

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE CONTABILIDADE E ATUÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONTROLADORIA E CONTABILIDADE

FRAMEWORK PARA SISTEMA TUTOR ADAPTATIVO AO RACIOCÍNIO
CRÍTICO EM CONTABILIDADE - STARCC

Marcelo Cunha de Souza

Orientador: Prof. Dr. Edgard Bruno Cornacchione Junior

SÃO PAULO

2019

Prof. Dr. Vahan Agopyan
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Fábio Frezatti
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Valmor Slomski
Chefe do Departamento de Contabilidade e Atuária

Prof. Dr. Lucas Ayres Barreira de Campos Barros
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade

MARCELO CUNHA DE SOUZA

**FRAMEWORK PARA SISTEMA TUTOR ADAPTATIVO AO RACIOCÍNIO
CRÍTICO EM CONTABILIDADE - STARCC**

Versão Original

Tese apresentada ao Departamento de Contabilidade e Atuária da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Edgard Bruno Cornacchione Junior

SÃO PAULO

2019

Ficha catalográfica
Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA
com os dados inseridos pelo(a) autor(a)

Souza, Marcelo Cunha de.
FRAMEWORK PARA SISTEMA TUTOR ADAPTATIVO AO
RACIOCÍNIO CRÍTICO EM CONTABILIDADE - STARCC / Marcelo Cunha
de Souza. - São Paulo, 2019.
164 p.

Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, 2019.
Orientador: Edgard Bruno Cornacchione Junior.

1. Contabilidade. 2. Raciocínio Crítico. 3. Sistemas Tutores Inteligentes Adaptativos. 4. Modelos de Predição. 5. Inteligência Artificial. I. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. II. Título.

Dedico essa obra a minha amada esposa, Ana, e a nossa querida filha, Alice, fontes de toda minha inspiração e alegria.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa, Ana Souza, por todo o apoio, carinho, paciência e, principalmente, por todos os cuidados com nossa filha Alice, durante minhas longas ausências para a realização deste trabalho. Sem seu apoio e compreensão esta pesquisa certamente não teria existido.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Edgard Cornacchione, um especial agradecimento por ter possibilitado minhas enriquecedoras experiências no processo de ensino e aprendizagem junto às disciplinas do curso de Graduação. Adicionalmente gostaria de registrar meu muito obrigado pela paciência, pela orientação e principalmente pelo auxílio na condução desse projeto. Sem sua orientação, este projeto não teria se concretizado.

Agradeço a minha mãe, Marlene Esteves, e ao meu pai, José Cunha de Souza, por todos os valores e ensinamentos, a mim transmitidos, guiando meus passos até aqui. Agradeço ainda aos meus sogros, José Teixeira da Cruz (*in memoriam*) e Maria Solange Santos Teixeira da Cruz, pelo especial apoio durante todos esses meses. A toda minha família, muito obrigado!

Agradeço ao meu querido amigo Paulo Soares pelas longas conversas motivacionais e por todo apoio nessa jornada. A você um muito obrigado por participar desse processo.

Agradeço também a Universidade de São Paulo, ao Departamento de Contabilidade e Atuária, e a FIPECAFI pelo apoio institucional que propiciaram a condução desse trabalho.

RESUMO

Souza, M. C. (2018). Framework para Sistema Tutor Adaptativo ao Raciocínio Crítico em Contabilidade – STARCC. Tese de Doutorado, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.

O desenvolvimento de habilidades cognitivas de análise, síntese e avaliação, diretamente ligadas à capacidade de raciocínio crítico, constitui um importante objetivo do processo educacional, há décadas a educação contábil é criticada pela deficiência de seus egressos na aquisição e no uso dessas habilidades. Algumas críticas estão diretamente relacionadas ao conteúdo tecnicista da formação (currículo), outras se referem à metodologia aplicada nas salas de aula (pedagogia). O cenário atual, de avanços tecnológicos, cria um ambiente de constantes mudanças a profissão contábil, sendo necessário que haja mudanças na forma e no conteúdo dos cursos para acompanhar essas mudanças. O corpo de doutores e pesquisadores em Contabilidade, não é suficiente para protagonizar essa mudança, e o uso de tecnologias podem auxiliar. Diante desse cenário o presente estudo buscou identificar em que medida os sistemas tutores adaptativos auxiliam o estudante de Contabilidade no desenvolvimento das habilidades de raciocínio crítico, propondo um framework para desenvolvimento de Sistemas Tutores Adaptativos ao Raciocínio Crítico em Contabilidade (STARCC). Como resultado o presente estudo desenvolveu um método de classificação do nível de raciocínio crítico em estudantes da disciplina de História da Contabilidade, com base nos *logs* de acesso do sistema de apoio ao ensino; do processamento da linguagem natural dos textos produzidos para a disciplina; e no índice Flesch–Kincaid de legibilidade dos materiais produzidos. Análises demonstram que o modelo classifica os estudantes com acurácia de 86,20% em relação ao processo realizado por um professor. Entretanto os resultados precisam ser analisados com cuidado, dado que o modelo deve ser testado e melhorado em outras disciplinas e, em outro conjunto de dados, para que possa ser fonte confiável de classificação do nível de raciocínio crítico dos estudantes. Como sugestão de pesquisas futuras pode-se comparar os resultados do modelo de classificação, baseado em inteligência artificial, dessa pesquisa com os resultados de testes consagrados pela literatura, como por exemplo o *California Critical*

Thinking Skills Test (CCTST); o *Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test (EWCTET)*. O framework STARCC, mostrou-se útil para elaboração de sistemas de apoio ao processo de ensino e aprendizagem no curso de História da Contabilidade e pesquisas futuras devem submetê-lo a testes em relação a atributos como: facilidade, utilidade e custo benefício em utilizá-lo.

Palavras-chaves: Contabilidade, Raciocínio Crítico, Sistemas Tutores Inteligentes Adaptativos, Modelos de Predição, Inteligência Artificial.

ABSTRACT

Souza, M. C. (2018). Framework for Adaptive Tutoring System for Critical Thinking in Accounting - STARCC. Tese de Doutorado, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.

The development of cognitive abilities of analysis, synthesis and, evaluation, directly linked to the capacity for critical thinking, is an important objective of the educational process, for decades accounting education has been criticized for the deficiency of its graduates in the acquisition and use of these skills. Some criticisms are directly related to the technical content of the training (curriculum), others refer to the methodology applied in classrooms (pedagogy). The current scenario, of technological advances, creates an environment of constant changes in the accounting profession, being necessary that there are changes in the form and the content of the courses to follow these changes. The body doctors and researchers in Accounting are not enough to star in this change, and the use of technologies can help. Given this scenario, the present study sought to identify the extent to which adaptive tutors systems help the Accounting student in the development of critical reasoning skills, proposing a framework for the development of Adaptive Tutoring Systems for Critical Thinking in Accounting (STARCC). As a result the present study developed a method of classifying the level of critical reasoning in students of the discipline of Accounting History, based on the access logs of the teaching support system; of the processing of the natural language of the texts produced for the discipline; and the Flesch-Kincaid Index of readability of the materials produced. Analyzes show that the model classifies the students with an accuracy of 86.20% in relation to the process performed by a teacher. However, the results need to be carefully analyzed, since the model must be tested and improved in other disciplines and in another set of data so that it can be a reliable source of classification for students' critical reasoning level. As a suggestion of future research, it is possible to compare the results of the artificial intelligence-based classification model of this research with the results of tests established in the literature, such as the California Critical Thinking Skills Test (CCTST); the Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test (EWCTET). The STARCC framework has proved to be useful for the elaboration of support systems for the teaching and learning process in

the course of Accounting History and future research should subject it to tests in relation to attributes such as ease, utility and cost benefit.

Keywords: Accounting, Critical Thinking, Adaptive Intelligent Tutors Systems, Prediction Models, Artificial Intelligence.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	PROBLEMÁTICA ABORDADA.....	13
1.2	QUESTÃO DE PESQUISA	14
1.3	OBJETIVO DO ESTUDO	14
1.4	TESE	15
1.5	JUSTIFICATIVA	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO:	19
2.1	APRENDIZAGEM COMO TRANSFORMAÇÃO	19
2.2	AVALIAÇÃO DO APRENDIZADO	20
2.3	RACIOCÍNIO CRÍTICO	22
2.3.1	Definições de raciocínio crítico	22
2.3.2	Raciocínio crítico e o processo educacional.....	28
2.3.3	Estudos anteriores: modelos, frameworks e intervenções	30
2.4	SISTEMAS ADAPTATIVOS	46
2.4.1	Instrução Assistida por Computadores (IAC)	46
2.4.2	Sistemas Tutores Inteligentes (STI)	52
2.4.3	Sistemas Tutores Inteligentes Adaptativos (STIA)	59
2.5	TEORIA DO ESPAÇO DO CONHECIMENTO	68
2.5.1	Relação de precedência	69
2.5.2	Estado do conhecimento.....	69
2.5.3	Estruturas do Conhecimento.....	71
2.5.4	Learning Paths	71
2.5.5	Fronteira interna e Fronteira externa	73
3	MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO STARCC	77
3.1	A NECESSIDADE DE UM FRAMEWORK	77

3.2	FRAMEWORK PARA SISTEMA TUTOR ADAPTATIVO AO RACIOCÍNIO CRÍTICO EM CONTABILIDADE – STARCC	79
3.3	Definições e Operacionalizações do framework STARCC	80
3.3.1	Raciocínio Crítico.....	81
3.3.2	Currículo de Contabilidade.....	83
3.3.3	Teoria do Espaço do Conhecimento	85
3.3.4	Sistema Tutor Inteligente Adaptativo.....	86
3.3.5	Aprendizagem de Domínio.....	87
3.3.6	Framework em três camadas	89
3.4	PROTÓTIPO STARCC – <i>CHATBOT</i> DE HISTÓRIA DA CONTABILIDADE.....	90
3.4.1	Disciplina de História da Contabilidade.....	91
3.4.2	Espaço do Conhecimento do curso de História da Contabilidade.....	92
3.4.3	Classificação do Raciocínio Crítico em História da Contabilidade	96
3.4.4	Protótipo do <i>ChatBot</i>	101
3.5	Análises dos Estudantes de História da Contabilidade.....	103
4	ANÁLISES DOS RESULTADOS	105
4.1	Perfil dos egressos da disciplina de História da Contabilidade	105
4.2	Modelo Classificador do nível de Raciocínio Crítico.....	106
4.3	Classificação do nível de Raciocínio Crítico dos estudantes de História da Contabilidade.....	109
4.4	O protótipo de um <i>chatbot</i> desenvolvido com base no framework STARCC.....	110
5	CONCLUSÃO	115
5.1	CONTRIBUIÇÕES	122
5.2	LIMITAÇÕES	122
5.3	SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS.....	123
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
7	APÊNDICES.....	149
7.1	A - PROGRAMA DA DISCIPLINA DE HISTÓRIA DA CONTABILIDADE	149

7.2	B – CÓDIGO DO MODELO CLASSIFICADOR.....	157
8	NOTAS.....	159

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de habilidades cognitivas de análise, síntese e avaliação, diretamente ligadas à capacidade de raciocínio crítico, constitui um importante objetivo do processo educacional (D'Angelo, 1970; Kurfiss, 1988; Walters, 1991; Kuhn, 1999; Willingham, 2008; Abrami et al., 2008; Wilkin, 2017; Bloom, 1956; Facione, 1990). Há décadas a educação contábil é criticada pela deficiência de seus egressos na aquisição e no uso dessas habilidades (Dosch & Wambsganss, 2006). Algumas críticas estão diretamente relacionadas ao conteúdo tecnicista da formação (currículo), outras se referem à metodologia aplicada nas salas de aula (pedagogia). Na visão dos críticos, a educação contábil não está preparando adequadamente os estudantes para os desafios da profissão (Bandy, 1990; Albrecht & Sack, 2000; Dosch & Wambsganss, 2006). Em 1984, o *American Accounting Association's Committee on the Future Structure, Content, and Scope of Accounting Education* ocupou-se da missão de pensar a profissão contábil para o futuro. Como resultado, em 1986, o comitê publicou o “*Bedford Report*”, um relatório com sua visão sobre o ensino de Contabilidade. Esse relatório menciona que “o conteúdo básico da maioria dos programas educacionais de contabilidade universitária permaneceu relativamente inalterado por muitos anos e ainda não se adaptou completamente ao escopo variável da prática contábil”¹ (Bedford Committee, 1986, p. 8). Em 1989, os executivos das oito maiores empresas mundiais de auditoria publicaram um *white paper* onde demonstram sua preocupação em relação à quantidade e qualidade dos egressos dos cursos de Contabilidade (May, Windal & Sylvestre, 1995). Essas publicações não foram as primeiras críticas à educação contábil, porém, devido à sua origem, causaram grande impacto nas publicações acadêmicas da área. Nos anos seguintes, diversas pesquisas e artigos foram publicados sobre a necessidade de mudanças no foco e na forma da educação contábil, dentro e fora da sala de aula. Bandy (1990), ao analisar o cenário da profissão contábil, afirma que “espera-se que os contadores tenham mais conhecimento e lidem com situações mais complexas, devendo aprender a exercitar o julgamento profissional em dificuldades e situações de mudança”² (p.12). O autor critica o ensino puramente tecnicista, focado em normas, cobrando uma nova postura dentro das escolas, pois “o objetivo das aulas de contabilidade não é ensinar contabilidade, e sim ensinar os alunos a serem contadores”³ (Bandy, 1990, p. 82). May, Windal e Sylvestre (1995) enxergam essa problemática pela ótica do docente, que é o responsável, segundo eles, por implementar as reais mudanças no dia a dia das instituições. Em seu trabalho, os autores concluem que:

Está claro que os docentes de contabilidade como um todo concordam que há necessidade de alguma mudança no currículo e nas estruturas de compensação do corpo docente, as mudanças específicas necessárias não podem ser definidas ou trazidas de forma rápida e harmoniosa sem mais discussão e compromisso entre os vários grupos docentes que serão responsáveis pela implementação⁴ (p. 41).

Albrecht & Sack (2000), em uma pesquisa conduzida pela *American Accounting Association* apontam que: “O número e a qualidade dos estudantes que escolhem se especializar em contabilidade está diminuindo rapidamente [...] os líderes contábeis e os contadores estão nos dizendo que a educação contábil, como atualmente estruturada, está desatualizada, fragmentada e precisa ser modificada significativamente”⁵ (p. 1), demonstrando a preocupação dos autores em relação à própria continuidade da profissão.

Quando nos remetemos ao cenário brasileiro, observamos um aumento significativo no número de estudantes e instituições de ensino superior nas últimas décadas. Em 2017, o país contava com 1.370 cursos de bacharelado em Ciências Contábeis. Naquele ano, foram 362.042^a estudantes matriculados, divididos de forma igualitária entre as modalidades presencial e EAD, no quarto curso mais procurado do país^b. No ano de 2016, o Conselho Federal de Contabilidade possuía 536.240^c contadores registrados, sendo 348.393 bacharéis. Esses números demonstram que o cenário brasileiro é distinto do cenário encontrado por Albrecht & Sack (2000) em relação à quantidade de estudantes em Contabilidade, entretanto as críticas e necessidade de mudanças no currículo e na pedagogia adotada estão alinhadas ao contexto norte-americano, demandando fortalecimento e valorização da profissão por meio do desenvolvimento das habilidades relacionadas ao raciocínio crítico (Passos, 2011). O ensino de Contabilidade, no Brasil, está enraizado em um ciclo de aprendizagem e aplicação dos ditames da legislação contábil e tributária (Carvalho & Salotti, 2012), de forma totalmente mecanizada, com preocupação tecnicista focada na resolução da equação de igualdade contábil, formalizada no século XV. Educadores e instituições demonstram preocupações sobre esse cenário e alertam para a necessidade de mudanças nas práticas de ensino. Carvalho e Salotti (2012) afirmam que “a adoção do IFRS representou uma verdadeira revolução na abordagem do Brasil à educação

^a Fonte: ENADE, 2017.

^b Fonte: ENADE, 2017.

^c Fonte: Conselho Federal de Contabilidade (disponível em: https://cfc.org.br/wp-content/uploads/2017/08/estatistico_2004a2016.pdf).

contábil”⁶ (p. 239). A adoção das normas internacionais de Contabilidade, os constantes avanços tecnológicos e as novas formas de financiamento dos negócios requerem um profissional com conhecimento técnico, visão estratégica e habilidades de raciocínio crítico para o desempenho de suas atividades profissionais (Passos, 2011).

Contudo, a quantidade de doutores em Contabilidade é muito escassa. Até o ano 2010 eram apenas 219 doutores em Contabilidade no Brasil (Soares & Pfitscher, 2013), o equivalente a 0,07% da quantidade de bacharéis habilitados no Conselho Federal de Contabilidade naquele ano. A expansão dos cursos de doutoramento na última década aumentou a oferta para a formação de pesquisadores, entretanto a quantidade ainda é muito pequena diante das necessidades brasileiras. Além disso, os cursos de doutoramento contam com pequena carga de preparação para a docência, apenas 36 horas em média, e para a formação tecnológica, 23 horas em média (Nganga, Botinha, Miranda & Leal, 2016). Existe uma concentração de pesquisas nas áreas tradicionais (*mainstream*), e a pesquisa em Educação Contábil não figura nessa área (Soares & Pfitscher, 2013; Nganga et al., 2016).

1.1 PROBLEMÁTICA ABORDADA

O cenário atual de avanço tecnológico apresenta uma séria ameaça para o presente e para o futuro da profissão contábil (Frey e Osborne, 2017). É necessário que haja mudanças profundas na forma (pedagogia) e no conteúdo (currículo) dos cursos de formação, com o propósito de fomentar o desenvolvimento das habilidades de raciocínio crítico demandadas pela sociedade moderna (Bedford Committee, 1986; Bandy, 1990; Kimmel, 1995; Albrecht & Sack, 2000; Dosch & Wambsganss, 2006; Passos, 2011; Carvalho & Salotti, 2012). O corpo docente, formado por doutores e pesquisadores em Contabilidade, não é suficiente para protagonizar essa mudança, de forma presencial, nos 1.370 cursos. Aproximadamente a metade dos 360 mil estudantes de Contabilidade está adquirindo seu conhecimento por meio do EAD, uma modalidade de ensino que permite a utilização de tecnologias digitais para desenvolvimento, em larga escala, das habilidades de raciocínio crítico necessárias ao futuro egresso (Cornachione et al., 2007; Morales, 2011; Passos, 2011). Entretanto, pesquisas demonstram que os doutores em Contabilidade possuem pouca carga instrucional de preparação para a docência e habilidades tecnológicas, o que pode dificultar o processo (Nganga et al., 2016).

1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

Diante do exposto, a questão de pesquisa que direciona o presente trabalho é: **em que medida os sistemas tutores adaptativos auxiliam o estudante de Contabilidade no desenvolvimento das habilidades de raciocínio crítico?**

1.3 OBJETIVO DO ESTUDO

Em busca de evidências que suportem esta pesquisa e permitam fundamentar uma resposta para a questão acima, o presente estudo **propõe um framework para desenvolvimento de Sistemas Tutores Adaptativos ao Raciocínio Crítico em Contabilidade (STARCC)**, objetivando o uso da inteligência artificial no processo instrucional para apoiar o desenvolvimento de raciocínio crítico em estudantes do curso de Contabilidade. O presente trabalho conta ainda com os seguintes objetivos específicos:

- 1) Apresentar o modelo de classificação do nível de desenvolvimento do raciocínio crítico em estudantes da disciplina de História da Contabilidade com base nos *logs* de acesso do sistema de apoio ao ensino; do processamento da linguagem natural dos textos produzidos para a disciplina; e no índice Flesch–Kincaid de legibilidade dos materiais produzidos;
- 2) Classificar o nível de desenvolvimento do raciocínio crítico dos estudantes egressos do curso de História da Contabilidade, utilizando o modelo proposto no item anterior, para composição de base de dados que possibilite: (a) utilização em algoritmos supervisionados de aprendizagem de máquina; e (b) análises estatísticas do perfil histórico dos estudantes deste curso.
- 3) Apresentar a proposta de Espaço do Conhecimento (*Knowledge Space*), com suas relações de dependências, para a disciplina de História da Contabilidade, no formato semipresencial;
- 4) Desenvolver e iniciar a fase de treinamento do protótipo de STARCC *chatbot*, utilizando processamento de linguagem natural no desenvolvimento do nível de raciocínio crítico dos estudantes da disciplina de História da Contabilidade;

- 5) Fomentar a discussão sobre o uso de Inteligência Artificial no ensino de Contabilidade, incentivando os docentes a desempenharem papel de protagonistas no desenvolvimento e uso de sistemas que promovam a melhora nas habilidades de raciocínio crítico dos estudantes de Contabilidade.

1.4 TESE

O avanço na modalidade EAD em cursos de Ciências Contábeis representa oportunidade para docentes utilizarem recursos computacionais no apoio ao processo de ensino e aprendizagem em larga escala. Esses recursos podem auxiliar processo de instrução individualizada e *feedback* em tempo real (Steenbergen-Hu & Cooper, 2014; Kulik & Fletcher, 2016), o que auxilia no avanço dos resultados educacionais e na motivação dos estudantes (Lee & Kim, 2012; Anderson, 1996; VanLehn, 2011). Este estudo propõe um modelo de classificação das habilidades de raciocínio crítico na disciplina de História da Contabilidade, possibilitando acesso, avaliação e feedback constante para os estudantes fomentando seu desenvolvimento em acordo com o domínio do espaço do conhecimento da área. Considerando o cenário acima, o presente trabalho estabelece a tese que **modelos de classificação, apoiados no uso de técnicas de inteligência artificial e nos modelos de mineração de dados educacionais, auxiliam no processo de transformação e novo significado da educação, solidificando as bases tecnológicas necessárias aos avanços educacionais e profissionais da área de Contabilidade.**

1.5 JUSTIFICATIVA

Dado o cenário atual da educação contábil, parece existir um consenso de que a forma e o conteúdo do ensino precisam ser alterados. Porém, qualquer mudança na atual educação Contábil não representa uma tarefa trivial. A internacionalização e a convergência de normas, adotadas no Brasil na última década têm causado alterações significativas no conteúdo a ser transmitido, colocando pressão sobre os professores e o corpo administrativo de instituições superiores por alternativas instrucionais adequadas à nova realidade contábil (Passos, 2011). Goularte, Leal e Rocha (2015) indicam que os coordenadores de graduação “demonstram preocupação em relação à revisão dos projetos pedagógicos dos cursos, em função das

alterações provocadas pelo processo de convergência” (p. 93). Eles apontam as dificuldades enfrentadas pelo corpo docente em entender e se preparar para a internacionalização como fator preponderante na demora de sua inserção no currículo contábil nacional. Em 2012, a *Pathways Commission* propôs a criação de um corpo comum de conhecimentos e habilidades que pudessem preparar o estudante para uma carreira duradoura (Pathways Commission, 2012). Na visão da comissão, o ensino de Contabilidade deve contribuir para garantir aos estudantes um conjunto mínimo de atributos para o desenvolvimento profissional (Lawson et al., 2013). Esses atributos são definidos como o:

conjunto de conhecimentos, habilidades e competências necessárias para o sucesso profissional em contabilidade. Conhecimento é o conteúdo intelectual a ser aprendido, habilidade é a capacidade de aplicar o conhecimento para atingir metas e objetivos específicos, e competência é a aplicação de conhecimentos e habilidades em um ambiente profissional de trabalho⁷ (Lawson et al., 2013, p. 296).

