A. J. (1962). Computers and the world of the future. In (chap. The computer in the university). The MIT Press.
- Pessoa, F. I. R., et al. (2017). T-mind: um aplicativo gamificado para estímulo ao desenvolvimento de habilidades do pensamento computacional. In *Sbie* (pp. 645–654).
- Pinho, G., et al. (2016). Proposta de jogo digital para dispositivos móveis: Desenvolvendo habilidades do pensamento computacional. In *Sbie* (pp. 100–109).
- Racket documentation*. (n.d.). <https://docs.racket-lang.org/>. (Accessed July 2019)
- Rodrigues, R., Andrade, W., & e Livia Sampaio, D. G. (2015). Análise dos efeitos do pensamento computacional nas habilidades de estudantes no ensino básico: um estudo sob a perspectiva da programação de computadores. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, 26(1).

- Silva Junior, B. A., Cavalheiro, S. A. C., & Foss, L. (2017). A última árvore: exercitando o pensamento computacional por meio de um jogo educacional baseado em gramática de grafos. In *Sbie* (Vol. 28, pp. 735–744).
- Sipser, M. (2006). *Introduction to the theory of computation* (Second ed.). Course Technology.
- Sociedade Brasileira de Computação (SBC). (2018). *Diretrizes de ensino de computação na educação básica*. (Disponível em <http://www.sbc.org.br/educacao/diretoria-de-educacao-basica>)
- Wadler, P. (2015, November). Propositions as types. *Commun. ACM*, 58(12), 75–84. Retrieved from <http://doi.acm.org/10.1145/2699407> doi: 10.1145/2699407
- Wescheme environment*. (n.d.). <https://www.wescheme.org/>. (Accessed July 2019)
- Wing, J. M. (2006, March). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. doi: 10.1145/1118178.1118215
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717–3725. doi: 10.1098/rsta.2008.0118
- Wing, J. M. (2011, March). Computational thinking—what and why? *The magazine of Carnegie Mellon University's School of Computer Science*.
- Zanetti, H., Borges, M., & Ricarte, I. (2016). Pensamento computacional no ensino de programação: Uma revisão sistemática da literatura brasileira. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, 27(1).

Currículos resumidos

Leila Ribeiro



Possui Bacharelado e Mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1988 e 1991), e Doutorado em Informática pela Universidade Técnica de Berlim/Alemanha (1996). É professora titular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Suas áreas de interesse são Fundamentos da Computação, Bioinformática e Educação em Computação. Em 1998, recebeu o Prêmio Santista de Informática (categoria Juventude). Coordenou e participou de diversos projetos de cooperação nacional e internacional. Ministra disciplinas de fundamentos de Computação há mais de 20 anos. Representa o Brasil como membro do TC1 (Fundamentos da Computação) da IFIP. É Diretora de Ensino de Computação na Educação Básica da SBC, sendo uma das autoras da proposta de Diretrizes para ensino de Computação na Educação Básica da SBC.

Luciana Foss



Possui Bacharelado em Ciência da Computação pela Universidade de Caxias do Sul (2000), Mestrado e Doutorado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2003 e 2008). É professora Associada da Universidade Federal de Pelotas. Tem atuado no ensino, pesquisa e extensão, tanto na graduação quanto na pós-graduação em Computação da UFPel. Suas áreas de interesse são Métodos Formais e Educação em Computação. Desde 2013, faz parte da equipe de um projeto intitulado "Explorando o Pensamento Computacional para Qualificação do Ensino Fundamental", o qual integra ensino, pesquisa e extensão (trabalhando em propostas de atividades e metodologias para desenvolver o Pensamento Computacional no Ensino Fundamental).

Simone André da Costa Cavalheiro



É Engenheira Civil pela Universidade Católica de Pelotas (1998), Licenciada em Matemática pela Universidade Federal de Pelotas (1998), possui mestrado (2000) e doutorado (2010) em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. É professora associada da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Atua na área de Fundamentos da Computação e Educação em Computação, principalmente em Métodos Formais e Pensamento Computacional. É coordenadora do projeto "Explorando o Pensamento Computacional para Qualificação do Ensino Fundamental", o qual integra ensino, pesquisa e extensão, com o apoio da Secretaria Municipal de Educação e Desporto de Pelotas. É membro da Comissão de Educação Básica da SBC, tendo contribuído com a proposta de Diretrizes para ensino de Computação na Educação Básica.

A. Exemplos de Atividades

ATIVIDADE DE ORDENAÇÃO	
DESCRIÇÃO GERAL	Propõe-se a definição e simulação de um algoritmo de ordenação utilizando linguagem natural.
OBJETIVO	Introduzir as noções básicas de algoritmos, enfatizando a importância da descrição precisa de instruções em uma solução algorítmica, de forma que seja compreensível pela pessoa ou máquina que irá executá-la.
HABILIDADES TRABALHADAS	<ul style="list-style-type: none">• Compreender a definição de algoritmos resolvendo problemas passo-a-passo;• Compreender a necessidade de algoritmos para resolver problemas;• Definir e simular algoritmos (descritos em linguagem natural ou pictográfica) construídos como sequências e repetições simples de um conjunto de instruções básicas.
MATERIAIS UTILIZADOS	Cartões com números (o número de cartões depende da faixa etária, para ensino médio em torno de 200 números para cada grupo).
METODOLOGIA	<p>Passo 1: São propostas as tarefas descritas a seguir, a serem realizadas em grupos:</p> <p>Tarefa 1: Ordenar uma pilha de números recebidas.</p> <p>Tarefa 2: Descrever os passos necessários para fazer a ordenação da pilha de números (conforme a estratégia utilizada na tarefa anterior).</p> <p>Tarefa 3: Ordenar a pilha seguindo as instruções recebidas dos colegas. Seguir estritamente o que está escrito, sem fazer perguntas para o grupo que elaborou as instruções.</p> <p>Passo 2: Discussão e avaliação.</p>

AVALIAÇÃO

Discutir as seguintes questões, avaliando a compreensão dos alunos:

1. O que é mais fácil: ordenar, seguir instruções ou elaborar as instruções? Por quê?
Obj.: Diferenciar estas três atividades e analisar o tipo de habilidade necessária para realizar cada uma - compreensão/elaboração de texto, criatividade, etc.
2. Qual o critério de ordenação utilizado? Existem outros? Dê 2 exemplos. *Obj.: Perceber que existem diferentes ordenações possíveis.*
3. Foi possível ordenar a pilha seguindo as instruções dos colegas? Um aluno dos anos iniciais conseguiria fazer isso? O que ele precisa saber para conseguir seguir as instruções? *Obj.: Identificar as habilidades necessárias para escrever ou seguir instruções.*
4. Com relação às instruções propostas pelo seu grupo, quantas pessoas trabalharam na ordenação? Havia tarefas para todas? Se o grupo fosse menor, afetaria o tempo necessário para ordenar? E se fosse maior? *Obj.: Perceber que existem diferentes algoritmos para executar uma mesma tarefa, que podem envolver graus de paralelismo distintos, que o paralelismo pode levar a tempos de execução menores, mas que existe um limite para essa redução do tempo de execução.*
5. Você acha que as instruções propostas pelo seu grupo funcionam para ordenar qualquer pilha de números? Existe alguma restrição (por exemplo, só funciona se os números forem de 1 a 1500, só se o grupo for de no mínimo N pessoas, só se não tiverem “centenas” faltando ...)? *Obj.: Identificar limites dos algoritmos propostos.*
6. E se a gente quisesse ordenar uma lista de palavras, as instruções seriam muito diferentes? O que seria necessário mudar? *Obj.: Perceber que o mesmo tipo de processo (algoritmo) pode ser usado sobre dados diferentes. Identificar que, no caso da ordenação, a operação de comparação entre dois itens é o que muda, pois esta depende do dado que é ordenado.*

ATIVIDADE DE ENTRADAS E SAÍDAS

DESCRIÇÃO GERAL

Identificam-se problemas cuja solução é um processo (algoritmo), definindo-os através de suas entradas (recursos/insumos) e saídas esperadas.

OBJETIVO

Apresentar a definição de problema como uma relação entre insumos e resultado, destacando que entradas e saídas de algoritmos são elementos de tipos de dados.

HABILIDADES TRABALHADAS

- Compreender a definição de problema como uma relação entre entrada (insumos) e saída (resultado), identificando seus tipos (tipos de dados, por exemplo, número, string, etc.);
- Reconhecer que entradas e saídas de algoritmos são elementos de tipos de dados;
- Formalizar o conceito de tipos de dados como conjuntos.

MATERIAIS UTILIZADOS

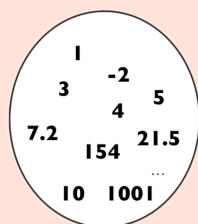
Folha com exercícios de avaliação.

METODOLOGIA

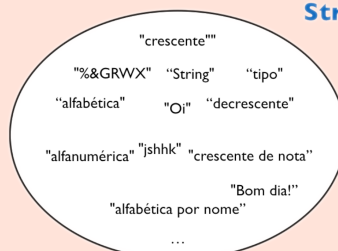
Passo 1: Retoma-se o problema da ordenação, trabalhado na atividade anterior, definindo-o em termos das entradas e saídas esperadas, identificando os seus tipos.

Passo 2: Introduce-se o conceito de tipos de dados, exemplificando com diversos tipos primitivos e propõem-se exercícios.

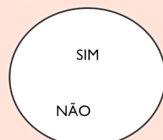
Number



String



Boolean

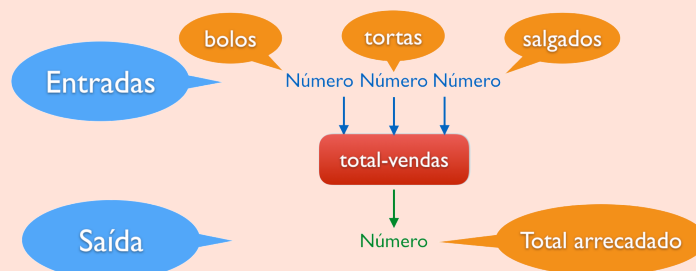


Image



Tarefa: Definir o problema a seguir em termos de seus tipos de entradas e saídas.

“O dono de uma confeitaria vende bolos, tortas e salgados. Cada bolo é vendido por R\$ 3,00, cada torta sai por R\$ 5,00 e cada salgado custa R\$ 1,50. Ao fim do dia, a contabilidade é realizada por 2 funcionários. Cada um destes funcionários recebe um salário de R\$ 20,00 por hora. O dono da confeitaria deseja saber qual foi o total arrecadado no dia.”



Passo 3: Avaliação.

AVALIAÇÃO

Solicitar a resolução dos seguintes exercícios e na sequência corrigi-los.

1. Nos itens a seguir, dê um nome para a solução (algoritmo) e indique os tipos das entradas e saídas.
 - (a) O banco do Luís dá um lucro de 10% por cada ano que ele deixa seu dinheiro depositado na poupança. Para ajudá-lo a decidir quanto ele deve depositar, ele gostaria de um algoritmo que, dado um valor, diga quanto ele terá ao final de um ano.
 - (b) Um jogador tem várias cartas na mão. Ele gostaria de saber quantas cartas de ouros ele tem.
 - (c) Um jogador tem várias cartas na mão. Ele gostaria de saber se ele tem alguma carta de ouros.
 - (d) Um grupo de amigos se juntou para comprar um presente para um outro amigo. Eles querem saber quanto cada um vai precisar gastar.
 - (e) A temperatura no Brasil é medida em graus Celsius (C) e nos Estados Unidos em graus Fahrenheit (F). Existe uma relação entre essas medidas, dada pela fórmula:
$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$
Ana gostaria de ter um algoritmo para transformar graus C em F e F em C.
 - (f) João gostaria de encontrar um caminho em um mapa.
 - (g) Márcia quer um bolo.

Obj.: Nomear adequadamente o algoritmo, bem como identificar as quantidades e tipos de entradas e saída.

ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE IMAGENS

DESCRIÇÃO GERAL

Propõe-se a definição de algoritmos para construir bandeiras a partir de funções básicas para desenhar figuras.

OBJETIVO

Apresentar os mecanismos de composição e decomposição, utilizando-os de forma empírica na solução de problemas.

HABILIDADES TRABALHADAS

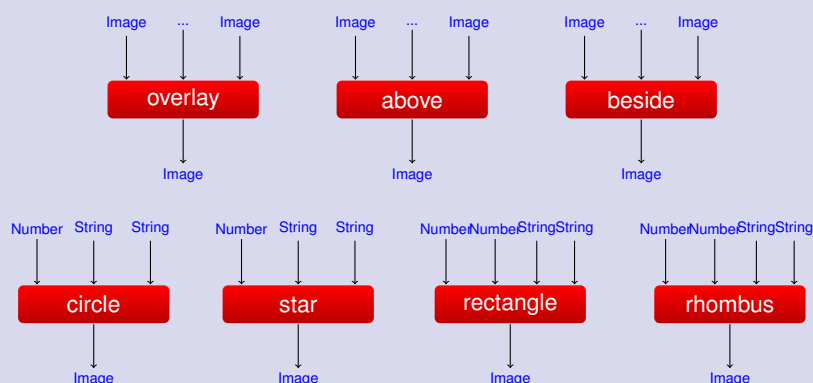
- Identificar problemas de diversas áreas do conhecimento e criar soluções usando a técnica de decomposição de problemas;
- Utilizar uma linguagem visual para descrever soluções de problemas envolvendo instruções básicas de processos.

MATERIAIS UTILIZADOS

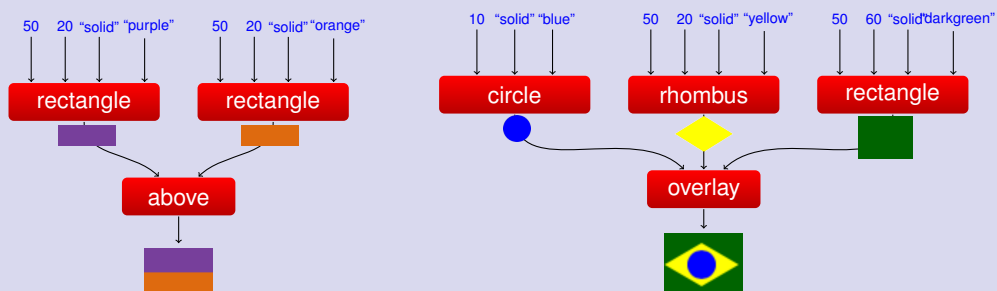
Folhas A3, cartões auto-colantes com os nomes das funções, canetas.

METODOLOGIA

Passo 1: Apresentam-se as funções básicas a seguir para desenhar figuras, discutindo as entradas e os resultados esperados.



Passo 2: Exemplifica-se a montagem de bandeiras com as funções apresentadas.



Passo 3: Avaliação

AVALIAÇÃO

Solicitar a resolução dos seguintes exercícios e na sequência corrigi-los.

1. Utilizando as funções básicas para desenhar figuras, monte algoritmos para construir as bandeiras abaixo:



2. Monte um algoritmo para construir uma bandeira para seu grupo. Em uma folha separada, mostre o resultado da execução deste algoritmo.

Obj.: Identificar as figuras básicas que compõem cada bandeira e juntá-las de forma que a solução leve ao resultado desejado.

ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO DE IMAGENS NO *WeScheme*

DESCRIÇÃO GERAL

Propõe-se a tradução dos algoritmos de construção de bandeiras para a linguagem *Scheme* para execução no ambiente *WeScheme*.

OBJETIVO

Formalizar o conceito de função e composição de funções. Relacionar algoritmos descritos em linguagem visual com programas na linguagem *Scheme*.

HABILIDADES TRABALHADAS

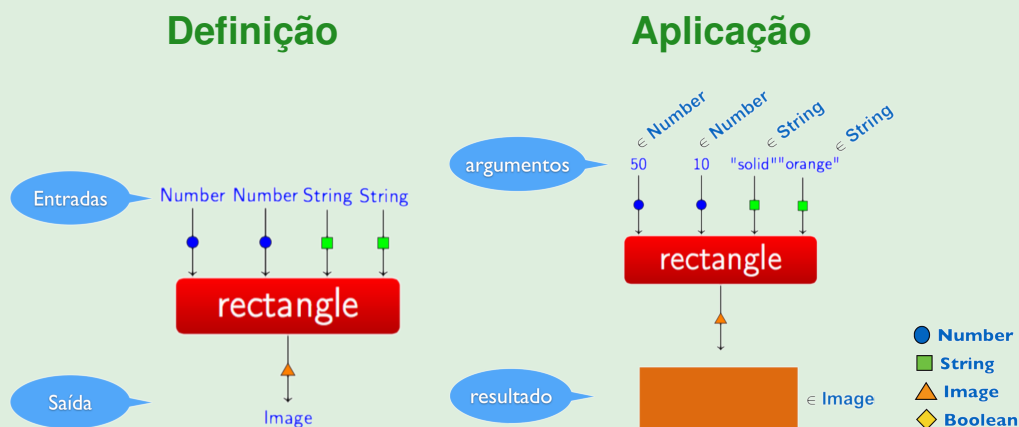
- Utilizar uma linguagem visual para descrever soluções de problemas envolvendo instruções básicas de processos;
- Relacionar programas descritos em linguagem visual com textos precisos em português.

MATERIAIS UTILIZADOS

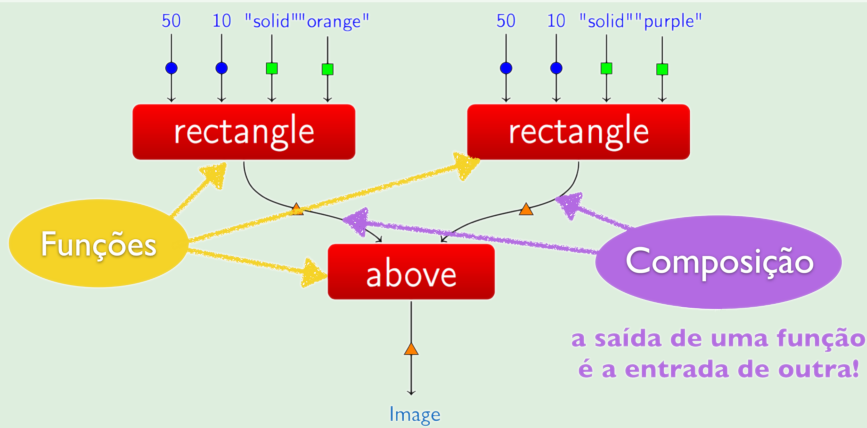
Folha com questões. Dispositivo (computador, smartphone, tablet) com acesso a internet

METODOLOGIA

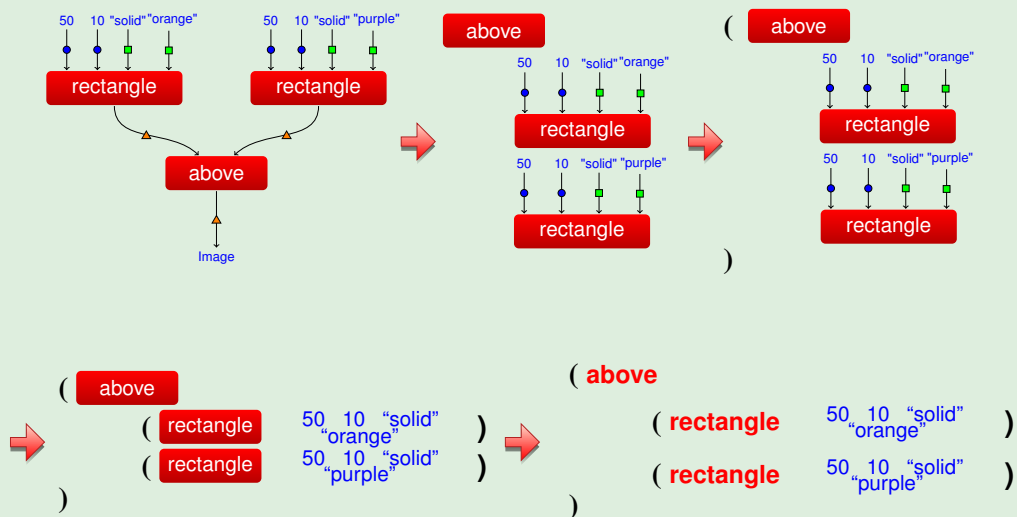
Passo 1: Diferenciar a definição de uma função de sua aplicação, apresentando uma notação gráfica para os diferentes tipos de dados.



Passo 2: Destacar a relação entre entradas e saídas de funções para construir composições bem-definidas.



Passo 3: Apresentar o processo de tradução da notação visual para a linguagem *Scheme*.



Passo 4: Avaliação

AVALIAÇÃO

Solicitar a resolução dos seguintes exercícios e na sequência corrigi-los.

1. Traduza todas as bandeiras construídas na avaliação da atividade anterior para a linguagem *Scheme* e execute no *WeScheme*. *Obj.: Relacionar algoritmos descritos na linguagem visual com a linguagem textual, utilizando corretamente a sintaxe do Scheme*
2. Construa as figuras:



Obj.: Abstrair a solução visual, utilizando diretamente a linguagem Scheme e aplicar a técnica de (de)composição para construir as imagens.

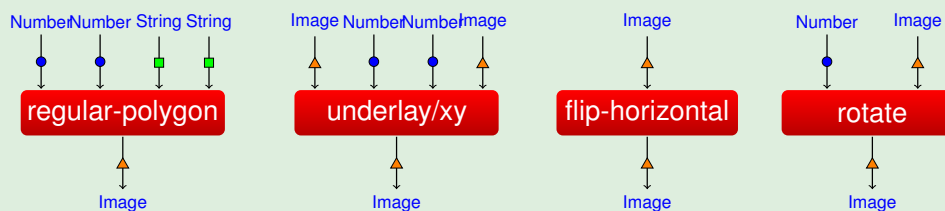
Além das funções já introduzidas nas atividades anteriores, as funções a seguir também podem ser utilizadas:

regular-polygon Dados o tamanho do lado, o número de lados, o tipo (solid ou outline) e a cor, a função gera o polígono regular correspondente.

underlay/xy Dados uma imagem $i1$, um valor de deslocamento horizontal x , um valor de deslocamento vertical y e uma imagem $i2$, a função desloca a segunda imagem de acordo com os valores dados e coloca a imagem $i1$ sob a imagem $i2$. Inicialmente, as imagens são alinhadas no topo à esquerda.

flip-horizontal Dada uma imagem, a função gera a imagem espelhada no sentido horizontal.

rotate Dados um ângulo (em graus) e uma imagem, a função faz a rotação da imagem de acordo com o ângulo dado.



ATIVIDADE DE DEFINIÇÃO DE FUNÇÕES

DESCRIÇÃO GERAL

Identificam-se partes de código a serem abstraídas, de forma a simplificar as soluções e constroem-se funções a partir da identificação de padrões.

OBJETIVO

Trabalhar as técnicas de abstração e generalização na definição de funções.

HABILIDADES TRABALHADAS

- Identificar que um algoritmo pode ser uma solução genérica para um conjunto de instâncias de um mesmo problema, e usar variáveis (no sentido de parâmetros) para descrever soluções genéricas;
- Identificar subproblemas comuns em problemas maiores e a possibilidade do reuso de soluções.

MATERIAIS UTILIZADOS

Dispositivo (computador, smartphone, tablet) com acesso a internet.

METODOLOGIA

Passo 1: Introduzir a possibilidade de simplificação de código por meio da definição de nomes.

```
(beside
  (above
    (overlay (star 10 "solid" "blue")
              (rectangle 40 30 "solid" "white"))) → RetanguloComEstrelaAzul
    (rectangle 40 30 "solid" "blue") → RetanguloAzul
  )
  (above
    (rectangle 40 30 "solid" "red") → RetanguloVermelho
    (overlay (star 10 "solid" "red")
              (rectangle 40 30 "solid" "white"))) → RetanguloComEstrelaVermelha
  )
)
```



```
(define RetanguloComEstrelaAzul (overlay (star 10 "solid" "blue")
                                           (rectangle 40 30 "solid" "white")))
(define RetanguloAzul (rectangle 40 30 "solid" "blue"))
(define RetanguloVermelho (rectangle 40 30 "solid" "red"))
(define RetanguloComEstrelaVermelha (overlay (star 10 "solid" "red")
                                               (rectangle 40 30 "solid" "white")))
)
```



```
(beside
  (above RetanguloComEstrelaAzul RetanguloAzul)
  (above RetanguloVermelho RetanguloComEstrelaVermelha))
)
```

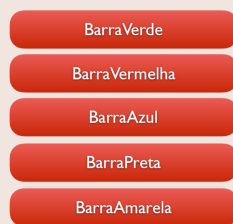


Passo 2: Apresentar um exemplo que permita identificar padrões nas descrições das soluções e construir uma função que generalize os padrões identificados.

Como desenhar essas bandeiras?

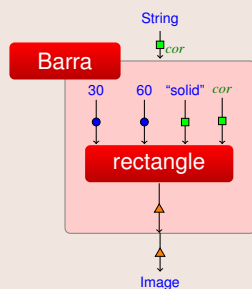


Quais funções seriam úteis?



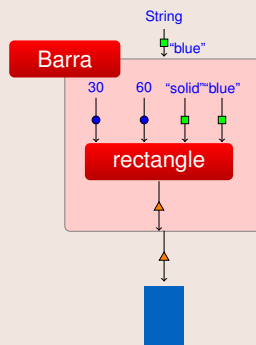
```
(rectangle 30 60 "solid" "darkgreen")  
(rectangle 30 60 "solid" "red")  
(rectangle 30 60 "solid" "blue")  
(rectangle 30 60 "solid" "black")  
(rectangle 30 60 "solid" "gold")
```

Definição:



```
(define (Barra cor)  
  (rectangle 30 60 "solid" cor))
```

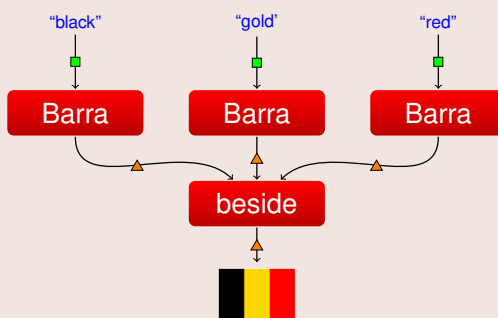
Aplicação:



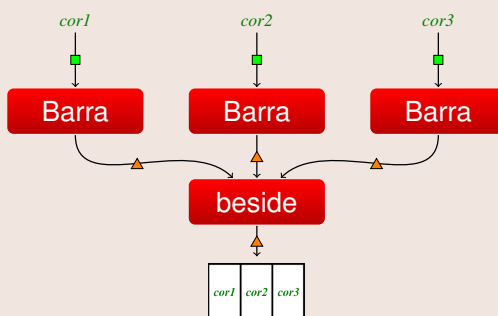
```
(Barra "blue")
```

Passo 3: Apresentar uma metodologia para a definição de funções.

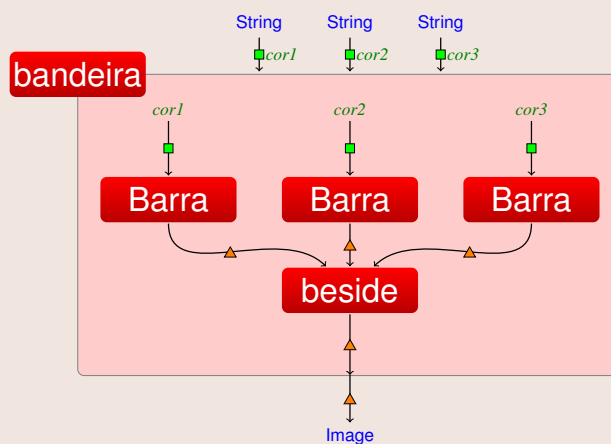
Como obter uma definição genérica de um algoritmo?



Nomear os argumentos.



Definir uma função, nomeando-a.



Definição textual:

```
(define (bandeira cor1 cor2 cor3)
  (beside
    (Barra cor1)
    (Barra cor2)
    (Barra cor3)
  )
)
```

Passo 4: Avaliação.

AVALIAÇÃO

Solicitar a resolução dos seguintes exercícios e na sequência corrigi-los.

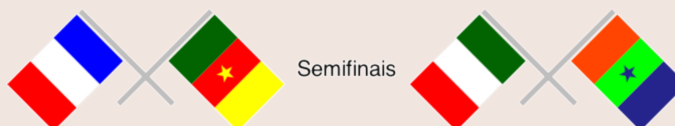
1. Desenhe as bandeiras, e dê nomes para elas:



2. Construa uma função para desenhar bandeiras com o seguinte formato:



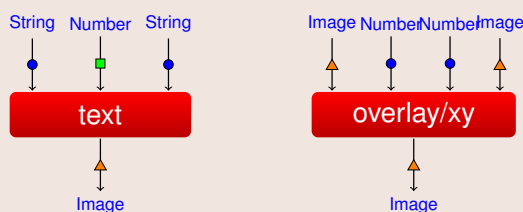
3. Construa uma função que, dadas 4 bandeiras, monta a seguinte imagem:



Além das funções já introduzidas nas atividades anteriores, as funções a seguir também podem ser utilizadas:

text Dados um string, o tamanho da fonte e a cor, a função gera uma imagem com o texto do string.

overlay/xy Dados uma imagem $i1$, um valor de deslocamento horizontal x , um valor de deslocamento vertical y e uma imagem $i2$, a função desloca a segunda imagem de acordo com os valores dados e coloca a imagem $i1$ sobre a imagem $i2$. Inicialmente, as imagens são alinhadas no topo à esquerda.



Obj.: Identificar que existem padrões nas imagens e definir funções genéricas para construí-las.

ATIVIDADE DESENHANDO CENAS

DESCRIÇÃO GERAL

Desenha-se cenas a partir de imagens, explicitando o processo de construção em si. No final, define-se uma forma de movimentação para um UFO e a cena é animada (com o UFO voando).

OBJETIVO

Enxergar uma cena como uma estrutura recursiva, construída através da inserção gradual de várias imagens em uma folha vazia. Também serão trabalhadas a abstração e generalização construindo funções auxiliares para montar a cena e movimentar um UFO.

HABILIDADES TRABALHADAS

- Trabalhar as técnicas de abstração e generalização na definição de funções.
- Colaborar e cooperar na proposta e execução de soluções algorítmicas utilizando decomposição e reuso no processo de solução.
- Empregar o conceito de recursão, para a compreensão mais profunda da técnica de solução através de decomposição de problemas.

MATERIAIS UTILIZADOS

Dispositivo (computador, smartphone, tablet) com acesso a internet.

METODOLOGIA

Passo 1: Mostrar uma CENA, identificar as partes que compõem a cena e discutir como é o processo de desenhar esta cena específica em um papel. Discutir como generalizar (desenhar qualquer cena).

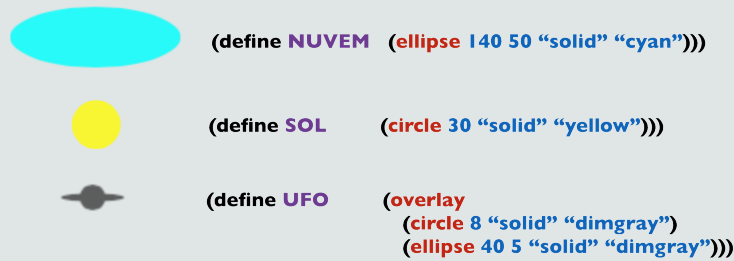


Como a gente faz um desenho?

- * pega uma folha vazia
- * coloca uma imagem na folha, em alguma posição
- * coloca outra imagem na folha, em outra posição
- * ...

Passo 2: Discutir sobre o que seria necessário para que o computador desenhasse a cena

Tarefa 1: Defina constantes para desenhar as imagens das nuvens, do sol e do UFO.

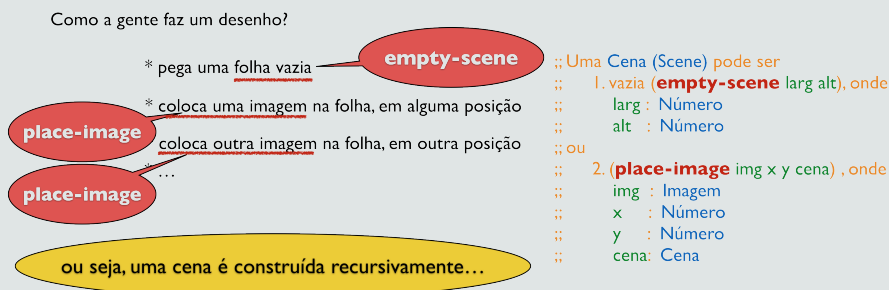


Passo 3: Identificar que as casas tem um padrão de desenho, e que sua construção pode ser generalizada por uma função.

Tarefa 2: Defina uma função que, dada uma cor de parede, desenha a casa correspondente.

```
;; casa: String → Image
;; Dada a cor da parede, desenha uma casa.
;; Exemplos:
;; (casa "lawngreen") = 
;; (casa "gold") = 
(define (casa cor)
  (above
   (isosceles-triangle 25 120 "solid" "orangered")
   (rectangle 40 20 "solid" cor)))
```

Passo 4: Introduzir as funções empty-scene e place-image, usadas para construir cenas, explicitando toda cena complexa nada mais é do que uma imagem inserida em uma outra cena que já contém outras imagens.



Tarefa 3: Defina uma constante chamada CIDADE como uma cena com algumas nuvens, um sol e algumas casas.

Tarefa 4: Para posicionar o UFO na cena, vamos calcular sua posição. Construa uma função que, dado o tempo decorrido, calcula a distância percorrida por uma nave, imaginando que ela voa a uma velocidade de 5 pixels por unidade de tempo.

Tarefa 5: Imagine que um UFO voa horizontalmente (sem variação no eixo y). Construa uma função chamada desenha-UFO que, dado o tempo decorrido, desenha a cena da CIDADE colocando um UFO na posição (x,y) desta cena, onde x corresponde à distância percorrida desde o ponto zero no eixo x (considerando a velocidade de 5 pixels por unidade de tempo), e y é alguma constante (por exemplo 200).

Tarefa 6: Na janela de interações, digite (animate desenha-UFO), clique Run e veja seu UFO voar!

Passo 5: Discussão e avaliação.

AVALIAÇÃO

Propor algumas perguntas para fomentar a discussão e analisar se os alunos compreenderam o conceito apresentado, por exemplo:

1. Comparem as cenas de vocês, algumas tem mais, outras menos elementos. Como essa diferença aparece na definição das constantes que representam essas cenas?
Obj: Entender que a diferença é basicamente o número de chamadas da função `place-image`, quanto mais elementos na cena, mas chamadas são necessárias.
2. Por que a função `place-image` tem 4 argumentos, uma imagem, dois números e uma cena? *Obj: Identificar o papel de cada um dos argumentos da função, compreendendo que todos são necessários para que se possa realizar a ação de inserir uma imagem em uma cena.*
3. Por que a função `empty-image` é necessária? *Obj: Entender que toda cena é montada inserindo imagens em alguma cena já existente, então é necessário que exista uma "primeira cena", ou a cena vazia, para que o processo possa ser iniciado.*
4. Como poderíamos montar um filme a partir de cenas? *Obj: Enxergar um filme como uma lista de cenas (muito parecidas, apenas com alguns itens em lugares diferentes), identificando a necessidade da estrutura de dados lista para representá-lo.*
5. Seria possível construir um programa para montar uma cena, passando como parâmetro o número de casas que se quer na cena? *Obj: Discutir como tal programa poderia ser construído (por exemplo, qual a cor das casas? qual a posição delas na cena? como o programa executaria?), vislumbrando a ideia de montar um programa recursivo, que insere uma casa de cada vez em uma cena menor.*

Capítulo

3

Avaliação adaptativa utilizando espaço de conhecimento baseado em competência

Emerson Moura de Alencar, Eduardo Henrique da Silva Aranha, André Maurício Cunha Campos

Abstract

This work addresses the theme of adaptive assessment, whose objective is to make the evaluation process more efficient. This work presents the main adaptive assessment techniques currently used, their history and their importance in the educational context. Among the techniques used the work is deepened in the Theory Space Knowledge (KST). The application of KST allows to represent the knowledge of a given domain within a learning system. An extension of KST, called Competence-Based Knowledge Space Theory (CbKST), favors the creation of an adaptive assessment system that models competencies and skills, building a more personalized training itinerary. It will be presented the basic concepts of the theory, the techniques for building the knowledge space and later some systems that use the CbKST as a base. A step-by-step description of how to create an adaptive system based on the CbKST will be described, from the construction of the dependencies between competences to the construction of the knowledge structure, in which all possible states of knowledge of a given domain are represented.

Resumo

Este trabalho aborda o tema de avaliação adaptativa, cujo objetivo é tornar o processo de avaliação mais eficiente. Este trabalho apresenta as principais técnicas de avaliação adaptativa atualmente utilizadas, seu histórico e sua importância no contexto educacional. Dentre as técnicas utilizadas o trabalho aprofunda-se na teoria do espaço do conhecimento (KST). A aplicação do KST permite representar o conhecimento de um determinado domínio dentro de um sistema de aprendizado. Uma extensão do KST, chamada de Teoria do Espaço do Conhecimento baseadas em competência (CbKST), favorece a criação de um sistema de avaliação adaptativa que modela competências e habilidades, construindo um itinerário formativo mais personalizado. Serão apresentados os conceitos básicos da teoria, as técnicas para construção do espaço do conhecimento e posteriormente alguns sistemas que utilizam o CbKST como base. Será descrito um passo a

passo de como criar um sistema adaptativo com base no CbKST, desde a construção das dependências entre competências à construção da estrutura do conhecimento, na qual todos os estados possíveis de conhecimento de um determinado domínio são representados.

3.1. Avaliação Adaptativa

Avaliação Adaptativa, também conhecida como Teste Adaptativo Computadorizado (do inglês *Computerized Adaptive Tests* - CAT), é uma forma de avaliar indivíduos na qual as perguntas, atividades ou tarefas solicitadas em uma avaliação se adaptam ao conhecimento e/ou às habilidades do indivíduo (Doble, 2019). As atividades aplicadas dependem, portanto, das respostas das atividades anteriores, permitindo que a avaliação se adeque às características de quem está sendo avaliado.

Em geral, o objetivo do uso dessa abordagem é tornar o processo avaliativo mais eficiente, reduzindo o número de questões ou atividades necessárias para estimar o conhecimento ou habilidades de alguém. Um número reduzido de atividades tende a reduzir o cansaço cognitivo do avaliando, permitindo assim mais empenho e concentração nas atividades realizadas. Há, porém, outros usos, como no caso de jogos educativos que atuam também como ferramenta de avaliação. Nesses casos, o objetivo não é apenas avaliar, mas também conservar o jogador no estado de Flow (Kiili, 2012). Como em um teste, as atividades avaliativas em um jogo se adaptam às respostas anteriores do jogador.

Independentemente da finalidade à qual a avaliação adaptativa é aplicada, seu funcionamento é, de um ponto de vista conceitual, bastante simples. Ela seleciona uma atividade avaliativa a ser aplicada maximizando um critério baseado em um modelo ou estimativa de conhecimento/habilidades do avaliando. Esta atividade é apresentada ao avaliando. Em função da resposta dada à atividade, o modelo ou estimativa do avaliando é adaptado e uma nova atividade é selecionada. Este processo continua até que um critério de parada seja alcançado (tempo, precisão etc). Desta perspectiva conceitual, o funcionamento cíclico descrito aqui é simples. A complexidade reside, porém, nas técnicas e algoritmos voltados para a definição do mecanismo de seleção das atividades, do modelo do avaliando e dos critérios de parada.

O presente trabalho visa dar uma visão geral sobre as principais técnicas utilizadas atualmente em avaliação adaptativa. Porém, aprofunda-se em uma das técnicas, detalhando seu funcionamento, seus modelos e algoritmos. Mais especificamente, este trabalho aborda o uso de estruturas de representação cognitivas conhecidas como Espaço de Conhecimento (*Knowledge Spaces* - KS). Algoritmos e critérios de busca sobre esse espaço e como eles podem ser implementados são apresentados no intuito de facilitar os interessados na área em colocar em prática uma avaliação adaptativa.

3.2. Motivação

A educação tem automatizado seus métodos e processos cada vez mais. Cursos abertos massivos online (*Massive Open Online Course* - MOOC), por exemplo, estão abertos a quem se interessar por seus assuntos, de leigos a profissionais. A diversidade da audiência pulveriza, entretanto, o foco e a forma com que estes assuntos podem ser tratados, dificultando a eficiência dos seus resultados (em termos percentuais). Uma grande quan-

tidade alunos inscritos podem simplesmente abandonar o curso se achar, após as aulas iniciais, que o nível de profundidade abordado não era o esperado, seja para mais ou para menos. Um teste inicial para avaliar seu conhecimento prévio é importante nesses casos. Em cursos curtos, essa avaliação não é um problema, mas em cursos longos, que envolvem programas ou carreiras, essa é uma tarefa árdua. Uma avaliação que abordasse todos os tópicos do curso levaria inúmeras horas (ou dias), exaurindo o indivíduo avaliado e, conseqüentemente, comprometendo a confiabilidade das respostas. Entretanto, uma avaliação que se adapte às respostas do avaliando, como em um processo de busca inteligente, pode tornar o processo mais enxuto e eficiente.

Inúmeros outros casos e cenários podem ser visualizados sob o mesmo contexto. Escolas de idiomas que precisam encaixar um novo aluno em turmas adequadas ao seu nível podem se beneficiar de avaliações enxutas, que direcionam as perguntas procurando explorar de forma eficiente o que o novo aluno sabe ou não sabe. O mesmo vale para empresas e instituições em um processo de seleção com um grande número de candidatos. Nessa situação, normalmente testes são aplicados para otimizar recursos. Porém, se esses abordarem todos os possíveis conteúdos é possível que se tornem extensos e impraticáveis. O que em geral ocorre são testes com um número limitado e pré-definido de questões. Nesse caso, por mais amplo que procure ser, o teste acaba sendo tendencioso em favor de quem estudou os conteúdos específicos abordados nas questões. Novamente, uma avaliação que se adapte ao conhecimento prévio dos candidatos pode ser mais adequada. O mesmo vale para exames de licença e certificações.

Os exemplos supracitados caracterizam situações que requerem avaliações somativas, na qual os participantes podem ser categorizados e/ou ranqueados à partir de uma medida ou índice (nota, por exemplo). Há, entretanto, situações em que se espera avaliações formativas que provejam informações úteis sobre o aprendizado de um aluno, tanto para ele quanto para seu professor. No cenário dos MOOCs citado anteriormente, por exemplo, a impressão inicial de adequação ou não do curso ao aprendiz pode ser falsa. Certos conteúdos podem lhe ser adequados e outros não. Uma avaliação adaptativa capaz de dar um retorno ao aprendiz, direcionando-o às aulas que ele deve estudar, sem exaurilo com perguntas sobre todos os tópicos possíveis, é um dos grandes ganhos da avaliação adaptativa.

É possível, portanto, perceber que há um grande número de situações e contextos nos quais o uso de uma avaliação adaptativa é essencial. Essa percepção não é recente, como mostra a seção seguinte.

3.3. Histórico

Avaliação Adaptativa não é um tópico restrito à educação. Os primeiros trabalhos sobre métodos e estratégias adaptativas surgiram na psicologia, em especial na área de psicometria, com testes diagnósticos (Binet, 1904). O uso de computadores em processos avaliativos veio bem mais tarde, na década de 70. Inicialmente, seu uso visava apenas facilitar a criação e aplicação dos testes. No campo da educação, por exemplo, Thorman utilizou computadores como ferramenta de suporte à criação de testes aleatórios a partir de uma base pré-definida de questões (Thorman, 1977). Isso permitia que um aluno pudesse refazer sua avaliação várias vezes até demonstrar domínio sobre o assunto. A característica

adaptativa nos testes computadorizados surgiu apenas na década seguinte, quando os microcomputadores começaram a ser mais acessíveis. Nessa época, diretrizes e métodos de adaptatividade foram propostos (Green, 1984), bem como modelos formais de estruturas cognitivas úteis para a adaptação (Doignon, 1985). Desse este período, o aumento da capacidade de processamento computacional, o surgimento de novas teorias avaliativas e o advento da internet fizeram surgir novos métodos e abordagens para a adaptação de avaliações, algumas delas exploradas no presente texto.

Nos últimos anos, em função do crescimento da área da Análise do Aprendizado (Learning Analytics - LA) e da necessidade cada vez maior de se personalizar os sistemas computacionais aos seus usuários, a área de Avaliação Adaptativa tem ganhado grande destaque. De fato, avaliações adaptativas estão sendo utilizadas cada vez mais na era dos MOOCs. Mais do que em outros tipos de cursos, nesses, a motivação dos alunos desempenha um papel importante na taxa de evasão. Os modelos também se tornaram mais complexos devido à introdução de incertezas: um avaliando pode acidentalmente ou por falta de atenção errar uma questão, mesmo sabendo do conteúdo, assim como pode igualmente acertar uma questão “no chute”. Apesar da complexidade, o processamento dos critérios usados nas escolhas das questões deve ser suficientemente rápido a ponto de aumentar a ansiedade de quem está sendo avaliado, principalmente quando a avaliação tem um tempo limite para ser realizada.

Para dar uma visão geral sobre como os problemas citados anteriormente podem ser tratados, a próxima seção apresenta algumas das técnicas utilizadas atualmente e avaliação adaptativa.

3.4. Principais Técnicas em Avaliação Adaptativa

Nesta seção, serão apresentadas algumas das técnicas utilizadas em avaliação adaptativa. Os tópicos citados serão apresentados de forma resumida, de forma que possa ter uma visão geral sobre os temas. Entretanto, iremos nos aprofundar mais em como usar a Teoria de Espaço de Conhecimento, apresentada na seção seguinte, para criar avaliações adaptativas. Entre elas:

3.4.1. Uso da Teoria de Resposta ao Item (TRI ou do inglês IRT - Item Response Theory) para estimar o quanto um avaliando sabe sobre um assunto

(De Andrade, 2000) A TRI é um conjunto de modelos matemáticos que procuram representar a probabilidade de um indivíduo dar uma certa resposta a um item como função dos parâmetros do item e da habilidade (ou habilidades) do respondente. Essa relação é sempre expressa de tal forma que quanto maior a habilidade, maior a probabilidade de acerto no item. Os vários modelos propostos na literatura dependem fundamentalmente de três fatores:

- da natureza do item — dicotômicos ou não dicotômicos;
- do número de populações envolvidas — apenas uma ou mais de uma;
- e da quantidade de traços latentes que está sendo medida — apenas um ou mais de um.

A Teoria da Resposta ao Item (TRI), que vem sendo progressivamente introduzida em nosso meio, é um instrumento poderoso nos processos quantitativos de avaliação educacional, pelo fato de permitir, inclusive, a construção de escalas de habilidade calibradas. No entanto, a aplicabilidade da TRI tem encontrado algumas dificuldades, tanto do ponto de vista teórico, devido a problemas de difícil solução no campo da estimação, como do ponto de vista computacional.