Na proposta da *Pathways Commission* estão presentes habilidades técnicas e operacionais (*hard skills*) e habilidades de comportamento, relacionamento interpessoal, reflexão, julgamento e raciocínio crítico (*soft skills*) (Passos, 2011). O foco em um novo conjunto de habilidades e competências, assim como a revisão do conjunto de conhecimentos técnicos representa uma grande alteração no modelo atual de ensino de Contabilidade. Dentro da proposta de competências, apresentada por Lawson et al. (2013), adquirir certa habilidade é tão importante quanto ter consciência e escolher utilizá-la no momento correto (Ausubel, 1968). A escolha, ou julgamento, é algo que deve ser realizado por meio da análise, síntese e reflexão sobre os dados disponíveis em um determinado problema, ou seja, por intermédio do raciocínio crítico (Scriven & Paul, 1987). Competência de julgamento, síntese e reflexão necessitam de conhecimentos técnicos relacionados às diretrizes dos negócios e habilidades comportamentais. Hurrell, Scholarios & Thompson (2013) definem essas habilidades comportamentais como “não técnicas e não dependentes de raciocínio abstrato, envolvendo habilidades interpessoais e intrapessoais para facilitar o completo desempenho em contextos sociais específicos” (p. 162). O currículo formal de Contabilidade, assim como os docentes que o utilizam em sala de aula, deverão, em alguma medida, ultrapassar as barreiras tecnicistas. Para isso Kimmel (1995) propôs um *framework* objetivando integrar o raciocínio crítico ao currículo de Contabilidade. Nesse framework, o autor indica que as habilidades comportamentais devem aparecer no currículo tradicional de forma complementar e não substitutiva (Kimmel, 1995). Mesmo antes

da proposta da *Pathways Commission* já era possível notar que as habilidades técnicas isoladas não sustentam a profissão contábil e a aquisição de habilidades de relacionamento interpessoal poderiam ser realizadas de forma complementar ao currículo atual sem profundas mudanças na grade, o que causaria menor impacto em docentes e instituições.

Em paralelo às críticas sobre sua forma e conteúdo, o curso de Contabilidade se apresenta como o quarto curso superior com maior número de matrículas, contando com aproximadamente 180 mil estudantes (50% do total) na modalidade EAD no ano de 2017 (INEP, 2017). O formato não presencial, apoiado pela tecnologia, apresenta uma grande oportunidade para professores e instituições, porém é necessária uma abordagem distinta daquela utilizada em salas de aulas tradicionais. O modelo de classes, em que a definição das turmas é fundamentada em um currículo-padrão, seguido por todos os estudantes, ignorando as competências, experiências e conhecimentos prévios de cada um, centrado na figura do professor como único responsável pela disseminação do conhecimento (Downes, 1998), parece não ter espaço e nem mesmo justificativa diante dos avanços e possibilidades existentes em nossa sociedade atual. As tecnologias digitais fazem parte integrante do cotidiano, promovendo constantes mudanças na sociedade. Sua ausência no processo de ensino e aprendizagem altera o significado do próprio conteúdo que está sendo transmitido e a forma como o estudante percebe esse significado dentro de todo o seu conjunto de crenças e valores (Mezirow, 2000). Sangster e Lymer (1998) afirmam que “mudanças estão ocorrendo e provavelmente continuarão. O corpo docente e as instituições precisam considerar como devem responder”⁸ (p. 1105). Rebele, Stout e Hassell (1991), em sua revisão de literatura contábil dos anos de 1985 a 1991, apontam para os pronunciamentos profissionais que destacavam “[a] importância das habilidades computacionais para a formação de futuros profissionais contábeis”⁹. Apesar de toda a importância destacada pela literatura, a inserção de tecnologias digitais deve ser feita com cuidado, pois diversas revoluções já foram prometidas e o que se observa é uma pequena ou quase inexistente alteração nas formas de ensino, dentro das salas de aula, nas últimas décadas (Jackson, 1990). Tecnologia da Educação é um exemplo de campo de estudo em Ciências Sociais Aplicadas que conta com uma clara indefinição sobre seu próprio significado (Kerr, 2004; Luppicini, 2005). Essa área do saber está diretamente ligada às transformações ocorridas na sociedade e conseqüentemente podemos entendê-la por sua concepção voltada aos contextos e valores que permeiam o intelecto humano. Essas transformações, de maneira direta ou indireta, acabam sendo refletidas no universo escolar. Uma segunda definição de Tecnologia da Educação se refere à compreensão pautada

na área de engenharia, muito próxima do desenvolvimento de máquinas e sistemas computadorizados (Luppicini, 2005). Essas definições podem parecer distintas, porém, conforme destacado por Luppicini (2005), são indissociáveis, dado que a tecnologia da educação facilita e influencia todos os aspectos da aprendizagem, contribuindo para as mudanças na sociedade; enquanto, as transformações da sociedade alteram a percepção de mundo e a necessidade de novas tecnologias. Fatemi, Marquis e Wasan (2014) encontram benefício no uso de um sistema de tarefas online (OHS), mas concluem que “a mecânica da resolução de problemas pode ser melhorada através de um OHS, mas a compreensão conceitual pode ser melhor desenvolvida através de um MHS [sistema manual de tarefas]”¹⁰ (p. 8).

A inteligência artificial ocupa papel de destaque na Contabilidade desde a década de 1990, quando diversos artigos foram publicados sobre o desenvolvimento e uso dos sistemas especialistas, tanto para a área de negócios como para a área de educação (Baldwin-Morgan, Brown & Trinkle, 2006). Smith & McDuffie (1996) mencionam um relatório publicado em 1987 pelo *American Institute of Certified Public Accountants* (AICPA), que propunha familiarizar os profissionais contábeis aos temas de inteligência artificial e sistemas especialistas, emergentes à época. Brown, Baldwin-Morgan e Sangster (1995) realizam uma ampla pesquisa sobre sistemas especialistas apontando que apesar do uso crescente desses sistemas para auditoria, impostos e contabilidade gerencial, muitos contadores ainda não estavam familiarizados com esse assunto. Além disso, comentam que há problemas em relação à abordagem desses conteúdos nos cursos de contabilidade. Mais de duas décadas se passaram e o retrato atual é de profissionais de contabilidade sem a familiaridade necessária com ferramentas e técnicas de inteligência artificial, e sistemas de ensino superior sem a devida inserção dessa ferramenta: seja de forma curricular ou como ferramenta de apoio ao processo de ensino e aprendizagem. A mudança necessária no ensino, na pesquisa e na prática contábil passa obrigatoriamente pelo domínio de estruturas tecnológicas presentes em cada um desses ambientes. Os docentes e pesquisadores da área de Contabilidade precisam superar o déficit tecnológico e pedagógico em sua formação para que possam utilizar, como protagonistas, inteligência artificial a favor das pesquisas e da docência, fomentando o desenvolvimento do raciocínio crítico em estudantes dos cursos presenciais e não presenciais (Luppicini, 2005; Brown et al., 1995; Sangster & Lymer, 1998; Nganga et al., 2016).

2 REFERENCIAL TEÓRICO:

2.1 APRENDIZAGEM COMO TRANSFORMAÇÃO

O processo de ensino e aprendizado, para ser efetivo e duradouro, precisa estar de alguma forma relacionado à experiência e experimentação (Dewey, 1938, Dewey, 1939, Kolb & Kolb, 2005), e à forma que iremos compor nosso raciocínio e pensamentos sobre os fatos que são apresentados. Dewey (1997) afirma que “tudo o que vem à mente, que ‘passa por nossas cabeças’, é chamado de pensamento [...] o significado é ainda mais limitado a crenças que repousam sobre algum tipo de evidência ou testemunho”¹¹ (p. 1). Para Kant (1994), “todo o nosso conhecimento começa pela experiência” (p. 36). As experiências que vivemos estão ligadas ao quadro de referências que utilizamos para interpretá-las. O papel da educação está, em alguma medida, ligado às transformações intencionais nesse quadro de referências. Kolb & Kolb (2005) propõe a teoria do Aprendizado Experiencial como “[um] processo e um modelo multilinear de desenvolvimento adulto”¹² (p. 194), em que a geração de conhecimento se dá por meio de um processo cognitivo englobando experiência, reflexão, abstração e experimentação. Mezirow (1997) define aprendizagem transformativa como “o processo de mudança em um quadro de referência”¹³ (p. 5). Nesse modelo, “o aprendizado é entendido como o processo que usa uma interpretação anterior para construir uma interpretação nova ou revisada do significado da experiência de alguém como um guia para a ação futura”¹⁴ (Mezirow, 2000, p. 5). Para o autor, “o processo envolve a transformação de quadros de referência por meio da reflexão crítica de pressupostos, validando as crenças contestadas por meio do discurso, agindo sobre o insight reflexivo de alguém e avaliando-o criticamente”¹⁵ Mezirow (1997, p. 11). Para o processo de transformação, a experiência é fundamental, porém não precisa necessariamente estar presente em cada indivíduo. A experiência que conduzirá à reflexão e construção de um argumento, que suporte uma ação, pode ser emprestada de outra pessoa (Mezirow, 2000).

Medley (1979), em seu trabalho sobre a eficácia dos professores, afirma que “durante os primeiros anos de vida escolar de um estudante, em particular, o professor é o ponto de contato entre ele e toda o empreendimento educacional”¹⁶ (p. 11), destacando a importância desse profissional no processo educacional do indivíduo. Assim, o professor tem um papel fundamental como responsável por colocar o estudante em contato com os conteúdos e experiências que irão alterar seu quadro de referências. É o que um professor faz e não o que o

professor é que importa (Medley, 1979, p. 13). Talmadge e Eash (1979) afirmam que “uma correlação entre o entusiasmo do professor e o desempenho do estudante, por exemplo, é geralmente interpretada como evidência de que o entusiasmo causa a aprendizagem”¹⁷ (p. 184), mas alertam que isso nem sempre é verdade, pois o modelo que utilizamos é unidirecional, do professor para o estudante, e se supõe que as variáveis do professor provocam alteração direta no comportamento dos estudantes (Talmadge & Eash, 1979).

A função do ensino é transformar o quadro de referências do indivíduo, aumentando seu entendimento sobre o mundo que está à sua volta (Dewey, 1939; Mezirow, 2000). O propósito dessa transformação é o de adquirir a destreza necessária para a compreensão e manipulação do ambiente que está à nossa volta (Mezirow, 2000). Essa transformação passa por questões cognitivas (Kolb, & Kolb 2005) e também por questões culturais e sociais (Mezirow, 2000). O professor certamente ocupa lugar de destaque nesse processo, porém não deveria ser o ator principal, o fio condutor do ensino e aprendizado, pois, dessa forma, a transformação no quadro de referências de cada um dos estudantes estará limitada ao quadro de referências do professor.

2.2 AVALIAÇÃO DO APRENDIZADO

Avaliação é um item que ocupa posição de destaque no cotidiano de educadores, estudantes e instituições (Astin, 2012; Kirkpartrick, 1994). Avaliar e ser avaliado são ações que estão presentes no dia a dia e acontecem praticamente a todo instante. Na língua portuguesa, *assessment* e *evaluation* geralmente são traduzidos como sinônimos de avaliação, porém, apesar de possuírem a mesma origem, na língua francesa o significado – na concepção atual de educação – apresenta diferenças em relação aos objetivos de cada um dos termos. Para Astin (2012), “avaliação, claro, tem a ver com a motivação e a prestação de juízos de valor”¹⁸ (p. 3), mostrando um significado mais amplo para o termo *evaluation*, que envolve atribuição de valor e julgamento. *Assessment*, por outro lado, tem uma relação numérica, mensuração e geração de informação para o processo de avaliação, não envolvendo julgamentos e valores (Astin, 2012). Kirkpartrick (1994) afirma que há três razões para avaliar um programa: (a) melhorar futuros programas; (b) determinar se o programa deve ser continuado; e (c) justificar a própria existência do programa (p. 20). O processo de avaliação também pode ser importante para o estudante, agindo como fator direcionador, motivador ou punitivo. Jones (1996) afirma que “um currículo bem-intencionado e bem estruturado terá poucas chances de sucesso se for acompanhado por uma estratégia de avaliação inadequada”¹⁹ (p. 99).

O processo avaliativo deve ter por objetivo captar o conhecimento dos estudantes, com maior foco na absorção dos conteúdos. Kahl (2005) comenta que “uma avaliação formativa é uma ferramenta que os professores usam para medir a compreensão dos alunos sobre os tópicos e habilidades específicos que estão ensinando atualmente”²⁰ (p. 11). Porém esse processo fica totalmente focado na figura do professor e muitas vezes não chega, no prazo desejável, aos estudantes. Nessa linha de raciocínio, Nicol & Macfarlane-Dick (2006) chamam atenção para o fato de que “no ensino superior, a avaliação formativa e o feedback ainda são amplamente controlados e vistos como responsabilidade dos professores”²¹ (p. 200). Assim como o estudante deve ser protagonista na aquisição de conhecimento, o mesmo deve ser capaz de conduzir seu próprio processo avaliativo, ainda que o propósito seja distinto daquele que o professor tem ao conduzir esse processo. Nicol & Macfarlane-Dick (2006) afirmam que, “embora os estudantes tenham recebido mais responsabilidade pela aprendizagem nos últimos anos, tem havido uma relutância muito maior em dar a eles maior responsabilidade pelos processos de avaliação (mesmo processos formativos de baixo risco)” (p. 215).

A percepção do estudante sobre a avaliação ocupa lugar de destaque nesse processo. Astin (2012) alerta que “as notas podem funcionar tanto como uma cenoura quanto um bastão, dependendo se o aluno está orientado para alcançar o sucesso ou evitar o fracasso”²² (p. 196). Jones (1996) sustenta que “é frequente o caso em que o regime de avaliação percebido pelos alunos impulsiona o quê e como eles aprendem”²³ (p. 99). O aprendizado está condicionado à forma de avaliação proposta, sendo importante que os estudantes tenham ciência do processo e clareza dos objetivos. Astin (2012) afirma que:

Muitas centenas de estudos de aprendizado humano mostraram que o processo de aprendizado pode ser substancialmente melhorado se os estudantes tiverem conhecimento apropriado dos resultados, mostrando quanto progresso eles fizeram e apontando áreas específicas nas quais o trabalho adicional é necessário. Sem esse feedback, o aprendizado pode ser lento e difícil, ou sob algumas condições, virtualmente impossível (p. 197).

Em um processo de avaliação formativa é fundamental franquear ao estudante elementos que possam ser úteis para a identificação de seu desempenho e que possibilitem correção de direção no processo educacional. O feedback corretivo, aquele que se relaciona diretamente com algum

erro cometido pelo estudante, auxilia no aprendizado e no desenvolvimento das habilidades de resolução e problemas (Fyfe & Brown, 2018). O processo avaliativo e o feedback são importantes para docentes e estudantes. Entretanto, sem a ajuda de recursos computacionais, os professores enfrentam dificuldades em processar a grande quantidade de avaliações e os estudantes passam a maior parte do tempo de um curso sem qualquer informação sobre seu desempenho ou sobre a evolução das habilidades necessárias para a formação.

2.3 RACIOCÍNIO CRÍTICO

2.3.1 Definições de raciocínio crítico

Raciocínio crítico^d engloba habilidades e disposições necessárias para análise, inferência, julgamento e decisão em um determinado domínio (Sternberg, 1986; Lipman, 1987; Facione, 1990; Lai, 2011; Passos, 2011; Ennis, 2018). Trata-se de uma disciplina com pontos de contato em diversas áreas do conhecimento, incluindo educação, filosofia e psicologia (Kennedy, Fisher & Ennis, 1991; Lewis & Smith, 1993; Sternberg, 1986), cada uma com definições e abordagem próprias de suas epistemologias (Sternberg, 1986).

A abordagem filosófica busca traçar as características da “perfeição de pensamento” (Paul, 1992, p.9), por meio de um “pensador crítico hipotético”²⁴ (Lai, 2011, p. 5), que utiliza o “raciocínio lógico” (Lewis & Smith, 1993, p. 132) e possui características como: entender e aceitar diversos pontos de vista, considerar perspectivas distintas, ser inquisitivo, ser bem informado, entre outras (Sternberg, 1986; Facione, 1990; Lai, 2011). Dentro da abordagem filosófica, podemos traçar as raízes do raciocínio crítico na Grécia antiga, em Platão e seus diálogos com Sócrates (Thayer-Bacon, 2000). O método socrático de diálogo, utilizando a lógica para análise e julgamento, formalizada por Platão e aprimorada por Aristóteles, serviu como base para a filosofia e ciência ocidental por mais de 2 mil anos, tendo sido modificada, em alguns aspectos, no século XX (Paul, Elder, & Bartell, 1997; Thayer-Bacon, 2000). Se Platão e Aristóteles podem ser considerados os fundadores clássicos do raciocínio crítico, John Dewey, filósofo, educador e psicologista, se destaca como o fundador moderno dessa temática (Sternberg, 1986). Sua obra, alicerçada na ontologia de Immanuel Kant, abriu espaço para pesquisadores como Robert Ennis, Joh McPeck, Mathew Lipman, Richard Paul, Edward

^d A literatura em língua inglesa, desde a década de 1980, utiliza o termo *critical thinking*. No Brasil a tradução se consolidou, nas pesquisas acadêmicas das áreas de administração e negócios, como raciocínio crítico.

Glaser, dentre outros, responsáveis pela visão filosófica atual de raciocínio crítico (Paul, Elder, & Bartell, 1997; Sternberg, 1986; Thayer-Bacon, 2000, Lai, 2011).

Glaser (1941) apresenta sua definição composta por três dimensões: disposição, conhecimento e habilidade, necessárias ao processo que compõe o raciocínio crítico nos indivíduos. Segundo Glaser (1941), raciocínio crítico pode ser definido como:

(1) Uma atitude de estar disposto a considerar de maneira ponderada os problemas e os assuntos que estão dentro do alcance de sua experiência; (2) conhecimento dos métodos de investigação e raciocínio lógico; e (3) alguma habilidade na aplicação desses métodos. O raciocínio crítico exige um esforço persistente para examinar qualquer crença ou suposto de um conhecimento à luz das evidências que o sustentam e as conclusões adicionais às quais ele tende (p. 5)²⁵.

Ennis (2018) define raciocínio crítico na forma de um “pensamento reflexivo e razoável que é focado em decidir em que acreditar ou o que fazer”²⁶ (p. 45). Em seu trabalho Ennis apresenta o processo de raciocínio crítico em duas dimensões: habilidades e disposições; interdependentes, complementares e igualmente necessárias para a concretização do raciocínio crítico (Ennis, 1985; Ennis, 1993; Ennis, 2018). A Figura 1 traz a lista de habilidades e disposições do pensador crítico (Ennis, 1985; Thayer-Bacon, 2000). Lipman (1987) define raciocínio crítico com um “processo mental empregado na tomada de decisão”²⁷ (p. 5). Esse processo engloba análise, julgamento, formulação de hipóteses, explicação e outras atividades cognitivas (Lipman, 1987), e apresenta três características que o definem: “(1) é o pensamento autocorretivo; (2) é o pensamento com critérios; e (3) é o pensamento que é sensível ao contexto”²⁸ (Lipman, 1987, p. 5).

Paul (1990) afirma que raciocínio crítico é o “pensamento disciplinado e auto dirigido que exemplifica as perfeições do pensamento apropriado a um modo ou domínio particular de pensamento”²⁹ (p. 51). Elder e Paul (2013) identificam um conjunto de nove atributos necessários para o raciocínio crítico denominado de perfeição do pensamento, representado por: clareza, acuracia, precisão, relevância, profundidade, integridade, lógica, significância e justiça (Paul, 1990; Elder & Paul, 2013). A Figura 2 mostra questionamentos que devem ser realizados, em cada atributo, para estabelecer a perfeição do pensamento. Paul (1990) ainda classifica o raciocínio crítico em: (a) senso fraco, quando utilizado apenas para atender aos interesses de

um indivíduo ou grupo; e (b) senso forte, quando é disciplinado para levar em consideração diversos interesses e ter uma visão justa sobre o tema (p. 51). Para McPeck (1981), “o significado central do raciocínio crítico é a propensão e habilidade para se envolver em uma atividade com ceticismo reflexivo”³⁰ (p. 8).

Figura 1 - Disposições e Habilidades do raciocínio Crítico

Disposições
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Buscar e oferecer declarações claras da conclusão ou pergunta ➤ Tentar estar bem informado ➤ Usar fontes e observações confiáveis e, geralmente, mencionando-as ➤ Levar em conta a situação total ➤ Ter em mente a preocupação básica no contexto ➤ Estar alerta para alternativas ➤ Ser mente aberta ➤ Tomar uma posição e mudar uma posição quando a evidência e as razões são suficientes ➤ Buscar tanta precisão quanto a natureza do assunto admite ➤ Buscar a verdade quando fizer sentido, e mais amplamente, tentar "acertar" na medida do possível ou viável ➤ Empregar suas habilidades de pensamento crítico e disposição
Habilidades
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Esclarecimento Básico <ul style="list-style-type: none"> ○ Concentrar-se em uma pergunta ○ Analisar argumentos ○ Perguntar e responder questões de clarificadoras ○ Entender e usar gráficos e matemática elementares ➤ Bases para uma decisão <ul style="list-style-type: none"> ○ Julgar a credibilidade de uma fonte ○ Observar e julgar relatórios de observação ○ Use o conhecimento existente ➤ Inferência <ul style="list-style-type: none"> ○ Deduzir e julgar deduções ○ Fazer e julgar inferências indutivas e argumentos ○ Fazer e julgar juízos de valores ➤ Esclarecimento avançado <ul style="list-style-type: none"> ○ Definir termos e julgar definições ○ Lidar adequadamente com o equívoco ○ Atribuir e julgar suposições não declaradas ○ Pensar com suposições ○ Lidar com rótulos falaciosos ○ Estar ciente e verificar a qualidade de seu próprio pensamento ("metacognição") ○ Lidar com as coisas de uma maneira ordenada ➤ Não Constitutivo, Mas Útil <ul style="list-style-type: none"> ○ Empregar estratégias retóricas

Fonte: Adaptado de Ennis (2018, p. 167).