3.4.2. Diagnóstico cognitivo para facilitar feedback

(Araujo, 2002) A terapia cognitiva caracteriza-se por ser uma abordagem psicoterapêutica estruturada, de participação ativa entre terapeuta e cliente, voltada para o presente, que se baseia no Modelo Cognitivo e na utilização de técnicas específicas, predominantemente cognitivas e comportamentais, que visam à modificação dos padrões de pensamentos e crenças disfuncionais que causam ou mantêm sofrimento emocional e/ou distúrbios psicológicos no indivíduo.

3.4.3. Adaptabilidade baseada em sistemas de recomendação

(Pereira, 2012) De uma forma geral, os Sistemas de Recomendação visam a determinação de indicações que sejam de interesse direto da pessoa que navega. Este conceito está relacionado com o fato de que, durante uma navegação, frequentemente o usuário encontra um assunto fracamente associado ao assunto inicial, que atrai sua atenção, fazendo-o passar a uma outra trajetória de navegação. Ao analisar-se a navegação, parece que foi realizada de modo fortuito, quase aleatório. Sistemas de Recomendação ou de Navegação contribuem para a construção de uma experiência que seja única, adaptada a cada pessoa, em cada momento.

3.5. Knowledge Spaces Theory - KST

A Teoria do Espaço do Conhecimento (KST) é uma abordagem de avaliação de aprendizagem baseada em um modelo combinatório e probabilístico que permite representar o conhecimento de uma pessoa em um determinado domínio (Doignon, 1985). Vários artigos e livros foram publicados sobre o assunto, porém as duas monografias Doignon e Falmagne (2011) e Falmagne e Doignon (2012) têm maior visibilidade no assunto (Doble, 2019).

Segundo Falmagne (1990), uma habilidade importante de um professor é a capacidade de avaliar eficientemente o conhecimento de um aluno. Para isso, os professores definem perguntas com o objetivo de avaliar o estado em que o aluno se encontra em um determinado domínio. Entretanto, nem sempre os professores são capazes de justificar os detalhes de uma sequência particular de perguntas. As escolhas são normalmente realizadas de forma empírica e subjetiva, fazendo com que o resultado possa ser impreciso. Para contornar esta limitação, o KST sugere uma representação teórica que define de forma objetiva os critérios a serem utilizados na escolha das perguntas. Ele modela o conhecimento que um indivíduo possui sobre um determinado domínio de informação.

Há dois conceitos importantes a saber nesta teoria: estado de conhecimento e espaço de conhecimento. O estado de conhecimento de um indivíduo refere-se a um determinado domínio e é o subconjunto das questões de assuntos que este indivíduo é capaz

de resolver no domínio. Por exemplo, no domínio da Álgebra, um indivíduo pode saber como reduzir expressões matemáticas, resolver equações de 1º grau, mas não saber como resolver sistemas de equações com duas ou mais variáveis. O espaço do conhecimento é a coleção de todos estados possíveis que o aluno pode se encontrar (Falmagne, 2011). No exemplo anterior, são todas as combinações possíveis de assuntos relacionadas à Álgebra. Assim, um indivíduo sendo avaliado pelo KST vai estar sempre em um dos possíveis estados do espaço de conhecimento.

O KST é uma teoria que utiliza dependências entre os problemas em um domínio de conhecimento para estruturar o processo de avaliação e de ensino. O resultado possibilita que o ensino possa se adaptar a cada aluno individualmente. Além dos conceitos já mencionados, outros de suma importância no KST são: (a) relações de pré-requisito ou dependências para estruturar um domínio de conhecimento, isto é, um conjunto de itens, problemas, perguntas, instruções ou objetos de aprendizagem, (b) estados de conhecimento e espaços de conhecimento para estruturação os padrões pontuais dos alunos, e (c) os caminhos de aprendizagem, que descrevem maneiras possíveis de um indivíduo dirigir-se a um estado objetivo pré-definido (Dietrich, 2002).

Um espaço de conhecimento é formalizado como um conjunto de assuntos. Uma assunto pode ser identificada com uma questão ou um problema. Tal teoria é consistente com a idéia de que pelo menos alguns dos assuntos do domínio podem ser adquiridos a partir de diferentes conjuntos de pré-requisitos ou dependências. Em seus estudos iniciais (Falmagne, 1990), as seguintes perguntas foram feitas: Como podemos usar as respostas anteriores dadas por um sujeito a alguns problemas para identificar os estados de conhecimento restantes possíveis? Como podemos usar essa informação para escolher o próximo problema para dar o assunto? Como podemos estruturar o conjunto de problemas para permitir tais inferências, e como o conceito de um estado de conhecimento pode ser definido?

A primeira formalização foi baseada na ideia de que, observando que um aluno é capaz de resolver um determinado problema, pode-se supor que esse aluno também pode resolver outros problemas. Por exemplo, supõe-se que um aluno capaz de resolver equações de segundo grau seja também capaz de resolver equações de primeiro grau. Há, portanto, uma relação de submissão entre estes assuntos, denotados pelo operador \preceq , cuja interpretação é dada a seguir:

$q \preceq t$ se e somente se, a partir de uma resposta correta ao problema t , podemos supor uma resposta correta ao problema q (Doignon, 1985). Ou seja, da observação de uma resposta correta à questão t , pode-se supor que uma resposta correta também seria dada à questão q . Assim, é desnecessário explorar o assunto relacionado à questão q (Doignon, 1985).

Para ilustrar, vamos considerar o conjunto $X = \{a, b, c, d, e\}$ de conteúdo e as relações de submissão entre eles representada pela Diagrama de Hasse (figura 3.1). É razoável supor que a suposição relação S é uma ordem parcial (reflexiva, transitiva, anti-simétrica).

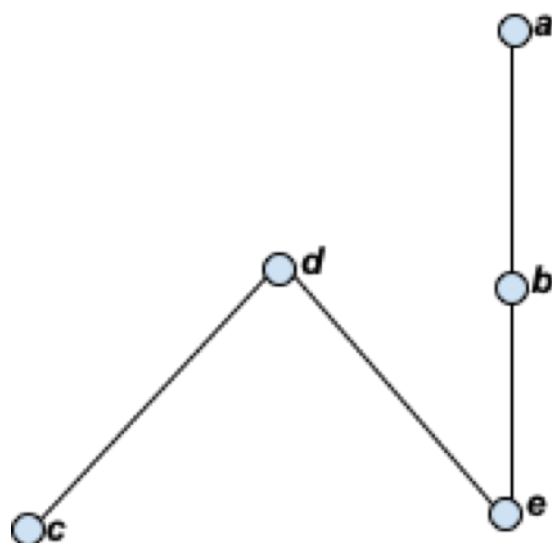


Figura 3.1. Diagrama de Hasse de relação ordem parcial (suposta) S no caso de $X = \{a, b, c, d, e\}$

No Diagrama de Hasse, os nós mais ao alto implicam uma dependência em relação aos nós mais abaixo. Ou seja, no exemplo (figura 3.1), saber d supõe-se saber também c e e , saber a supõe-se saber b , que, por sua vez, supõe-se saber e , e assim por diante. Assim, de acordo com esta representação, existem apenas onze possíveis estados de conhecimento:

$$k = \{\emptyset, \{e\}, \{c\}, \{e, c\}, \{e, c, d\}, \{e, b\}, \{e, b, c\}, \{e, b, d, c\}, \{e, b, a\}, \{e, b, a, c\}, \{e, c, d, b, a\}\}$$

A adaptatividade de uma avaliação através do KST ocorre no processo de identificação de quais desses estados o avaliando se encontra. Este processo é probabilístico porque, para cada estado do espaço de conhecimento, há uma probabilidade do avaliando se encontrar no estado. À medida que questões são respondidas, as probabilidades associadas a cada estado são alteradas em função da resposta estar correta ou errada. Uma questão relacionada ao assunto d respondida corretamente aumenta a probabilidade dos estados que englobam este assunto. De forma similar, caso a resposta esteja errada, a probabilidade dos estados que possuem d será reduzida.

Por exemplo, o estado $\{e, b, a\}$ terá maior probabilidade que os demais caso o aluno não consiga resolver o problema c , mas consiga, em seguida, resolver o problema a . Nesse caso, não foi necessário tentar resolver problemas de d , b ou e por haver uma relação de dependência entre os assuntos, ou seja o domínio de e e b pode ser inferido a partir de a . O estado $\{e, b, a\}$ passa, assim, a ser considerado o provável estado em que o aluno se encontra com apenas duas questões.

Existem diferentes abordagens e critérios a serem usados para identificar a questão a ser apresentada. Uma delas é escolher a questão de um assunto que promova maior entropia no sistema, maximizando, portanto, as alterações de probabilidade sobre os estados. É importante também definir critérios de parada, ou seja, em que condições ou com

que grau de certeza pode-se afirmar que o aluno encontra-se em um determinado estado do espaço de conhecimento.

O KST identifica as questões mais apropriadas a serem apresentadas baseado nos assuntos e suas relações de dependência. É, portanto, uma abordagem orientada ao conteúdo. Adaptações mais recentes da teoria propõe seu uso através de conceitos de habilidades e competências. A seção seguinte apresenta uma extensão do KST com esse foco.

3.5.1. Competence-based Knowledge Spaces Theory - CbKST

A Teoria do Espaço do Conhecimento (KST) concentra-se completamente em estruturas observáveis e não se refere tanto a objetos de aprendizagem e habilidades ou competências que que estão associadas as tarefas. A Teoria do Espaço do Conhecimento baseadas em competência (CbKST) é uma estrutura para implementar os principais recursos do aprendizado personalizado em aprendizado aprimorado pela tecnologia. A abordagem vincula problemas de avaliação às habilidades relevantes que são ensinadas ou exigidas. A abordagem induz estruturas sobre os problemas de avaliação e objetos de aprendizagem, respectivamente, que podem servir como base para uma avaliação adaptativa eficiente das habilidades dos alunos, bem como para selecionar caminhos de aprendizagem personalizados (Heller, 2006).

O CbKST incorpora dependências entre as habilidades e competências necessárias para resolver os problemas. Esta abordagem atribui a cada problema um conjunto de habilidades que são necessárias para resolver este problema e, para cada objeto de aprendizagem, as habilidades que são ensinadas. Semelhante ao estado de conhecimento, um estado de competência pode ser definido, como um conjunto de habilidades que o aprendiz tem disponível. Além disso, também pode haver relações de dependência entre as habilidades. O CbKST fornece algoritmos para avaliação adaptativa eficiente para determinar o estado atual de conhecimento e competência do aluno. Com base nessas informações do aluno, caminhos de aprendizagem personalizados podem ser criados (Nussbaumer, 2008). Esta teoria possibilita, ainda, avaliar e representar o estado de conhecimento de um aluno individualmente, assim a associação entre os problemas colocados e os conhecimentos necessários para a realização conduz ao diagnóstico de competências - CbKST (Direito, 2010).

Além dos problemas de avaliação, há objetos de aprendizagem (*LO*), que transmitem o conhecimento e as habilidades associadas as atividades educacionais. Portanto, o CbKST lida com três diferentes tipos de entidades, que são: o conjunto de problemas avaliados (*Q*), o conjunto de objetos de aprendizagem (*L*) e o conjunto de competências (*S*) relevantes para resolver os problemas, que são ensinadas pelos objetos de aprendizagem. Cada um desses componentes é considerado dotado de uma estrutura, concebidas como uma coleção de subconjuntos do respectivo conjunto. consideramos (Heller, 2006):

- Uma estrutura de conhecimento sobre o conjunto *Q* de problemas de avaliação;
- Uma estrutura de aprendizagem no conjunto *L* de *LOs* (Learning Objects);
- Uma estrutura de competências no conjunto de competências.

Uma estrutura de competências é formada da identificação de relações de dependências entre competências que restringem o conjunto de estados de competência, ou pode ser resultado da correspondência das competências aos objetos de aprendizagem ou problemas avaliados. As estruturas de aprendizagem e de competências são definidas de modo análogo à estrutura do conhecimento (Espaço de Conhecimento) referida anteriormente para a Teoria do Espaço do Conhecimento, e facilitam a construção de percursos personalizáveis de formação baseada em competências. Desta forma, o primeiro passo a realizar é a identificação das competências que compõem estas estruturas (Direito, 2010).

Devido o KST não se referir tanto a objetos de aprendizagem com habilidades e competências que estão associadas as tarefas, o KST tem que ser estendido para que incorpore referência aos objetos de aprendizagem, habilidades e competências. Ele não apenas integra essas diferentes contribuições, mas também deriva as implicações para a implementação de um sistema de aprendizagem personalizado e esclarece a relação da abordagem com as ontologias de domínio (Heller, 2005).

Importante destacar que Heller (2005), cita os três elementos com a diferença no terceiro citado por Direito (2010), como visto anteriormente, segue abaixo os três elementos citados por Heller (2005):

1. O conjunto Q de problemas de avaliação
2. O conjunto L de LOs ,
3. O conjunto S de habilidades relevantes para resolver os problemas, e ensinado pelos OAs.

Observe que as habilidades no conjunto S devem fornecer uma descrição detalhada e de baixo nível das capacidades do aluno. Geralmente, é um conjunto de habilidades que é testado por um problema de avaliação, ou ensinado por um LO . Cada um desses conjuntos básicos é considerado dotado de uma estrutura, que concebemos como uma coleção de subconjuntos do respectivo conjunto. Em particular, nós consideramos:

- Uma estrutura de conhecimento no conjunto Q de problemas de avaliação,
- Uma estrutura de aprendizagem no conjunto L de LOs ,
- Uma estrutura de competência no conjunto de habilidades S .

A estrutura de conhecimento forma a base da avaliação baseada em competências. A estrutura de aprendizagem em conjunto com o estado de competência atual do aluno (subconjunto de habilidades disponíveis, elemento de estrutura de competência) é usada para gerar um caminho de aprendizagem personalizada. Estruturas de aprendizagem e competência são definidas em completa analogia com a estrutura de conhecimento apresentada acima.

A relação entre problemas de avaliação e habilidades pode ser formalizada por dois mapeamentos. O mapeamento s (função de habilidade) associa a cada problema uma

colecção de subconjuntos de habilidades. Cada um desses subconjuntos (ou seja, cada competência) consiste naquelas habilidades que são suficientes para resolver o problema. Atribuir mais de uma competência a um problema chama atenção para o fato de que pode haver mais de uma maneira de resolvê-lo. O mapeamento p (função de problema) associa a cada subconjunto de habilidades o conjunto de problemas que podem ser resolvidos nele. Ele define uma estrutura de conhecimento porque os subconjuntos associados na verdade não são nada além dos estados de conhecimento possíveis. Foi demonstrado que ambos os conceitos são equivalentes, o que significa que, dada a função de habilidade, a função do problema é determinada exclusivamente e vice-versa. Consequentemente, apenas uma das duas funções precisa ser conhecida para construir a respectiva estrutura de conhecimento. A consideração é limitada à função de habilidade, porque pode ser interpretada como representando a atribuição de metadados aos problemas. Segue-se que a atribuição de metadados (semânticos) a problemas de avaliação coloca restrições nos possíveis estados de conhecimento que podem ocorrer. Em princípio, a função de habilidade para um determinado conjunto de problemas de avaliação também pode introduzir dependências entre habilidades. Essas dependências, no entanto, só podem aparecer no conjunto Q , e ainda não está claro se elas são válidas em geral. Se capitalizar sobre dependências incidentais entre problemas deve ser evitado, então as restrições que a função de habilidade impõe aos possíveis subconjuntos de habilidades devem ser negligenciadas.

A relação entre o conjunto L de LOs e as habilidades em S é mediada por dois mapeamentos. O mapeamento r associa a cada LO um subconjunto de habilidades (competência requerida), que caracterizam os pré-requisitos para lidar com ele ou entendê-lo. O mapeamento associa a cada LO um subconjunto de habilidades (competência ensinada), que se referem ao conteúdo realmente ensinado pela LO . De maneira semelhante à descrita acima, os mapeamentos r e t podem ser explorados para induzir uma estrutura de aprendizado no conjunto de LOs , que desempenha um papel central na geração de caminhos de aprendizado personalizados. O par de mapeamentos r e t também impõe restrições aos estados de competência que podem ocorrer. Mais uma vez, essas restrições estão vinculadas ao conjunto de Ls , e podem não ser válidas em geral.

A identificação de habilidades e seus relacionamentos é um aspecto crucial para gerar estruturas de competência. Identificar habilidades analisando apenas LOs ou problemas de avaliação leva a conjuntos de habilidades específicas associadas a esses LOs ou problemas, o que é problemático no contexto de um sistema de aprendizado aberto. Outras fontes para estabelecer estruturas de competência devem ser determinadas.

Informações estruturais sobre habilidades podem ser fornecidas por ontologias ou mapas conceituais relacionados a um domínio de conhecimento específico. Por um lado, as ontologias podem servir como um tipo de léxico, incluindo o “vocabulário” relevante (habilidades, conceitos, ...), por exemplo, para facilitar o processo de adicionar novos conteúdos. Por outro lado, ontologias podem fornecer informações estruturais sobre as relações entre os conceitos e habilidades relevantes para a resolução de problemas de avaliação, por exemplo. Essas estruturas ontológicas sobre habilidades ou conceitos podem ser baseadas na análise de currículos e, portanto, não estão restritas a um conjunto particular de LOs . Além disso, essas relações entre habilidades têm um impacto nas estruturas de conhecimento correspondentes (Heller, 2005).

O restante desta seção aprofunda-se em como aplicar os conceitos do CbKST em um sistema de avaliação adaptativa.

3.5.2. Identificando habilidades com subestruturas de um mapa conceitual no CbKST

Esta seção aborda a questão de como identificar habilidades que são relevantes e adequadas para modelar as estruturas de problemas de avaliação e objeto de aprendizagem em relação a um determinado domínio. Heller (2006) propõe utilizar informações provenientes de ontologias de domínio. Uma ontologia permite estruturar um domínio de conhecimento em relação à sua organização conceitual. Constitui uma especificação dos conceitos em um domínio e as relações entre eles e, assim, define um vocabulário comum do domínio do conhecimento. Uma maneira comum e natural de representar ontologias é por mapas conceituais. A informação ontológica fornecida por um mapa conceitual pode ser usada para identificar habilidades e para estabelecer uma estrutura de competência, respectivamente. Na sequência, será descrito uma abordagem a partir de um mapa conceitual

Identificando habilidades com subestruturas de um mapa conceitual. As habilidades em termos de Teoria do Espaço do Conhecimento baseada em competências podem ser identificadas com subestruturas de um mapa conceitual representando a informação ontológica do respectivo domínio. Na verdade, isso pressupõe uma representação bastante refinada, pois é necessário para uma caracterização detalhada do conteúdo de aprendizado, por exemplo. Uma habilidade específica que é necessária para resolver problemas, ou que é ensinada por objetos de aprendizagem, pode ser identificada com um subconjunto das proposições representadas pelo mapa conceitual. Considere, por exemplo, o domínio do conhecimento dos triângulos retângulos. A figura abaixo (figura 3.2) ilustra um possível problema de avaliação deste domínio.

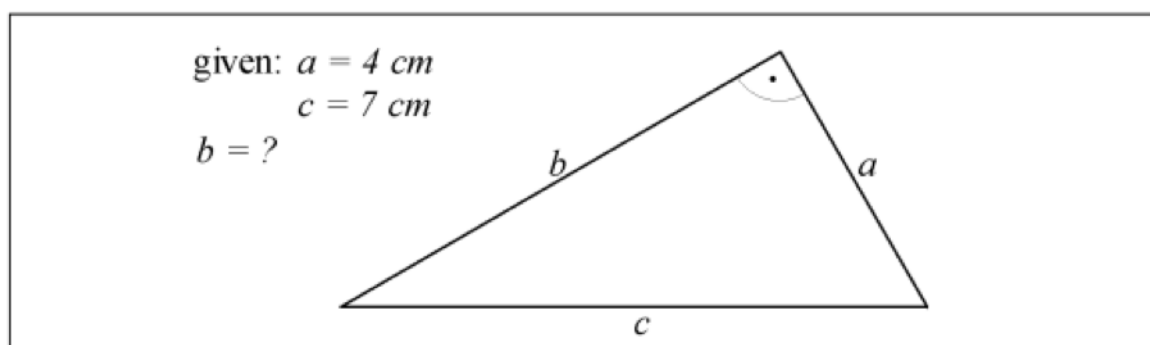


Figura 3.2. Exemplo de um problema de avaliação para o domínio do conhecimento “triângulos retos”

Fonte: Competence-based knowledge structures for personalised learning

Resolver este problema de geometria requer conhecer o Teorema de Pitágoras e como aplicá-lo. Conhecendo o Teorema de Pitágoras pode ser assumido como uma habilidade, que corresponde a uma subestrutura de um mapa conceitual.

A Figura 3.3 fornece um mapa conceitual exemplar que destaca a subestrutura que representa essa habilidade. Note que nem todas as habilidades relevantes podem

ser construídas dessa maneira. A capacidade de aplicar o Teorema de Pitágoras, por exemplo, pode ser considerada como uma habilidade relacionada, mas separada, que deve ser adicionada ao conjunto de habilidades consideradas.

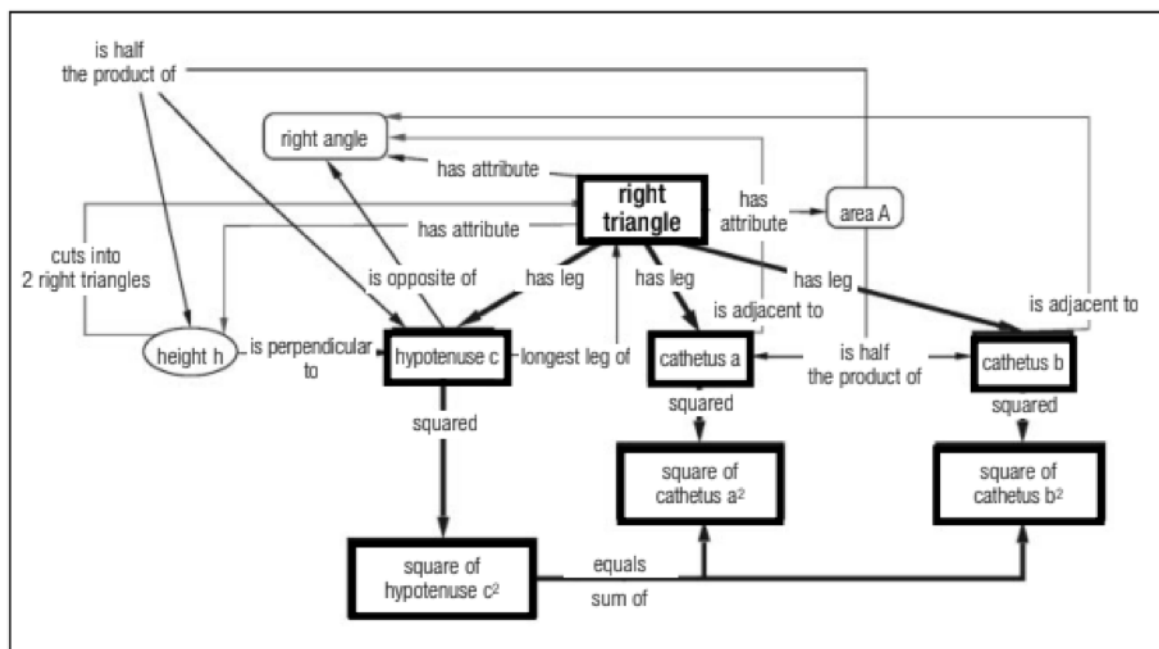


Figura 3.3. Mapa conceitual do domínio do conhecimento “triângulos retos”. A subestrutura marcada refere-se à habilidade “saber o teorema de Pitágoras”

Fonte: Competence-based knowledge structures for personalised learning

O currículo formativo não apenas revela os conceitos básicos de um domínio, mas também os objetivos de aprendizagem relacionados a esses conceitos. Os objetivos de aprendizado incluem atividades exigidas do aluno e podem ser capturados pelos chamados verbos de ação. Os verbos de ação (por exemplo, estado ou aplicar um teorema) descrevem o desempenho ou comportamento observável do aluno e podem ser anotados nos nós do mapa conceitual que representam os conceitos que devem ser ensinados. As informações fornecidas pelo mapa conceitual podem ser usadas novamente para estabelecer uma estrutura de competência no sentido da Teoria do Espaço do Conhecimento.

O mapa conceitual fornece uma estrutura hierárquica sobre os conceitos de um domínio. Por exemplo, de acordo com o currículo, o Teorema de Pitágoras constitui um pré-requisito para o Teorema da Altitude. Isto induz uma ordem no conjunto de conceitos. A relação entre os conceitos pode ser representada graficamente como na Figura 3.4 (a). Adicionalmente, uma relação pode ser introduzida no conjunto de verbos de ação A que induz uma estrutura sobre ela. Por exemplo, para “afirmar” um teorema em particular é provavelmente um pré-requisito para “aplicar” o teorema respectivo e, portanto, o verbo de ação “Estado” pode ser considerado como um pré-requisito para o verbo de ação “Aplicar”. A estrutura definida nos verbos de ação também pode ilustrado por um gráfico (veja a Figura 3.4 (b) para um exemplo).

Fonte: Competence-based knowledge structures for personalised learning.

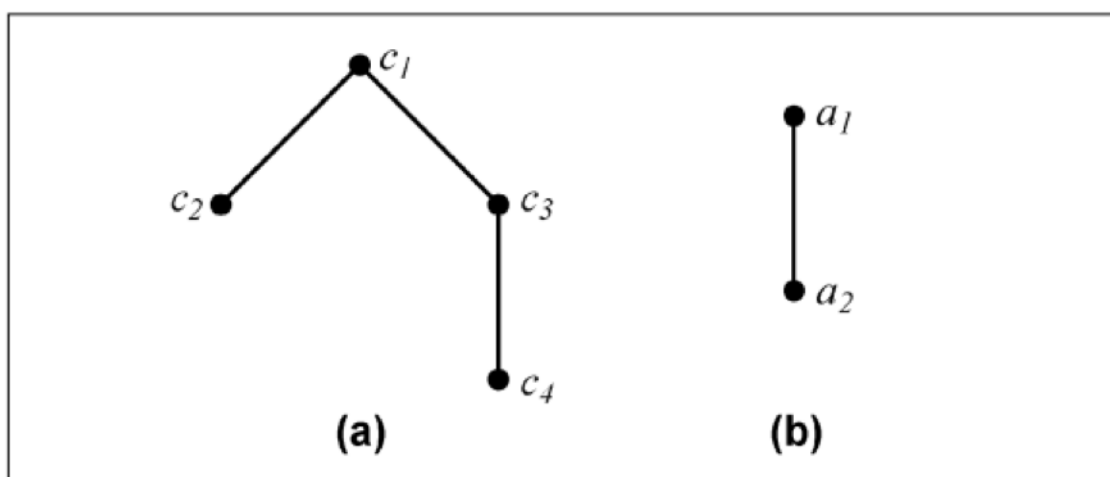


Figura 3.4. Estrutura conceitual (a) e estrutura definida nos verbos de ação (b)

Com base nessas considerações, uma habilidade em termos da Teoria do Espaço do Conhecimento ampliada pode ser identificada com um par que consiste em um conceito e um verbo de ação (por exemplo, c_1a_2). Como um exemplo para uma habilidade, considere “aplicar o Teorema de Pitágoras”, que consiste no conceito “Teorema de Pitágoras” e o verbo de ação “Aplicar”. Formalmente definimos o conjunto de habilidades por $S \subseteq C \times A$ para refletir o fato de que nem todas as combinações de conceitos e verbos de ação podem ser significativos, ou mesmo realizáveis. Uma questão crucial é como mesclar os dois tipos de estruturas, isto é, a estrutura no conjunto de conceitos e a estrutura no conjunto de verbos de ação, para estabelecer uma estrutura no conjunto de habilidades.

Heller sugere abordar o atributo componente. De acordo com essa abordagem, os componentes são entendidos como dimensões, enquanto os atributos são os diferentes valores que essas dimensões podem assumir. No contexto atual, o conjunto C de conceitos e o conjunto A de verbos de ação são considerados como componentes, e os atributos são identificados com os respectivos elementos (por exemplo, c_1, c_2, c_3, c_4 em C e a_1, a_2 em A). Em cada componente é definida uma relação que ordena os atributos (veja a Figura 3.4). Uma estrutura no conjunto de habilidades é então estabelecida pela formação do produto direto desses dois componentes, o que resulta em uma relação de pré-requisito no produto cartesiano $C \times A$. O produto dos dois gráficos exibidos na Figura 3.4 é a relação representada na Figura 3.5. Com isso você pode ver, por exemplo essa habilidade c_2a_2 é um pré-requisito para as habilidades c_2a_1, c_1a_1 e c_1a_2 , mas para nenhuma das outras habilidades.

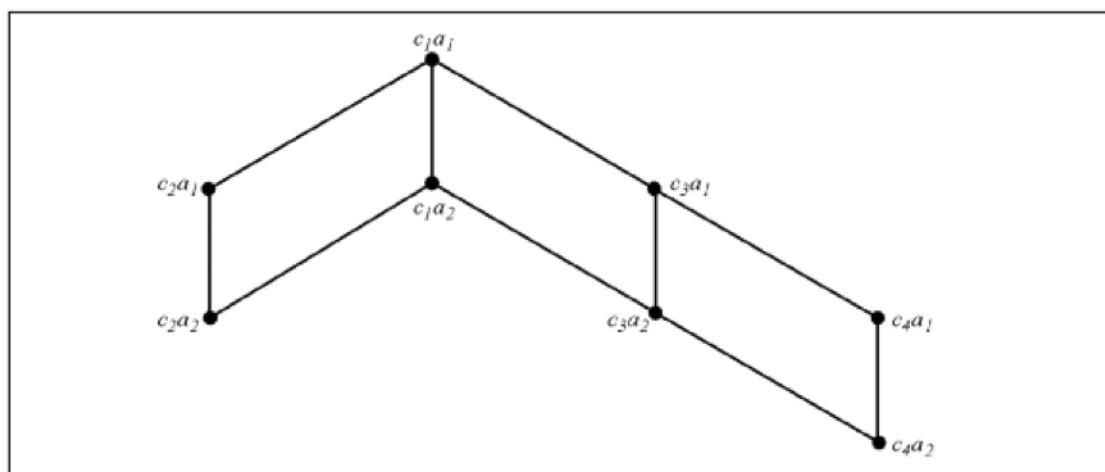


Figura 3.5. Exemplo de uma relação de pré-requisito sobre as habilidades induzidas pelas estruturas em conceitos e verbos de ação exibidos na Figura 4

Fonte: Competence-based knowledge structures for personalised learning.

Se S é um subconjunto apropriado do produto cartesiano $C \times A$, então consideramos a relação de pré-requisito que o produto direto mostrado na Figura 3.5 induz a S . No contexto da Teoria do Espaço do Conhecimento baseado em competências, a relação de pré-requisito nas habilidades é interpretada como uma suposição. relação que dá origem à estrutura de competências. Os estados de competência contidos nele devem respeitar a ordenação ilustrada na Figura 3.5, o que significa, por exemplo, que com a habilidade c_3a_1 cada estado de competência deve conter também as habilidades c_3a_2 , c_4a_1 e c_4a_2 .

3.6. Aplicação do Knowledge Spaces Theory

Nesta seção será apresentado alguns sistemas de aprendizagem que utilizam a teoria do espaço de conhecimento, tais como ALEKS (Assessment and Learning in Knowledge Spaces), que usa o KST, e iClass (Intelligent Distributed Cognitive-based Open Learning System for Schools), que utiliza o CbKST.

3.6.1. Assessment and Learning in Knowledge Spaces - ALEKS

ALEKS, acrônimo de Assessment and Learning in Knowledge Spaces (no português “Avaliação e Aprendizagem em Espaços de Conhecimento”), é um sistema Web baseado no KST que tem como objetivo avaliar e instruir estudantes em matemática. O foco principal do sistema é avaliação adaptativa usada para determinar quais tópicos específicos de matemática um aluno já conhece e quais outros precisa aprender. Uma extensão do sistema ALEKS é o Placement, Preparation and Learning ALEKS (ALEKS PPL), que visa determinar o domínio de matemática do ensino médio, além de recomendar a preparação para um curso superior de matemática (Doble, 2019).

O ALEKS usa questionário adaptativo para determinar com rapidez e precisão o que um aluno sabe e não sabe em um curso. ALEKS informa ao aluno sobre os assuntos que ele está mais preparado para aprender. O ALEKS também faz avaliações periódicas com um aluno ao longo do curso para garantir que mantenha os assuntos aprendidos.

O sistema ALEKS, utiliza as relações de dependências definidas no problema como procedimento para avaliar o estado de conhecimento de um aprendiz. Sempre que os problemas em um domínio de conhecimento forem alterados, adicionados ou excluídos, todos os relacionamentos de pré-requisitos entre esses problemas serão alterados e, portanto, as informações de pré-requisitos associadas a cada um dos problemas precisarão ser revisadas, dependendo do tipo de algoritmo utilizado e o formato de entrada de dados, essa revisão poderá ocorrer automaticamente, apenas passando como parâmetros as dependências entre os problemas, ou pode ser resolvido atribuindo habilidades aos problemas relevantes para sua solução. Esta atribuição de habilidades para um problema específico é independente das habilidades associadas a outros problemas. Adicionar novos problemas a um domínio de conhecimento não requer a revisão de todos os problemas, apenas requer uma nova estrutura de conhecimento (Heller, 2005).

3.6.2. Intelligent Distributed Cognitive-based Open Learning System for Schools - iClass

A idéia central do iClass é o aprendizado personalizado, permitindo que o aluno adapte os processos de aprendizagem às suas próprias características e preferências pessoais. O modelo pedagógico iClass aborda e responde a essas questões por meio de uma estrutura unificada composta por três pilares interligados e de apoio mútuo: autorregulação, personalização e motivação. O iClass oferece um conjunto de diretrizes e ferramentas para que os alunos possam refletir e ajustar um conjunto variado de parâmetros e circunstâncias de aprendizado, obtendo um controle próximo e íntimo de seu aprendizado.

O iClass apresenta duas abordagens, que são: CbKST ou Teoria do Espaço do Conhecimento baseado em Competência, e Self-Regulated Learning (SRL) que é um modelo de Aprendizagem Auto-regulada. O CbKST já foi explicado anteriormente neste documento e o SRL pode permitir um nível razoável de escolha em sistemas adaptativos (AVIRAM, 2009). A aprendizagem auto-regulada busca dar ao aluno uma maior responsabilidade e controle sobre todos os aspectos da aprendizagem (aprimorada pela tecnologia).

3.6.3. LEA's BOX - A Learning Analytics Toolbox

O LEA's BOX (<http://leas-box.cognitive-science.at/index.html>) é um projeto de pesquisa e desenvolvimento iniciado em 2014. O projeto objetiva tornar avaliação mais orientada para os objetivos e benéfica para os alunos e a capacitação de professores, oferecendo informações sobre o desempenho dos alunos. A LEA's BOX oferece uma caixa de ferramentas de análise de aprendizado com a finalidade de permitir que os professores realizem análises de aprendizado de várias fontes.

As soluções são baseadas em teorias psico-pedagógicas como a Teoria do Espaço do Conhecimento (CbKST) baseada em Competência e a Análise Formal de Conceitos (FCA). Ela fornece análises qualitativas, descrevendo o conjunto de competências e habilidades que os alunos têm e seus percursos de aprendizagem individuais através de um domínio de aprendizagem.

3.7. Exemplo didático de construção de um sistema com base CbKST

Esta seção demonstrará as etapas necessárias para a construção de um sistema utilizando espaço de conhecimento, no contexto desse trabalho será focado no CbKST. O exemplo abordará a representação do sistema, apresentando as interfaces com outros sistemas, o algoritmo para a construção do espaço do conhecimento, será demonstrado a técnica de construção da estrutura do conhecimento a partir de um modelo de dependências de competências e como os estados do conhecimento podem favorecer a avaliação adaptativa e a aprendizagem personalizada.

Como já foi falado anteriormente neste trabalho, o algoritmo para a construção do CbKST precisará apenas de respostas dicotômicas para aplicar a adaptabilidade de questões para o usuário. Porém quando o usuário do sistema, como por exemplo um aluno fazendo um prova ou uma atividade, iniciar a atividade um grafo com o modelo de competências será construído pelo CbKST, para esta construção inicial será necessário que o sistema que interage com o servidor forneça um grafo de dependências entre as habilidades e competências presentes nas questões. Com base neste mapa de dependências é que o CbKST irá construir o espaço de conhecimento inicial com todas as possibilidades de estados de conhecimento e uma possível probabilidade em cada estado de conhecimento, sendo está padrão para todos os estados.

A seguir teremos algumas seções que demonstrará: o grafo de dependência e a criação do espaço de conhecimento a partir desse grafo, seguindo demonstrará a parte do algoritmo em pseudocódigo, a parte apresentada será o ponto principal de criação do espaço de conhecimento e por fim a representação do sistema e como ocorre a interação com os diversos atores, apresentando a ordem de interação e os diversos papéis e responsabilidade de cada um.

3.7.1. Modelo de dependências de competências e construção dos estados de conhecimentos

Para a criação do primeiro espaço de conhecimento, o sistema que irá aplicar o algoritmo do CbKST precisará receber um grafo de dependências de habilidades e competências, onde existe uma representação das dependências. Segue abaixo a representação do grafo de dependências, onde cada seta indica a dependência entre as habilidades e competências, que no grafo são representadas pelas seguintes letras: *a, b, c, d, e*.

É importante observar que algumas habilidades não tem dependências, são as que serão utilizadas para serem os testes iniciais, onde se iniciará a investigação do estado de conhecimento. Segue a Figura 3.5:

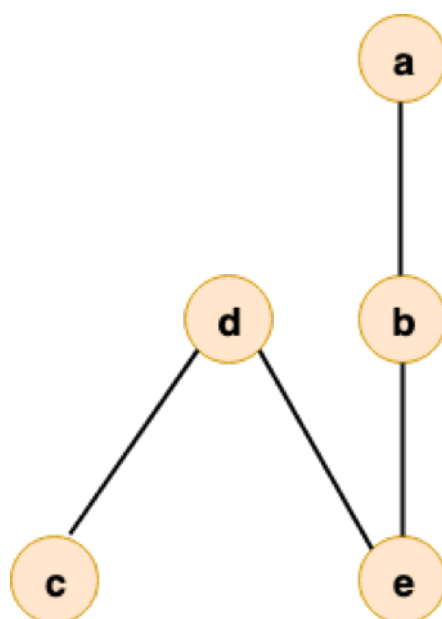


Figura 3.6. Grafo de Dependências

Cada nó representa uma habilidade e as arestas representam as dependências entre elas, os nós c e e não dependem de nenhuma habilidade, por isso são candidatos em potencial para iniciarem os testes para a construção do algoritmo. A partir da aplicação do algoritmo para a criação do CbKST temos o seguinte resultado representado na Figura 3.7.

3.7.2. Algoritmo para construção do espaço de conhecimento

Nesta seção será explicado o método `setup()` da classe `SkillsSpace`. Este método foi escolhido, pois é o ponto principal da construção do espaço de conhecimento. Assim será possível compreender a lógica de construção do grafo e os recursos utilizados.

O algoritmo apresentado abaixo cria um grafo de estados de conhecimento, no qual cada nó do grafo é um estado e as arestas definem os possíveis caminhos de aprendizado. Um estado é composto por um conjunto de habilidades, oriundas do grafo de habilidades ou grafos de dependências. Assim, o nó do grafo que representa o estado $\{a,b,c\}$ terá uma aresta dirigida ao nó que representa o estado $\{a,b,c,d\}$ se e somente se, no grafo de habilidades, o conjunto de habilidades de quem d depende é um subconjunto de $\{a,b,c\}$. É como se dissesse que o aluno pode aprender d depois que ele já sabe $\{a,b,c\}$.

O algoritmo é uma adaptação do algoritmo de ordenação topológica proposto por Kahn (<https://dl.acm.org/citation.cfm?doid=368996.369025>), realizando a busca por níveis de profundidade. A cada nível, o número de habilidades em seus nós é incrementado. Assim, no nível 0, teremos apenas um estado, o estado vazio $\{0\}$. No nível 1, teremos nós que representam estados com uma única habilidade, as que não dependem de nenhuma outra habilidade. No nível 2, teremos nós que representam estados com duas habilidades. No nível 3, estados com 3 habilidades e assim por diante.

Nessa construção por níveis, iremos trabalhar com dois conjuntos de nós: os “nós atuais” e os “nós seguintes”. A cada iteração, todos os nós do primeiro conjunto são pro-

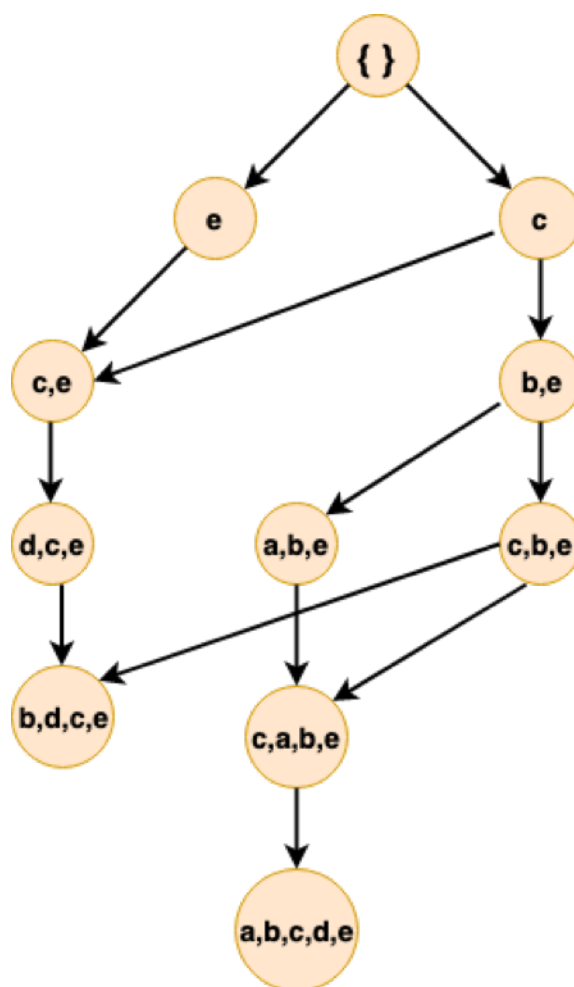


Figura 3.7. Grafo Espaço de Conhecimento

cessados, verificando se novas habilidades podem ser inseridas neles, ou seja, se a partir das habilidades de um nó o aluno pode aprender uma nova habilidade. Se for possível, um novo estado é criado e incluído no conjunto de “nós seguintes”, o que significa dizer que esses novos nós serão processados na iteração seguinte. Para isso, ao final de cada iteração, os “nós seguintes” passam a ser os “atuais” e os “seguintes” são reiniciados como um conjunto vazio novamente.

Uma nova habilidade é inserida em um estado se 1) ela já não se encontrar no estado e 2) o conjunto de seus dependentes estão contidos no conjunto de habilidades do estado. Por exemplo, se a habilidade d depender de a e b , a partir do estado $\{a,b,c\}$ é possível gerar um novo estado $\{a,b,c,d\}$, pois 1) d não se encontra em $\{a,b,c\}$ e $\{a,b\}$ está contido em $\{a,b,c\}$.

O pseudo-código do algoritmo é descrito a seguir na Figura 3.8:

Algoritmo CriaEspaçoDeConhecimento:

```
Recebe SKILLS, um grafo de habilidades
Seja NO um estado com o conjunto de habilidades { $\emptyset$ } (vazio)
Seja SPACE um grafo com o nó NO
Seja CURR uma lista com o nó NO
Seja NEXT uma lista vazia

Enquanto CURR não estiver vazio faça
  | Para cada nó STATE de CURR faça
  | | Para cada nó SKILL de SKILLS faça
  | | | Se SKILL não pertence às habilidades de STATE
faça
  | | | | Seja DEP o conjunto de habilidades de quem
SKILL depende
  | | | | Se DEP estiver contido no conjunto de
habilidades de STATE
  | | | | | Seja NEW_STATE uma cópia de STATE com a
nova habilidade SKILL
  | | | | | Se as habilidades de NEW_STATE forem
iguais a algum estado EXIST já presente em CURR faça
  | | | | | | Adicione uma aresta dirigida de
STATE a EXIST
  | | | | | Caso contrário
  | | | | | | Adicione NEW_STATE a SPACE
  | | | | | | Adicione uma aresta dirigida de
STATE a NEW_STATE
  | | | | | Insira NEW_STATE em NEXT
  | Faça CURR ser NEXT
  | Faça NEXT ser um conjunto vazio

Retorna SPACE
```

Figura 3.8. Algoritmo de construção do espaço de conhecimento

Importante destacar que após a construção do espaço de conhecimento, o próximo passo e não menos importante é a adaptabilidade. Este espaço de conhecimento que irá definir o itinerário de perguntas numa prova, por exemplo. Após o espaço de conhecimento criado o sistema indicará quais habilidades deverão ser investigadas a partir da resposta fornecida pelo aluno, sendo certa ou errada, o próximo estado de conhecimento a ser investigado será definido dependendo da resposta. Vale ressaltar que ao final da prova, o espaço de conhecimento representará o estado atual do aluno, o espaço de conhecimento é um modelo do aluno sobre cada habilidade, um modelo matemático probabilístico deverá ser utilizado para definir o possível estado de conhecimento que o aluno se encontra.

A seguir, na próxima seção, será apresentado o sistema e como ocorre a comunicação com o usuário e com outros sistemas.

3.7.3. Representação do Sistema

Abaixo encontra-se a figura com a representação do sistema e a interface com a interação com o banco de dados, usuário e aplicação. O Sistema do CbKST estará no servidor, onde ficará aguardando as respostas oriundas da aplicação, para análise e adaptabilidade da avaliação.

A aplicação é desacoplada do serviço do CbKST, pois assim qualquer sistema que deseje trabalhar com adaptabilidade poderá utilizar o algoritmo para adaptabilidade e construção do espaço de conhecimento. O banco de dados, representa o banco de questões, com habilidades e competências associadas a cada uma das questões, a aplicação consome as questões de acordo com as indicações do serviço do CbKST. Por fim o usuário que com um aparelho eletrônico se conectará a uma determinada aplicação para uso do sistema.