Em 1990, Peter Facione publicou o resultado de um trabalho envolvendo 46 pesquisadores e educadores, com o propósito de um consenso acerca da definição e operacionalização do conceito de raciocínio crítico (Facione, 1990). O Comitê Delphi, como ficou conhecido, teve

duração de um ano e sete meses e contou com seis rodadas entre os pesquisadores. O relatório final aponta raciocínio crítico como: “julgamento intencional e autorregulatório que resulta em interpretação, análise, avaliação e inferência, bem como explicação das considerações evidenciais, conceituais, metodológicas, criteriológicas ou conceituais sobre as quais esse julgamento se baseia”³¹ (Facione, 1990, p. 3).

Figura 2 – Perfeições do Pensamento segundo Richard Paul

Clarity	<p>Could you elaborate further? Could you give me an example? Could you illustrate what you mean?</p>
Accuracy	<p>How could we check on that? How could we find out if that is true? How could we verify or test that?</p>
Precision	<p>Could you be more specific? Could you give me more details? Could you be more exact?</p>
Relevance	<p>How does that relate to the problem? How does that bear on the question? How does that help us with the issue?</p>
Depth	<p>What factors make this a difficult problem? What are some of the complexities of this question? What are some of the difficulties we need to deal with?</p>
Breadth	<p>Do we need to look at this from another perspective? Do we need to consider another point of view? Do we need to look at this in other ways?</p>
Logic	<p>Does all this make sense together? Does your first paragraph fit in with your last? Does what you say follow from the evidence?</p>
Significance	<p>Is this the most important problem to consider? Is this the central idea to focus on? Which of these facts are most important?</p>
Fairness	<p>Do I have any vested interest in this issue? Am I sympathetically representing the viewpoints of others?</p>

Fonte: Elder & Paul (2013, p. 35).

O relatório apresenta seis habilidades (interpretação, análise, avaliação, inferência, explicação e autorregularão), dezesseis sub-habilidades e dezenove disposições (incluindo curiosidade, mente aberta, compreensão dos outros e assim por diante), que eles associaram com raciocínio crítico (Abrami et al., 2008, p. 1103).

Na abordagem da Psicologia Cognitiva, as pesquisas, ligadas ao paradigma experimental, investigam as diferenças entre o raciocínio crítico que ocorre em situações de limitação, ambientais ou do sujeito, em relação ao raciocínio crítico que deveria ocorrer em condições ideais (Sternberg, 1986; Lai, 2011). Nessa abordagem, Lewis & Smith (1993) afirmam que os “psicólogos estão mais preocupados com o processo de pensamento e como esse processo pode ajudar as pessoas a compreenderem suas experiências construindo significado e impondo estrutura³²” (p. 132). Segundo Sternberg (1986), a “teoria psicológica pode ser valiosa, mostrando como as pessoas pensam criticamente na ausência de informações completas, tempo ilimitado, memória perfeita e assim por diante”³³ (p. 5). Huffman, Dowdell & Sanderson (2018) definem raciocínio crítico como “pensar sobre nossos sentimentos, ações e pensamentos para que possamos esclarecê-los e melhorá-los”³⁴ (p. xx); as autoras classificam raciocínio crítico em três dimensões: (a) afetiva, representando a fundação emocional do raciocínio crítico; (b) comportamental, representando as ações necessárias para o raciocínio crítico; e (c) cognitiva, representando o processo mental requerido para a formação do raciocínio crítico (Huffman, Dowdell e Sanderson, 2018, pp xxi-xxiii). Halpern (1998) afirma que raciocínio crítico se refere ao “uso dessas habilidades cognitivas ou estratégias que aumentam a probabilidade de um resultado desejável”³⁵ (p. 450). Para Sternberg (1986), o raciocínio crítico é composto por “processos mentais, estratégias e representações que as pessoas usam para resolver problemas, tomar decisões e aprender novos conceitos”³⁶ (p. 3). Willingham (2008) considera que o pensador crítico deve:

ver ambos os lados de uma questão, estar aberto a novas evidências que refutem suas ideias, raciocinando desapassionadamente, exigindo que as alegações sejam apoiadas por evidências, deduzindo e inferindo conclusões a partir de fatos disponíveis, resolvendo problemas e assim por diante (p. 21)³⁷.

A abordagem educacional tende a representar uma visão mista e controversa entre as abordagens filosófica e psicológica (Sternberg, 1986; Kennedy, Fisher & Ennis, 1991). Lai (2011) destaca que “o benefício do enfoque educacional é que este está baseado em anos de experiência em sala de aula e observação de estudantes aprendendo”³⁸ (p. 8), entretanto críticas são feitas a essa abordagem, pela falta de clareza epistemológica de seus achados e pela dificuldade em submetê-las a testes rigorosos para validação (Sternberg, 1986, Lai, 2011). O pensamento reflexivo³⁹, método científico proposto por Dewey, e a conscientização, método de percepção da realidade proposto por Paulo Freire, foram utilizados para a criação e organização

de currículos focados na transformação do indivíduo (Kennedy, Fisher & Ennis, 1991; Lai, 2011).

A taxonomia de Bloom, originalmente publicada em 1956 e revisada em 2011, tem grande destaque no campo educacional (Ennis, 1981; Sternberg, 1986; Lai, 2011). Nelson (1980) menciona que “talvez o trabalho geral mais influente na teoria do currículo seja a taxonomia de objetivos educacionais de Bloom”⁴⁰ (p. 260). A obra original escrita por Bloom, Engelhart, Furst, Hill e Krathwohl (1956) apresenta uma taxonomia para classificação de objetivos educacionais com propósito de uniformização de terminologias e avaliação de objetivos de aprendizagem (Bloom et al., 1956; Nelson, 1980). Os autores afirmam que “o objetivo principal na construção de uma taxonomia de objetivos educacionais é facilitar a comunicação”⁴¹ (Bloom et al., 1956, p. 10). A taxonomia, em sua versão original de 1956, apresenta as seguintes categorias, classificadas da mais básica para a mais complexa: (a) conhecimento, (b) compreensão, (c) aplicação, (d) análise, (e) síntese, e (f) avaliação (Bloom et al., 1956, p. 18).

Em 2011, Anderson et al. (2011) apresentaram uma revisão no formato, na nomenclatura e no posicionamento das categorias da taxonomia, passando a apresentá-la como: (a) lembrar, (b) entender, (c) aplicar, (d) analisar, (e) avaliar, e (f) criar. Para fins do presente estudo, a revisão realizada por Anderson et al. (2011) não será utilizada, sendo mantido o uso da taxonomia original, conforme proposta por Bloom (1956). O trabalho de Bloom (1956), ainda que, nesta análise, catalogado em espaço diferente do conhecimento, influenciou estudos e definições posteriores, em diversas áreas cobertas pela presente pesquisa. Utilizar a versão revisada seria, em alguma medida, ignorar o trabalho original e seu impacto no pensamento moderno sobre o raciocínio crítico.

Ennis (1981) afirma sobre a taxonomia que “desde sua publicação, em 1956, tornou-se um clássico reverenciado em muitos ramos da educação; acredita-se mais amplamente conhecido do que qualquer outro trabalho em educação”⁴² (p. 269). Os níveis mais complexos da taxonomia, análise, síntese e avaliação, são apontados como elementos do pensamento de alta ordem e considerados habilidades necessárias ao pensador crítico (Kennedy, Fisher & Ennis, 1991; Lewis & Smith, 1993; Lai, 2011). Ennis (1993) afirma que esses níveis “são frequentemente oferecidos como uma definição de pensamento crítico”⁴³ (p. 179).

2.3.2 Raciocínio crítico e o processo educacional

O desenvolvimento do raciocínio crítico é um dos principais objetivos do processo educacional, desde o ensino fundamental até o ensino superior (D'Angelo, 1970; Kurfiss, 1988; Walters, 1991; Kuhn, 1999; Willingham, 2008; Abrami et al., 2008; Wilkin, 2017). Entretanto, diversos estudos científicos, relatórios empresariais e governamentais apontam que os jovens ingressantes no mercado de trabalho possuem deficiência nas habilidades ligadas ao raciocínio crítico (Kurfiss, 1988; McLean, 2005; Wilkin, 2017). Essa dualidade levou os pesquisadores a questionarem sobre: (a) como o raciocínio crítico se relaciona com o ensino e aprendizagem, desde o nível fundamental até o ensino superior? (b) como desenvolver o raciocínio crítico, nos estudantes, por meio do processo educacional? (c) como avaliar os resultados do desenvolvimento do raciocínio crítico durante o processo educacional? (Ennis, 1981; Paul, 1990; Walters, 1991; Halpern, 1998; Willingham, 2008; Lai, 2011, Wilkin, 2017; Ennis, 2018)

O processo de ensino e aprendizagem, em todos os níveis, sofre diversas críticas em relação ao desenvolvimento das habilidades necessárias para o raciocínio crítico. Paul (1990) afirma que “os problemas fundamentais na escola hoje, em todos os níveis, são fragmentação e aprendizagem de baixa ordem”⁴⁴ (p. 229), indicando que a divisão do ensino é um ponto a ser considerado no processo de desenvolvimento das habilidades. Lai (2011) argumenta que “a instrução escolar típica, com ênfase na cobertura de conteúdo, é concebida como se a memorização fosse equivalente ao conhecimento”⁴⁵ (p. 22), colocando foco sobre os métodos de ensino utilizados nas escolas. Por outra ótica, Halpern (1998) afirma que “existem numerosos tipos de evidências qualitativamente diferentes que mostram que os estudantes podem se tornar melhores pensadores como resultado de instrução apropriada”⁴⁶ (p. 451), indicando que as escolas são responsáveis por um avanço no nível de raciocínio crítico dos estudantes. Da mesma forma, Pascarella e Terenzini (2005), após analisarem trinta anos de pesquisas na área de raciocínio crítico, afirmam que “a exposição à educação pós-secundária tem, de fato, um efeito positivo, estatisticamente significativo, tanto no raciocínio crítico quanto no raciocínio pós-formal”⁴⁷ (p. 164). Esse efeito positivo, quando realizado em condições apropriadas, apresenta resultados de forma sedimentada e ao longo do tempo, não se observando saltos no desenvolvimento de raciocínio crítico em um curto período (Halpern, 1998; Willingham, 2008).

Dois aspectos do desenvolvimento do raciocínio crítico, nos estudantes, por meio do processo educacional causam discordância na literatura. São eles: (a) domínio específico, e (b) transferibilidade (Lai, 2011). Domínio específico representa um assunto ou tópico próprio de um campo do conhecimento. Alguns pesquisadores defendem a ideia de que o raciocínio crítico independe de um domínio específico e pode ser desenvolvido de forma genérica, independente do domínio específico. Sobre esse item, Ennis (1989) afirma que “é tentador, mas um erro, inferir, do fato de que o pensamento crítico é sempre sobre algum assunto (isto é, tópico), que o ensino do pensamento crítico pode ocorrer apenas em disciplinas escolares”⁴⁸ (p. 5). O autor observa que o desenvolvimento do raciocínio crítico, de forma genérica, depende de: conhecimento prévio; transferência das disposições e habilidades de um domínio para outro; e instrução geral (Ennis, 1989). Na mesma linha de raciocínio, Halpern (1998) afirma que:

quando habilidades de raciocínio crítico são ensinadas, para que elas se transfiram de forma adequada e espontânea, os alunos aprendem a focar ativamente na estrutura de problemas ou argumentos para que as características subjacentes se tornem salientes, em vez das características superficiais do domínio específico⁴⁹ (p. 453).

Outros pesquisadores entendem, de forma contrária, que o raciocínio crítico apenas se desenvolve dentro de um determinado domínio específico do conhecimento, não podendo ser desenvolvido de forma genérica. Nessa linha, Willingham (2008) menciona que:

raciocínio crítico não é um conjunto de habilidades que podem ser implantadas a qualquer momento, em qualquer contexto. É um tipo de pensamento que até mesmo crianças de 3 anos podem praticar - e até mesmo cientistas treinados podem falhar. E isso depende muito do conhecimento e da prática do domínio⁵⁰ (p. 22).

Na visão de King e Kitchener (2004), o desenvolvimento do julgamento reflexivo é distinto do desenvolvimento cognitivo (aptidão verbal, operações formais, capacidade acadêmica, pensamento crítico), apesar de relacionado com este (p. 16).

Uma corrente alternativa defende que o desenvolvimento do raciocínio crítico inclui elementos genéricos e elementos específicos de um domínio do conhecimento (Facione, 1990; Paul, 1990). Um conceito associado ao domínio específico é a transferibilidade. Esse conceito representa a capacidade de portar as habilidades e disposições do raciocínio crítico de um contexto para outro, como por exemplo a capacidade de transferir habilidades do campo

acadêmico para os problemas do dia a dia (McPeck, 1990; Lai 2011). Willingham (2008) e McPeck (1990) entendem que essa transferência não ocorre de forma simples e que o raciocínio crítico fica limitado geralmente limitado ao contexto de aprendizagem do estudante (McPeck, 1990; Willingham, 2008). Halpern (1998) e Ennis (2018) defendem a visão de que a instrução do raciocínio crítico em um determinado contexto pode, sob algumas condições, ser transferida para um novo contexto (Halpern, 1998; Ennis, 2018).

O desenvolvimento do raciocínio crítico, durante o processo educacional, aparece destacado na literatura em modelos, *frameworks* e intervenções propositais. Os modelos e frameworks visam capturar e operacionalizar fenômenos, facilitando a comunicação e o entendimento dos conceitos que envolvem o tema (McLean, 2005). As intervenções aparecem como ações ou comparações intencionais, envolvendo instrução direta ou indireta de tópicos relacionados ao raciocínio crítico, especificamente desenhadas para agir sobre alguma das variáveis que, conforme destacados nos modelos e *frameworks*, afetam seu desenvolvimento (Pascarella & Terenzini, 2005). A avaliação das intervenções e da adequação dos modelos e *frameworks* se dá pelo uso de instrumentos, em sua maioria, validados pela literatura e geralmente propostos pelos mesmos pesquisadores que elaboram as definições e modelos de raciocínio crítico. Dentre os instrumentos de avaliação mais utilizados, de acordo com a literatura, podemos destacar: (a) *California Critical Thinking Skills Test* (CCTST); (b) *Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test* (EWCTET); (c) *California Critical Thinking Dispositions Inventory* (CCTDI); (d) *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal* (WGCTA); e (e) *Halpern Critical Thinking Assessment* (HCTA).

2.3.3 Estudos anteriores: modelos, frameworks e intervenções

Nos próximos parágrafos, apresentamos uma revisão das publicações sobre raciocínio crítico, objetivando demonstrar a evolução nas pesquisas da área, com foco nas interações desse tema com as áreas de contabilidade e negócios. Sob esse contexto, destacamos e apresentamos investigações compostas por: (a) textos teóricos, que apresentam estruturas (*frameworks*) ou modelos; (b) pesquisas que propõem constructos e, de alguma forma, operacionalizem conceitos; (c) trabalhos que realizam experimentos e testes sobre intervenções realizadas no processo de ensino e aprendizagem; e (d) investigações propondo e testando constructos e relações entre o raciocínio crítico e temas diversos da literatura.

Friend e Zubek (1958) aplicaram o *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal Test* (W-GCTAT) em 484 voluntários, representando 64 ocupações diferentes, com idades de 12 a 80 anos (p. 408). O propósito do estudo foi apurar o curso do desenvolvimento e declínio do raciocínio crítico ao longo do tempo (p. 407). Os autores puderam observar que a curva de crescimento e declínio do raciocínio crítico, mensurada pelo W-GCTAT, tem formato similar à curva de inteligência, quando utilizados os testes de Army, de Otis e de Wechsler-Bellevue. Contudo o raciocínio crítico apresenta um crescimento tardio, após os 25 anos, assim como um declínio tardio (p. 411).

Kitchener e King (1981) demonstram a interação entre sete estágios de raciocínio e conhecimento, por meio de conceito de justificação, indicando a evolução entre cada um dos estágios, em um modelo de estilos de raciocínio de pós-adolescentes, sendo o mais avançado denominado de Julgamento Reflexivo. Os autores conduziram um estudo com 60 indivíduos, divididos igualmente em três grupos (*High school, College, Graduate*) capturando cinco variáveis: (a) julgamento reflexivo; (b) habilidade verbal; (c) operações formais; (d) fluência verbal; e (e) status sócioeconômico (p. 105). Os resultados demonstram diferenças na pontuação de julgamento reflexivo entre os três grupos, com idades distintas. Os autores concluem que “os sujeitos mais velhos e mais instruídos realizaram suposições mais complexas e sofisticadas sobre a justificação de crenças do que os sujeitos mais jovens com menos escolaridade”⁵¹ (p. 112), algo aderente ao modelo proposto.

Bangert-Drowns & Bankert (1990) realizaram uma meta-análise com vinte trabalhos sobre instrução explícita de raciocínio crítico. Da totalidade dos trabalhos, dezenove eram teses de doutoramento; dez utilizaram o *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal* (W-GCTA) para medir a evolução do raciocínio crítico e cinco utilizaram o *Cornell Critical Thinking Test* (CCTT). Os resultados mostram que dezoito trabalhos indicam efeito positivo na instrução, sendo oito deles com significância estatística. A média do tamanho do efeito foi de 0,37 desvios-padrão. Os autores concluem “que os programas mais intensivos, que enfatizam continuamente o raciocínio crítico, se saem melhor do que os programas que abordam apenas periodicamente o raciocínio crítico”⁵² (p. 9).

Walters (1991) traz uma referência da série de televisão *Star Trek* para criticar a atual perspectiva epistemológica, fortemente ligada à lógica, e a perspectiva pedagógica, que ignora

as funções cognitivas de padrões de descoberta (p. 17) presente nas visões de raciocínio crítico. O autor argumenta que o raciocínio crítico possui duas vertentes, uma lógica e uma criativa. O argumento central da crítica do autor é que o raciocínio criativo é indeterminado tanto em relação ao processo quanto em relação ao produto de sua interação cognitiva, e as pesquisas e os educadores de raciocínio crítico ignoram essa vertente e tendem a relacionar as habilidades apenas com procedimentos e justificativas da vertente lógica, algo presente no personagem Spock da série *Star Trek*.

Donelan e Reed (1992) apresentam uma pesquisa realizada com 324 estudantes de Contabilidade, contando com 228 respostas válidas, sobre o estado atual da educação contábil (p. 208). A pesquisa teve dois objetivos primários: (a) determinar a percepção dos estudantes sobre as características do curso; e (b) determinar se havia alguma relação entre as características do curso e dos estudantes (p. 192). A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário endereçado à *National Association of Accountants* (NAA). Os autores afirmam que “em geral, os alunos acreditam que seus professores e suas aulas de Contabilidade fornecem as experiências de aprendizagem exigidas pelos relatórios da *American Accounting Association* (AAA)”⁵³ (p. 208), entretanto chamam a atenção para áreas específicas que necessitam de algum esforço dos professores e das instituições, como é o caso do desenvolvimento de habilidades relacionados ao raciocínio crítico (Donelan & Reed, 1992).

Doney e Lephardt (1993), ao analisarem a publicação da *Accounting Education Change Commission* (AECC), identificam que, apesar desta não mencionar explicitamente o termo raciocínio crítico, o conjunto de competências e habilidades elencadas como necessárias para o desenvolvimento da profissão e para o processo de aprendizagem ao longo da vida está diretamente relacionado com o conceito de raciocínio crítico apresentado por Resnick (1987), o qual afirma que os “os cursos de Contabilidade precisarão focar nos níveis de aplicação, análise, síntese e avaliação”⁵⁴ (p. 297). Os autores destacam a necessidade de buscar em outras áreas os conceitos necessários para a transformação do processo de ensino e aprendizagem em contabilidade, como por exemplo: (a) estratégias de ensino de raciocínio crítico; (b) critério de avaliação; (c) atitudes e disposições dentro e fora da sala de aula – clima favorável ao questionamento, prover *feedbacks*, engajar-se no diálogo, entre outros (Doney & Lephardt, 1993)

Kimmel (1995) propõe um *framework* para integrar o raciocínio crítico ao currículo dos cursos de Contabilidade (p. 299). Baseado em críticas de comitês e órgãos profissionais sobre a deficiência das habilidades relacionadas ao raciocínio crítico em estudantes de Contabilidade, o autor apresenta uma proposta “que se destina a servir como um veículo para o corpo docente discutir a integração de habilidades de raciocínio crítico em seu currículo”⁵⁵ (p. 300). O modelo relaciona os estágios do currículo de Contabilidade (Introductório; Intermediário; Avançado; Custos e Gerencial; Auditoria e Sistemas; Tributária; e Curso de Encerramento) com os estágios de desenvolvimento intelectual definidos por Kurfiss (1989): (a) o conhecimento é uma coleção de fatos indiscutíveis; (b) o conhecimento é ambíguo, mas se resolve a ambiguidade com opiniões sem apoio; (c) coleta de evidências para apoiar opiniões, mas acreditando que todas as soluções são igualmente válidas; e (d) pesar os argumentos alternativos e comprometer-se com uma posição – considerando, em cada estágio, os componentes do raciocínio crítico definidos por Huffman, Vernoy, Williams, e Vernoy (1991) – (a) componentes afetivos; (b) componentes cognitivos; e (c) componentes comportamentais Kimmel (1995, p. 304). O autor destaca que a ligação entre desenvolvimento intelectual e raciocínio crítico não é bem entendida (p. 305) e conclui afirmando que seu *framework* apresenta uma possibilidade de, baseado no currículo atual, alinhar estratégias que visem desenvolver o conteúdo e as habilidades de raciocínio crítico nos estudantes.

Reinstein e Bayou (1997), utilizando como base os trabalhos de Bloom (1956) e Ennis (1962), apresentam um modelo para incorporar habilidades de raciocínio crítico no currículo de contabilidade. O modelo indica o uso de: (a) alternativa das artes liberais; (b) alternativa de campo de raciocínio crítico; e (c) alternativa de descentralização, método transversal (p. 340). Os autores definem, ainda, três formas para o método descentralizado, que servem a diferentes ambientes e diferentes possibilidades (p. 342).

Halpern (1998) apresenta um modelo composto por quatro partes para melhoria do raciocínio crítico. Os componentes do modelo são: (a) disposicional ou atitudinal; (b) instrução e prática com raciocínio crítico; (c) atividades de treinamento desenhadas para facilitar a transferência entre contextos; e (d) componente metacognitivo utilizado para acessar diretamente o raciocínio (Halpern, 1998, p. 451). O modelo tem como objetivo a transferência das habilidades entre domínios do conhecimento e traz, como problemática, o crescente volume de dados e

informações aos quais os indivíduos têm acesso diariamente assim como a necessidade de avaliação e julgamento dessas informações (Halpern, 1998).