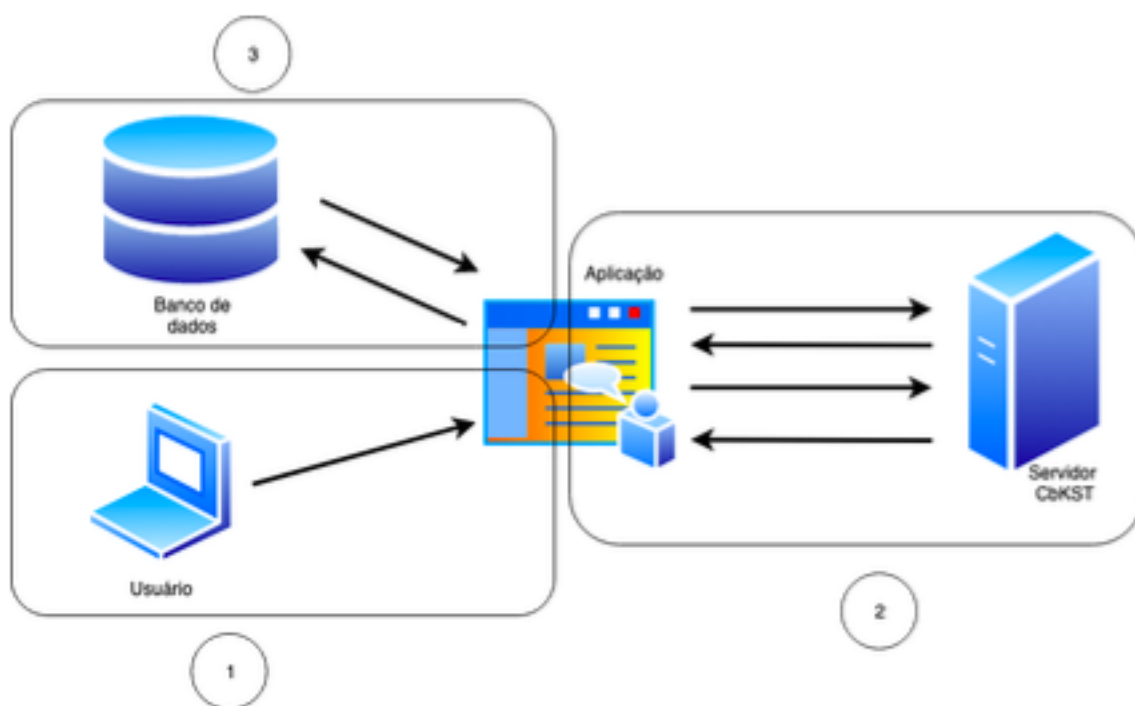


Figura 3.9. Diagrama do sistema proposto

A interação representada pelo número 1, indica que um usuário poderá se conectar a qualquer sistema (aplicação) para uso que faça interface com servidor de serviço do CbKST. Esta aplicação poderá ser um sistema WEB com questões de exercícios para treinamento ou estudos, ou um sistema de provas, poderá ser um jogo que trabalhe com adaptabilidade, dentro outros. O desacoplamento favorece que o serviço utilizado para fornecer adaptabilidade possa conectar-se a qualquer outro sistema. Desde que use tecnologia REST para comunicação com o servidor.

A interação representada pelo número 2, exibe através de várias setas as diversas comunicações que ocorrerá durante a atividade de adaptabilidade. Quando o usuário se conecta a aplicação e inicia a atividade, após a construção do espaço de conhecimento pelo sistema, o sistema do CbKST sugere uma questão de uma determinada habilidade, claro que neste momento lembrando que dependendo do grafo de habilidades ou grafo de dependências as habilidades que serão investigadas inicialmente não tem dependências de outras habilidades. Após o sistema do CbKST sugerir a habilidade a ser investigada, a aplicação que o usuário está trabalhando faz uma consulta ao banco de dados, banco de questões, que retornará com uma questão sobre a habilidade sugerida pelo serviço do CbKST. Após a apresentação da questão para o aluno, ele irá responder e a aplicação enviar a resposta para o serviço, com true ou false, assim o serviço irá saber se a resposta foi correta ou incorreta e o algoritmo fará novamente a sugestão de outra habilidade, e com isso irá adaptando a probabilidade de cada estado de conhecimento, dependendo claro das respostas respondidas. Veja abaixo a representação mais detalhada:

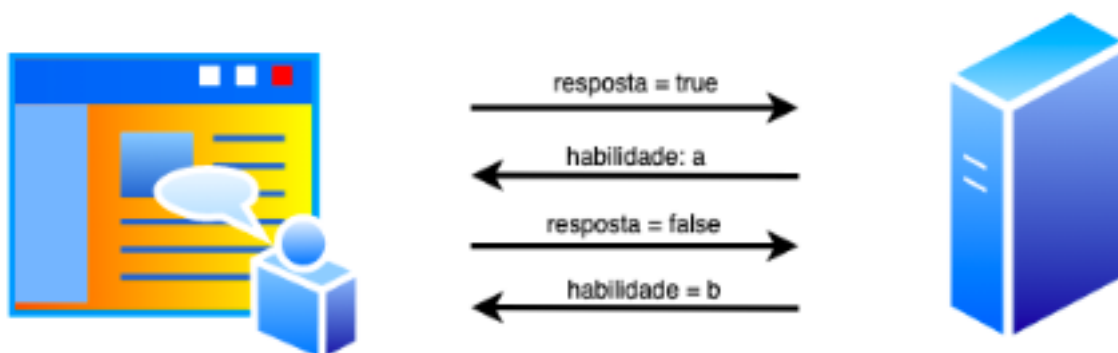


Figura 3.10. Diagrama de interação com o servidor

A cada interação com o servidor a aplicação deverá fazer uma consulta ao banco de dados, para que o mesmo retorne com uma questão que corresponde a habilidade atual que está sendo investigada pelo servidor. Um dos desafios desse trabalho é manter uma base de dados abastecida com diversas questões e habilidades disponíveis para o sistema. Caso o usuário erre uma questão relacionada a uma habilidade e o serviço comece a investigar essa habilidade, as respostas para perguntas como: Qual a condição de parada da investigação? Quantas perguntas serão feitas? Qual momento de passar para outra habilidade? Essas são perguntas que estão dentro do escopo de proposta de melhoria desse trabalho.

3.8. Considerações Finais

Nesta seção serão apresentados os benefícios, limitações do uso do KST, proposta de melhorias, bem como as suas diversas aplicações e potencialidade no campo das pesquisas.

Este trabalho trará como contribuição para a educação uma proposta de melhoria em avaliação adaptativa que considere representações cognitivas como espaço de conhecimento, tornando a avaliação mais individualizada melhorando o diagnóstico das deficiências do aluno, focando assim em suas necessidades. O desenvolvimento de uma solução mais genérica tem como objetivo contribuir com outras áreas fora da computa-

ção que utilizem dependência entre conteúdos ou habilidades para definição de espaço do conhecimento: Matemática, Ortografia, saúde, etc.

Como aspecto de melhorias vem a aplicação na área de ensino de programação que contribuirá com avaliações adaptativas que não considere apenas os resultados de saídas dos algoritmos, mas sim como ele foi construído, analisando assim o domínio dos conceitos que envolve as questões. Para isso será desenvolvido uma solução e adaptação dos algoritmos que, além de saber se a resposta foi certa ou errada, como ele construiu a solução será levado em conta. Isso ocorrerá com análise de árvore sintática.

Por exemplo, caso um aluno tenha dificuldade em resolver um problema cuja solução envolva condicionais, laços e listas, quais desses elementos o aluno precisa trabalhar? Os três? Dois deles? Apenas um? Uma avaliação adaptativa pode direcionar os alunos com dificuldade para problemas menores de forma a facilitar a identificação do que se precisa aprimorar individualmente. Alunos diferentes com repostas da saída do algoritmo correta, podem ter utilizados conceitos diferentes, estruturas diferentes, conhecer não só o resultado e sim o como a questão foi construída poderá tornar a adaptabilidade mais individualizada. Este tipo de abordagem é uma caixa preta em relação como a resposta foi construída, como o estudante desenvolveu seu raciocínio. Tratando-se de avaliação é importante aferir como a resposta foi desenvolvida, para desconsiderar respostas resultantes de sorte, palpites ou até mesmo falta de atenção, bem como analisar a eficiência ou otimização da resposta.

Ainda como melhoria, surge a seguinte questão: como fazer este tipo de análise, onde se investiga como o aluno construiu a resposta usando o KST se ele utiliza apenas respostas dicotômicas para construir o espaço de conhecimento? Sendo assim este estado trabalho propõe uma proposta de melhoria no algoritmo para adaptabilidade, um estudo de aplicação do ECD (Evidence-Centered Design) junto com o KST e construção de um sistema de avaliação adaptativa com base em espaço de conhecimento que considere questões não dicotômicas.

3.8.1. Proposta de melhoria das limitações do KST utilizando Evidence-Centered Design - ECD

O design centrado em evidências fornece uma estrutura de projeto conceitual para os elementos de uma avaliação, em um nível que suporta uma ampla gama de tipos de avaliação. A criação de avaliação em tal estrutura garante que a maneira pela qual as evidências são coletadas e interpretadas se baseiam nos conhecimentos e propósitos que a avaliação pretende abordar (Mislevy, 2003). A estrutura de projeto baseia-se nos princípios do raciocínio probabilístico e nas exigências da produção e entrega da avaliação. A captura e análise dos dados gerados durante a realização das tarefas identificam adequadamente o desenvolvimento de competências de diferentes alunos (Medeiros, 2017). Mislevy, Steinberg e Almond (2000) descrevem o ECD como uma “Estrutura de princípios para projetar, produzir e fornecer avaliações educacionais”.

O ECD define uma estrutura que consiste em três modelos: modelo de competências, de evidências e o de tarefas. Tais modelos funcionam em conjunto para coletar informações que permitem ao avaliador fazer inferências válidas sobre o que as pessoas sabem, acreditam e podem fazer. A vantagem do uso de ECD é que as avaliações são

definidas conforme as competências que se deseja construir com os alunos, durante o processo de desenvolvimento da avaliação. Desta forma, as tarefas disponibilizadas devem reverter em dados e informações que forneçam informações sobre as competências para essa avaliação (Medeiros, 2017). O ECD não se preocupa apenas com o resultado das tarefas, mas é um framework que apoia a criação, coleta, análise e resultado.

O ECD divide todo o processo de projetar, desenvolver e usar testes em cinco grupos de atividades chamados “camadas”: 1) Análise de Domínio, 2) modelagem de domínio, 3) Estrutura Conceitual de Avaliação, 4) Implementação de Avaliação e 5) Avaliação de Entrega (Zieky, 2014). A camada Análise de Domínio consiste na definição de um domínio e suas características, perguntas podem ajudar na definição dessa camada, tais como: Quais são os conhecimentos, habilidades e atributos mais importantes? Como eles são representados? Como estão relacionados uns com os outros? A Camada Modelagem de domínio desenvolve uma investigação do domínio do mundo real com o propósito de construir um argumento de avaliação. O argumento de avaliação é “Se (X), então (Y) porque (Z)”. X é uma observação do comportamento do candidato ou um produto desse comportamento. Aspectos relevantes do comportamento ou produto formam os dados nos quais a reivindicação é baseada. Y é uma alegação de que o participante do teste possui ou não possui alguma habilidade ou conhecimento, e Z explica porque o comportamento ou produto demonstra a posse (ou a falta de) do conhecimento ou habilidade. Por exemplo, um bombeiro aspirante pode completar com sucesso uma tarefa (X) que requer arrastar um manequim de 45kg por um corredor cheio de fumaça dentro de um limite de tempo especificado. A capacidade de concluir a tarefa é uma demonstração parcial de que o participante do teste tem a força e a velocidade necessárias para ser um bombeiro (Y), porque a tarefa replica aspectos físicos importantes do trabalho do bombeiro sob condições realistas (Z) (Zieky, 2014).

A terceira camada Estrutura Conceitual de Avaliação (CAF) contém muitas das “Ferramentas” de ECD usadas pelos desenvolvedores de teste, como o Student Model, o Evidence Model, o Task Models e o Assembly Model, de acordo com a Figura 3.11.

As estruturas nesta terceira camada na abordagem do ECD refletem um argumento de avaliação, começando a articular o argumento de avaliação em processos necessários para implementar uma avaliação que incorpore esse argumento. As estruturas no CAF são expressas como objetos, como variáveis, esquemas de tarefas e mecanismos de pontuação. A substância assume a forma de valores particulares para esses variáveis, ou para o conteúdo e configurações (Mislevy, 2011).

O modelo de estudante (Student Model) também chamado de modelo de competências é usado como uma representação simplificada do estudante, mostrando as habilidades e conhecimento relevantes que o mesmo tem. Esse modelo contém as habilidades e conhecimentos que são foco da avaliação, de acordo com a evolução do teste esse modelo vai sendo atualizado indicando uma estimativa da probabilidade atual do participante.

Os modelos de evidências (Evidence Models) baseiam-se nos comportamentos observáveis ou variáveis observáveis resultantes de respostas a uma tarefa específica. O trabalho na criação do modelo de evidência é descrever em detalhes os aspectos dos comportamentos observáveis ou variáveis observáveis que fornecem evidências de que os estudantes têm os conhecimentos e habilidades que são o foco da medição em uma ta-

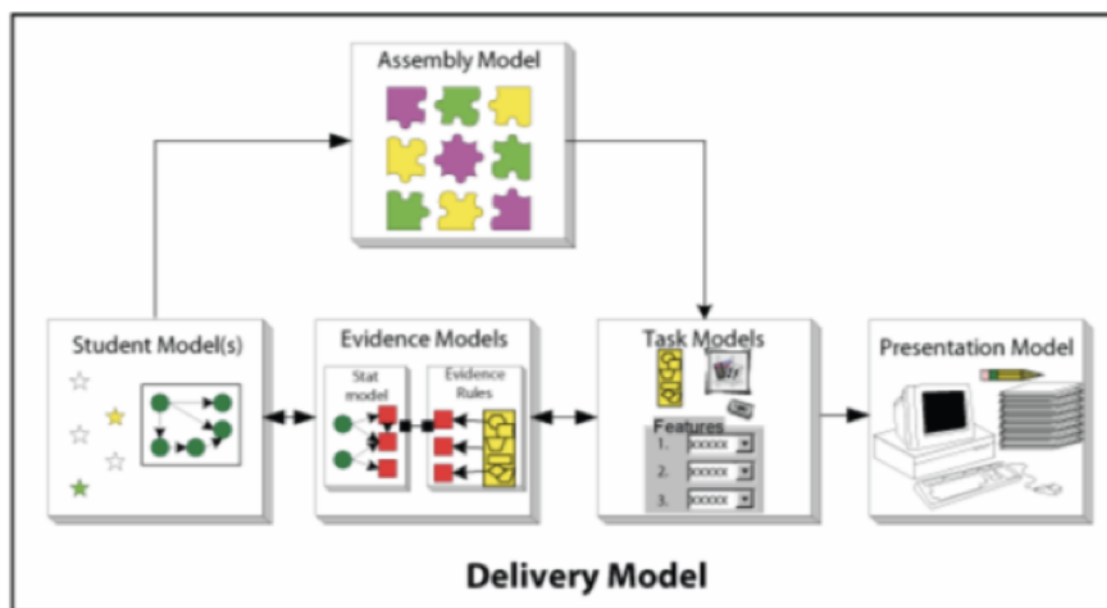


Figura 3.11. Camada Estrutura Conceitual de Avaliação

refa. Um comportamento ou variável observável pode fornecer evidências sobre várias proficiências (Mislevy, 2011).

O Modelo de Tarefa (Task Model). Uma tarefa é simplesmente algo específico que o estudante terá que responder, como selecionar uma opção em um item de múltipla escolha, escrever uma redação ou executar a ação necessária em resposta a um item de desempenho. Um modelo de tarefa deve estar ligado ao(s) aspecto(s) do modelo de evidência para o qual fornecerá informações.

Modelo de Assembly, descreve como será o teste como um todo. Este modelo contém as informações necessárias para construir formas paralelas do teste. Os Algoritmos usados para gerar conjuntos de testes e computador fazem parte desde modelo. Atributos estatísticos desejados do teste como um todo devem ser indicados no modelo de montagem, incluindo dados como a dificuldade média pretendida e a discriminação média, a distribuição da dificuldade da tarefa, a confiabilidade desejada do(s) score(s) relatado(s) e o nível pretendido de rapidez (Zieky, 2014).

A quarta camada de implementação de avaliação está relacionada aos trabalhos de desenvolvimento de testes tradicionais de escrever itens e montar formulários de teste. Uma das ferramentas do ECD usada na camada de implementação de avaliação é o shell da tarefa. Esta camada usa shell de tarefas responsável por gerar tarefas que utilizam uma estrutura com elementos variáveis, uma descrição ou lista do que pode servir como elementos variáveis. Resumidamente é um gerador de tarefas (Zieky, 2014).

Por fim a última camada é a Camada de Entrega de Avaliação, como o nome indica, na camada de entrega da avaliação: o teste. O ECD considera a entrega da avaliação como consistindo geralmente em quatro processos: 1) Seleção de atividades, 2) Apresentação, 3) Processamento de respostas e 4) Pontuação resumida (Zieky, 2014).

Para este trabalho pretende-se focar na terceira camada Estrutural Conceitual de Avaliação (CAF), pois contém elementos relacionados aos objetivos do KST.

3.8.2. Proposta da Utilização do ECD com o KST

Em uma avaliação adaptativa onde se utiliza o KST, é desconsiderado a forma como a resposta foi construída, preocupando-se apenas com o resultado final. Isso deve ao fato de que o estado do conhecimento de um indivíduo é construído a partir de respostas dicotômicas, ou seja, as respostas são codificadas apenas em duas categorias: corretas ou incorretas. Este tipo de abordagem é uma caixa preta em relação como a resposta foi construída, como o estudante desenvolveu seu raciocínio. Tratando-se de avaliação é importante aferir como a resposta foi desenvolvida, para desconsiderar respostas resultantes de sorte, palpites ou até mesmo falta de atenção, bem como analisar a eficiência ou otimização da resposta. Este trabalho propõe a construção de um modelo de habilidades levando em consideração questões não dicotômicas, para isso será estudado como outra técnica de avaliação ECD poderá colaborar na definição desse modelo.

Quando o objeto de estudo são disciplinas de programação, como lógica de programação, avaliar não só a saída do programa, mas sim como foi construído o algoritmo é muito importante, considerar apenas a saída muitas informações são perdidas. Apesar do KST poder ser aplicado a qualquer assunto, iremos considerar neste trabalho como estudo de caso, alunos de lógica de programação, devido a característica acima citada.

Referências

- ARAÚJO, Cristiane Figueiredo; SHINOHARA, Helene (2002). Avaliação e diagnóstico em terapia cognitivo-comportamental. *Interação em Psicologia*, v. 6, n. 1.
- AVIRAM, Aharon; DOTAN, Igal. (2009) When the virtual meets virtue: From e-learning to e-education.
- BINET, Alfred; SIMON, Th. (1904). Méthodes nouvelles pour le diagnostic du niveau intellectuel des anormaux. *L'année Psychologique*, v. 11, n. 1, p. 191-244.
- DE ANDRADE, Dalton Francisco; TAVARES, Heliton Ribeiro; DA CUNHA VALLE, Raquel. (2000). Teoria da Resposta ao Item: conceitos e aplicações. ABE, Sao Paulo.
- DIETRICH, Albert; HOCKEMEYER, Cord; WESIACK, Gudrun. (2002). Current trends in eLearning based on knowledge space theory and cognitive psychology. *Psychological Test and Assessment Modeling*, v. 44, n. 4, p. 478.
- DIREITO, Inês; PEREIRA, Anabela M. Sousa; DE OLIVEIRA DUARTE, A. Manuel. (2010). A representação do conhecimento e competências: contributos da psicologia cognitiva para sistemas de aprendizagem apoiados por computador.
- DOBLE, Christopher et al. (2019). A Data-Based Simulation Study of Reliability for an Adaptive Assessment Based on Knowledge Space Theory. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, p. 1-25.
- DOIGNON, Jean-Paul; FALMAGNE, Jean-Claude. (1985). Spaces for the assessment of knowledge. *International journal of man-machine studies*, v. 23, n. 2, p. 175-196.

- DOIGNON, Jean-Paul; FALMAGNE, Jean-Claude. (2012). Knowledge spaces. Springer Science & Business Media.
- FALMAGNE, Jean-Claude et al. (1990). Introduction to knowledge spaces: How to build, test, and search them. *Psychological Review*, v. 97, n. 2, p. 201.
- FALMAGNE, Jean-Claude; DOIGNON, Jean-Paul. (2011). Learning spaces: Interdisciplinary applied mathematics. Springer Science & Business Media.
- GREEN, Bert F. et al.(1984). Technical guidelines for assessing computerized adaptive tests. *Journal of Educational Measurement*, v. 21, n. 4, p. 347-360.
- HELLER, Jürgen et al. (2005). Competence-based knowledge structures for personalised learning: Distributed resources and virtual experiments. In: Proceedings of the 1st International EleGI Conference on Advanced Technology for Enhanced Learning. Swindon Wiltshire, UK: The British Computer Society (BCS).
- HELLER, Jürgen et al. (2006). Competence-based knowledge structures for personalised learning. *International Journal on E-learning*, v. 5, n. 1, p. 75-88.
- KIILI, Kristian et al. (2012). The design principles for flow experience in educational games. *Procedia Computer Science*, v. 15, p. 78-91.
- MEDEIROS, Handerson Bezerra; DA SILVA ARANHA, Eduardo Henrique; NUNES, Isabel Dillmann. (2017). Avaliação de Habilidades e Competências Baseada em Evidências e Jogos Digitais. *Jornada de Atualização em Informática na Educação*, v. 6, n. 1, p. 1- 35.
- MISLEVY, Robert J.; ALMOND, Russell G.; LUKAS, Janice F. (2003). A brief introduction to evidence-centered design. *ETS Research Report Series*, v. 2003, n. 1, p. i-29.
- MISLEVY, Robert J. et al. (2000). Bayes Nets in Educational Assessment: Where Do the Numbers Come from? *CSE Technical Report*.
- MISLEVY, Robert; RICONSCENTE, Michelle. (2011). Evidence-centered Assessment Design: Layers, Structures, and Terminology (PADI Technical Report 9).
- NUSSBAUMER, Alexander; STEINER, Christina; ALBERT, Dietrich. (2008). Visualisation tools for supporting self-regulated learning through exploiting competence structures. In: Proceedings of the international conference on knowledge management (IKNOW 2008). Verlag der Technischen Universität Graz, p. 3-5.
- PEREIRA BARRETTO, Marcos R.; FUKS, Willian J.; COZMAN, F. G. (2012). ADAPTABILIDADE EM SISTEMAS DE RECOMENDAÇÃO: PERSPECTIVAS. *Revista de Sistemas e Computação-RSC*, v. 2, n. 2.
- THORMAN, Joseph H. (1977). Computer assisted testing: An alternative assessment option for students. *Computers & Education*, v. 1, n. 4, p. 207-209.
- ZIEKY, Michael J. (2014). An introduction to the use of evidence-centered design in test development. *Psicología Educativa*, v. 20, n. 2, p. 79-87.

Capítulo

4

Introdução à Informática na Educação baseada em Evidências

Leonardo Marques, Seiji Isotani e Ig Ibert Bittencourt

Resumo

A comunidade de Informática na Educação (IE) no Brasil vem produzindo resultados promissores ao longo de décadas. Diversas políticas públicas educacionais e ações em prol do ensino na esfera federal, estadual e municipal se basearam em estudos realizados por membros desta comunidade. Apesar disso, para que os resultados da comunidade consigam de fato transformar a ciência e a educação do país é preciso que compreender nossos atuais problemas metodológicos para que possamos dar um salto na qualidade das pesquisas em nossa área. Neste contexto, temos observado que a grande maioria dos artigos da comunidade de IE não possuem evidências científicas, sejam elas quantitativas, qualitativas ou mistas. Desta forma, no ano de 2018, publicamos um manifesto sobre IE baseada em Evidências, com o objetivo de trazer à luz dois fatores fundamentais para a melhoria da qualidade das pesquisas na área: a evidência e a reprodutibilidade da pesquisa. O manifesto teve por objetivo fazer um chamamento e provocação à comunidade por uma IE baseada em Evidências. Este capítulo tem por objetivo dar continuidade a essa discussão elaborando mais o conceito de evidência, as práticas educacionais baseadas em evidência, incluindo seus pontos positivos e negativos.

“A educação baseada em evidências, como o tratamento de saúde baseado em evidências, não é uma panaceia, uma solução rápida, um livro de receitas de práticas ou um conjunto de soluções prontas para as demandas da educação contemporânea. É um conjunto de princípios e práticas que podem alterar a forma como as pessoas pensam sobre a educação, a forma como elas avaliam as políticas educacionais e práticas, e a base sobre a qual elas fazem julgamentos profissionais e os operacionalizam na forma de expertise.”

(Davies, 1999. p. 118)

4.1. O que é Evidência?

As discussões sobre o uso de evidências no campo da educação são relativamente antigas. Elas foram trazidas por diferentes autores do final do século passado, como aponta Davies (1999), que lista as diferentes formas como essa temática já vêm sendo apresentada, a saber: *evidence-based education*, *research-based education* (Hargreaves, 1996), *literature-based education* (Hargreaves, 1997), ou *context-sensitive practice* (Greenhalgh & Worrall, 1997). Anteriormente, áreas aplicadas como a medicina e, cada vez mais, a economia política buscaram formas de estimular que seus profissionais incluam as evidências, em especial as científicas, no seu processo decisório. Atribui-se progressos importantes a essas áreas a inclusão das evidências científicas como base de suas práticas que, segundo alguns autores, tornam-se demonstravelmente mais eficazes e progressivamente suplantam as menos eficazes (Slavin, 2002, 2008b).

Com relação à conceitualização de “evidência”, o presente capítulo adota uma perspectiva próxima à proposta de Kvernbekk (2016), ao definir “evidência” como um conceito epistemológico, que descreve uma relação funcional que permite fazer suposições de apoio ou suporte (confirmação, desconfirmação) à uma teoria (hipótese, crença ou afirmação). Ele enfatiza que, apesar da recente autonomia dada ao conceito isolado de “evidência”, a abordagem mais produtiva é reconhecer que toda evidência é uma “evidência de algo”. Toda evidência deveria fornecer razões sensatas para crer que uma dada reivindicação é provável.

A relevância de trazer o conceito de evidência para as discussões em Informática na Educação (IE) justifica-se porque ao longo da história da educação abordagens político-ideológicas, marketing e a tradição influenciaram mais os programas e práticas de ensino do que as evidências científicas (Davies, 1999). Por exemplo, trazemos o caso dos Estilos de Aprendizagem (EA), largamente investigado como uma teoria da aprendizagem sólida na área da Informática da Educação (IE). Newton (2015) detalha como a adoção indiscriminada de teorias e modelos explicativos já a muito desacreditados nas pesquisas psicológicas e educacionais, mas que são mantidas por tradição acadêmica e falta de diálogo interdisciplinar.

Essa posição é reforçada pelos recentes resultados com relação à efetividade dos EA em contextos educacionais (*Learning Styles Report* da EFF¹). A meta-análise da EFF demonstra que apesar de haver evidência de impacto médio de dois meses de progresso para as intervenções usando EA, esse resultado é interpretado como um efeito colateral. Não por conta da identificação de estilos de aprendizagem, mas por conta do esforço dos professores em montarem aulas tentando abarcar diferentes EA, e, por conseguinte, acabam por torná-las as aulas mais diversificadas, pois um mesmo tópico é apresentado de diferentes formas (repetição do tópico ao tentar explicá-lo para estudantes com diferentes “estilos”). Desta forma, como EA é um fenômeno que não há existe comprovação, a tentativa dos professores mostram algum nível de impacto positivo, o fenômeno adequado neste caso seria Pensamento de Estilos de Aprendizagem (ou *Learning Styles Thinking*).

O disseminado e resiliente número de pesquisas sobre EA mostra que apesar de alguns considerarem uma prática baseada em evidências, esta evidência não é considerada uma evidência científica. Este tipo de análise só pode ser feita se houver uma melhor

¹<https://educationendowmentfoundation.org.uk/evidence-summaries/teaching-learning-toolkit/learning-styles/>

sistematização da prática baseada em evidências, considerando a evidência científica (vide Figura 4.1).

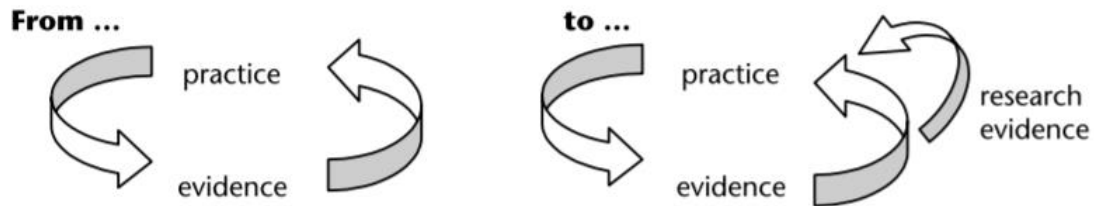


Figura 4.1. Ciclo Evidência-Prática (Thomas & Pring, 2004)

Podemos citar aqui a área médica, onde um conjunto de critérios consolidado numa área específica ordena um conjunto de desenhos de pesquisa com base em análises gerais, e mais ou menos consensuais nesta área, com relação à validade interna de cada tipo de desenho, o que se denomina de *hierarquia de evidências* (Burns, Rohrich, & Chung, 2011). Historicamente, atribui-se o primeiro esforço nesse sentido ao *Canadian Task Force On Periodic Health Examination*², publicado em 1979, e adotado posteriormente pelo *US Preventive Service Task Force* (vide Figura 4.2).

Table 1
Canadian Task Force on the Periodic Health Examination's Levels of Evidence *

Level	Type of evidence
I	At least 1 RCT with proper randomization
II.1	Well designed cohort or case-control study
II.2	Time series comparisons or dramatic results from uncontrolled studies
III	Expert opinions

* Adapted from Canadian Task Force on the Periodic Health Examination. The periodic health examination. Can Med Assoc J 1979;121:1193-254

Figura 4.2. Reproduzido de Burns, Rohrich e Chung (2011)

É importante frisar que a condução de pesquisa baseada em evidências científicas pode ser fundamentada tanto numa perspectiva nomotética quanto ideográfica. Por exemplo, A Associação Americana de Psicologia (APA) publicou dois relatórios mostrando como se reportar com qualidade pesquisas quantitativas (Appelbaum et al, 2018), qualitativas e mistas (Levitt et al, 2018). Já os pesquisadores Gary Thomas e Richard Pring, em seu livro sobre práticas educacionais baseadas em evidências, definem um posicionamento sobre o que deve ser considerada uma evidência científica robusta, conforme segue na Figura 4.3. A figura abaixo diferencia claramente o que é uma evidência de pesquisa de uma evidência baseada em experiência pessoal, artefatos, testamentos, entre outros. Já as evidências científicas podem ser de dois tipos:

- Ideográfica: este tipo de pesquisa se fundamenta mais nos métodos indutivos e na fenomenologia para a produção de conhecimento científico,

² Canadian Task Force on the Periodic Health Examination. Canadian Guide to Clinical Preventive Health Care (pp.450-454). Canada: Health.

onde os estudos consideram a perspectiva sócio-histórica do sujeito a ser pesquisado e produtor do conhecimento.

- **Nomotética:** este tipo de pesquisa comumente adota uma abordagem hipotética-dedutiva para a produção de conhecimento científico, fazendo uso de modelos estatísticos.

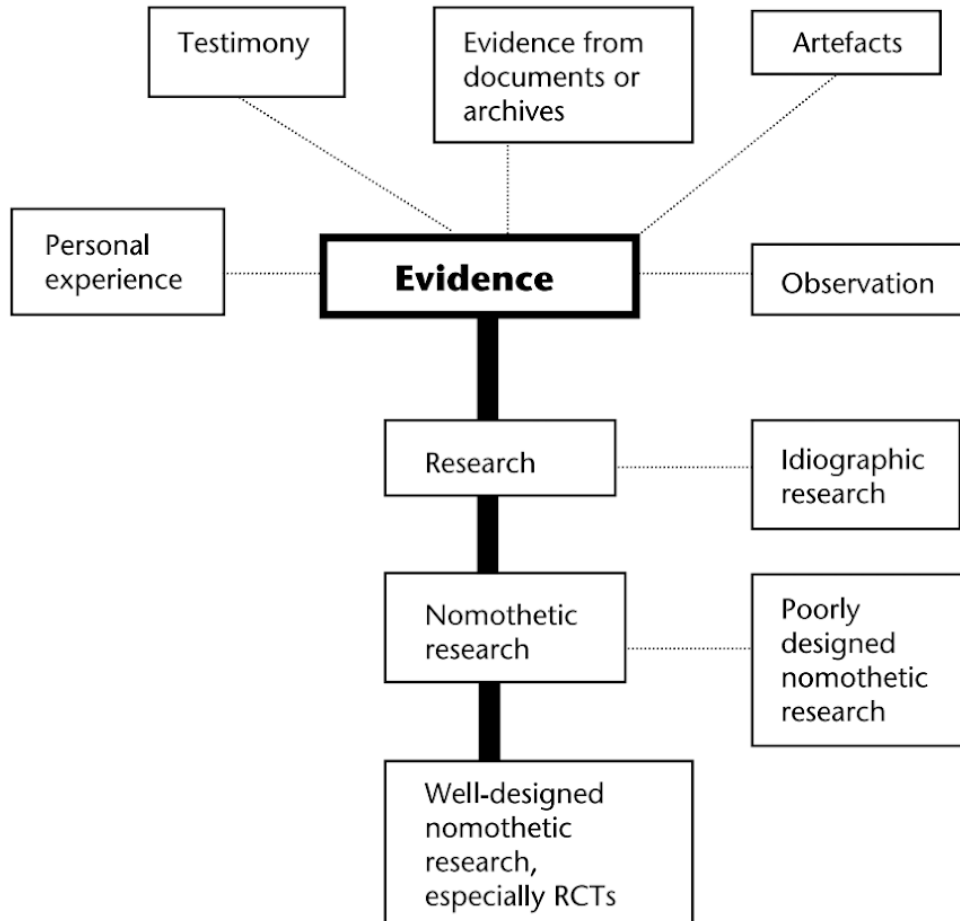


Figura 4.3. Tipos de Evidências na Prática Baseada em Evidências (Thomas & Pring, 2004).

Destacamos ainda que tanto a pesquisa ideográfica quanto a nomotética podem ser robustas e utilizadas por professores e gestores para guiar suas práticas educacionais. Para tal, é preciso que toda prática baseada em evidência científica, considere evidências que foram geradas respeitando três critérios fundamentais, a saber (vide Figura 4.4): relevância, significância e veracidade.

<i>Criterion</i>	<i>Enabled by</i>
1. relevance ↕	establishing that the information constitutes information for (or against) some proposition
2. sufficiency ↕	corroboration with other instances of the same kind of evidence or other kinds of evidence
3. veracity	establishing that the process of gathering evidence has been free from distortion and as far as possible uncontaminated by vested interest

Figura 4.4. Critérios de Julgamento da Evidência (Thomas & Pring, 2004).

4.2. Práticas educacionais baseadas em evidência

No sentido de acelerar a inclusão do conceito de evidências nas discussões acadêmicas da área da IE, é preciso esclarecer o escopo da proposta do que são *Práticas Baseadas em Evidências* (PBE). Inicialmente serão apresentados os critérios gerais adotados na literatura sobre PBE, que tendem a focar em métodos quantitativos e de síntese de pesquisas. Contudo, será discutido posteriormente como outros paradigmas de pesquisa se encaixam no panorama das PBE.

O PBE tem uma definição mais específica do que a de "melhores práticas" ou "com comprovação científica" (de forma geral). As PBE denotam que foi efetuada uma abordagem sistemática para determinar quais práticas são apoiadas por investigação científica ou de pesquisa, com as seguintes características gerais (B. G. Cook, Smith, & Tankersley, 2012):

- há um número suficiente de estudos de pesquisa para concluir algo sobre seu impacto;
- são estudos que seguem bons padrões de qualidade metodológica (independentemente do método);
- baseiam-se em projetos de pesquisa adequados, que permitem a avaliação da eficácia dos mesmos;
- para casos em que os riscos de implementação são elevados, demonstram tamanhos de efeito significativo, de tal forma que eles merecem a confiança dos educadores de que a prática funciona.

Uma definição prática considera a adoção de práticas baseadas em evidências em dois níveis: (1) um primeiro relaciona-se à capacidade que todos os atores dos contextos educacionais devem ter em buscar, compreender e avaliar as evidências sobre um dado tema ou prática. Sendo capaz, inclusive, de interpretar se o que foi encontrado é relevante ou adequado para o seu contexto de ação específico no ambiente educacional. Nesse caso, um professor que tem em sua classe um estudante com uma condição específica (e.i. dislexia) deveria ser capaz de produzir uma prática inclusiva para este estudante,

buscando evidências bem fundamentadas sobre as melhores práticas para esse tipo de dificuldade de aprendizagem; (2) o segundo nível corresponde à capacidade de propor pesquisas adequadas para consolidar evidências em áreas nas quais os resultados são inconclusivos ou de difícil interpretação. Nesse caso, pesquisadores e consultores de formuladores de políticas públicas deveriam estar aptos a gerar esse tipo de evidência.

Sendo assim, por meio das PBE os profissionais da IE podem guiar suas práticas, tanto condizente com evidências de efetividade, quanto com a capacitação dos mesmos em identificar pesquisas de alto padrão (Sackett, 2001). Isto se torna importante por que há uma tendência de ampliação da adoção de PBE, inclusive no contexto educacional, por parte de educadores, professores gestores e tomadores de decisão, com o objetivo de garantir que governos, organizações e categorias de profissionais consigam atuar com maior efetividade e o processo de investimento e de decisão possam ser realizados com maior respaldo científico (Rousseau & Gunia, 2016).

Contudo, cabe um destaque que não se pressupõe aqui que todas as ações devam e sejam baseadas em evidências, balizadas pelos critérios considerados mais robustos, uma vez que limitações dos estudos (i.e. não disponibilidade) ou do contexto (i.e. não há tempo hábil) podem limitar a sua adoção. Adicionalmente, mesmo que haja um robusto corpo de evidências a respeito da efetividade de uma dada prática de ensino ou gestão, a qualidade da implementação é crítica para garantir tal efetividade. Por isso que instituições voltadas para o levantamento de evidências da efetividade de boas práticas no ambiente escolar, como a *Education Endowment Foundation*³ (EEF), iniciaram projetos de acompanhamento e advocacia por PBE junto às escolas.

Outro fator que deve ser levado em conta ao considerar a adoção responsável de PBE é entender a diferença entre advogar por PBE e advogar por um tipo de intervenção ou resultado específico. O papel do pesquisador não é esse. Cabe-nos produzir evidências e executar trabalhos de sistematização para então fazer recomendações que contextualizam os resultados. Ou seja, descrever um resultado não é o mesmo que advogar a adoção de uma metodologia específica sem levar em consideração diferentes objetivos e contextos. Um cientista deve listar os prós e contras de prováveis opções, contextualizando os resultados em termos dos condicionantes que devem ser levados em consideração, modulando as expectativas de um “*consumidor leigo*” desse tipo de informação.

Hannah Safford e Austin Brown, em uma coluna de opinião da Nature, reforçam que um pesquisador abre mão de uma de suas principais funções quando esquece de fazer uma análise imparcial, pautada nos dados, e parte para propaganda de um dado resultado. Não cabe a um pesquisador a função de advogar em prol de uma proposta, exortando um formulador de políticas a “*adotar o programa A nas escolas do município B*”. Ao contrário, cabe àquele que advoga por PBE sistematizar as melhores pesquisas disponíveis para explicar ao formulador de políticas públicas que, “*se você fizer X, as chances são boas de que o resultado Y acontecerá para o público Z*” (Safford & Brown, 2019).

Observe que o tipo de informação sistematizada em projetos que subsidiam a adoção de uma Educação Baseada em Evidências (EBE) não indica efetivamente que toda a educação, ou todas as escolhas e ações inseridas no dia-a-dia escolar, podem ser

³ <https://educationendowmentfoundation.org.uk> - entidade inglesa independente que tem como objetivo reduzir a lacuna de aprendizagem entre alunos utilizando como base para suas ações evidências científicas.

determinadas com base nos melhores resultados e evidências. Seria uma atitude ingênua e descolada das particularidades contextuais que modulam os resultados de práticas baseadas em pesquisa, sempre impactadas por variáveis contextuais que alteram os resultados quando estas são efetivamente implementadas. O número de processos de ensino e aprendizagem que ocorrem em uma escola em um dado momento é bem maior do que o número de temas de pesquisas de ensaios clínicos randomizados disponíveis. Mas é possível que, ao menos, o gestor e os professores possam ter informações atualizadas e mais confiáveis sobre parte das práticas e escolhas que eles precisam fazer diariamente.

Na busca por qualificar as evidências produzidas na área de IE a comunidade brasileira têm publicado diversos artigos nos últimos anos avaliando a produção nacional. Em 2013 um mapeamento sistemático já indicava que, apesar da diversificação temática dos estudos da comunidade, há, ainda hoje, uma lacuna na produção de estudos empíricos. Outro mapeamento ainda mais recente feito por Posada, Buchdid e Baranauskas (2016) faz uma extensa análise da rede de colaboração entre os autores, os principais temas e a distribuição das publicações entre os principais eventos e revista da área. Mas não apresenta quais métodos ou afirmações sobre a efetividade das Tecnologias Educacionais utilizadas nas pesquisas.

É importante salientar que não há nenhuma pretensão por parte dos autores de sustentar ou validar qualquer tipo de intervencionismo limitador das pesquisas possíveis e necessárias à cada contexto nacional. A independência de pesquisa e a necessária conversa contínua entre pesquisas teóricas, básicas, translacionais e aplicadas são características essenciais de ecossistemas de pesquisa inovadores e de sustentação da função social das instituições de pesquisa. Contudo, na busca por práticas capazes de dar conta dos desafios da educação Nacional (altos níveis de analfabetismo funcional, alto grau de evasão e baixo desempenho em matemática e leitura - PISA) é preciso otimizar o investimento público no ecossistema educacional, elevando as práticas educacionais baseadas em evidência como uma resposta à altura de tais desafios (Borman, Hewes, Overman, & Brown, 2003). De acordo com Rousseau e Gunia:

“De forma geral, levar em conta PBE ao atender às preocupações, interesses e pontos de vista das partes interessadas na educação tem sido caracterizado como uma obrigação profissional ou mesmo ética.”
(Rousseau & Gunia, 2016)

Ao mesmo tempo que um país deve dar condições para o desenvolvimento desses diferentes tipos de pesquisa, nem toda pesquisa informa políticas públicas com a mesma confiança. Apesar de, a depender da urgência das demandas sociais, uma tecnologia oriunda da pesquisa básica poder ser incorporada de forma quase automática em políticas públicas⁴, esse não é o caminho usual.

Geralmente são necessários anos de refinamento do controle experimental para assegurar quais e como as variáveis independentes influenciam o comportamento da variável dependente. Pesquisas translacionais e aplicadas avaliam as propostas de tradução dos métodos e procedimentos laboratoriais em práticas e modelos de intervenção em situações progressivamente mais ecológicas. Ao chegar neste ponto, boas pesquisas

⁴ como foi o caso do tratamento da Zica implementado em 2017 pela Fundação Oswaldo Cruz, no Brasil.

aplicadas estariam, em tese, prontas para um nível de escrutínio próprio das exigências das práticas baseadas em evidência (Oancea & Pring, 2008).

O processo de avaliação da eficácia de programas de intervenção, é geralmente mais complexo e se propõe a resultados menos limitados do que pesquisas experimentais. As primeiras demandam análises mais amplas, como, por exemplo, as quatro características de análise indicados por Chatterji (2008):

“Primeiro, como a definição de um programa — o objeto de inquérito — nas avaliações do programa afeta a síntese das avaliações do programa? Em segundo lugar, em estudos avaliativos que aspiram a obter os mais altos graus de evidência sobre os efeitos do programa, como os pesquisadores formularam suas guidelines ou perguntas orientadoras? Terceiro, quais decisões conceituais, de design e analíticas os pesquisadores utilizaram para reunir a melhor evidência possível sobre os efeitos de um programa? Ou o corolário — quais critérios de avaliação crítica devem ser usados para classificar a qualidade da evidência com base em como os estudos individuais são conceitualizados e executados? Finalmente, de que maneira (e por que) deve uma revisão sistemática das avaliações do programa ser tratada diferentemente de revisões sistemáticas de pesquisa experimental ou Quasi-experimental ‘básica’?” (Chatterji, 2008. p. 24, tradução livre)

Ao citar a falta de critérios científicos no processo decisório de mudança das práticas educacionais de gestão escolar Davies (1999) já sinalizava o grande número de estratégias disponíveis para avaliar a eficácia das novas propostas. O autor considerava que, ao menos em parte, as atividades educacionais são mal avaliadas por pesquisas cuidadosamente concebidas e executadas, seja na forma de ensaios controlados, quasi-experimentos, inquéritos, estudos com pré- e pós-teste, estudos observacionais de alta qualidade, estudos etnográficos que considerem os resultados, bem como os processos, estudos dialógicos e estudos de análise do discurso capazes de relacionar micro estruturas e ações a questões de nível macro. Nesta perspectiva, evidencia de qualidade e confiáveis não é responsabilidade de apenas pesquisas do tipo Estudos Clínico Randomizado (ECR).

Um fator de confusão quando se fala em PBE, ou sua aplicação no campo da educação, é a expressão geral Evidence-Based Education (*educação baseada em evidências*). A confusão ocorre quando se falha em reconhecer que essa nomenclatura engloba muitos sentidos possíveis de interpretação. Todos sentidos relacionados, mas não sinônimos. Em uma primeira definição pragmática enfoca-se no processo de informar a prática docente com base nos resultados das pesquisas, o que poderia ser especificado como Prática Informada por Pesquisa (PIP). A segunda definição seria melhor especificada como política (*policy*) informada por evidência. Nos dois casos, a ênfase na evidência gerada por meio de pesquisa científica torna mais claro a proposta de inclusão dos resultados de pesquisa em processos decisórios dentro da sala de aula e nas redes escolares. Ao mesmo tempo, em que reconhece que esse tipo de evidência é apenas mais uma disponível, mas uma que não pode mais ser negligenciada. Por isso, para avançar na discussão sobre PBE na educação, é preciso superar essas confusões comuns e aprofundar a discussão em termos do “para quê” e “como” tais evidências derivadas de pesquisa podem ser úteis.

4.3. Aprofundando alguns princípios da IE baseada em Evidências

Princípio I: Menos monólogo, mais diálogo

Como discutimos em nosso manifesto (Bittencourt & Isotani, 2018):

“Para que o diálogo ocorra de forma coerente e racional, é imprescindível que existam dados disponíveis para que a troca de experiências ocorra no campo das evidências e não das suposições. Como cientistas, não é saudável que nos deixemos cair em tentação utilizando um discurso baseado em achismo (i.e. “eu acho isso, você acha aquilo, mas de fato não sabemos de nada”).”