Jenkins (1998) conduz um projeto com o propósito de explorar a seguinte questão de pesquisa: “O raciocínio crítico é um preditor válido de sucesso nos cursos de auditoria?”⁵⁶ (p. 276). A autora utilizou o método de múltiplas regressões, incluindo os seguintes preditores na análise: (a) raciocínio crítico, medido por meio do *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal* (W-GCTA); (b) nota no *Grade Point Average* (GPA); e (c) dados demográficos de idade e gênero. A variável independente foi composta por testes intermediários e final da disciplina (p. 276). A pesquisa contou com 94 participantes e os resultados demonstraram um raciocínio crítico significativo para o último exame intermediário ($p = 0,01$) e para o exame final ($p = 0,10$) (p. 278). A autora conclui que o raciocínio crítico, mensurado por meio do W-GCTA, é um preditor de sucesso no curso de auditoria (p. 278).

Baril, Cunningham, Fordham, Gardner, e Wolcott (1998) conduziram uma pesquisa com empresas de contabilidade e auditoria, incluindo as seis maiores (*Big Six*) do mundo, com o propósito de identificar competências de raciocínio crítico essenciais para o sucesso na carreira profissional do contador. A primeira etapa foi “revisão e análise dos componentes do raciocínio crítico incluídos no processo de avaliação do desempenho do trabalho em empresas de contabilidade”⁵⁷ (Baril et al., 1998, p. 388). Na segunda etapa os autores realizaram entrevistas com 31 profissionais de áreas distintas da contabilidade em sete empresas, incluindo as *Big Six* (Baril et al., 1998). O principal resultado mostra que os “profissionais de contabilidade entrevistados ofereceram ‘definições’ muito diferentes de raciocínio crítico”⁵⁸ (Baril et al., 1998, p. 403), porém há um conjunto de atributos, presente na pesquisa, alinhados com os conceitos de habilidades e disposições apontados pela literatura sobre o tema.

Kuhn (1999) desenvolveu um modelo de raciocínio crítico baseado nos resultados empíricos do campo da Psicologia Cognitiva e do desenvolvimento intelectual de crianças e adolescentes (p. 16). A autora define três tipos de meta-conhecimento: metacognitivo; metaestratégico; e epistemológico, que são centrais ao raciocínio crítico (p. 23). Metacognitivo é central para o conceito de reflexão sobre o próprio conhecimento e sobre como justificá-lo; metaestratégia está relacionada à padrões consistentes e duradouros de avaliação; epistemologia refere-se à subjetividade do conhecimento (p. 23). Segundo a autora “as habilidades são apenas uma parte de uma estrutura mais complexa que se desenvolve, com componentes de meta-conhecimento

de segunda ordem que surgem e se alimentam para apoiar o uso de habilidades cognitivas de primeira ordem”⁵⁹ (p. 24). Kuhn (1999) conclui afirmando que seu modelo será um importante ponto de partida para educadores na busca por dados empíricos sobre o desenvolvimento intelectual das crianças (p. 24).

Hilgenberg & Tolone (2000) realizaram um pesquisa com o propósito de “investigar a satisfação dos estudantes de pós-graduação e a percepção de oportunidades para o raciocínio crítico em cursos de educação à distância que utilizaram um sistema de áudio/vídeo bidirecional”⁶⁰ (p. 59). O estudo foi realizado por meio de pesquisas com estudantes de mestrado de quatro diferentes cursos, dois na faculdade de educação e dois na faculdade de enfermagem (p. 61). No total, 109 estudantes responderam à pesquisa. Um teste-T foi utilizado para comparar as médias de satisfação e raciocínio crítico dos estudantes dos cursos de educação e enfermagem (p. 62). Os resultados demonstram uma diferença significativa em relação à satisfação entre os cursos (p. 64). A percepção do raciocínio crítico foi analisada utilizando uma escala Likert de 5 pontos e, no geral, os estudantes percebem que há oportunidades para raciocínio crítico em cursos à distância (p. 64). Os autores encontraram uma diferença significativa entre os estudantes dos cursos de enfermagem e de educação.

Larry Crumbley e Murphy Smith (2000) propõem que os estudantes elaborem histórias curtas como forma de desenvolvimento de habilidades de raciocínio crítico (p. 291). Segundo os autores, “histórias curtas combinam educação com entretenimento para tornar o aprendizado mais fácil e interessante”⁶¹ (p. 292). O desenvolvimento de histórias curtas combina educação como entretenimento e tem como objetivos pedagógicos: (a) reforçar e expandir o conhecimento na área de contabilidade tributária; (b) contribuir para a desconstrução do estereótipo do contador e da área de contabilidade tributária; e (c) desenvolver habilidades de comunicação escrita utilizando entretenimento (Larry Crumbley & Murphy Smith, 2000, p. 293). Os autores concluem afirmando que as histórias curtas podem ser uma ferramenta para o desenvolvimento de habilidades de raciocínio crítico, frequentemente não desenvolvidas durante os métodos tradicionais de ensino de Contabilidade Tributária (Larry Crumbley & Murphy Smith, 2000).

Athanassiou, McNett, & Harvey (2003) conduziram uma pesquisa com o objetivo de “medir o efeito do uso da taxonomia de Bloom como um mecanismo de feedback em um esforço para

desenvolver as habilidades de raciocínio crítico de nossos alunos⁶²” (p. 544). O estudo foi conduzido com duas turmas, utilizando repetidas observações qualitativas como método de coleta de dados. O foco da análise foi o comportamento dos estudantes (p. 544) Os resultados demonstram que estudantes participantes do estudo tiveram melhorias nas habilidades relacionadas ao raciocínio crítico (p. 549). Os autores concluem que “embora o adesivo do pára-choque sugira o contrário, os alunos podem ser estimulados a pensar em níveis mais altos de cognição usando a taxonomia”⁶³ (p. 551).

Gellin (2003) encontrou um tamanho de efeito de 0,14 desvio-padrão ao revisar oito trabalhos, de 1991 a 2000, investigando o efeito de fatores extracurriculares – como *Greek life*, clubes e organizações, interação com o corpo docente, interação entre colegas e morar no campus – no desenvolvimento do raciocínio crítico (p. 747). O autor indica quatro implicações para os achados de sua pesquisa: (a) orçamento para manutenção de atividades extraclases; (b) construir e fortalecer relações institucionais nos administradores de assuntos estudantis; (c) facilitar o objetivo de ensino e desenvolver o raciocínio crítico na graduação; e (d) profissionais de assuntos estudantis agregam valor para os estudantes de maneira contínua.

McLean (2005) realizou uma investigação com o objetivo de “conceituar um meio de análise do raciocínio crítico que permitisse aos usuários categorizar os tipos de raciocínio crítico apresentados e avaliar a qualidade do raciocínio crítico”⁶⁴ (p. 8). A pesquisa foi realizada com 32 estudantes de uma universidade canadense que estavam matriculados em um curso de psicologia por correspondência (p. 8). Os resultados demonstraram que a qualidade do raciocínio crítico apresentou pontuação indicada com baixa ou moderada (2,89 a 3,17 de 7 possíveis). A autora conclui indicando que o modelo é um importante ponto de partida para a elaboração de estratégias para o desenvolvimento do raciocínio crítico (McLean, 2005).

Pascarella e Terenzini (2005) conduziram uma revisão da literatura em pesquisas da década de 1990 que utilizaram alguma intervenção com o propósito de aumentar o nível de raciocínio crítico dos estudantes. A grande maioria dos trabalhos utilizava o ensino de raciocínio crítico, de forma direta ou indireta, como intervenção no processo educacional (p. 182). Os autores afirmam que não há consenso sobre o que significa ensinar raciocínio crítico e sobre o que isso significa pedagogicamente (Pascarella e Terenzini, 2005). As evidências da revisão demonstram o efeito positivo da intervenção proposital no desenvolvimento do raciocínio crítico, entretanto

o resultado não é uniforme e geralmente o tamanho do efeito é pequeno (Pascarella e Terenzini, 2005, p. 183).

Duron, Limbach e Waugh (2006) desenvolveram “um *framework* em cinco passos que pode ser implementado em praticamente qualquer ambiente de ensino ou treinamento para efetivamente mover os alunos em direção ao pensamento crítico”⁶⁵ (p. 160). Uma importante base para o *framework* é a utilização de técnicas de aprendizagem ativa. Os autores definem raciocínio crítico como sinônimo dos três últimos níveis da taxonomia de Bloom (1956), sendo eles a análise, a síntese; e a avaliação. Os cinco passos definidos no *framework* são: (a) Determinar os objetivos de aprendizagem; (b) Ensinar por meio de questionamentos; (c) Praticar antes de avaliar; (d) revisar, refinar e melhorar; e (e) Prover *feedback* e avaliar o estudante (p. 161). Um exemplo ilustrativo foi proposto em um curso de análise de relatórios financeiros, em um curso introdutório de Contabilidade. Os cinco passos foram elaborados para o curso de contabilidade demonstrando que os objetivos de pensamento de alta ordem de Bloom (1956) podem ser alcançados com metodologia de aprendizagem ativa (Duron, Limbach & Waugh, 2006). Os autores afirmam que “o *framework* pode ser aplicado a quase todas as disciplinas com modificação apropriada de resultados de aprendizado, modelos de discussão e atividades”⁶⁶ (p. 165), e apontam alguns possíveis efeitos colaterais, como por exemplo engajamento dos estudantes em grandes grupos.

Cornachione, Duncan e Johnson (2007) desenvolveram um estudo com o propósito de “avaliar as habilidades leitura crítica, escrita e raciocínio de estudantes de contabilidade na maior instituição pública de ensino superior do Brasil”⁶⁷ (p. 47), utilizando três instrumentos validados na literatura: (a) *Motivated Strategies for Learning Questionnaire* (MSLQ); (b) *Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test* (EW-CTET); e (c) *Flesch Reading Ease* (FRE). O estudo contou com uma amostra de 64 estudantes do segundo semestre do ano de 2004. Os resultados demonstram que os participantes da pesquisa tiveram um resultado levemente superior aos encontrados na pesquisa original do instrumento EW-CTET e resultados levemente superiores nos testes FRE (Cornachione, Duncan e Johnson, 2007). Os autores concluem afirmando que os participantes da pesquisa se envolveram de forma positiva, demonstrando o interesse e a relevância do tema para a vida profissional. Da mesma forma, indicam que os achados reforçam a ideia de comparabilidade dos níveis de raciocínio crítico entre estudantes com os mesmos perfis históricos, educacionais e sociais (Cornachione et al., 2007, p. 67).

Abrami et al. (2008) conduziram uma meta-análise com 117 estudos, sendo 27 experimentos puros, contando com 20.698 participantes, e avaliando 161 tamanhos de efeitos (p. 1112). Os autores encontraram um tamanho de efeito médio de 0,341 ($k = 161$, $N = 20.698$) e grande heterogeneidade ($QT = 1.767,86$, $p < 0,001$) entre os resultados (p. 1112). Os resultados sugerem efeito positivo, moderado e não uniforme. Os autores indicam que, apesar do resultados contrastarem com alguns estudos anteriores, que apontaram efeitos menores, a grande heterogeneidade dos resultados precisa ser considerado para realizar essa afirmação (1122).

Morales (2011) explora o uso de *clickers* como ferramenta para motivar e engajar estudantes em discussões durante as aulas (p. 33). O autor realizou um estudo de caso com 46 estudantes do último ano do bacharelado de Contabilidade e Finanças no Instituto de Tecnologia de Dublin, Irlanda. Os resultados “sugerem que os *clickers* são uma ferramenta eficaz para mudar a dinâmica da sala de aula e fornecer uma alternativa à abordagem tradicional de aprendizagem, em que os alunos assumem uma atitude muito passiva”⁶⁸ (p. 39), entretanto “ainda não está claro se eles são um meio eficaz de incentivar e promover a participação e as habilidades de raciocínio crítico nos estudantes”⁶⁹ (p. 41).

Passos (2011) em seu doutorado e pós-doutorado, realizou um estudo com o objetivo de “analisar e avaliar empiricamente a efetividade em ensinar o modelo de Richard Paul (1995) para raciocínio crítico em alunos de disciplinas da área contábil no desenvolvimento de habilidades para pensar criticamente sobre contabilidade e atitudes de raciocínio crítico em geral” (p. 16). O autor realizou um quase-experimento em estudantes de graduação em duas universidades, uma pública e uma particular, da cidade de São Paulo. A pesquisa contou pré e pós testes, e foi realizada com grupo experimental e de controle. O tratamento se deu por meio de instrução sobre raciocínio crítico, baseada no modelo de Richard Paul (Passos, 2011). Foram utilizados dois instrumentos de avaliação amplamente aceitos pela literatura da área: (a) *Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test* (EWCTET); e (b) *California Critical Thinking Dispositions Inventory* (CCTDI). Os resultados, no geral, demonstram baixos ou parciais efeitos da intervenção sobre o desenvolvimento do raciocínio crítico dos estudantes. Apenas uma universidade, quando utilizado o instrumento EWCTET, apresentou diferença significativa entre os grupos experimentais e de controle (Passos, 2011, p. 184).

Butler (2012) obteve 131 respostas válidas em dois instrumentos: *Halpern Critical Thinking Assessment* (HCTA), e *Real-World Outcomes* (RWO), preenchidos por estudantes de faculdades comunitárias (n = 35), universidades estaduais (n = 46), e adultos da comunidade (n = 50). O objetivo foi determinar se o HCTA pode ser um preditor para resultados reais do raciocínio crítico, o RWO. Os resultados suportam a associação entre os instrumentos (M = 0,26; DP = 0,14; $r(131) = -0,38$; $p = 0,001$). Os autores chamam a atenção para algumas limitações, como por exemplo o fato de o RWO ser autodeclarado e de que não é possível estabelecer relação de causalidade entre os achados, algo que deixaram como sugestão de pesquisas futuras.

Dwyer, Hogan e Stewart (2012) realizaram uma pesquisa com o propósito de examinar “o efeito do mapeamento de argumentos sobre o desempenho do raciocínio crítico em um ambiente de *e-learning* em comparação com uma condição de controle sem intervenção (ou seja, nem mapeamento de argumentos nem elearning)”⁷⁰ (p. 223). O instrumento de mensuração do nível de raciocínio crítico utilizado foi o *Halpern Critical Thinking Assessment* (HCTA). A pesquisa contou com 74 participantes que concluíram o pré-teste e o pós-teste. Os resultados mostraram uma pontuação significativamente maior nos resultados do pós-teste, em relação ao pré-teste, no grupo experimental, indicando que a intervenção elevou a performance dos estudantes em relação ao raciocínio crítico devido à inserção de mapeamento de argumentos em um curso de raciocínio crítico na modalidade online (Dwyer, 2012).

Boyce e Greer (2013), destacando a necessidade de uma reforma na educação contábil, afirmam que seu trabalho representa “uma crítica construtiva [...] informada tanto pela literatura quanto por nossas experiências, ao longo de vários anos, no envolvimento em esforços de microrreforma (junto com colegas) no ensino e aprendizado de contabilidade”⁷¹ (p. 106). Os autores argumentam que é preciso mudar o ambiente de ensino dos cursos de Contabilidade para que estes consigam endereçar questões como desenvolvimento do raciocínio crítico em seus currículos. O ambiente precisa propiciar contato com a prática e a interdisciplinaridade para que os estudantes possam utilizar sua capacidade intelectual para fazer as ligações necessárias no desenvolvimento do raciocínio crítico (Boyce & Greer, 2013).

He, Craig e Wen (2013) conduziram uma pesquisa, por meio de um questionário, em uma universidade chinesa que oferece um programa de formação internacional (*International*

Accounting Program – CIAP). A investigação foi realizada “com um foco especial em métodos de ensino, conteúdo curricular e desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico”⁷² (p. 145). O questionário foi respondido por 50 estudantes (42 utilizados) e os resultados demonstram que os estudantes percebem uma evolução em: habilidades e competências (83% dos respondentes); conhecimentos (78% dos respondentes); conhecimento profissional (71% dos respondentes); e comunicação no idioma inglês (64% dos respondentes). Entretanto, um número menor (43% dos respondentes) considera que o programa ajuda a preparar o estudante para competências além da profissão contábil (He, Craig & Wen, 2013, pp 150-151). Os autores concluem sua pesquisa afirmando que “os currículos das universidades chinesas (como no CIAP) não devem se restringir apenas a ensinar aos alunos os aspectos técnicos e de cálculo da contabilidade em um ambiente repetitivo e livre de discussões”⁷³ (p. 155).

Chabrak & Craig (2013) utilizaram uma tarefa durante um curso de 45 horas sobre Princípios de Contabilidade Financeira na *Télécom Business School* (TBS), na França. A tarefa consistia em compreender o caso Enron. Cada estudante, com base na revisão de materiais publicados, utilizando seus valores, experiência, expectativas, educação e ética deveriam declarar sua opinião sobre a falência da Enron, destacando o papel da contabilidade. Os resultados são apresentados em função da resolução de dissonâncias cognitivas, com foco na percepção das influências da cultura dominante. Os autores destacam o papel social da Contabilidade e como desenvolver o raciocínio crítico nos estudantes.

Lahti, Kontio, Pitkänen e Välimäki (2014) estudaram a transferência de conhecimentos adquiridos em um curso online para a prática profissional no campo da enfermagem. As autoras indicam que o raciocínio crítico sobre o próprio trabalho realizado constitui um dos quatro métodos de transferência do conhecimento para a prática no dia a dia. De todos os participantes do curso, 35 responderam, de forma voluntária, a uma avaliação final, composta por questões abertas. Os resultados demonstram que “as enfermeiras relataram que, desde o curso, estavam pensando mais criticamente sobre suas ações em seu cotidiano de trabalho”⁷⁴ (p. 845). As autoras concluem que o *e-learning* é uma importante ferramenta para o desenvolvimento de educação continuada e para a transferência do conhecimento da plataforma online para situações práticas (Lahti et al., 2014).

Puteh e Hamid (2014) apresentam o programa *Halatuju Program Perakaunan Institusi Pengajian Tinggi Awam Malaysia*, desenvolvido pelo Instituto de Contadores da Malásia em

conjunto com o KPTM, que faz parte de um esforço contínuo para melhoria das habilidades dos estudantes de contabilidade. Os autores utilizam o programa para avaliar o nível de raciocínio crítico dos estudantes de contabilidade de oito universidades públicas. A avaliação do raciocínio crítico foi realizada por meio de uma atividade escrita, não estururada, desenvolvida por Wolcott (2003) e utilizada pelo AICPA, órgão americano de licenciamento dos profissionais contábeis. Os resultados, em uma escala de 0 a 4, apresentaram média de 1,225 (DP = 0,6559 e mediana 1,00) para os 160 estudantes que realizaram a avaliação. Os autores entendem o resultado como esperado, dado que, em sua visão, “Níveis mais elevados de raciocínio [crítico] só serão demonstrados pelos alunos de mestrado e doutorado”⁷⁵ (p. 2798).

Wilkin (2014) utiliza uma tarefa baseada em problemas para “demonstrar como uma abordagem construtivista de aprendizagem pode ajudar os alunos a se engajarem na construção de seus próprios conhecimentos a respeito de questões atuais sobre Sistemas de Informações Contábeis”⁷⁶ (p. 186). O propósito da tarefa foi o desenvolvimento de habilidades de comunicação e raciocínio crítico, além da experiência de trabalho em times. Cada grupo analisava e apresentava um artigo relacionado ao Sistema de Informações Contábeis, e os demais grupos faziam a avaliação da apresentação. A autora conclui indicando um efeito positivo sobre o raciocínio crítico, ao mesmo tempo em que chama atenção para importantes limitações da pesquisa, como por exemplo a carga extra de atividades sobre os estudantes.

Abrami et al. (2015) realizaram “uma meta-análise que resume as evidências empíricas sobre habilidades e disposições de raciocínio crítico em contextos educacionais”⁷⁷ (p. 283). Os autores dividiram a análise em quatro grupos, sendo eles: (a) Habilidades genéricas de raciocínio crítico (k = 341, g+ = 0,30 – baixo efeito); (b) Aproveitamento (k = 140, g+ = 0,33 – baixo efeito); (c) Habilidades de raciocínio crítico de conteúdo específico (k = 97, g+ = 0,57 – moderado efeito); e (d) Disposições de raciocínio crítico (k = 25, g+ = 0,23 – baixo efeito). O resultado geral indica que as habilidades e disposições de raciocínio crítico podem ser desenvolvidas pela intervenção educacional.

Howard, Tang e Austin (2015) conduziram sua pesquisa utilizando o design de quatro grupos Salomon em 659 estudantes de uma universidade dos Estados Unidos, em um período de dois semestres, com o propósito de investigar o efeito das intervenções, utilizando estudos de caso para o desenvolvimento das habilidades de raciocínio crítico. A avaliação foi realizada por meio

de uma versão reduzida, composta por 40 itens, do *Watson–Glaser Critical Thinking Appraisal* (WGCTA). Os autores concluem que “não há diferença entre os participantes neste estudo”⁷⁸ (p. 142), demonstrando que a intervenção não causou diferenças estatisticamente significantes nos níveis de raciocínio crítico em relação a estudantes que não tiveram acesso à intervenção.

AlMotairy (2016) desenvolveu uma pesquisa em uma universidade na Arábia Saudita com o propósito de quantificar os resultados de um projeto que visa melhorar os resultados de raciocínio crítico nos estudantes. A pesquisa foi conduzida com uma abordagem de estudo de casos para verificar se os estudantes estavam desenvolvendo diferentes competências e habilidades enquanto desenvolviam as habilidade de raciocínio crítico. A avaliação do desenvolvimento do raciocínio crítico foi realizada com base na rubrica de cada objetivo de aprendizagem do curso, tendo sido dividida em três categorias: abaixo da expectativa, satisfatório e excelente. Os resultados da avaliação demonstram que a categoria “abaixo da expectativa” teve resultados insignificantes. O autor conclui aceitando a hipótese de associação do desenvolvimento do raciocínio crítico com outros resultados do processo de ensino e aprendizagem.

Desai, Berger e Higgs (2016) investigaram o entendimento de professores, da área de negócios, sobre raciocínio crítico com o intuito de descobrir se métodos pedagógicos similares são utilizados em sala de aulas para desenvolver o raciocínio crítico. Os autores realizaram uma pesquisa com 32 participantes. Os achados demonstram disparidades na percepção dos professores sobre a definição de raciocínio crítico. Os autores concluem chamando a atenção para a necessidade de criar um padrão de ensino, métrica e avaliação de habilidades relacionadas ao raciocínio crítico na área de negócios.