Para dar um exemplo mais concreto dessa situação, vamos utilizar como contexto a questão da alfabetização e a polarização do discurso entre o método fônico e o método global que está gerando debates acalorados tanto na comunidade científica quanto em mesas de restaurantes. Diversas reportagens e entrevistas foram feitas sobre o assunto^{5,6}. Contudo, a questão se tornou mais política do que científica, com discursos rasos e sem focar no mais importante: as evidências de efetiva aprendizagem fornecidas por pesquisas científicas bem fundamentadas e com dados consolidados por meio estudos experimentais e de metanálises que sumarizam os resultados permitindo a criação de *Práticas Baseadas em Evidências* como discutido em seções anteriores. Nesse sentido, o *Education Endowment Foundation* (EEF) sistematizou em 2018 os resultados de 8 metanálises sobre o assunto e identificou que o método fônico tem forte impacto positivo na aprendizagem podendo acelerar o processo de alfabetização em mais de 4 meses⁷. Além disso as evidências encontrada sobre o assunto são robustas, ou seja, são replicáveis e foram encontradas em diferentes estudos ao longo dos anos. Como resultado o EEF desenvolveu duas cartilhas (*Guidance reports*) para apoiar professores no processo de alfabetização de crianças de 5 à 7 anos⁸ e de 7 à 11 anos⁹ utilizando como base as evidências científicas disponíveis.

Neste exemplo, não partimos do pressuposto que o método fônico é melhor que o método global. Assim, caso exista a convicção que os estudos anteriores não foram desenvolvidos corretamente e, por isso o resultado pode estar enviesado, cabe a nós cientistas estudar, dialogar e fazer mais experimentos para gerar evidências que auxiliam a entender o fenômeno da alfabetização e compreender o que, de fato, é melhor para grande maioria dos alunos. Acreditamos que o diálogo deve se fundamentar em evidências. Portanto, gerar e sistematizar evidências é fundamental para o crescimento do pesquisador e da comunidade. Se não há evidências a favor de outro método demonstrando maior efetividade em relação ao método fônico, devemos então interpretar os resultados que temos da melhor forma para apoiar alunos, professores e gestores. Caso contrário, se nós cientistas, dialogarmos sem fundamentação com base em evidências então estamos contribuindo para denegrir os resultados das pesquisas científicas e, por consequência, denegramos a própria carreira de pesquisador. Não é a toa que hoje muitas

⁵<https://g1.globo.com/educacao/noticia/2019/08/16/metodos-de-alfabetizacao-entenda-a-diferenca-entre-o-fonico-o-global-e-os-demais.ghtml>

⁶<https://globosatplay.globo.com/globonews/v/7913088/>

⁷<https://educationendowmentfoundation.org.uk/evidence-summaries/teaching-learning-toolkit/phonics/>

⁸<https://educationendowmentfoundation.org.uk/tools/guidance-reports/literacy-ks-1>

⁹<https://educationendowmentfoundation.org.uk/tools/guidance-reports/literacy-ks-2>

peças questionam-se sobre a eficácia das vacinas (e por causa disso doenças erradicadas estão retornando); se a terra é realmente uma esfera; e se existe o aquecimento global.

Neste sentido, um trabalho muito interessante de Kirschner e colegas apresentam algumas das lendas urbanas que existem na nossa área que se espalham mais por crença do que por evidência científica (Kirschner et al., 2013). Neste contexto, devemos promover o diálogo para refutar tais lendas urbanas ou então produzirmos evidências que vão de encontro ao estado da arte atual. Essa discussão será mais aprofundada no Princípio III.

Princípio II: Menos estudos independentes, mais estudos fundamentados no estado da arte

A íntima relação entre bom levantamento do estado da arte e a qualidade das evidências já são discutidas no âmbito da educação no mundo desde, pelo menos, o final do século passado (Davies, 1999). A área têm demonstrado avanços, com o aumento do número de revisões de literatura, com algum cuidado na sistematização do processo. Contudo, a adoção de critérios de qualidade e falta de uniformidade indicam que ainda há considerável espaço para incorporação de boas práticas de revisão sistemática na área (Detroz, Hinz, & Hounsell, 2015).

Borges e colaboradores (2015) também enfatizam a diferença entre a produção nacional nos eventos e publicações que atestam a força da área de IE no cenário de produção científica do país, apesar da predominância de estudos de caso como principal método de investigação. Ainda não há uma avaliação mais sistematizada do grau de maturidade da área, levando em conta o tempo de consolidação dessas iniciativas de organização e compartilhamento acadêmico no Brasil, mas alguns trabalhos ajudam a caracterizar esse histórico e como as redes de pesquisa interagem (i.e. Posada, 2015).

Como as pesquisas nacionais têm respondido às afirmações como: "*falar sobre o significado das palavras e ouvir o professor ler histórias ocupa o tempo melhor empregadas em atividades mais produtivas. O tempo gasto nessas atividades teve conseqüências negativas para a compreensão da leitura* (McGuinness, 2006, p. 111)". Após mais de dez décadas desses resultados a área de estudo sobre a alfabetização e o letramento parecem ignorar esses dados e continuam a defender o uso indiscriminado de práticas com foco no ensino pelo significado. Mesmo com a indicação de que tais práticas precisam ser revistas, ou, ao menos, investigadas no contexto nacional.

Princípio III: Menos teorias avulsas, mais compromisso ontológico e epistemológico

Este aspecto relaciona-se com a comum confusão entre o fenômeno de interesse e as teorias consolidadas de estudo desses fenômenos. Por exemplo, na área de IE um tópico recorrente é conceito de Estilos de Aprendizagem (EA) (*Learning Styles*), originalmente utilizado como um critério no design instrucional (Newton, 2015), mas que não apresenta evidências sólidas de conotação de processo cognitivo ou educacional usualmente atribuída pelos estudos que popularizaram o termo.

Newton (2015) discute em sua revisão de literatura sobre a manutenção do mito do efeito dos EA que alarmantes 94% dos estudos selecionados em sua pesquisa apresentavam uma visão positiva da adaptação instrucional ao EA dos estudantes. Apesar

das consistentes evidências de que o conceito de EA, da forma como tem sido usado, não ajuda a explicar processos de aprendizagem (Pashler, McDaniel, Rohrer, & Bjork, 2008), bastava se deter um pouco sobre o conceito para perceber que há uma grande diferença entre a maneira que alguém prefere aprender e o que realmente leva a uma aprendizagem eficaz e eficiente.

Porém, o dado mais significativo para que o pesquisador de EA possa identificar teorias com algum substrato epistemológico seria perguntar, qual a base sócio-biológica que suportaria o agrupamento dos aprendizes com base em diferentes estilos de aprendizagem. Uma busca com esse fim revelaria que não há apoio de estudos objetivos para o pressuposto de que as pessoas se aglomeram em grupos distintos (Kirschner, 2017).

É preciso esclarecer que a crítica exemplificada pelo resultado da pesquisa acima não é uma defesa contra a interdisciplinaridade ou contra o EA. A apropriação de termos e conceitos da educação e de áreas afins condiz com a perspectiva de comprometimento epistemológico. Contudo, é necessário reconhecer as especificidades de áreas de pesquisa distintas das nossas. Em especial a Psicologia e as Ciências Cognitivas, uma vez que a proximidade que temos com seus temas e a divulgação não científica de seus termos e pesquisas leva-nos a, inadvertidamente, desconsiderar os séculos de refinamento conceitual e de métodos de pesquisa que esta área passou.

Outro fenômeno que pode ajudar a entender a problemática é a *Folk Psychology*. (Symons, 2011). Esse conceito relaciona-se com o tipo de explicação que as pessoas típicas começam a empregar para explicar os processos psicológicos, inclusive a aprendizagem e o desenvolvimento humano. Interessantemente, adoção desse tipo de explicação inicia-se em torno da mesma idade precoce, sem a necessidade de qualquer treinamento específico que direcione essa tendência. Essa forma de explicar o mundo psicológico surge e persiste basicamente da mesma forma, independentemente de treinos formais sobre psicologia científica. Por isso, uma base sólida e construída com anos de estudo é uma condição importante para a pesquisa de qualidade no campo da educação.

Princípio IV: Menos propostas conceituais, mais validação científica

Um ponto de encontro entre a prática e a ciência, de forma geral, é a adoção de PBE que nos dois contextos contribui de forma incremental. Quando um autor submete manuscrito para um periódico científico é esperado que o revisor avalie a extensão da revisão de literatura apresentada ou, como é comum na área da Informática na Educação, a identificação dos trabalhos relacionados. Quando esse levantamento é bem feito fica claro para os revisores onde a pergunta de pesquisa do manuscrito submetido se enquadra no quadro geral daquela área. Demonstrando que a pesquisa relatada considera os avanços explicativos até aquele dado momento. De modo similar, a força das evidências sistematizadas e a validação científica reside no caráter acumulativo dos resultados. Por mais forte que seja o indício de relação diretamente proporcional entre o uso do procedimento de ensino *A* e o desempenho no teste padronizado *B*, esse resultado isolado ainda não deveria ser a única fonte na decisão de adotar práticas profissionais de alto custo de implementação.

Enquanto na escolha de um tema de pesquisa é perfeitamente plausível adotar uma determinada prática com um único bom resultado. O mesmo não se aplica à PBE, pois sem um histórico de pesquisa robusto o suficiente, e evidências fortes o suficiente, não é possível apoiar processos de recomendação de adoção em contextos diversos. Por isso,

nas últimas décadas diversos esforços têm tentado agregar os resultados de diferentes pesquisas, no sentido de traduzir para públicos não acadêmicos o que o estado da arte sobre um tema já permite afirmar em termos de recomendações.

Nos Estados Unidos, o Departamento de Educação (ED-US) apresentou projetos de síntese e tradução para linguagens mais acessíveis as pesquisas sobre programas educacionais, como o *Comprehensive School Reform Quality Center* (CSRQ) e a *Best Evidence Encyclopedia* (BEE), National Early Literacy Panel (2008), além da sua iniciativa de maior impacto, o primeiro projeto *What Works Clearinghouse*¹⁰ (WWC). Mais recentemente, o ED-US lançou em 2011 o Digital Promise, ou o *National Center for Research in Advanced Information and Digital Technologies*, que se propõe a mapear as pesquisas de uso de tecnologias digitais para melhorar todos os níveis de aprendizagem e educação, formal e informal. O governo britânico patrocinou a iniciativa *Evidence for Policy and Practice Information and Co-ordinating Centre* (EPPI-Centre) é mais recentemente o *Education Endowment Foundation* (EEF), que inovou ao implementar um sistema de financiamento independente das gestões governamentais vigentes, por meio de um fundo dedicado a manter seus projetos. Com esta estratégia o EEF ganha mais liberdade para avaliar e reportar os programas governamentais implementados, contribuindo para o processo de accountability por parte dos entes públicos. Outros projetos contam com governança mais descentralizadas e incluem parceiros de diferentes países, como a International Campbell Collaboration (C2), que também patrocina pesquisas e disponibiliza revisões sistemáticas sobre o corpo de pesquisa disponível (Slavin, 2008b).

Cada projeto de sistematização listado (WWC, EEF, C2, etc) adota um conjunto de critérios próprio para qualificar os estudos investigados e quais critérios serão enfatizados no momento de apresentar seus resultados. Por exemplo, a EEF enfatiza elementos como custo de implementação e período de manutenção do impacto além da força da evidência. Enquanto o WWC não leva em consideração questões relacionadas a custo de implementação e foca em critérios de avaliação da força de evidência pautados no conceito clássico de hierarquia de evidência (vide Figura 4.5), com foco em meta-análises. Por fim, o *Digital Promise* concentra-se em facilitar o acesso a um amplo espectro de pesquisas em tecnologias educacionais com impacto na aprendizagem. Mas um diferencial de sua proposta são os relatórios que detalham e analisam os principais achados dos artigos mais citados nos tópicos e subtópicos organizados pela plataforma.

Tipo de Evidência	Força da Evidência
1. Revisão Sistemática e meta-análise	<i>Mais forte</i>
2. Estudo clínico randomizado controlado (com estudos definitivos)	
3. Estudo clínico randomizado controlado (sem estudos definitivos)	
4. Estudos de Cohorte	

¹⁰ <https://ies.ed.gov/ncee/wwc/>

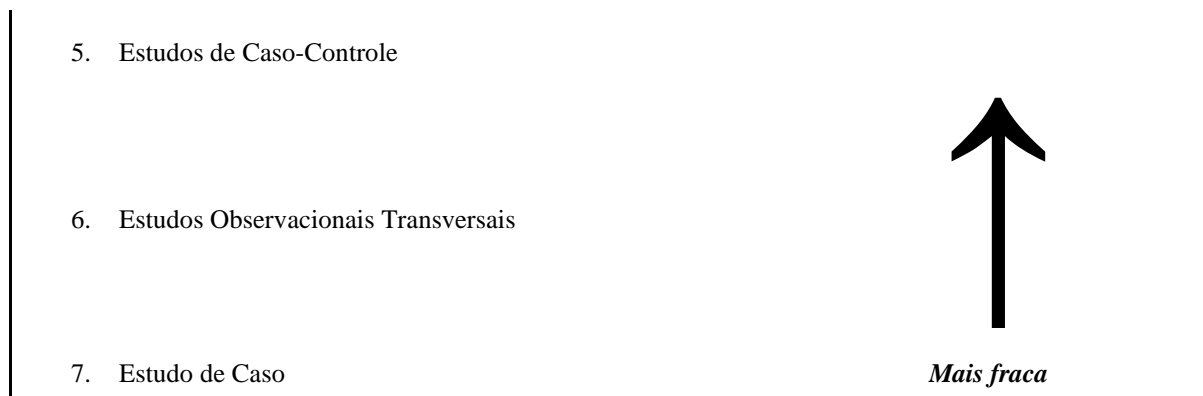


Figura 4.5. Classificação de hierarquia de evidência (Adaptado de Petticrew e Roberts (2003))

Além dos esforços de **registro, sistematização e compartilhamento de pesquisas** é preciso lembrar que a publicização das experiências de implementação de projetos governamentais ou não entram no rol geral de evidências a serem consideradas. Uma vez que práticas baseadas em evidência não esgota as fontes de informações que devem ser consideradas nos processos decisórios. O WWC deixa isso muito claro:

Does the WWC recommend interventions or maintain a list of programs with scientifically-based evidence?

No, the WWC does not recommend or endorse interventions or maintain a list of recommended or acceptable programs. The WWC assesses evidence on the effectiveness of educational interventions. For example, a WWC rating of "positive effects" for an intervention means there is strong evidence of a positive effect with no contrary evidence. It does not mean that the WWC recommends that users implement that intervention or that it will work in all settings for all students. Consideration of other factors, such as target population, cost, and feasibility may also be necessary. It is also important to note that, for some educational interventions, little or no research exists which meets WWC design standards, which means that the WWC cannot rate the effectiveness of the intervention.

Figura 4.6. WWC - FAQ (<https://ies.ed.gov/ncee/wwc/FAQ>)¹¹

¹¹ Não, o WWC não recomenda ou endossa intervenções ou mantém uma lista de programas recomendados. O WWC avalia evidências sobre a efetividade das intervenções educacionais. Por exemplo, uma classificação WWC de "efeitos positivos" para uma intervenção significa que há uma forte evidência de um efeito positivo dessa intervenção, sem provas contrárias. Isso não significa que o WWC recomenda que os usuários implementem essa intervenção, ou que ele funcionará em todas as situações e para todos os alunos. A consideração de outros fatores, como população-alvo, custo e viabilidade, também pode ser necessária. É importante notar que, para algumas intervenções educacionais, exista pouca ou nenhuma pesquisa que atenda às normas de design de pesquisa exigidas pelo WWC, o que significa que o WWC não pode avaliar a efetividade da intervenção.

Princípio V: Menos questionários próprios, mais instrumentos validados

A área da educação, como a própria área da IE são, obviamente, independentes na criação e adoção de seus instrumentos de coleta. Contudo, uma forma de defesa similar à reserva de mercado, mesmo quando ocorre entre disciplinas científicas, não anula os as fraquezas das escolhas de uma área. Questionários ou testes de desempenho em pesquisas educacionais que reproduzem erros já identificados décadas atrás por outra área não têm suas falhas minimizadas apenas porque são utilizadas em pesquisas educacionais.

Uma tradução de um inventário que desconsidera o processo de adaptação cultural não é menos danosa à pesquisa somente porque o revisor da revista de educação não atentou para isso. Sua capacidade de avaliar está comprometida, ou não pode ser atestada, e não é por argumento de autoridade de psicometristas. Mas uma afirmação baseada em evidências acumuladas por áreas diversas como a antropologia, a psicologia transcultural e a linguística.

O processo de validação de instrumentos é exaustivo, e é detalhado em manuais nacionais de psicometria ou testagem psicológica consolidados e muito bem escritos como Urbina (2009), Pasquali (2011) e Hutz et al. (2015). Não há exagero ao demandar domínio das bases teóricas e técnicas dos instrumentos de testagem psicológica, haveria exigência semelhante ao utilizar um microscópio eletrônico ou um espectrógrafo em uma pesquisa. A falha em reconhecer a complexidade do processo de testagem leva a coletas de dados mal aplicadas, gerando resultados inconclusivos ou simplesmente nulos.

O processo de construção de um instrumento de medição de processos psicológicos é complexo e demorado, dentre as exigências podemos citar a descrição de uma fundamentação teórica coerente (Princípio III), condução de estudos independentes sobre: propriedades de precisão e validade; procedimentos de administração; correção e interpretação dos resultados. Mas e quando há um instrumento já devidamente testado, ou, ao menos, largamente utilizado na área de pesquisa de interesse, basta traduzir? *Não!* Há sim recomendações e vasta literatura sobre o processo de adaptação cultural de instrumentos de testagem (Borsa, Damásio, & Bandeira, 2012).

Após compreender a complexidade de tais instrumentos é possível encontrar os instrumentos regulamentados como de uso exclusivo dos Psicólogos, listados no Sistema de Avaliação de Testes Psicológicos (SATEPSI), regulamentado pelo Conselho Federal de Psicologia (Resolução CFP Nº 009/2018). Além de identificar os testes que são disponíveis para uso mediante aquisição ou contratação de serviços pagos. Apesar de haver certa flexibilização no uso de testes psicológicos em contextos de pesquisa, não se deve abrir mão do auxílio de um psicólogo para assessoria no uso e interpretação adequada do instrumento.

Mas é importante que a área da IE desenvolva os instrumentos que considera mais adequados para as suas necessidades específicas. Nesse sentido, a coleção Metodologia de Pesquisa em IE - CEIE/SBC¹² é um ótimo começo. Há, ainda, uma experiência internacional relevante, específica para a educação chamada [SPECTRUM Database](https://educationendowmentfoundation.org.uk/projects-and-evaluation/evaluating-projects/measuring-essential-skills/spectrum-database/)¹³. O objetivo dessa banco de instrumentos de avaliação e medida é informar como as competências não acadêmicas e essenciais são conceituadas e medidas em relação ao desempenho da criança e do adolescente. Mantido e atualizado pela EEF o SPECTRUM

¹² <https://metodologia.ceie-br.org/>

¹³ <https://educationendowmentfoundation.org.uk/projects-and-evaluation/evaluating-projects/measuring-essential-skills/spectrum-database/>

mantém uma lista de quais são os instrumentos recomendados para a aferição de habilidades e competências relevantes aos contextos educacionais, mas, mais importante do que isso, mantém uma descrição das propriedades psicométricas de cada instrumento e informações relevante para a implementação e uso dos mesmos.

Princípio VI: Menos purismo acadêmico, mais interface com o ecossistema educacional

Em termos de evidência, em especial evidências que podem servir de substrato para tomada de decisão em contextos aplicados (governos, escolas, instituições de fomento, etc), pesquisas que dialogam com as demandas reais são um ponto chave. Em uma sociedade capitalista e globalizada nos moldes atuais as forças de influência presentes nas redes escolares públicas incluem pequenas empresas prestadoras de serviço, instituições de pesquisa e avaliação provedoras de testes padronizados, ONGs dedicadas à adoção de práticas não incluídas de forma sistematizada pelos currículos regulares (i.e. inteligência sócio-emocional ou uso de tecnologias digitais), etc.

Não reconhecer essa realidade é deixar de fora das pesquisas e análises teóricas importantes players que, concorde o pesquisador ou não, fazem parte do ecossistema educacional atual. Dessa forma, apesar do aparente foco da legislação nacional na formação cidadã, na realidade a Lei de Diretrizes e Bases institui no seu Art. 2: "*A educação, dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho*".

Ou seja, os espaços de formação complementar, como um curso de extensão, projetos artísticos extracurriculares ou formações profissionalizantes não podem ser deixados de fora durante o levantamento de dados sobre evidência. Urge pesquisas sobre o que funciona em termos de ensino e aprendizagem nesses contextos "abandonados".

Princípio VII: Menos descontinuidade, mais foco em objetivos de longo prazo

O pesquisador brasileiro comprometido com pesquisa de qualidade precisa superar, além das demandas concorrentes à pesquisa como o ensino, a extensão e a gestão, a acirrada disputa por poucos recursos de pesquisa. Além disso, as pesquisas realizadas com base nas classificações típicas de hierarquia de evidência são caras, ou não se adequam à linha de pesquisa do pesquisador. A argumentação anterior é frequentemente levantada como uma das causas da baixa representatividade das pesquisas nacionais em bons journals na área de IE e nas referências de trabalhos de impacto social. Mas, também, são utilizadas como argumento de críticas à proposição de práticas baseadas em evidência.

É importante frisar, novamente, que não é pretensão das proposições de práticas baseadas em evidência direcionar os critérios que podem ser apropriados para publicação ou financiamento das pesquisas, sejam em educação, seja em qualquer área do conhecimento. Mas há considerável exemplos na literatura de Informática na Educação de pesquisas que não avaliam a aprendizagem, por exemplo, antes afirmar possíveis

efeitos positivos¹⁴. Estudar o fenômeno da aprendizagem por meio de tecnologia é difícil e leva tempo. Por isso, ter objetivos de longo prazo são essenciais para construir o conhecimento sobre um determinado tópico de pesquisa. Além disso, conhecer bem as experiências reais e de pesquisas aplicadas sobre o tema é condição necessária para geração de bons resultados na área.

Princípio VIII: Menos pesquisas de caixa-preta, mais abertura de dados

Há importantes avanços no esforço de evitar a desproporcional publicação de resultados positivos, que omitem intencionalmente os resultados negativos (Warren, 2018). O que limita o entendimento sobre caminhos de pesquisa que poderiam ser evitados e o *p-hacking* (alterar a pergunta originalmente pensada com base nos resultados obtidos). Nesse sentido, relevantes revistas já exigem não só o pré-registro da pesquisa, mas, também, que os dados brutos coletados estejam à disposição da comunidade, independentemente dos resultados. Ou seja, a busca constante por refinar o esforço científico comprometido com a diminuição de resultados que são apenas artefatos do desenho de pesquisa ou da forma de apresentação dos resultados.

O pré-registro de pesquisas é uma realidade na área médica e farmacológica, mas a racionalidade de tal prática não se limita à esses dois campos (i.e. <https://cos.io/prereg>). Há inclusive registro dessa discussão em diversas outras áreas, como: bem-estar animal; mudanças climáticas; criminologia; eficiência energética; neurociências e robótica (Zee & Reich, 2018). Cris Graf¹⁵ sumariza bem a utilidade do processo de pré-registro para o conhecimento científico, uma vez que tal prática permite fazer a distinção mais clara entre a pesquisa confirmatória e a pesquisa exploratória. Segundo ele, a pesquisa confirmatória testa uma predição específica. Enquanto a pesquisa exploratória procura algo não previsível. Graf reconhece que as duas abordagens são necessárias para o avanço do conhecimento. Contudo, ele alerta que, ao usar as ferramentas disponíveis para teste de hipóteses confirmatórias para relatar resultados preliminares exploratórios, a pesquisa torna-se mais publicável, mas perde-se a credibilidade.

¹⁴ <http://www.cieb.net.br/evidencias/revisoes>

¹⁵ <https://www.wiley.com/network/researchers/being-a-peer-reviewer/8-answers-about-registered-reports-research-preregistration-and-why-both-are-important>

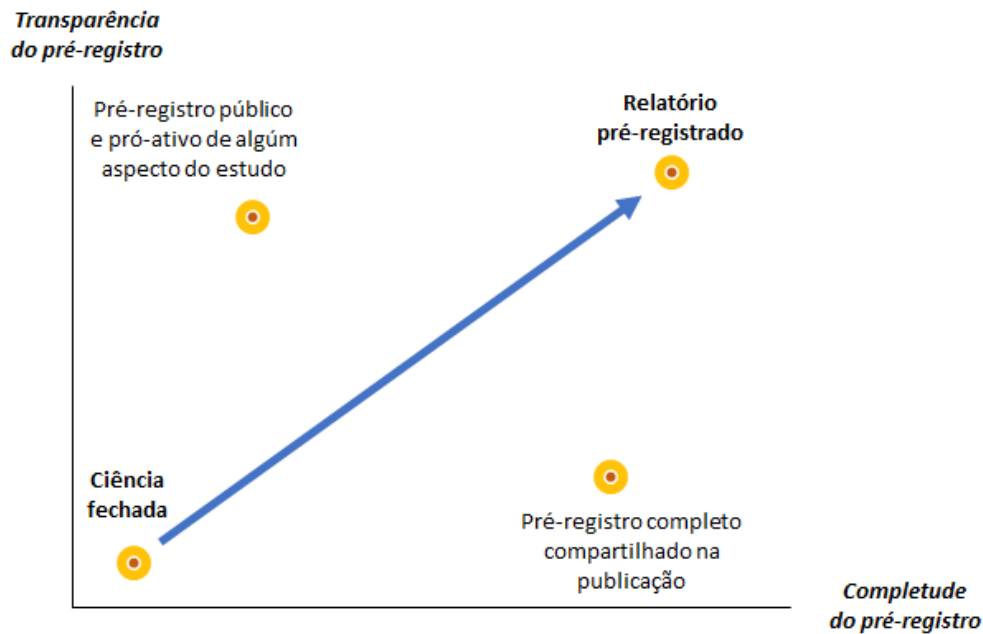


Figure 4.7. Formas de pré-registro de pesquisa (adaptado de van der Zee & Reich (2018)).

Alguns projetos tentam alavancar a adoção da prática de pré-registro, especialmente valendo-se da redução de custos propiciada pelo crescimento da oferta de armazenamento digital e da presença pervasiva da internet. Um primeiro esforço são as diversas revistas¹⁶ que, provisoriamente, pré-aceitam protocolos de estudo de propostas que são considerados metodologicamente consistentes e que abordam uma questões relevantes ou desafiadoras para uma dada área de pesquisa. Dentre esses projetos destaca-se o *Center for Open Science* (<https://cos.io/>), um hub gratuito e open-source de serviços e informações sobre dados abertos conectados (Isotani & Bittencourt, 2018), pré-registro e versionamento de projetos e pesquisas.

Princípio X: Menos nós, mais todos nós

Em nosso manifesto (Bittencourt & Isotani, 2018), abrimos espaço para que os leitores manifestassem sua opinião enviando comentários, sugestões e críticas¹⁷. Abaixo disponibilizamos algumas das opiniões recebidas que podem contribuir para o debate e o fortalecimento do conceito de IE baseada em evidências:

Opiniões sobre os princípios presentes no manifesto

- *“O artigo é excelente! Parabéns aos autores pelo altruísmo demonstrado ao reunirem de forma tão científica, didática e humana os principais desafios da área da IE. Confesso que foi desafiador e instigante (e até mesmo constrangedor) reconhecer em minha atuação acadêmica algumas das práticas ali questionadas! Sempre me preocupo em atender a todos os princípios citados, mas reconheço*

¹⁶ [Open Journals](https://cos.io/rr/) (<https://cos.io/rr/>) - <http://tiny.cc/jnuycz>

¹⁷ <http://www.icmc.usp.br/e/1421e>

que preciso melhorar minha abordagem metodológica na maioria dos casos... O artigo cumpre o importante (e inédito) papel de alertar a comunidade envolvida com a IE quanto à necessidade de incorporarmos estes princípios nas pesquisas em IE o quanto antes. Todos os princípios são igualmente importantes e impactantes, e sinalizam várias lacunas a serem enfrentadas por toda a comunidade da IE. Penso que falta-nos maiores aportes em termos de formação que esclareçam as questões centrais que sustentam cada um destes princípios. Como profissionais da IE cumpre-nos viabilizar soluções educacionais, naturalmente perpassadas de tecnologia e rigor científico, que visem este problema de pesquisa.”

- *“Concordo no geral com os princípios expostos no artigo. A base de qualquer ciência é o questionamento.”*
- *“O artigo trás a tona várias situações críticas existentes no nosso sistema acadêmico. Instiga a reflexão e auto-reflexão. Em relação ao exercício, é evidente que a pergunta é feita por pesquisadores com vínculo efetivo. Na perspectiva de um estudante de pós-graduação, é necessário jogar o jogo do sistema. Como não pensar em quantos artigos devo publicar se, para ser aprovado e bem colocado em seleções(bolsa R\$), este é um dos critérios de maior peso (quantidade, qualis, quantidade, qualis).”*
- *“Achei extremamente pertinente. A análise que foi feita de fato corrobora com o que encontramos na IE atualmente. Desde o meu tempo de graduação (2009-2014), até hoje percebo uma certa falta de sincronia entre os stakeholders desse campo, ou seja, muitos 'eu fiz' pra poucos "nós fizemos".”*
- *“Sou caloura no mestrado de informática e educação e pra mim é de total relevância todos os questionamentos para que a nossa comunidade possa crescer de maneira consistente e para que obtenhamos um verdadeiro impacto social, vamos mudar a educação!”*

Sugestões de melhoria:

- *“Princípio V, Não seria exatamente "melhorar" este princípio, antes sim, sugerir que fossem reunidos em um portal ou site, os principais instrumentos validados que possam favorecer as pesquisas em IE.”*
- *“Eu adicionaria lugares que podemos seguir para buscar grandes referências, indicações de congressos (incluindo uma listagem acessível por localidade).”*
- *“Não sugiro um princípio novo, mas uma questão importante a ser colocado é: o que leva os pesquisadores da área trabalharem mais isoladamente? Penso que as condições de trabalho e os critérios adotados pela CAPES/CNPq em alguma medida contribuem para isso. Não seria interesse propormos mais projetos de pesquisa que envolvam pesquisadores de diferentes instituições como forma de evitar o isolamento?”*

- *“Não sei se seria entre o 6 e o 7, mas acho importante que jogos, softwares e métodos, criados e "validados" em projetos de pesquisa tenham como principal meta ser usados após o fim da pesquisa e sigam sendo usados e melhorados em pesquisas subsequentes. Não faz mais sentido pesquisas que constroem e reconstróem jogos similares aos que já existem, ao invés de melhorá-los. O fato é que é mais "simples" começar do zero que entender o código do outro, mas isso nos condena a sempre ter pesquisas rasas.”*

Críticas construtivas:

- *“Princípio II. Penso que estudo independente seja um pouco diferente de estudo baseado no estado da arte. Pois estado da arte pressupõe-se seguir uma linha já traçada. Às vezes é importante fazer coisas em direção completamente diferente para que se tenha quebra de paradigmas. No entanto, isso não significa fazer pesquisa isolada ou mesmo desconsiderando aquilo que existe de mais avançado dentro da área.”*
- *“O princípio III está um tanto obscuro, no último parágrafo faz um passeio por um leque extremamente amplo de teorias e conceitos construídas ao longo da história da filosofia, que um leitor iniciante (que parece ser uma parte importante do público ao qual esse artigo se destina) não irá compreender ou conseguir se situar. Talvez inserir referências bibliográficas ou notas explicativas no parágrafo para que o leitor possa entender cada uma delas seja interessante como recurso didático.”*
- *“Não compreendi bem o princípio VII - talvez por ser iniciante na área e não conhecer o trabalho do pesquisador citado... penso que pesquisas de longo prazo são importantes, porém para que existam, é necessário haver um grupo constituído para que ela não se interrompa, ou seja, acho que o princípio é relevante, mas a execução vai além do pesquisador, passando pela própria instituição e financiamentos de longo prazo.”*
- *“Princípio VIII - importante, mas potencialmente problemático pois pode esbarrar na questão de privacidade dos sujeitos estudados, é preciso criar ferramentas para que isso possa ocorrer de fato dentro de parâmetros éticos. O link ajuda muito a entender como isso pode ser feito.”*
- *“A parte dos "hypes" [princípio VII], acho que escrever da maneira breve sobre eles pode desmotivar novos pesquisadores por acharem que isto é efêmero. Exemplo: uma orientanda chegou frustrada após ter lido o artigo e ver que "gamificação" não vale a pena por ser um hype. Claro que, pelo que entendi, é que vocês indicaram que deve-se pensar a longo prazo nesse sentido, e não que, não é válido pesquisar novos campos "modinha”.”*
- *“Penso que a informática na educação poderia contribuir mais para aprendizagem de ciência da computação e Tecnologia da Informação (como infraestrutura de redes, cloud, frameworks, programação, java, javascript, bancos de dados nos novos paradigmas....). Penso que aproximar mais da tecnologia e áreas práticas seja necessário. Enfim, penso que apoiar a formação*

de Profissionais para nossa área seja o benefício mais importante [...] Acho que deveria ter uma responsabilidade maior com o (estudante/pesquisador em formação) para com suas possibilidades de atuação após conclusão do curso, pois muitas das vezes muito esforço é feito para resultados mínimos e dificuldades de ascensão profissional, seja na academia seja no mercado.”

4.4. Conclusão

A mudança de paradigma sempre gera críticas, insegurança e ceticismo. Com a proposta de se trabalhar o conceito de IE baseada em evidências, não será diferente. Uma das possíveis críticas pode estar relacionada com as eventuais limitações técnicas dos processos de produção de evidências (quantitativas ou qualitativas) e sistematização dos resultados ao longo do tempo. Essa crítica, apesar de válida, não está fundamentada nos avanços teóricos e metodológicos das diversas áreas do conhecimento que cada vez mais produzem, utilizam e sistematizam dados e resultados para entender melhor um fenômeno e suas implicações. Em particular, avanços significativos foram obtidos nos processos de revisão de literatura, como pode ser visto na proposta de Gough e Thomas (2016) e Cooper (2016).

Alguns colegas podem levantar o problema da insegurança em produzir evidências de qualidade devido às mudanças nas práticas de pesquisa atualmente utilizadas, aos altos custos envolvidos e o tempo demasiadamente longo para conseguir resultados. De fato, gerar evidências de qualidade é um grande desafio. Contudo, será que com métodos e processos bem definidos, instrumentos validados e objetivos claros para condução de pesquisas, todos esses desafios não seriam superados?

Acreditamos que caso a comunidade consiga definir e disseminar métodos de pesquisa em IE baseada em evidência seria possível sanar esta insegurança. Além disso, ao focar na produção de evidências de qualidade valoriza-se também a área e aumentamos seu impacto social. No caso da informática na educação, isso significa que os resultados gerados pela comunidade poderão transformar a vida de alunos, professores e gestores que estão sempre em busca de formas mais eficazes de aprender e ensinar.

Referências

- Ball, S. J. (2017). *The education debate* (Edição: 3). Policy Press.
- Appelbaum, M., Cooper, H., Kline, R. B., Mayo-Wilson, E., Nezu, Al. M., & Rao, S. M. (2018). Journal Article Reporting Standards for Quantitative Research in Psychology: The APA Publications and Communications Board Task Force Report. *American Psychological Association*. 2018, Vol. 73, No. 1, 3–25. <http://dx.doi.org/10.1037/amp0000191>
- Barth, M., & Thomas, I. (2012). Synthesising case-study research – ready for the next step? *Environmental Education Research*, 18(6), 751–764. <https://doi.org/10.1080/13504622.2012.665849>
- Bigby, M. (2001). Challenges to the Hierarchy of Evidence: Does the Emperor Have No Clothes? *Archives of Dermatology*, 137(3), 345–346. <https://doi.org/10-1001/pubs.Arch Dermatol.-ISSN-0003-987x-137-3-drc00008>
- Bittencourt, I. I., & Isotani, S. (2018). Informática na Educação baseada em Evidências: Um Manifesto. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 26(3), 108. <https://doi.org/10.5753/rbie.2018.26.03.108>

- Borges, V. A., Nogueira, B. M., & Barbosa, E. F. (2015). Uma análise exploratória de tópicos de pesquisa emergentes em Informática na Educação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 23(01), 85. <https://doi.org/10.5753/rbie.2015.23.01.85>
- Borman, G. D., Hewes, G. M., Overman, L. T., & Brown, S. (2003). Comprehensive School Reform and Achievement: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 73(2), 125–230. <https://doi.org/10.3102/00346543073002125>
- Borsa, J. C., Damásio, B. F., & Bandeira, D. R. (2012). Adaptação e validação de instrumentos psicológicos entre culturas: Algumas considerações. *Paidéia (Ribeirão Preto)*, 22(53), 423–432. <https://doi.org/10.1590/S0103-863X2012000300014>
- Burns, P. B., Rohrich, R. J., & Chung, K. C. (2011). The Levels of Evidence and Their Role in Evidence-Based Medicine: *Plastic and Reconstructive Surgery*, 128(1), 305–310. <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e318219c171>
- Chalmers, I. (2003). Trying to do more Good than Harm in Policy and Practice: The Role of Rigorous, Transparent, Up-to-Date Evaluations. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 589(1), 22–40. <https://doi.org/10.1177/0002716203254762>
- Chalmers, I. (2005). If evidence-informed policy works in practice, does it matter if it doesn't work in theory? *Evidence & Policy: A Journal of Research, Debate and Practice*, 1(2), 227–242. <https://doi.org/10.1332/1744264053730806>
- Chatterji, M. (2008). Comments on Slavin: Synthesizing Evidence From Impact Evaluations in Education to Inform Action. *Educational Researcher*, 37(1), 23–26. <https://doi.org/10.3102/0013189X08314287>
- Choudhry, N. K., Fletcher, R. H., & Soumerai, S. B. (2005). Systematic Review: The Relationship between Clinical Experience and Quality of Health Care. *Annals of Internal Medicine*, 142(4), 260. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-142-4-200502150-00008>
- Clement, P. (2013). Practice-based evidence: 45 years of psychotherapy's effectiveness in a private practice. *American Journal of Psychotherapy*, 67(1), 23–46. <https://doi.org/10.1176/appi.psychotherapy.2013.67.1.23>
- Cook, B. G., Smith, G. J., & Tankersley, M. (2012). Evidence-based practices in education. In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, C. B. McCormick, G. M. Sinatra, & J. Sweller (Orgs.), *APA educational psychology handbook, Vol 1: Theories, constructs, and critical issues*. (p. 495–527). <https://doi.org/10.1037/13273-017>
- Cook, T., & Gorard, S. (2007). What Counts and What Should Count as Evidence. In OECD, *Evidence in Education: Linking Research and Policy*. <https://doi.org/10.1787/9789264033672-en>
- Cooper, H. (2016). *Research Synthesis and Meta-Analysis: A Step-by-Step Approach* (Fifth edition). Los Angeles: SAGE Publications, Inc.
- Cromwell, H. C., & Panksepp, J. (2011). Rethinking the cognitive revolution from a neural perspective: How overuse/misuse of the term 'cognition' and the neglect of affective controls in behavioral neuroscience could be delaying progress in understanding the BrainMind. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(9), 2026–2035. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.02.008>

- Davies, P. (1999). What is Evidence-based Education? *British Journal of Educational Studies*, 47(2), 108–121. <https://doi.org/10.1111/1467-8527.00106>
- Detroz, J. P., Hinz, M., & Hounsell, M. da S. (2015). Uso de Pesquisa Bibliográfica em Informática na Educação: Um Mapeamento Sistemático. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 23(01), 28. <https://doi.org/10.5753/rbie.2015.23.01.28>
- Donahoe, J. W., & Palmer, D. C. (1993). *Learning and Complex Behavior* (1 edition). Boston: Allyn & Bacon.
- Flay, B. R., Biglan, A., Boruch, R. F., Castro, F. G., Gottfredson, D., Kellam, S., ... Ji, P. (2005). Standards of Evidence: Criteria for Efficacy, Effectiveness and Dissemination. *Prevention Science*, 6(3), 151–175. <https://doi.org/10.1007/s11121-005-5553-y>
- Gough, D., & Thomas, J. (2016). Systematic reviews of research in education: Aims, myths and multiple methods. *Review of Education*, 4(1), 84–102. <https://doi.org/10.1002/rev3.3068>
- Greenhalgh, T., & Worrall, J. G. (1997). From EBM to CSM: The evolution of context-sensitive medicine. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 3(2), 105–108. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2753.1997.00096.x>
- Hammersley, M. (1997). Educational Research and Teaching: A response to David Hargreaves' TTA lecture. *British Educational Research Journal*, 23(2), 141–161. <https://doi.org/10.1080/0141192970230203>
- Hargreaves, A. (1996). Revisiting Voice. *Educational Researcher*, 25(1), 12–19. <https://doi.org/10.3102/0013189X025001012>
- Hargreaves, D. H. (1997). In Defence of Research for Evidence-based Teaching: A rejoinder to Martyn Hammersley. *British Educational Research Journal*, 23(4), 405–419. <https://doi.org/10.1080/0141192970230402>
- Hay, M. C., Weisner, T. S., Subramanian, S., Duan, N., Niedzinski, E. J., & Kravitz, R. L. (2008). Harnessing experience: Exploring the gap between evidence-based medicine and clinical practice. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 14(5), 707–713. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2753.2008.01009.x>
- Heyvaert, M., Maes, B., & Onghena, P. (2013). Mixed methods research synthesis: Definition, framework, and potential. *Quality & Quantity*, 47(2), 659–676. <https://doi.org/10.1007/s11135-011-9538-6>
- Heyvaert, Mieke, & Onghena, P. (2014). Randomization tests for single-case experiments: State of the art, state of the science, and state of the application. *Journal of Contextual Behavioral Science*, 3(1), 51–64. <https://doi.org/10.1016/j.jcbs.2013.10.002>
- Hutz, C. S., Bandeira, D. R., & Trentini, C. M. (2015). *Psicometria* (Edição: 1). Artmed.
- Kirschner, P. A. (2017). Stop propagating the learning styles myth. *Computers & Education*, 106, 166–171. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.006>
- Kirschner, P. A. & van-Merrinboer, J. J. G. (2013) Do Learners Really Know Best? Urban Legends in Education, *Educational Psychologist*, 48:3, 169-183. <https://doi.org/10.1080/00461520.2013.804395>
- Kvernbekk, T. (2016). *Evidence-based practice in education: Functions of evidence and causal presuppositions*. London ; New York: Routledge, Taylor & Francis Group.

- Levitt, H. M., Bamberg, M., Creswell, J. W., Frost, D. M., Josselson, R., & Suárez-Orozco, C. (2018). Journal Article Reporting Standards for Qualitative Primary, Qualitative Meta-Analytic, and Mixed Methods Research in Psychology: The APA Publications and Communications Board Task Force Report. *American Psychological Association*. Vol. 73, No. 1, 26 – 46. <http://dx.doi.org/10.1037/amp0000151>.
- Major, C. H., & Savin-Baden, M. (2011). Integration of qualitative evidence: Towards construction of academic knowledge in social science and professional fields. *Qualitative Research*, 11(6), 645–663. <https://doi.org/10.1177/1468794111413367>
- McGuinness, D. (2006). *Early reading instruction: What science really tells us about how to teach reading*. Cambridge, Mass.; London: MIT.
- Nandagopal, K., & Ericsson, K. A. (2012). Enhancing students' performance in traditional education: Implications from the expert performance approach and deliberate practice. In *APA educational psychology handbook, Vol 1: Theories, constructs, and critical issues* (p. 257–293). <https://doi.org/10.1037/13273-010>
- National Early Literacy Panel. (2008). Executive Summary: Developing early literacy: Report of the National Early Literacy Panel. Washington, DC: National Institute for Literacy. Available at <http://lincs.ed.gov/publications/pdf/NELPSummary.pdf>.
- Newton, P. M. (2015). The Learning Styles Myth is Thriving in Higher Education. *Educational Psychology*, 1908. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01908>
- Oancea, A., & Pring, R. (2008). The Importance of Being Thorough: On Systematic Accumulations of 'What Works' in Education Research. *Journal of Philosophy of Education*, 42(s1), 15–39. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9752.2008.00633.x>
- Paget, C. L., Malmberg, L.-E., & Martelli, D. R. (2016). Brazilian national assessment data and educational policy: An empirical illustration. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 23(1), 98–125. <https://doi.org/10.1080/0969594X.2015.1113929>
- Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2008). Learning Styles Concepts and Evidence. *Psychological Science in the Public Interest*, 9(3), 105–119. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6053.2009.01038.x>
- Pasquali, L. (2011). *Psicometria: Teoria dos testes na psicologia e na educação* (Edição: 4ª). Petrópolis: Editora Vozes.
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2003). Evidence, hierarchies, and typologies: Horses for courses. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57(7), 527–529. <https://doi.org/10.1136/jech.57.7.527>
- Posada, J. E. G., Buchdid, S. B., Cecilia, M., & Baranauskas, C. C. (2016). *A informática na educação: O que revelam os trabalhos publicados no Brasil* *Informatics in education: what the works published in Brazil reveal*. <https://doi.org/10.5753/rbie.2016.24.1.142>
- Rousseau, D. M., & Gunia, B. C. (2016). Evidence-Based Practice: The Psychology of EBP Implementation. *Annual Review of Psychology*, 67(1), 667–692. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-122414-033336>
- Sackett, D. L. (Org.). (2001). *Evidence-based medicine: How to practice and teach EBM* (2nd ed., reprinted). Edinburgh: Churchill Livingstone.

- Safford, H., & Brown, A. (2019). Communicating science to policymakers: Six strategies for success. *Nature*, 572, 681–682. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-02372-3>
- Slavin, R. E. (2002). Evidence-Based Education Policies: Transforming Educational Practice and Research. *Educational Researcher*, 31(7), 15–21. <https://doi.org/10.3102/0013189X031007015>
- Slavin, R. E. (2008a). Evidence-Based Reform in Education: Which Evidence Counts? *Educational Researcher*, 37(1), 47–50. Recuperado de JSTOR.
- Slavin, R. E. (2008b). What works? Issues in synthesizing educational program evaluations. *Educational Researcher*, 37(1).
- Stigler, J. W., & Miller, K. F. (2018). Expertise and expert performance in teaching. In K. A. Ericsson, R. R. Hoffman, A. Kozbelt, & A. M. Williams (Orgs.), *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance* (2 edition). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Symons, J. (Org.). (2011). *The Routledge Companion to Philosophy of Psychology* (1 edition). London ; New York: Routledge.
- Thomas, G., & Pring, R. (2004). Evidence-based practice in Education (1 edition). McGraw-Hill, New York. 257pp
- Urbina, S. (2009). *Fundamentos da testagem psicológica*. Artmed Editora.
- van der Zee, T., & Reich, J. (2018). Open Education Science. *AERA Open*, 4(3), 233285841878746. <https://doi.org/10.1177/2332858418787466>
- Warren, M. (2018). First analysis of ‘pre-registered’ studies shows sharp rise in null findings. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-07118-1>