Gharib, Zolfaghari, Mojtahedzadeh, Mohammadi e Gharib (2016) realizaram uma pesquisa com 16 membros do corpo docente e diretivo e 15 estudantes da universidade *Virtual School of Tehran University of Medical Sciences* no Irã. O estudo foi realizado por meio de entrevistas semiestruturadas, com o propósito de “projetar uma estrutura para aprimorar o pensamento crítico em nosso ambiente virtual”⁷⁹ (p. 272). As entrevistas conduziram a quatro principais temas que afetam o desenvolvimento do raciocínio crítico na modalidade online, sendo eles: (a) design instrucional; (b) liderança e gestão educacional; (c) evidências locais; e (d) sistema de crenças. Os autores concluem afirmando que a estrutura apresentada é um importante modelo para desenvolvimento de raciocínio crítico e pode contribuir para geração de resultados

científicos sobre educação, especialmente as ciências médicas, no modelo virtual (Gharib et al., 2016).

Huber & Kuncel (2016) conduziram uma meta-análise com estudos que “reportaram habilidades e disposições de raciocínio crítico em vários pontos durante o período de um estudante na faculdade”⁸⁰ (p. 436). Os resultados demonstram ganhos de 0,59 desvio-padrão no raciocínio crítico durante o período na faculdade, entretanto os autores concluem que um maior investimento de tempo e recursos no ensino do raciocínio crítico de domínio geral não são recomendados, por envolverem *trade-off* com outras habilidades importantes.

McKinney Jr., Yoos II e Snead (2017) afirmam que “os amplos impactos do Big Data no ambiente de negócios são de natureza técnica, gerencial e social”⁸¹ (p. 64). Os autores entendem que a influência tecnológica tem potencial para alterar a profissão e o ensino contábil. Diante desse cenário, McKinney Jr. et al. (2017) argumentam que o ensino de contabilidade deve preparar os estudantes para “*ask good questions*” (p. 64). De todo o arcabouço de habilidades que envolvem o raciocínio crítico, os autores elegem a habilidade de realizar um bom questionamento como ponto fundamental da educação contábil diante do cenário de Big Data. A pesquisa identifica e classifica com propósitos educacionais, um conjunto de sete tópicos de questionamentos para análise de informações. Os autores apontam seu trabalho como o início de uma conversa que deve ser refinada nos próximos anos (McKinney Jr et al., 2017).

Ennis (2018) propõe um programa para incorporar raciocínio crítico de forma transversal no currículo de cursos superiores (p. 165). O programa, hipotético, preve a combinação de instrução de habilidades com temas específicos do curso superior, algo que “parece fornecer maior uso, reforço e retenção do raciocínio crítico”⁸² (p. 177). O programa apresenta toda a estrutura instrucional, formas de avaliação do desenvolvimento do raciocínio crítico e até mesmo aspectos administrativos como vinculação de departamento, diretores, comites e outros (Ennis, 2018).

Cloete (2018) conduziu um quase-experimento, com grupo de controle, com estudantes de Contabilidade em uma universidade na África do Sul, tendo como objetivo verificar empiricamente “se a avaliação integrada realizada com estudantes universitários do primeiro ano aumentou as habilidades de raciocínio crítico desses alunos”⁸³ (p. 479). A autora foca na

avaliação integrada, que espelha situações da vida real, intervenção útil para o desenvolvimento do raciocínio crítico (p. 480). O instrumento utilizado para capturar a evolução dos estudantes foi o *Watson Glaser Critical Thinking Appraisal* (W-GCTA) versão inglesa. Os resultados estatísticos indicam uma diferença significativa entre os resultados do grupo experimental e de controle no pré-teste e no pós-teste (Mann–Whitney $U= 870.00$; $Z= -7.962$, $p = 0.000$) (p. 491). A quantidade de participantes do quase-experimento apresentou um decréscimo entre o pré-teste ($n = 72$) e o pós-teste ($n = 41$), algo que deve ser considerado nos resultados. A autora conclui afirmando que “é evidente que a avaliação integrada conduzida com os alunos do ECP no Departamento de Contabilidade Gerencial da UoT aprimorou as habilidades de pensamento crítico desses alunos”⁸⁴ (p. 492).

Taplin, Singh, Kerr e Lee (2018) utilizaram dramatizações (*role-play*) de dez minutos como ferramenta efetiva para a educação em ética com estudantes de auditoria, de graduação e pós-graduação, de uma universidade na Austrália (p. 383). Segundo os autores, a dramatização é um importante mecanismo para promover ensino ativo e desenvolver o raciocínio crítico. Como resultado, “tanto alunos de graduação quanto de pós-graduação consideraram as dramatizações úteis para se ter uma ideia do raciocínio crítico e da complexidade envolvida nas consultas aos clientes”⁸⁵ (p. 392).

Abbott e Palatnik (2018) realizaram uma pesquisa-ação na disciplina de Contabilidade Gerencial em uma universidade norte americana. Os participantes haviam concluído a disciplina de Contabilidade Financeira, a participação na pesquisa foi voluntária e o objetivo foi aprender, diretamente com os graduandos, sobre suas experiências em relação: (a) ao conhecimento e prática de raciocínio crítico; e (b) às experiências em sala de aula que engajaram a atenção e melhoraram seu aprendizado. Foram realizadas sessões de grupo focal com um total de 31 estudantes, sendo que a grande maioria estava cursando a disciplina de Contabilidade Gerencial. Os resultados mostram que os estudantes não percebem a disciplina de Contabilidade Financeira, da forma como é ministrada hoje, adequada para o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao raciocínio crítico. Os estudantes percebem que o desenvolvimento do raciocínio crítico é fundamental para o entendimento dos negócios, porém a percepção deles é que o curso é muito mecanizado e, ao término, eles possuem pouca confiança sobre o desenvolvimento da capacidade de raciocínio crítico. Os autores concluem que os “estudantes querem ver a conexão entre a Contabilidade Financeira e o ‘mundo real’” (Abbott & Palatnik, 2018, p. 89). Garantir

que os alunos tenham a capacidade de se envolver no pensamento crítico continua a ser um dos aspectos mais desafiadores da educação empresarial (Abbott & Palatnik, 2018,).

Ghanaat Pishch, NejatyJahromy, Badri Gargari, Hashemi e Fathi-Azar (2018) realizaram uma pesquisa com 156 estudantes do ensino fundamental (K-8) no Irã. Os autores argumentam que a amostra é representativa de uma população de 38.685 estudantes do gênero feminino. O objetivo da pesquisa foi investigar o efeito do ensino, utilizando um sistema de respostas (*clicker*), sobre os resultados de um teste de raciocínio crítico dos estudantes. O instrumento de mensuração do raciocínio crítico foi o *Cornell Critical Thinking Test* (CCTT). Os estudantes estavam inscritos em um curso com propósito de melhoria nas habilidades de raciocínio crítico. O estudo contou com pré-teste e pós-teste. Os resultados mostraram que o *clicker* apresentou resultado positivo em estudantes com notas de 0 a 37 no pré-teste, o que representa 60% dos estudantes que receberam essa intervenção. Para os estudantes com pontuação igual ou superior a 38 pontos, a pesquisa não apresentou evidências suficientes para suportar a argumentação de um efeito positivo pelo uso do *clicker*. Os resultados são importantes pelas possibilidades pedagógicas que se apresentam para públicos com essa faixa etária, algo que não se repete em ambientes instrucionais de ensino superior (Ghanaat Pishch et al., 2018).

O presente estudo não pretende realizar uma revisão exaustiva dos trabalhos sobre raciocínio crítico. Uma busca na plataforma Google Scholar apresenta mais de 180 mil resultados para o termo “*critical thinking*” apenas na última década (2010-2019), o que permite dimensionar a quantidade de publicações sobre o tema. A presente revisão traz um panorama geral dos principais direcionadores da pesquisa na área, provendo um racional teórico para condução dos estudos. O panorama geral mostra que entre as pesquisas que se propõem a avaliar o raciocínio crítico ou sua evolução, não há uma uniformidade em relação ao instrumento de mensuração. Algumas pesquisas utilizam testes validados como Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal (W-GCTA); Cornell Critical Thinking Test (CCTT); e Halpern Critical Thinking Assessment (HCTA) (Bangert-Drowns & Bankert, 1990; Friend & Zubek, 1958; Jenkins, 1998; Cornachione et al., 2007; Passos, 2011; Butler, 2012; Dwyer et al., 2012; Puteh e Hamid, 2014; Howard et al., 2015; Cloete, 2018; Ghanaat Pishch et al., 2018). Outras pesquisas utilizam métricas próprias ou, ainda, consideram a avaliação do curso como métrica de avanço do raciocínio crítico (Kitchener & King, 1981; Larry Crumbley & Murphy Smith, 2000; Larry Crumbley & Murphy Smith, 2000; McLean, 2005; Morales, 2011; He, Craig & Wen, 2013;

Chabrak & Craig, 2013; Lahti et al., 2014; AlMotairy, 2016; Wilkin, 2014; AlMotairy, 2016). As pesquisas empíricas vêm apresentando resultados com baixo tamanho de efeito ocasionado pela intervenção realizada no grupo experimental e alguns trabalhos apenas com resultados positivos parciais. Nenhuma pesquisa apresentou modelo de intervenção capaz de gerar resultados moderados nos níveis de raciocínio crítico (Bangert-Drowns & Bankert, 1990; Gellin, 2003; McLean, 2005; Cornachione et al., 2007; Abrami et al. (2008); Passos, 2011; Dwyer, Hogan e Stewart; 2012; Abrami et al., 2015; Howard, Tang & Austin, 2015; AlMotairy, 2016; Ghanaat Pishheh et al., 2018). Alguns estudos apresentam frameworks ou propostas de ensino para aumentar o nível de raciocínio crítico (Kimmel, 1995; Passos, 2011; Duron et al., 2006), entretanto as buscas não localizaram nenhum trabalho empírico, que tenha como base esses frameworks, reportando dados quantitativos sobre sua utilização.

2.4 SISTEMAS ADAPTATIVOS

2.4.1 Instrução Assistida por Computadores (IAC)

De todas as invenções, avanços e descobertas do século XX (genética, medicina, física, engenharia, matemática etc.), o computador é aquele que possui maior destaque na sociedade contemporânea, em todas as camadas sociais, acadêmicas e empresariais (Ensmenger, 2012). No processo educacional, ele é utilizado desde a década de 1960 no apoio instrucional, no engajamento dos estudantes, na avaliação do ensino e na automatização de tarefas repetitivas (Bayraktar, 2001; Carbonell, 1970; Corbett, Koedinger, & Anderson, 1997; Ensmenger, 2012; Kulik & Kulik, 1991). Os sistemas computacionais voltados ao processo instrucional ganham atenção de pesquisadores e desenvolvedores por representarem uma alternativa ao ensino tradicional (Kulik & Kulik, 1991). Bayraktar (2001) afirma que “em 1996, mais de 80% dos estudantes do ensino fundamental e médio nos Estados Unidos relataram o uso de computadores para fins de aprendizado na escola ou em casa”⁸⁶ (p. 173), destacando o enraizamento do computador nesse processo. Shuell (1992) afirma que “o objetivo de todo sistema instrucional – seja professor, livro didático ou computador ao vivo – é facilitar a aprendizagem do aluno”⁸⁷ (p. 20). Sob essa ótica diversas pesquisas acadêmicas têm sido conduzidas com a proposta de avaliar o uso de sistemas computadorizados no ensino, desde o ensino fundamental até a pós-graduação.

Alpert e Bitzer (1970) apresentaram o projeto *Plato* (Platão), iniciado em 1959 na universidade de Illinois, com foco na “exploração das possibilidades educacionais e dos problemas de engenharia e econômicos relacionados à introdução do moderno computador de alta velocidade como elemento ativo no processo instrucional”⁸⁸ (p. 1582). À época do estudo o projeto ainda estava na fase piloto, e o sistema não estava completo, sendo que, conforme relataram os autores, alguns “componentes estão se aproximando do estágio de produção piloto através das contribuições cooperativas de várias empresas industriais”⁸⁹ (p. 1583). O texto discutiu a evolução das verbas de pesquisa na área, apresentando um orçamento de 50 bilhões de dólares em 1970 e projeção de 100 bilhões de dólares para 1980, em relação ao aumento da demanda por ensino em quantidade e qualidade (p. 1582). O programa *Plato* possuía dois objetivos: (a) investigação do papel potencial do computador no processo instrucional; e (b) projetar um sistema econômico e educacionalmente viável incorporando as abordagens mais valiosas para o ensino e aprendizagem (p. 1583). Kulik e Kulik (1991) apontam que as pesquisas visavam “reduzir os custos educacionais a longo prazo, mas também aumentará os efeitos educacionais”⁹⁰ (p. 75). Com foco em aumentar os efeitos educacionais, Alpert e Bitzer (1970) apresentam algumas implicações e possibilidades do oferecimento em larga escala do projeto *Plato*, sendo elas:

- 1) Abolição gradual de cronogramas síncronos e currículos estritamente especificados na educação formal. Os estudantes podem prosseguir em um ritmo determinado por sua própria capacidade e motivação;
- 2) Fornecimento de instrução corretiva ou assistência tutorial durante cursos regularmente programados para alunos com preparação insuficiente;
- 3) Redução do número de grandes aulas teóricas no nível universitário, em favor de pequenos grupos de instrução e seminários;
- 4) Instrução especial em casa para alunos com deficiências físicas;
- 5) Desenvolvimento de habilidades aritméticas ou outras, no nível elementar, longe do ambiente exposto e frequentemente competitivo da sala de aula;
- 6) Treinamento efetivo ou reciclagem profissional para qualquer grupo de funcionários especialmente afetado pela expansão da tecnologia; e
- 7) Educação continuada para os profissionais, permitindo a atualização de conhecimentos e habilidades em seus próprios negócios e em seus próprios cronogramas (p. 1589).

Kulik, Kulik, e Cohen (1980), em sua meta-análise de trabalhos em nível de graduação, argumentaram que “comparações sistemáticas entre os resultados de instruções baseadas em

computadores e convencionais eram claramente necessárias para ajudar a orientar a política educacional”⁹¹ (p. 526). Da mesma forma, a análise das comparações constitui importante ferramenta de validação dessa política (Kulik, Kulik, & Cohen, 1980). Os autores realizaram uma meta-análise em pesquisas que contavam, de alguma forma, com instrução baseada em computadores. Foram localizados 500 estudos, porém, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 180 potenciais documentos dos quais 59 continham dados suficientes e puderam ser incluídos na pesquisa (p. 527). O tamanho do efeito foi de 0,25 desvios-padrão em média, porém, com grande variação quando analisados os estudos individualmente (p. 534). Os autores chamam a atenção para um importante achado da pesquisa: “em todos os estudos em que a instrução baseada em computadores substituiu o ensino convencional, o computador fez seu trabalho rapidamente - em média, em cerca de dois terços do tempo exigido pelos métodos tradicionais de ensino”⁹² (p. 538).

Kulik, Bangert e Williams (1983) investigaram os efeitos da instrução baseada em computadores em estudantes do ensino médio. Os autores levantaram, com base em pesquisas anteriores, expectativas de melhor, mais confortável, mais rápido, e mais duradouro efeito da instrução realizada com apoio em sistemas computadorizados em relação ao método de ensino tradicional. Os autores localizaram 51 estudos que preenchem os critérios de inclusão na análise. Os resultados demonstram um tamanho de efeito total de 0,32 desvio padrão, saltando do 50º para o 63º percentil pelo uso de algum sistema computadorizado no processo educacional. Outros resultados destacados pelos autores foram: (a) atitude positiva em relação à inserção de sistemas computadorizados no ensino, o que se refletiu na avaliação da disciplina; (b) resultando positivos, ainda que não totalmente claros, em exames aplicados meses após o encerramento da instrução, mostrando efeito superior de retenção; e (c) diminuição do tempo necessário para a aprendizagem. Os achados foram consistentes com outros trabalhos da época que demonstravam efeitos positivos na utilização da instrução baseada em computadores. Entretanto, o efeito de retenção, encontrado na pesquisa, contradiz resultados anteriores. Os autores destacam, com base na literatura, que estudos mais recentes estão apresentando tamanhos maiores de efeitos, algo que atribuem à melhor utilização do ferramental computacional. Por fim, os autores argumentam que em estudos anteriores o tamanho do efeito aparece com maior intensidade em intervenções mais curtas.

Clark (1985) analisou três meta-análises desenvolvidas por Kulik e seus associados com foco em dois possíveis problemas: a confusão do método, e a rivalidade compensatória. Esses itens

de validade externa e interna, respectivamente, apareciam devido ao fato de o professor do grupo de controle ser o responsável pelo desenho da intervenção computacional. Clark (1985) demonstra uma grande queda do tamanho do efeito quando o desenho da intervenção foi realizado por professores diferentes (0,51 desvios-padrão) em relação aos resultados quando o desenho da instrução baseada em computadores foi realizado pelo mesmo professor do grupo de controle (0,13 desvios-padrão) (Kulik, Kulik, & Cohen, 1980; Clark, 1985, p. 254). Para a meta-análise, Clark (1985) selecionou aleatoriamente e analisou, por dois revisores distintos, 42 trabalhos utilizados por Kulik e seus associados. Os resultados demonstram um tamanho de efeito de 0,49 desvios padrão, algo similar aos achados de Kulik (p. 258), entretanto outros itens chamam a atenção: 75% dos estudos analisados apresentaram evidências de falhas graves de design; 50% dos estudos apresentaram falha no controle da quantidade de instrução recebida pelo grupo experimental e de controle; em cerca de 40% dos estudos o mesmo professor conduziu o grupo de controle e o desenho da instrução baseada em computadores, nesses estudos foram constatados melhores métodos de instrução e o tamanho do efeito foi de 0,09 desvios-padrão; e o método instrucional foi controlado em apenas metade das pesquisas; e o tamanho do efeito, quando o método foi controlado, apresentou-se insignificante (0,01 desvios-padrão).

Kulik e Kulik (1987) examinaram 199 estudos sobre efeitos de instrução baseada em computadores e concluíram que:

A instrução baseada em computador aumentou o aproveitamento dos estudantes em inúmeros estudos. Esse modelo deu aos estudantes uma nova apreciação pela tecnologia e teve efeitos positivos nas atitudes em relação às escolas e ao ensino. E os computadores ajudaram os professores a economizar tempo de instrução⁹³ (p. 226).

Os autores encontraram um tamanho de efeito médio de 0,31 desvios-padrão; uma redução média no tempo de instrução de 32%; e um efeito insignificante na atitude frente ao assunto da instrução). Para os autores, alguns pontos chamam a atenção: (a) estudos publicados demonstram efeitos maiores do que estudos não publicados; (b) efeitos são maiores quando o grupo experimental e de controle possuem professores distintos; (c) efeitos tendem a ser maiores em pesquisas publicadas depois de 1975; e (d) efeitos são maiores quando a duração da intervenção é menor. Os autores apontam três fatores que podem contribuir para esses

achados: editores de jornais; falhas no desenho dos experimentos; e qualidade instrucional (p. 226).

Lee (1999) conduziu um estudo com o propósito de “analisar evidências sobre a eficácia da simulação examinando a relação entre duas formas de simulação, pura e híbrida, e dois modos de instruções, apresentação e prática”⁹⁴ (p. 71). Os autores analisaram 19 estudos, calculando 51 tamanhos de efeito, sendo 46 sobre desempenho acadêmico e 5 sobre atitude em relação à simulação. Os resultados demonstram um tamanho de efeito médio de 0,41 desvio-padrão para desempenho acadêmico e -0,04 desvio-padrão para atitude em relação à simulação. Chamando a atenção para a fragilidade dos achados, devido à pequena quantidade de estudos encontrados, os autores concluem que: (a) simulação híbrida é mais eficaz do que simulação pura; (b) simulação híbrida tem o praticamente o mesmo efeito que apresentação e prática; (c) orientação específica ajuda o desempenho dos estudantes; (d) simulação causa atitude negativa em relação ao estudante; (e) estudantes demonstraram pequena preferência por simulações, mesmo no modo prático; e (f) Ciências parece ser um campo que combina com instrução baseada em simulação.

Lou, Abrami, e d’Apollonia (2001) desenvolveram uma meta-análise com o propósito de investigar o efeito de *computer technology* (CT) em pequenos grupos comparado com efeito em estudo individual. Os autores analisaram 486 tamanhos de efeito distintos, extraídos de 122 estudos, conduzidos com um total de 11.317 estudantes. Os resultados demonstram que o estudo em pequenos grupos (contexto social), utilizando tecnologia computacional, produz efeito positivo tanto no desempenho individual ($ES = +0,15$) quanto no desempenho do grupo ($ES = +0,31$).

Bayraktar (2001) localizou 42 estudos avaliando o efeito de instrução baseada em computadores em estudantes do ensino médio e de graduação, na área de ciências, produzindo um total de 108 tamanhos de efeito que foram incluídos na meta-análise. Os resultados demonstraram um range de tamanho de efeitos de -0,69 a 1,295, sendo que em apenas um estudo o resultado foi nulo ($ES = 0$). O tamanho do efeito médio foi de 0,273 desvios-padrão, considerando os 108 calculados. Os resultados, quando analisados e forma consolidada, demonstram um efeito pequeno; entretanto, sob algumas condições, a utilização de sistemas computadorizados beneficia o desempenho dos estudantes, como é o caso do uso de sistemas computadorizados para simulações ou tutoriais em ciências; ou quando os sistemas computadorizados são utilizados individualmente. Os autores afirmam, ainda, que a instrução baseada em

computadores apresenta resultado positivo quando utilizada em complemento à instrução tradicional em sala de aula, unindo as estratégias de ensino.

Sitzmann, Kraiger, Stewart, e Wisher (2006) examinaram o efeito de instrução baseada na internet em comparação à instrução em sala de aula. Os autores incluíram dados de 96 pesquisas em sua análise, sendo 65 de publicações, 18 de teses e 13 não publicados. Esses valores correspondem a 168 cursos e 19.331 *trainees* analisados. Os resultados demonstram que instrução baseada na internet, utilizada isoladamente e como suplemento, apresentam efeitos positivos quanto à instrução em sala de aula ($d = 0,15$ e $d = 0,34$ respectivamente) em relação a conhecimentos declarativos. Quando o assunto se relaciona a conhecimentos procedurais, a instrução baseada em internet, utilizada isoladamente, apresenta efeito negativo ($d = -0,07$) quanto à instrução em sala de aula, e a instrução baseada em internet, quando utilizada como complemento da instrução em sala de aula, apresenta um efeito positivo ($d = 0,52$) quanto à instrução em sala de aula isolada. Os autores concluem que os achados suportam o argumento de Clark (1983, 1994), quando diz que os métodos instrucionais determinam melhor os resultados da aprendizagem do que a mídia utilizada para a entrega.

Vogel et al. (2006) propuseram um estudo com o objetivo de determinar como jogos e simulações interativas se relacionavam com o aprendizado. Os autores focaram em ganhos cognitivos desses modelos de instrução em relação ao ensino tradicional. Os resultados demonstram um pequeno efeito positivo ($z = 6.051$, $p < .0001$ ($N = 8549$)) calculado sobre o total dos estudos. A análise por gênero demonstra que mulheres tiveram ganho significativo em relação a jogos e simulação ($z = 2.583$, $p = .0049$ ($N = 80$), $Nfs = 3$). Quando ferramentas de árvore de inteligência artificial são utilizadas, os resultados mostram um efeito negativo no uso de jogos e simulações e relação ao ensino tradicional ($z = -2.099$, $p = .018$ ($N = 94$), $Nfs = 0$) em ambientes onde o sistema automaticamente conduz o estudante; porém um efeito positivo ($z = 7.038$, $p < .0001$ ($N = 3656$), $Nfs = 1233$) foi encontrado quando os sistemas são controlados pelos estudantes. Os autores concluem afirmando que “este resultado está em acordo com a teoria atual que afirma que as atividades experienciais interativas que aumentam a motivação também aumentam os resultados da aprendizagem”⁹⁵ (p. 237).

Sitzmann (2011) conduziu uma meta-análise com o objetivo de “resumir estatisticamente a literatura sobre a eficácia instrucional dos jogos de simulação baseados em computador para

ensinar conhecimentos e habilidades relacionados ao trabalho”⁹⁶ (p. 490). O estudo contou com 55 pesquisas, sendo 39 publicadas, 12 teses e 4 relatórios não publicados. Os resultados demonstram efeito positivo para autoeficácia ($d = 0,52$); conhecimento declarativo ($d = 0,28$); conhecimento procedural ($d = 0,37$); e retenção ($d = 0,22$). A autora conclui que “aprender com os simuladores de jogos foi maximizado quando os participantes aprenderam, de forma ativa e não passiva, as competências relacionadas ao trabalho”⁹⁷ (p. 520).

Escobar-Rodriguez e Monge-Lozano (2012), utilizando o *Technology Acceptance Model* (TAM), conduziram um questionário em estudantes do segundo ano do curso de Administração de uma universidade pública da Espanha a fim de analisar a intenção do uso da plataforma Moodle para melhorar o processo de ensino e aprendizado. Os pesquisadores obtiveram 162 respostas (104 mulheres e 58 homens). Os resultados demonstram uma relação positiva entre a percepção de facilidade de uso e de compatibilidade com as tarefas, com a intensão de utilização do recurso.

Merchant, Goetz, Cifuentes, Keeney-Kennicutt, e Davis (2014) realizaram uma meta-análise com o objetivo de “examinar a eficácia geral da tecnologia de realidade virtual baseada em *desktop* em ambientes de ensino fundamental e médio ou ensino superior”⁹⁸ (p. 31). Os autores calcularam dois tamanhos de efeito para cada conjunto de dados, utilizando as análises REM e FEM. Em 13 estudos, os resultados demonstram efeito positivo no uso de jogos (0,51 e 0,77) como ferramenta instrucional. Estudos sobre o uso de mundos virtuais resultaram em um efeito médio positivo (0,36 e 0,44). A instrução baseada em simulação apresenta efeito positivo (0,41 e 0,38). Três trabalhos demonstraram resultado positivo na utilização dos três itens anteriores no processo instrucional, em relação ao ensino tradicional. Os autores concluem indicando que os resultados são consistentes com trabalhos anteriores, porém pesquisas ainda precisam ser realizadas para validar e expandir diversos pontos apresentados.

2.4.2 Sistemas Tutores Inteligentes (STI)

Em 1984, Benjamin Bloom publicou o problema dos dois sigmas, convocando pesquisadores e professores para a tarefa de viabilizar, sob condições realistas, o uso de tutores individuais para auxílio de estudantes no processo de ensino e aprendizagem (Bloom, 1984). A questão central de Bloom (1984) gira sobre o seguinte achado: o uso de tutores individuais apresenta efeito positivo de dois desvios-padrão (sigma) em relação ao ensino puramente tradicional. Ainda que

esse amplo resultado só tenha sido encontrado em dois estudos, VanLehn (2011) afirma que, “por 25 anos, pesquisadores [de educação e de informática] têm procurado a solução para o ‘problema dos dois sigmas’ de Bloom (1984)⁹⁹” (p. 210), demonstrando o impacto que a publicação causou na área. No campo de educação assistida por computadores, os Sistemas Tutores Inteligentes (STI) ou *Intelligent Tutoring Systems* na língua inglesa, ocupam papel de destaque nas pesquisas (Corbett et al., 1997). Shute e Psotka (1994) apontam os STI como uma versão mais elaborada dos sistemas computadorizados de apoio à instrução. Rosenberg (1987) menciona que são sistemas que “tentam imitar as capacidades do tutor humano”¹⁰⁰ (p. 7). Self (1990) descreve os STI por meio de uma analogia, afirmando que “o único outro agente capaz de realizar uma tarefa semelhante, o professor humano”¹⁰¹ (p. 3). Graesser, Conley e Olney (2012)(Graesser, Conley, & Olney, 2012)) definem os STI como “ambientes de aprendizagem informatizados que incorporam modelos computacionais das ciências cognitivas, ciências da aprendizagem, linguística computacional, inteligência artificial, matemática e outros campos”¹⁰² (p. 451). Os STI são compostos por modelos, que correspondem à representação do conhecimento no sistema computacional. Os modelos que compõem os STI são: (a) o modelo do domínio, onde fica registrado todo o conteúdo a ser ministrado; (b) o modelo pedagógico, que contém as estratégias de ensino; (c) o modelo do estudante, que representa o estado de conhecimento do estudante em relação ao modelo do domínio; e (d) o modelo de interface, que contém os mecanismos de comunicação entre o estudante e o sistema (Shute & Psotka, 1994; Corbett et al., 1997; Phobun & Vicheanpanya, 2010; Fang, Ren, Hu e Graesser, 2018).

O propósito dos STI é fornecer tutoria aos estudantes, de forma similar a um tutor humano, respeitando as necessidades dos estudantes e agindo para melhorar seu desempenho (Anderson, Boyle, & Reiser, 1985). O uso do STI aparece de diversas formas na literatura, como por exemplo: laboratório virtual para exploração e experiências; repositório de conteúdo; ambiente para avaliação formativa; controlador de tarefas e problemas; dentre outros (Shute & Psotka, 1994). Alicerçado na ciência cognitiva (Simon, 1980), o STI utiliza artefatos de inteligência artificial e de psicologia cognitiva para interagir com os estudantes, imitando o comportamento de um tutor humano, provendo diagnóstico do conhecimento do estudante; adaptando a instrução e os recursos pedagógicos; propondo reforço de conteúdo; oferecendo *feedback* em relação aos erros cometidos; trazendo dicas e questionamentos que possibilitem ao estudante ultrapassar algum obstáculo; dentre outros (Merrill, Reiser, Ranney & Trafton, 1992; Shute & Psotka, 1994, p. 11). A capacidade de imitar o comportamento do tutor humano torna os STI

distintos dos sistemas de instrução baseados em computadores, já que esses últimos seguiam apenas um conjunto de instruções pré-programadas, sem levar em consideração a interação do estudante com o sistema (Shute & Psootka, 1994; Corbett et al., 1997; Phobun & Vicheanpanya, 2010).

Pesquisadores de STI têm apresentado, nas últimas décadas, diversos trabalhos endereçando as questões centrais de acesso em larga escala, para tutoria individualizada, utilizando recursos de inteligência artificial e psicologia cognitiva no processo de ensino e aprendizagem (Anderson et al., 1985; Self, 1990; Steenbergen-Hu & Cooper, 2014; Kulik & Fletcher, 2016). VanLehn (2011) afirma que o trabalho de Bloom “inspirou uma geração de pesquisas sobre tutoria humana e computacional que aumentou muito nosso conhecimento e valeu a pena o esforço”¹⁰³ (p. 211). Uma busca na plataforma Google Scholar, utilizando o termo “*intelligent tutoring systems*”, apresenta mais de 50 mil resultados, sem restrição de tempo. Quando a busca é realizada no período de 2010 a 2018 são apresentados mais de 18 mil resultados, demonstrando o volume de produções na área. Apesar da grande quantidade, as pesquisas sobre STI não possuem consenso sobre o tamanho do efeito desses sistemas no processo educacional. Em geral, os resultados aparecem como pequenos ou moderados, utilizando a classificação de Rosenthal e Rosnow (1984, p.361). Outro fator que chama a atenção na quantidade de pesquisas são os resultados contraditórios, ou seja, uma pesquisa encontra resultados distintos dos achados em pesquisas anteriores.

Em sua meta-análise, VanLehn (2011) comparou tutores passo a passo; tutores de sub passo a passo; tutores de respostas; tutores humanos; e ausência de tutoria. Os resultados mostraram que o efeito de tutores humanos, em relação à ausência de tutoria, foi de 0,79 desvios padrão ($n = 10$), um valor inferior aos dois sigmas descritos por Bloom (1984); a mesma análise mostrou que a tutoria passo a passo teve um efeito positivo de 0,76 desvios padrão ($n = 28$) em relação à ausência de tutoria (VanLehn, 2011, p. 208). O autor apresenta algumas considerações sobre o resultado de Bloom (1984), o qual não vem se repetindo em pesquisas atuais com tutores humanos. Um ponto destacado é a característica do tutor (*experientes vs. novatos*) utilizados nas pesquisas. O modelo instrucional de acordo com o qual os trabalhos são analisados também merece o destaque dos autores. Bloom (1984) analisou trabalhos no modelo de *mastery learning*, algo que não é visto com frequência nos estudos atuais.

Steenbergen-Hu e Cooper (2013) conduziram uma meta-análise sobre o uso STI em estudantes de ensino básico, fundamental e médio (K-12) focados no ensino de matemática. Os autores consideraram publicações do período de janeiro de 1990 a junho de 2011, em língua inglesa. Foram localizados 26 trabalhos que atendiam aos critérios de inclusão, possibilitando o cálculo de 65 efeitos. No geral “STI não teve nenhum efeito negativo e talvez um pequeno efeito positivo [$g = 0,01$ a $g = 0,09$] na aprendizagem de matemática dos alunos do ensino fundamental e médio em relação à instrução regular em sala de aula”¹⁰⁴ (p. 982). Alguns estudos comparam STI com lição de casa ou com tutor humano, nesses casos o efeito calculado foi de pequeno para moderado ($g = 0,20$ a $g = 0,60$). Em consonância com publicações sobre instrução baseada em computadores, os achados demonstram que efeitos do STI são maiores quando a intervenção é menor, no caso em tela, menor que um ano de duração. Os resultados ainda demonstram que STI produz maior efeito em estudantes em geral do que em estudantes com baixo desempenho (Steenbergen-Hu & Cooper, 2013, p. 982). Os autores realizaram uma continuação do trabalho analisando investigações relacionadas ao uso dos STI em cursos de graduação (Steenbergen-Hu & Cooper, 2014). Foram identificados 39 estudos no período de 1990 a 2011. Ao todo, 22 tipos de STI foram investigados, sendo: 10 sobre AutoTutor; 5 sobre ALEKS; 5 sobre xTex-Sys; e 3 sobre WISE (Steenbergen-Hu & Cooper, 2014, p. 335). Ao contrário do estudo anterior, no nível de graduação o STI apresenta um efeito negativo quando comparado com o tutor humano ($g = -0,25$), entretanto esse efeito não foi estatisticamente significativo. Os resultados gerais demonstram um efeito moderado ($g = 0,32$ a $g = 0,37$). Ao comparar os resultados da pesquisa de 2014 com a pesquisa de 2013, os autores apontam três possíveis explicações: (a) diferenças nas características e metodologia das investigações, como por exemplo tempo de duração; (b) diferença na implementação das intervenções, como uso em laboratórios e uso em sala de aula; e (c) possível diferença de efetividade devido à idade, ou seja, maturidade do estudantes (Steenbergen-Hu & Cooper, 2014).

Kulik e Fletcher (2016) localizaram 50 trabalhos sobre o efeito de STI em ambientes instrucionais. Em 92% dos casos (46 estudos) os estudantes que utilizaram algum STI tiveram resultados melhores, quando comparados ao grupo de controle. Os autores encontraram efeito positivo moderado ($ES = 0,66$) na análise total. Analisando uma fração de 18 estudos em matemática no ensino fundamental e médio, os autores encontraram um efeito médio de 0,40 desvios padrão, o que vai contra os achados de Steenbergen-Hu & Cooper (2013) que apresentaram efeitos próximos a zero. Quando analisado os tutores passo a passo foram

encontrados resultados distintos de VanLehn (2011). A meta-análise atual encontrou efeito positivo de 0,40, enquanto VanLehn (2011) apresentou um efeito de 0,76.

Ma, Adesope, Nesbit e Liu (2014) realizaram uma análise com 107 efeitos envolvendo 14.321 participantes. Os resultados mostram que estudantes que utilizaram STI obtiveram melhores resultados do que estudantes que receberam qualquer outro meio de instrução, $g = 0,36$ com efeito fixo e $g = 0,41$ com efeito aleatório. Cerca de 62% (66 estudos e 11.296 participantes) dos trabalhos analisados compararam STI com instrução em grandes grupos. Os STI não apresentaram efeito significativo quando: (a) comparados a instrução com pequenos grupos (4 estudos, 184 participantes, $g = 0,05$ efeito aleatório, $g = 0,10$ efeito fixo); e (b) comparados com instrução individual (5 estudos, 404 participantes, $g = -0,11$ efeito aleatório, $g = -0,11$ efeito fixo). Os achados convergem com a pesquisa de VanLehn (2011) e Steenbergen-Hu e Cooper (2014); entretanto quando analisados os efeitos para os níveis de ensino fundamental e médio (K-12), os achados de Ma et al. (2014) são superiores aos encontrados por Steenbergen-Hu e Cooper (2013). A hipótese levantada por Steenbergen-Hu e Cooper (2014), de que a maturidade do estudante pode estar relacionada com maior efeito do STI, não se confirmou nos achados de Ma et al. (2014). Quando os STI foram comparados a grupos sem nenhum tratamento os resultados mostraram: $g = 1,23$ para Ma et al. (2014); $g = 0,90$ para Steenbergen-Hu e Cooper (2014); e $g = 0,40$ a $g = 0,76$ para VanLehn (2011). Esses resultados, apesar de distintos, indicam um fator importante achado nas pesquisas com STI, demonstrando que esses sistemas, quando comparados com situação de não tutoria, geram resultados positivos e superiores a qualquer outra comparação entre grupos (Ma et al., 2014).

Cole et al. (2018) realizaram uma investigação com STI com o propósito de auxiliar estudantes na proficiência do discurso científico. O sistema utilizado foi o Marni, um tutor inteligente que utiliza o diálogo com os estudantes. O “Marni pergunta aos alunos questões abertas sobre a ciência apresentadas com a mídia. A mídia incluiu ilustrações estáticas, animações silenciosas ou simulações interativas”¹⁰⁵ (Cole et al., p. 161). Ao todo, 183 estudantes de 13 salas de aulas em 4 escolas distintas participaram da pesquisa. As intervenções ocorreram de duas formas: (a) 114 estudantes foram aleatoriamente alocados em pequenos grupos que discutiam as questões feitas pelo Marni e posteriormente um estudante respondia, com base na discussão efetuada; e (b) 69 estudantes foram alocados para conversas individuais com o Marni (tutoria um a um). Havia, ainda, a presença de grupo de estudantes com o mesmo material instrucional, porém sem acesso ao Marni. Os resultados gerais demonstram que, em relação ao grupo de controle, que

não recebeu nenhum tratamento, as discussões em pequenos grupos e o tutor individual produzem efeitos similares ($ES = 0,48$ para pequenos grupos, e $ES = 0,51$ para tutores individuais). O maior efeito encontrado foi com a presença do tutor humano ($ES = 0,65$). Esses achados são compatíveis com os achados de VanLehn (2011), que encontrou $ES = 0,79$, porém estão muito distantes dos dois sigmas encontrados por Bloom (1984).

Koedinger, Anderson, Hadley e Mark (1997) em conjunto com o *Pittsburgh Urban Mathematics Project* (PUMP), realizaram uma pesquisa utilizando um tutor inteligente cognitivo no ensino de álgebra (PAT). O grupo de controle recebia o currículo tradicional e não contava com tutor. O grupo experimental recebia o modelo PUMP+PAT. Houve um terceiro grupo de comparação, denominado *Scholars-Comparison* que envolvia aulas para 35 estudantes com bom desempenho anterior e 1 professor. Os resultados demonstram que o tratamento (PUMP+PAT) gerou um efeito positivo entre 0,3 e 1,2 desvios-padrão quando comparado com o grupo de controle, que utilizou somente o currículo tradicional. Os resultados, quando comparados com o grupo *Scholars*, mostram um efeito negativo em 3 dos 4 itens analisados. Os autores concluem que “o tutor foi recebido entusiasticamente por alunos e professores”¹⁰⁶ (p. 41), demonstrando os efeitos positivos causados pela intervenção, além daquela capturada pelas métricas avaliativas (Koedinger et al., 1997).

Merrill et al (1992) compararam a orientação e o suporte prestados por tutor humano e por STI com foco no processo de superação de impasses encontrados na resolução de problemas. Os autores argumentam que os estudantes, ao tentarem resolver um problema, encontrarão obstáculos. Esses obstáculos possuem grande valor cognitivo, porém podem causar perda de tempo, desmotivação e até mesmo falhas no aprendizado. O tutor humano será responsável por orientar o estudante em como passar, de maneira a maximizar os ganhos cognitivos, pelos obstáculos encontrados (Merrill et al., 1992). As características do tutor e seu modelo de interação com o estudante irão impactar diretamente na qualidade da tutoria. Merrill et al. (1992) mencionam que “a orientação do tutor humano parece estar estruturada, em grande parte, em torno dos impasses que os estudantes encontram. O conteúdo e o tempo de *feedback* parecem depender criticamente das consequências do erro particular ou impasse encontrado”¹⁰⁷ (p. 283). Os STI, utilizando o modelo do estudante podem agir dando *feedback* em situações nas quais um obstáculo é detectado, auxiliando o estudante a superar o obstáculo. Os autores concluem que tanto o tutor humano quanto o STI prestam assistência ao estudante para superar

o obstáculo encontrado. A diferença reside no modelo de ação e localização de erros e no estilo de *feedback* utilizado por cada um deles, pois “os tutores humanos tendem a oferecer assistência na sinalização ou localização de um erro, em contraste com os tutores computadorizados, que normalmente assumem mais o processo de reparo de erros”¹⁰⁸ (Merrill et al., 1992, p. 300).

Isotani e Brandão (2008) desenvolveram “algoritmos e ferramentas para autoria e verificação automática de exercícios em um programa DG, chamado iGeom, que pode ser usado tanto para páginas da web como de forma autônoma”¹⁰⁹ (p. 1285). O iGeom permite apoio no ensino de geometria por meio de um sistema que fornece *feedback*, em ambiente de internet, sobre o exercício realizado pelo estudante. A simplicidade do modelo garante agilidade e menor demanda por recursos computacionais, algo aderente às necessidades do ambiente de escolas públicas do Brasil. O sistema monitora o domínio do estudante e o compara com o domínio autoral, aceitando como corretas as resoluções que guardem até uma certa distância do resultado proposto no domínio autoral. Os autores conduziram avaliações do sistema durante vários semestres de oferecimento de uma disciplina para futuros professores aprenderem a utilizar essa tecnologia em sala de aula. Por meio desse experimento o qual “mostrou que nosso algoritmo é eficaz na verificação de exercícios e é executado com eficiência em computadores com recursos de baixo processamento”¹¹⁰ (p. 1298), os autores concluem que o sistema atende aos propósitos para os quais foi desenvolvido e que, com algumas melhorias, “será possível oferecer um sistema significativo e mais personalizado para os usuários, o que contribuirá para aumentar a motivação e evitar possíveis frustrações durante as interações com o sistema”¹¹¹ (p. 1302).

Nye, Graesser, e Hu (2014) realizaram uma revisão de dezessete anos do AutoTutor, um tutor que utiliza linguagem natural. Os autores apresentam um extensa lista de AutoTutores, aplicações e resultados de pesquisas utilizando esses tutores. Os resultados da investigação indicam ganho de 0,80 desvios-padrão no uso do AutoTutor Base System ($ES = 0,80$). Há consistência dos achados com estudos anteriores, porém os autores chamam a atenção para a dificuldade em portar tutores para a sala de aula. Sobre esse tema Nye, Graesser, e Hu (2014) afirmam: “Ganhos de aprendizagem são apenas uma das muitas considerações para professores e administradores, tornando mais difícil colocar as ITS nas mãos dos alunos. Embora milhares de alunos tenham usado o AutoTutor, tem havido pouco uso sustentado por escolas K-12”¹¹² (p. 459).

Jaques et al. (2013) apresentam um sistema especialista tutor de Álgebra, o PAT2Math, que se propõe a ensinar equações lineares e quadráticas. O PAT2Math é instanciado na internet e provê *feedback* para os estudantes a cada passo na solução dos problemas. Os autores realizaram uma avaliação da eficácia do sistema por meio de uma teste com estudantes do sétimo ano no ensino fundamental. Ao todo, 43 estudantes participaram do teste, sendo 22 no grupo experimental e 21 no grupo de controle. Os autores mostram resultado “com 90% de confiança de que os alunos que usam o PATequation têm ganhos maiores de pontuações na resolução de equações do que os alunos que usam lápis e caneta”¹¹³ (p. 5464).

Anderson (1996) apresenta um tutor cognitivo baseado em sua teoria de *Adaptive Character of Thought* (ACT-R). A ACT estuda o processo de cognição humana e procura reproduzir a aquisição do conhecimento em indivíduos (Isotani & Brandão, 2008). Na versão utilizada pelos autores (ACT-R), o processo cognitivo é formado pela interação de dois fatores: (a) conhecimento procedural; e (b) conhecimento declarativo. A proposta buscava o entendimento do processo cognitivo e aquisição de conhecimento, entretanto a pesquisa mostrou-se relevante em quesitos educacionais como motivação e melhora no desempenho de estudantes, principalmente de escolas públicas (Anderson, Corbett, Koedinger, & Pelletier, 1995).

2.4.3 Sistemas Tutores Inteligentes Adaptativos (STIA)

Herbert Simon, explorando os conceitos da Ciência Cognitiva, afirma que os “sistemas inteligentes exibem sua inteligência alcançando metas (por exemplo, atendendo às suas necessidades de sobrevivência) em face de ambientes diferentes e mutáveis. Comportamento inteligente é adaptativo, portanto, deve assumir formas surpreendentemente diferentes quando os ambientes são correspondentemente diferentes”¹¹⁴ (Simon, 1980, pp. 35-36). O autor denomina os sistemas adaptativos como sistemas artificiais, pois devem mudar para deliberadamente se adaptarem ao ambiente. Para Simon, a tarefa da ciência empírica é descobrir e verificar invariantes nesse processo, pois “o que procuramos são invariantes relativos: regularidades que se mantêm ao longo de consideráveis períodos de tempo e intervalos de sistemas”¹¹⁵ (p. 36). Essas invariantes representam o mecanismo de aprendizagem do sistema adaptativo. Os campos da Inteligência Artificial e da Psicologia Cognitiva, por serem enraizados na Ciência Cognitiva, valem-se desse *framework* no processo de produção do conhecimento. Nesse contexto, temos de ter em mente que: (a) o processo educacional está

intimamente relacionado com o processo de aprendizagem; (b) o processo psicológico está diretamente ligado a como conhecemos o mundo à nossa volta e como esse conhecimento é armazenado em nossa mente; e (c) o ser humano é um sistema adaptativo, ou seja, inteligente e capaz de se adaptar ao ambiente em que está inserido (Simon, 1980).

Kolb e Kolb (2005), ao formalizar sua teoria de aprendizado experiencial, afirmam que, “por causa de nosso equipamento hereditário, nossas experiências de vida particulares e as exigências de nosso ambiente atual, desenvolvemos uma maneira preferida de escolher entre os quatro modos de aprendizado”¹¹⁶ (p. 195). Isso significa que para percorrer o ciclo de aprendizagem (Kolb & Kolb, 2005, p. 195), cada estudante terá maior ou menor afinidade com uma forma preferida para absorver o ambiente percebido. Essa preferência é denominada de estilo de aprendizagem e é influenciada por “tipo de personalidade, especialização educacional, escolha profissional e função e tarefas atuais”¹¹⁷ (p. 195). Os estilos de aprendizagem, destacados na literatura são: (a) divergente, melhor vendo experiências concretas por diferentes pontos de vista; (b) assimilador, entendem grande quantidade de informação e conseguem colocá-las de forma lógica e concisa; (c) convergente, melhores em localizar usos práticos para as ideias e teorias; e (d) acomodador, melhores quando utilizam experiências reais, concretas, colocando a “mão na massa” (Kolb & Kolb, 2005, p. 5). Cada estudante possui um estilo de aprendizagem e, ainda que esse estilo não seja latente, será com atividades relacionadas a esse estilo que o processo de aprendizagem será conduzido em sua melhor forma (Kolb & Kolb, 2005). A aprendizagem adaptativa é o processo pelo qual o estudante tem sua instrução personalizada em função de necessidades; interesses; conhecimentos prévios; estilos de aprendizagem; metas a ser alcançadas; satisfação; entre outros (Yaghmaie & Bahreininejad, 2011).

Sistemas Tutores Inteligentes Adaptativos (STIA) são recursos computacionais que possuem todas as características dos Sistemas Tutores Inteligentes (STI) e, em adição, apresentam recursos de hipermídia adaptativa, as quais “constroem um modelo dos objetivos, preferências e conhecimentos de cada usuário individual, e usam esse modelo ao longo da interação com o usuário, a fim de se adaptar às necessidades desse usuário”¹¹⁸ (Brusilovsky, 2001, p. 87). Os STIA utilizam diversas ferramentas e recursos com o intuito de proporcionar ao estudante um ensino adaptativo, individualizado e adequado aos seus interesses e necessidades (Brusilovsky, 2001, Yaghmaie & Bahreininejad, 2011). Existem dois mecanismos de adaptabilidade nos STIA, o primeiro, de dentro para fora, ou seja, o sistema se adapta com base em algum

conhecimento sobre o estudante ou com base em alguma interação deste com o sistema; e o segundo mecanismo, de fora para dentro, em resposta às modificações realizadas pelos estudantes (Yaghmaie & Bahreininejad, 2011). Nas pesquisas conduzidas na área dos STIA os modelos de adaptabilidade de dentro para fora, ou seja, quando o sistema se adapta em função de alguma característica ou dado capturado sobre o estudante, aparecem com maior destaque e recorrência.

Dois fatores essenciais na construção e representação de um STIA são a técnica e o método (Brusilovsky, 1996). A técnica é composta por algoritmos que realizam a adaptabilidade do sistema. O método é a generalização de uma técnica de adaptabilidade. Segundo Brusilovsky (1996):

cada método é baseado em uma clara ideia de adaptabilidade que pode ser apresentada no nível conceitual. Por exemplo, "... insira a comparação do conceito atual com outro conceito se este outro conceito já for conhecido pelo usuário", ou "... esconda os links para os conceitos que ainda não estão prontos para ser aprendidos"¹⁹ (p. 89).

A quantidade, variedade e interação entre as técnicas e os métodos representam o universo de possibilidades adaptativas de um STIA (Brusilovsky, 1996). Esses fatores também permitem a identificação, categorização, classificação e comparação de diferentes STIA (Brusilovsky, 2001). O modelo de classificação proposto por Brusilovsky (1996) abrange quatro dimensões, sendo elas: (a) campo de utilidade, identifica em que área o STIA será útil; (b) características do usuário, identifica quais características são utilizadas no processo de adaptação; (c) itens adaptáveis, identifica quais itens podem ser adaptados pela técnica proposta; e (d) objetivos da adaptação, identifica os propósitos do uso das técnicas e métodos e os problemas que elas se propõem a resolver (pp. 3-4).

Kumar, Singh e Ahuja (2017) conduziram uma análise em 78 pesquisas dos anos de 2001 a 2016 sobre STIA. O propósito dos autores foi coletar e classificar essas pesquisas em parâmetros como: foco principal; propósito; tipo de pesquisa; método; características de participantes; área e aplicação; principais achados; entre outros. Os resultados mostraram que 63 estudos focaram em adaptabilidade baseada no estilo de aprendizagem; 27 estudos de alguma forma se ocuparam de propor um modelo de STI baseado na adaptabilidade; 13 estudos se ocuparam do impacto do estilo de aprendizagem na adaptabilidade do STI; 12 estudos foram realizados observando

usabilidade, preferência e satisfação do estudante sobre o conteúdo da aprendizagem; 10 estudos explicaram o impacto do do STIA no desempenho acadêmico dos estudantes; 33 estudos foram experimentais e 45 foram estudo de casos. A área de Ciência da Computação e Engenharia foi explorada em 47 pesquisas; a área de Administração e Gestão contou com 9 trabalhos. Em 52 pesquisas, o sujeito de análise foi o estudante; em 7 pesquisas, o sujeito foi o educador. Os recursos adaptativos mais utilizados foram materiais de aprendizado e características do estudante (22 estudos), seguido por conhecimento do estudante (8 estudos) e Recomendação de materiais/recursos (8 estudos). A técnica mais utilizada foi Rule-based (17), seguido pela Técnica Bayesiana (7 estudos), por Redes Neurais Artificiais (5 estudos), Naive Bayes (5 estudos) e Árvore de Decisões (3). Sete estudos utilizam algum algoritmo não classificado entre os mais frequentes da literatura. Dos estudos que tratavam de estilos de aprendizagem, 30 utilizaram o modelo de Felder-Silverman, 4 utilizaram o modelo de Kolb e 3 utilizaram o modelo VARK. Os autores formularam um modelo de classificação dos resultados dos sistemas adaptativos contendo 10 perspectivas (7 positivas e 3 negativas). A análise dos estudos avaliados catalogou 95 resultados positivos e 10 resultados negativos. Satisfação do estudante, preferências, usabilidade, adaptabilidade com base no estilo de aprendizagem contam com 30 resultados positivos nos estudos analisados. Predição correta do estilo de aprendizado aparece com 13 resultados positivos e 5 negativos. Efeito positivo no desempenho, na modelagem e no aprendizado aparecem em 44 resultados positivos. A ausência de efeito aparece em 2 resultados negativos (Kumar et al., 2017).

Cabada, Estrada e García (2011) apresentam um ambiente de aprendizagem usando tecnologia da Web 2.0 para criação de STIA que se adaptem ao estilo de aprendizagem do estudante, baseado no modelo de Felder–Silverman. A pesquisa se diferencia das anteriores por propor uma nova abordagem para seleção do estilo de aprendizagem dos estudantes, utilizando o modelo de mapas de recurso auto-organizáveis (Redes Neurais de Kohonen). Os autores deram o nome de EDUCA para a plataforma de criação de sistemas adaptativos. Essa plataforma é composta por cinco componentes principais: (a) ferramenta de autoria; (b) repositório de recursos; (c) repositório de cursos; (d) motor inteligente de entrega; e (e) motor de recomendação. Dentro do EDUCA, o motor preditivo é responsável por identificar de forma dinâmica o estilo de aprendizagem do estudante. Esse motor utiliza rede neural de Kohonen. Os autores submeteram o EDUCA a uma avaliação prática, realizada por 30 estudantes, no formato de um pequeno curso de quatro horas de duração. Os resultados demonstram que a

maioria dos participantes considera o EDUCA uma ferramenta positiva no processo educacional.

Analisando os achados de Kumar et al. (2017), podemos notar uma grande concentração de estudos sobre sistemas adaptativos relacionados ao estilo de aprendizagem dos estudantes. São 44 estudos sobre essa temática. A concentração de pesquisas que utilizam o modelo de Felder-Silverman guarda relação com o campo do conhecimento. Kumar et al. (2017) encontraram 47 (54,02%) estudos na área de Ciência da Computação e Engenharia. O modelo de Felder-Silverman explora os estilos de aprendizagem para educação em engenharia. Dessa forma, o panorama atual das pesquisas na área de STIA tem predominância na adaptabilidade baseada nos estilos de aprendizagem e está ligada à ciência da computação e engenharia.

O estudo de Kumar et al. (2017) aponta a predominância, na literatura de STIA, do modelo de Felder-Silverman para estilos de aprendizagem. Entretanto essa predominância também se reflete nas áreas de investigações, onde mais de 65% dos trabalhos pertencem aos campos de Ciência da Computação, Engenharia ou Matemática. A pequena quantidade de trabalhos utilizando o modelo de estilos de aprendizagem de Kolb reflete-se no pequeno número de estudos da STIA relacionados às áreas de ciências sociais aplicadas, área em que esse modelo ocupa posição de destaque (Kumar et al., 2017). Akkoyunlu e Soylu (2008) investigaram a percepção dos estudantes sobre cursos no formato de *blended learning*, moderados pelos estilos de aprendizagem, utilizando o modelo de Kolb & Kolb (2005), de cada indivíduo (p.185). Para tanto, 34 estudantes de graduação matriculados em dois cursos de uma universidade da Turquia foram selecionados para participação na pesquisa. O instrumento utilizado para verificação dos estilos de aprendizagem foi o questionário de inventários de estilos de aprendizagem de Kolb & Kolb (2005) (Kolb's LSI). Quando o ambiente de *blended learning* é analisado sem a divisão por estilos de aprendizagem, temos uma média de 8,44 em uma escala de 10 pontos para os itens. Quando os estilos de aprendizagem Assimilador e Divergente são utilizados como moderadores, temos diferença significativa de médias entre esses dois grupos para todos os resultados. Não houve diferença significativa entre as médias do desempenho dos estudantes entre os grupos. Os autores concluem apontando para a necessidade de se adaptar conteúdos distintos para preferências distintas de aprendizagem em cursos no formato de *blended learning*, para que se consiga reter os estudantes. Lu, Jia, Gong e Clark (2007) exploraram o relacionamento entre estilos de aprendizagem, utilizando o modelo de Kolb, comportamento

online e resultados online. O questionário KLSI foi utilizado para levantamento dos estilos de aprendizagem dos estudantes. Foram criadas métricas próprias para avaliação do comportamento online e resultado online. Quarenta estudantes do terceiro ano do Departamento de Tecnologia Educacional de uma universidade chinesa foram escolhidos para participação na pesquisa, sendo 10 estudantes alocados em cada estilo de aprendizagem. Os resultados mostraram diferenças significativas entre os estilos de aprendizagem e o comportamento online, em duas variáveis. Não foram encontrados efeitos significativos entre os resultados e os estilos de aprendizagem (Lu et al., 2007). Esses estudos demonstram que o estilo de aprendizagem de Kolb apresenta um importante variável a ser considerada no desenvolvimento de STIA.

Lee e Kim (2012) aplicaram a teoria de Jerome Bruner (Bruner' *EIS Theory*), utilizada no processo de aprendizagem de Matemática, como suporte para o modelo adaptativo de um STIA. Os autores destacam que trabalhos anteriores focam a adaptabilidade em estilos de aprendizagem, utilizando modelos como os de Kolb, Felder-Silverman; e Vark, avaliando o estilo de cada estudante uma única vez, no início do processo, mantendo a instrução focada no estilo selecionado até seu final. Na pesquisa de Lee e Kim (2012), o sistema, a cada nova interação do usuário, processa novamente os parâmetros de adaptabilidade a fim de verificar qual estilo deve ser utilizado no passo seguinte. A pesquisa demonstra um protótipo, ainda não testado, para utilização em ensino a distância. Os autores concluem afirmando que “precisamos também desenvolver sistemas adaptativos de aprendizagem que apoiem não apenas o estilo de aprendizagem, mas também a motivação ou outros aspectos da metodologia educacional”¹²⁰ (Lee & Kim, 2012, p. 800).

Mampadi, Chen, Ghinea e Chen (2011) realizaram um trabalho com o propósito de “examinar os efeitos de um AHLS que fornece uma adaptação baseada na dimensão holística/serialista de Pask”¹²¹ (p. 1003). O estudo contou com 44 participantes de uma universidade do Reino Unido, dos cursos de Sistema de Informação e Computação, Matemática e Engenharia, contando com estudantes de graduação e pós-graduação. A intervenção contou com dois tipos distintos de sistemas. Nas duas versões o conteúdo era o mesmo, entretanto a versão experimental incluía três funções de adaptabilidade. Dessa forma o estudo contou com dois tipos de STIA (OHLS e AHLS) e duas dimensões (Holistas e Serialistas). O pré-teste não mostrou diferença significativa em nenhum dos grupos. O pós-teste mostra ganho de pontuação superior para aqueles que utilizaram um sistema adaptativo (AHLS) nos dois grupos (Holistas e Serialistas). Os autores concluem que “o AHLS que se adapta ao estilo cognitivo individual melhora seu

desempenho de aprendizagem”¹²² (p. 1009) e que os estudantes exibem maior percepção positiva em relação ao AHLS (Mampadi et al., 2011).

Janning, Schatten e Schmidt-Thieme (2016) desenvolveram uma pesquisa com objetivo de suporte ao sequenciamento de tarefas em sistemas tutores adaptativos, baseado no reconhecimento da dificuldade da tarefa anterior. Para o mapeamento, os autores propõem a extração de dados dos arquivos de log (*log-file*) que contém dados suficientes para classificação das tarefas realizadas. Os autores afirmam que modelos anteriores de sistemas de sequenciamento de tarefas utilizam informações de especialistas ou o desempenho dos estudantes em exercícios anteriores. A técnica utilizada para a pesquisa foi a fatoração de matrizes e a teoria para decidir a próxima tarefa veio do trabalho de Vygotsky sobre zona de desenvolvimento proximal. O modelo de classificação das tarefas possui cinco escalas (muito fácil; fácil; médio; difícil; muito difícil) e é calculada a partir de itens como: número de dicas; número de vezes que pulou; tempo gasto na tarefa; dentre outros. Os autores submeteram o modelo a testes estatísticos e concluem que “Os testes estatísticos mostraram que existem combinações de características estatisticamente significativas e os experimentos de classificação entregaram bons desempenhos de classificação”¹²³ (p. 874).

Gutierrez e Atkinson (2011) propuseram um método adaptativo para seleção estratégica de *feedback* no ensino de idiomas, um domínio não procedural, utilizando um mecanismo de múltiplas estratégias de *feedbacks* corretivos na mesma aula de língua estrangeira. Como forma de testar o método desenvolvido, os autores construíram um protótipo e realizaram um experimento utilizando um sistema de *feedback* não adaptativo como controle. Os resultados mostram que a intervenção reduziu o número de erros cometidos pelos estudantes antes de obterem uma resposta correta (*Length of the Question Structure* – LQS). Adicionalmente, os estudantes do grupo de teste, que utilizaram o sistema adaptativo, obtiveram melhoras na quantidade de *feedbacks* necessários para conclusão correta da tarefa. No grupo experimental 37% dos estudantes necessitaram apenas de um *feedback* corretivo para concluir a tarefa e em 36% dos casos mais de dois *feedbacks* corretivos foram necessários. No grupo de controle esses percentuais são de 24% e 52%, respectivamente.

Hockemeyer, C., Albert, D, 1999 utilizaram a teoria do espaço do conhecimento desenvolvida por Doignon e Falgagne para desenvolver um sistema tutor adaptativo independente de

domínio e baseado na internet, denominado RATH. A teoria do espaço do conhecimento possibilita que o estudante tenha sua navegação restrita apenas às possibilidades de elementos dentro de seu campo de conhecimento, um subconjunto do espaço de conhecimento do domínio que está sendo estudado. O sistema RATH é responsável por cuidar da estrutura do conhecimento, assim como determinar o subconjunto ao qual o estudante está confinado. Após realizarem a implementação de um protótipo do sistema RATH e elencarem que diversos aspectos podem ser melhorados, os autores concluem que “a implementação do sistema RATH provou que os conceitos teóricos introduzidos nas Seções 2 e 3.1 podem ser colocados em prática. No entanto, ainda há uma série de melhorias necessárias para obter um sistema pronto para aplicação”¹²⁴ (p. 6151).

Ku, Shih e Hung (2014) conduziram uma pesquisa com estudantes do segundo ano do ensino médio profissionalizante em Contabilidade. Os autores utilizaram um mapa conceitual para estabelecer a relevância do aprendizado de conceitos. Kut et al., (2014) afirmam que o sistema desenvolvido avalia a compreensão dos alunos em cada conceito, mostra suas dificuldades de aprendizagem e identifica possíveis problemas de aprendizado, além de oferecer assistência adaptativa, levando-os de volta aos conceitos específicos com os quais devem estar familiarizados até completarem o curso. Para a pesquisa os estudantes foram divididos em três grupos. O critério de divisão foi a nota recebida no semestre anterior à pesquisa. Os estudantes realizaram um pré-teste e um pós-teste, a intervenção foi a utilização do sistema adaptativo de mapas conceituais. Não houve grupo de controle. Os resultados demonstram que em todos os grupos houve diferença estatisticamente significativa entre os resultados do pré-teste e pós-teste. Os autores concluem que “os resultados confirmaram que o sistema de avaliação dinâmica computadorizado pode melhorar os resultados de aprendizagem dos alunos e quanto maior o grau de conclusão, melhor o progresso subsequente”¹²⁵ (p. 151).

Diziol, Rummel e Koedinger (2010), ao discutirem a necessidade de suporte, por parte dos estudantes, para o bom aproveitamento do aprendizado colaborativo, apontam que o uso de roteiros é criticado por ser uma estrutura rígida para o estudante. Como solução, os autores argumentam que “implementar scripts de forma adaptável, de modo que a assistência dada aos estudantes seja adaptada às suas necessidades individuais, é uma nova e promissora direção de pesquisa”¹²⁶ (p. 90). Entretanto, os autores pontuam sobre a dificuldade de implementar um sistema adaptativo de suporte à colaboração baseado na avaliação dos diálogos dos estudantes. Esses sistemas podem encorajar estudantes com fraco desempenho a refletir sobre os

procedimentos de resolução realizados por um estudante com forte desempenho. Por fim, os autores reconhecem que “ainda não desenvolvemos conhecimento suficiente para fornecer condições e diretrizes claras sobre como oferecer melhor assistência adaptativa”¹²⁷ (p. 99).

Fazlollahtabar e Mahdavi (2009) realizaram um trabalho com foco na “aplicação de modelagem de estudantes em ambientes inteligentes de aprendizagem”¹²⁸ (p. 144). O objetivo era desenvolver um sistema que pudesse propor decisões pedagógicas individualmente, de forma adaptativa, para gerar um caminho ótimo para os estudantes de cursos online. A técnica utilizada para inferir sobre as características dos estudantes foi a neuro-fuzzy synergism. A escolha da técnica se deu pela manipulação de dados imprecisos e capacidade de extrair padrões desses dados. Sobre a técnica, os autores argumentam que “uma rede neural treinada pode ser pensada como um ‘expert’ na categoria de informação que lhe foi dada para analisar”¹²⁹ (p. 148). Segundo os autores, “o modelo pode ser facilmente adaptado à opinião pessoal de um professor”¹³⁰ (p. 154). Como conclusão, os autores acreditam que essa “abordagem pode ser usada para implementar um modelo de estudante aberto, que será ajustado de forma interativa pelo professor”¹³¹ (p. 154).

Garcia, Schiaffino e Amandi (2008) apresentaram um modelo para inferir sobre o estilo de aprendizagem dos estudantes utilizando redes Bayesianas. Os autores utilizam como método o modelo de estilos de aprendizagem de Felder-Silverman, desenvolvido para estudantes de engenharia e composto por 32 estilos de aprendizado. A técnica utilizada é denominada de redes Bayesianas, uma aplicação de inteligência artificial robusta para localização de padrões em dados incertos. Uma avaliação foi realizada no modelo comparando o resultado do estilo de aprendizagem detectado pela rede Bayesiana com o estilo de aprendizagem obtido por um questionário ILS proposto por Felder em seu modelo. Os resultados mostraram que, no decorrer de três semestres, a rede Bayesiana apresentou ganho no percentual de precisão, sendo que, em uma dimensão, o percentual de precisão é de 80%. Os autores concluem que o modelo apresenta uma importante ferramenta para cursos baseados na internet que necessitam adaptar conteúdos e formatos em função dos estilos de aprendizagem dos estudantes (Garcia et al., 2008).

Retalis (2008), em sua pesquisa demonstra o design de jogos utilizando o ELG, um ambiente autoral para criar e instanciar jogos de tabuleiro no formato e-learning. Segundo o autor, o ELG possui um “ambiente de autoria amigável que permite a um professor criar de maneira fácil e

rápida um jogo de tabuleiro adaptável para elearning, reutilizando objetos de aprendizagem, como imagens, perguntas, autoavaliação ou atividades de aprendizagem baseadas em questionários”¹³² (p. 2899). O ELG permite que os professores adicionem adaptabilidade em três dimensões: (a) nível de conhecimento dos estudantes, é possível classificar os estudantes em três níveis e adaptar o sistema para cada um dos níveis; (b) interesses do estudante, direcionando os estudantes para atividades relacionadas aos seus gostos e preferências; e (c) dados de atividades por estudantes, informações, dicas e dificuldades por cada estudante. A avaliação do ELG conduzida por três professores demonstrou que o sistema gera valor no processo de ensino e aprendizagem quando analisada pela ótica dos professores.

2.5 TEORIA DO ESPAÇO DO CONHECIMENTO

Nas décadas de 1980 e 1990, os pesquisadores Jean-Paul Doignon e Jean-Claude Falmagne desenvolveram a Teoria do Espaço do Conhecimento – ou *Knowledge Space Theory* (KST) na língua inglesa –, com o objetivo de “construir um sistema que seja realista o suficiente para capturar a complexidade de situações empíricas, e suficientemente simples para ser capaz de aplicações práticas”¹³³ (Doignon & Falmagne, 1985, p. 188). Albert e Stefanutti (2003) afirmam que a KST “é uma teoria psicométrica para a avaliação e aquisição de conhecimento”¹³⁴ (p. 2). O Espaço do Conhecimento (*Knowledge Space*) representa o conjunto de todos os itens que compõem os conhecimentos ou as habilidades necessárias para a proficiência em uma determinada área (por exemplo, Biologia, Física, Aritmética, Álgebra) (Albert e Stefanutti, 2003). Dowling e Hockemeyer (1998) formalizaram o Espaço do Conhecimento como “uma estrutura para representar os relacionamentos de pré-requisitos entre itens de um ramo especificado de conhecimento”¹³⁵ (p. 133).

O conceito de aprendizagem de domínio, ou *mastery learning*, de Bloom (1974) constitui a base educacional para a KST. Por meio de avaliação contínua o estado de conhecimento atual do estudante é mapeado, sempre em função do conteúdo total do domínio. A disposição dos conteúdos segue uma hierarquia, que permite mapear o caminho que o indivíduo percorreu. Com base nos caminhos percorridos e nas relações hierárquicas, podemos extrair informações de quais itens o indivíduo possui domínio e quais os itens ele está preparado para aprender na sequência (Doignon & Falmagne, 1985; Falmagne, Koppen, Villano, Doignon & Johannesen, 1990; Falmagne, Villano, Doignon, e Johannesen, 1997; Doignon & Falmagne, 1999).

No livro e nos diversos artigos publicados sobre a KST, os autores Doignon e Falmagne ilustram essa teoria com um exemplo genérico acerca de alguns itens que compõem o conjunto de conhecimentos em uma determinada área do saber, conjunto este que é representado da seguinte forma: $Q = \{a, b, c, d, e, f\}$. Neste exemplo, Q representa o Espaço do Conhecimento, ou seja, o conjunto de todas as habilidades em que o estudante deve ser proficiente para que possa dominar aquele conhecimento (Doignon & Falmagne, 1999; Falmagne et al, 2006). A Tabela 1 apresenta um exemplo do conjunto possível de habilidades em Aritmética e Álgebra.

2.5.1 Relação de precedência

Falmagne et al (2006) observam que “algumas partes do conhecimento normalmente precedem, no tempo, outras partes do conhecimento”¹³⁶ (p. 64), como sendo algo que pode ser inferido, conforme observado na Tabela 1. Nesse exemplo, podemos afirmar que se o estudante é proficiente no item (f), é provável que ele seja proficiente também no item (e); e, se o estudante é proficiente no item (b), é provável que ele seja proficiente também no item (a). Essa relação de probabilidade se deve ao fato de que alguns itens são pré-requisitos para outros, ou seja, existe uma Relação de Precedência entre eles. Esta probabilidade é útil para a avaliação, uma vez que, se o professor deseja possuir o melhor quadro das competências do estudante, realizando o menor número possível de questões, ele não deverá abordar todos os itens, uma vez que alguns conteúdos são pré-requisitos para outros (Falmagne et al., 2006).

2.5.2 Estado do conhecimento

O Estado do Conhecimento representa o conjunto de todos os possíveis estados que podem estar contidos em um Espaço do Conhecimento (Doignon & Falmagne, 1999). No exemplo a seguir, o Espaço do Conhecimento é definido por $Q = \{a,b,c,d,e,f\}$. Um possível conjunto dos Estados do Conhecimento pode ser representado por $Q' = \{\emptyset, a, ab, ac, ad, abc, abd, abcd, ae, aef, abe, ace, abdef, e\}$, onde \emptyset representa o estado vazio, ou seja, o respondente não possui proficiência em nenhuma das habilidades testadas. Nesse exemplo, o conjunto Q' irá desempenhar o Estado do Conhecimento do estudante, contendo todas as habilidades que este possui, isto é, a soma de todos os problemas que ele é capaz de solucionar em sua avaliação (Doignon, & Falmagne, 1985; Falmagne et al., 2006).

Devido a existência de algumas propriedades matemáticas, próprias dos conjuntos, tais como: união, intersecção, relação de quase-ordem (Doignon & Falmagne, 1985), algumas importantes inferências são possíveis quando se busca encontrar o Estado do Conhecimento de um determinado estudante.

Tabela 1 - Tipos de Habilidades

Letra	Tipo de habilidade	Exemplo de questões
A	Multiplicação com números inteiros	$376 \times 125 = ?$
B	Multiplicação com números decimais	$12,89 \times 0,94 = ?$
C	Multiplicação de frações	$1/3 \times 2/9 = ?$
D	Percentual	Quanto é 32% de 1.500,00?
E	Equações do primeiro grau	Se: $x + 15 = 20$, qual o valor de x?
F	Sistema de equações do primeiro grau	$\begin{array}{rclclcl} x & - & 13 & = & 20 \\ y & + & 1 & = & 23 \\ x & + & Y & = & ? \end{array}$

Fonte: Adaptado de Falmagne *et al.* (2006, p. 65).

Suponha que o estudante tenha respondido e acertado apenas as questões (b) sobre multiplicações com números decimais e (e) sobre equações do primeiro grau. Considerando as relações de precedências e as propriedades matemáticas dos conjuntos, podemos afirmar que o Estado do Conhecimento desse estudante é representado pelo conjunto $Q' = \{b, e, ab, abe\}$. Dois aspectos devem ser considerados ao analisar o Estado do Conhecimento Q' . O primeiro se refere à presença de itens não perguntados no conjunto Q' . Mesmo que o estudante não tenha respondido à questão (a), os estados $\{ab\}$, $\{abe\}$ fazem parte do conjunto, porém os $\{a\}$ e $\{ae\}$ não estão contidos no referido conjunto. Isso se deve à relação de precedência que permite afirmar que, caso o estudante tivesse acertado a questão (b), é provável que ele acertasse a questão (a), permitindo inferir que os estados $\{ab\}$ e $\{abe\}$ fizessem parte do conjunto. Entretanto, devido às mesmas premissas, não se pode dizer que $\{a\}$ faz parte do conjunto, pois a referida questão não foi perguntada, o que também exclui o estado $\{ae\}$ (Falmagne et al., 2006). Parte do trabalho de Doignon e Falmagne, na formalização da KST, está diretamente relacionada à preocupação em provar, matematicamente, essa relação. No texto seminal sobre a KST, em 1985, os autores afirmam que

[...] a maior dificuldade reside no resultado de que, em um espaço quase ordinal, qualquer questão corresponde a um conjunto único de questões “anteriores”: se

uma resposta correta a alguma questão x é observada, pode-se supor que todas as questões de um conjunto específico S_x também podem ser respondidas corretamente. Parece mais razoável supor que uma resposta correta a x é consistente com vários conjuntos de questões antecedentes¹³⁷ (Doignon & Falmagne, 1985, p. 183).

O segundo aspecto, a ser considerado para o exemplo citado, refere-se à quantidade de possíveis Estados do Conhecimento e de questões respondidas. Assumindo que a cada questão só pode ser respondida de forma correta ou errada, têm-se 2^n possíveis Estados do Conhecimento, onde n representa o número de questões respondidas (Falmagne, Villano, Doignon, e Johannesen, 1997). No exemplo em tela, para um Espaço do Conhecimento composto por 5 habilidades têm-se 14 Estados do Conhecimento possíveis e, como se deseja otimizar a avaliação, com apenas duas questões é possível mapear o Estado do Conhecimento com quatro itens no conjunto.

2.5.3 Estruturas do Conhecimento

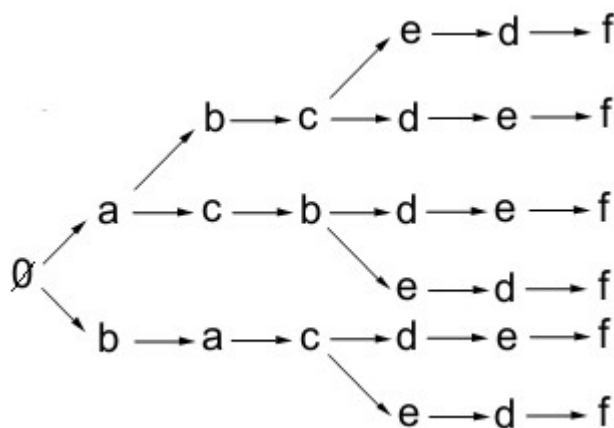
O conjunto de todos os possíveis Estados do Conhecimento formam a Estrutura do Conhecimento (Koppen & Doignon, 1990, p. 312), que conceitualmente pode ser entendida como sinônimo do Espaço do Conhecimento. Entretanto, formalmente existem dois atributos matemáticos que diferenciam as duas estruturas, Doignon e Falmagne (1985) mencionam que uma Estrutura do Conhecimento (X, K) é denominada de Espaço do Conhecimento se as duas condições a seguir forem satisfeitas: [Condição 1] O conjunto X e o conjunto vazio \emptyset são Estados do Conhecimento e [Condição 2] Toda união de estados é um estado”¹³⁸ (p. 180).

2.5.4 Learning Paths

A possibilidade de reduzir o número de Estados do Conhecimento, além de relacionada aos pré-requisitos existentes, também tem estreita relação com o caminho seguido pelo estudante na proficiência dos itens abordados. Os caminhos de aprendizagem representam as possíveis trilhas a serem percorridas desde o estado inicial (vazio) até o estado final do conhecimento completo (Falmagne et al. (2006). A Figura 1 ilustra os possíveis caminhos de aprendizagem para o conjunto $Q = \{a,b,c,d,e,f\}$, anteriormente utilizado como exemplo. É interessante notar que, se não houvesse relações de dependência, para um conjunto de seis elementos, teríamos 64 possíveis caminhos. Entretanto, devido aos pré-requisitos existentes entre os conteúdos, é possível reduzir essa quantidade para os seis caminhos mostrados na Figura 1. Nesse caso,

verificamos que o estudante deve iniciar seu trajeto pelos itens (a) ou (b), não sendo possível iniciar por qualquer outro item. Sobre essa situação, Falmagne et al (2006) afirmam que “em um determinado ambiente, alguns conceitos são sempre ensinados em uma ordem particular, mesmo que não exista uma razão lógica ou pedagógica para fazê-lo”¹³⁹ (p. 64). A preocupação sobre como estabelecer a ordem hierárquica, entre as sequências de conteúdo, aparece em diversos trabalhos, todos eles abrangendo de forma direta ou indireta a necessidade de um especialista na definição do fluxo de conteúdo. Albert, Schrepp e Held (1994) realizaram uma extensão do trabalho de Doignon e Falmagne para construir um *knowledge space* aplicado na resolução do jogo de xadrez.

Figura 1 – Caminhos da aprendizagem



Fonte: Falmagne *et al.* (2006, p. 68).

Os autores, nas discussões gerais, ressaltam que “com problemas mais complexos, o conjunto de componentes relevantes do problema ainda conterà motivos, mas outros fatores que são indispensáveis no conhecimento de um bom jogador de xadrez podem se tornar relativamente mais importantes”¹⁴⁰ (p. 134). Falmagne et al (1990) mostram a preocupação em como construir e testar um *knowledge space*. Apesar de não abordarem diretamente a figura de um especialista na construção, os autores utilizam a base didática, estabelecida anteriormente por um especialista, para o ensino da Aritmética. Koppen e Doignon (1990) realizaram um trabalho intitulado “How to Build a Knowledge Space by Querying an Expert”, com a seguinte preocupação: “para isso, não gostaríamos de confiar em nosso próprio conhecimento restrito, mas preferimos consultar um especialista no campo”¹⁴¹ (p. 312).

2.5.5 Fronteira interna e Fronteira externa

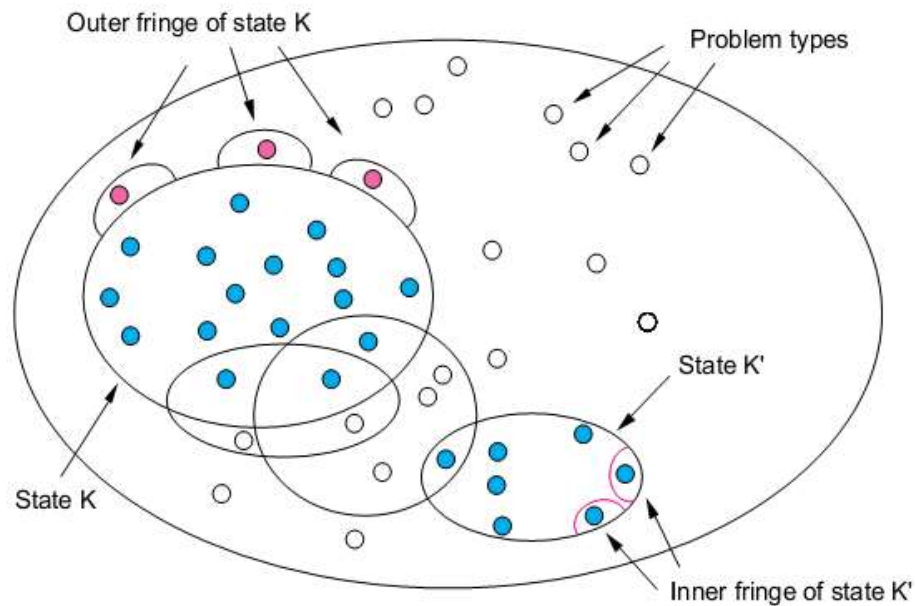
Fronteiras representam relações entre Estado do Conhecimento e os itens que o compõe. Falmagne et al. (2006) afirmam que:

cada estado de conhecimento (exceto o superior) tem pelo menos um estado sucessor imediato, ou seja, um estado contendo todos os mesmos problemas, mais exatamente um [e] cada estado de conhecimento (exceto o estado vazio) tem pelo menos um estado predecessor, que é um estado contendo exatamente os mesmos problemas, exceto um¹⁴² (p. 69).

As fronteiras estão relacionadas aos caminhos da aprendizagem, conforme discutido anteriormente, que podem ser percorridos para o domínio total do conhecimento. Um desdobramento é a possibilidade de mapeamento ou localização do estudante enquanto durante o curso de seus estudos. A Figura 3 mostra um Espaço do Conhecimento, contendo diversos tipos de problemas, em que se indica a existência de dois Estados do Conhecimento (K e K') e, ainda, mostra-se a existência da fronteira interna para o estado K' e da fronteira externa para o estado K.

A fronteira interna representa os caminhos do conhecimento percorridos pelo estudante até esse Estado do Conhecimento atual e a fronteira externa representa o restante dos caminhos para cada um dos conteúdos que o estudante deverá aprender. Falmagne et al (2006) chamam atenção para a importância do conceito de fronteira externa, afirmando que “é fundamental porque é aí que o progresso está ocorrendo: o aprendizado provém do domínio de um novo problema na fronteira externa, criando um novo estado, com sua própria fronteira”¹⁴³ (p. 69). Em relação a fronteira interna, os autores apontam a importância desse mapeamento nas questões relacionadas à revisão ou reforço de conteúdo, ressaltando que “se, por algum motivo, se um estudante tiver dificuldades em dominar os problemas da fronteira externa, a revisão do material anterior deve normalmente ocorrer na fronteira interna do Estado do Conhecimento do estudante”¹⁴⁴ (Falmagne et al., 2006, p. 69).

Figura 3 - Outer and Inner fringes



Fonte: Falmagne et al., (2006, p. 69).

Quando se utiliza a KST, como ferramenta para avaliação, as fronteiras desempenham um papel importante na sumarização dos resultados, mostrando as habilidades já adquiridas e as habilidades que podem ser aprendidas na sequência. Falmagne et al (2006) chamam a atenção para esse item não tão óbvio, porém importante ao mencionarem que:

Curiosamente, as fronteiras também desempenham um papel menos óbvio, mas igualmente importante, em resumir os resultados de uma avaliação. Um Estado do Conhecimento é essencialmente uma lista de todos os problemas dominados por um estudante no momento de uma avaliação. Essa lista muitas vezes será difícil de lidar e conterá várias dúzias de nomes de problemas, não uma descrição muito conveniente. Pode ser mostrado matematicamente, entretanto, que para os tipos mais úteis de Estruturas do Conhecimento, as duas fronteiras são suficientes para especificar o Estado do Conhecimento. Em outras palavras, o resultado de uma avaliação pode ser dado na forma de duas listas curtas, uma para a fronteira interna (o que o estudante está apto a fazer, que é entendido aqui como os problemas mais sofisticados no estado do estudante) e uma para a fronteira externa (o que o estudante está pronto para aprender) (Falmagne et al, 2006, p. 69-70).

Diversos estudos apontam para aplicações computacionais da KST em ambientes escolares. Alguns autores utilizam a teoria para avaliação do conhecimento ou de padrões cognitivos do

aprendizado humano, como por exemplo Arasasingham, Taagepera, Potter e Lonjers (2004), que utilizaram a KST para avaliar o entendimento de estudantes de Química. Os autores afirmam, com base na aplicação da teoria, que os estudantes possuem um framework conceitual lógico fraco e por isso, mesmo após um ano de instrução em Química, deixam a escola com significativas deficiências no entendimento de princípios básicos. Os autores concluem, ainda, que a KST é uma importante ferramenta para avaliação da estrutura cognitiva dos estudantes nessa área de estudos (Arasasingham et al., 2004, p. 1522). Taagepera, Potter, Miller e Lakshminarayan (1997) utilizaram os resultados corretos em pré-testes e pós-testes como parâmetros de avaliação da organização cognitiva dos estudantes e detecção de falhas em conceitos. Taagepera et al. (1997) concluem que “a análise KST fornece uma nova abordagem para a avaliação da organização cognitiva do conhecimento dos alunos e, portanto, nos permite ensinar com maior conhecimento” (p. 1228). Outros trabalhos utilizam a teoria em sistemas tutores inteligentes para mapeamento, individualização e adaptabilidade desses sistemas no processo de ensino e aprendizagem. Villano (1992) discute a aplicação a KST em um sistema tutor inteligente, em conjunto com redes bayesianas de crenças para adaptabilidade e avaliação do desempenho no modelo do estudante. Albert e Hockemeyer (1997) combinaram a KST com estruturas de hipertexto para gerar um framework para sistemas tutores inteligentes que pode gerar caminhos individualizados para estudantes. Os autores concluem que essa união gera “acesso individual a documentos apropriados para o conhecimento real do aluno, mas também a construção de subtextos devido a objetivos educacionais ou ao conhecimento prévio do aluno”¹⁴⁵ (p. 555).

A aplicação com maior destaque da KST é o sistema ALEKS (*Assessment and Learning in Knowledge Spaces*), que foi desenvolvido originalmente sobre as pesquisas de Doignon e Falzague (1999). O ALEKS é um sistema tutor inteligente que pode ser utilizado no apoio ao ensino de disciplinas do ensino fundamental e médio (K-12) e também em disciplinas no ensino superior (Fang, Ren, Hu e Graesser, 2018). Uma meta análise conduzida com 15 estudos que envolviam o sistema ALEKS, produzindo 24 amostras independentes e abrangendo uma amostra de 4.116 estudantes, entre os anos de 2005 a 2015, foi conduzida por Fang et al. (2018). Os pesquisadores encontraram 12 efeitos positivos e 12 efeitos negativos para o uso do sistema. O resultado geral apontou um efeito significativo de 0,08 desvios-padrão considerando efeitos fixos e 0,10 para efeitos aleatórios, sendo que este último não foi significativo ($p = 0,28$). Um achado adicional dos pesquisadores refere-se ao tempo de duração da intervenção. Estudos que

utilizaram o sistema ALEKS em apenas um semestre obtiveram efeitos positivos, enquanto intervenções de dois semestres tiveram efeitos negativos. Quando ALEKS é comparado com o ensino tradicional, em sala de aulas, não há efeito significativo, ou seja, o sistema ALEKS é equivalente ao processo de instrução formal conduzida em sala de aula. Quando ALEKS é comparado com condições de ausência de instrução, os resultados são estatisticamente significativos e diferentes de zero ($g = 0,19$) quando analisados sob efeitos fixos, mas não significativos e diferentes de zero quando analisados por efeitos aleatórios. Os autores concluem com a indicação de que o ALEKS pode ser utilizado para auxiliar professores e estudantes de diversas séries, dado que os resultados demonstram equivalência entre o sistema e o ensino tradicional (Fang et al., 2018).

A Teoria do Espaço do Conhecimento (KST) oferece uma base sólida para o desenvolvimento, mapeamento, exploração e avaliação de domínios do conhecimento humano (Doignon & Falmagne, 1999; Albert & Stefanutti, 2003; Dowling & Hockemeyer, 1998). Sua aplicação se mostrou valiosa no mapeamento do processo cognitivo (Arasasingham et al, 2004; Taagepera et al., 1997) e em conjunto com sistema tutores inteligentes (Villano, 1992; Albert & Hockemeyer, 1997). Os resultados encontrados por Fang et al. (2018) precisam ser analisados com cautela devido ao pouco conhecimento sobre o sistema por ser comercial de código fechado (ALEKS, 2017) e pela falta de comparações com outros sistemas tutores que tenham a mesma base teórica.

3 MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO STARCC

3.1 A NECESSIDADE DE UM FRAMEWORK

Existe demanda pelo desenvolvimento de habilidades de raciocínio crítico em estudantes universitários, objetivando a adequada preparação para o ingresso no mercado de trabalho e o bom desempenho de seu papel na sociedade moderna (Kurfiss, 1988; McLean, 2005; Wilkin, 2017). No ensino contábil essa demanda é referenciada em pesquisas há três décadas (Bedford Committee, 1986; Albrecht & Sack, 2000; Dosch & Wambsganss, 2006) e vem se intensificando nos últimos anos por conta da uniformização das normas contábeis (Carvalho & Salotti, 2012; Pathways Commission, 2012) e pelo rápido avanço no campo da robotização e informatização de processos e negócios. Frey e Osborne (2017) afirmam que a chance de os empregos em Contabilidade serem extintos pela informatização é de 94% (p. 277). Previsões como essa são constantemente ecoadas por matérias em jornais e revistas, reacendendo a discussão sobre o papel do contador na sociedade moderna. Muitas profissões são ensinadas, nas universidades, a partir de uma visão estritamente contemporânea de sua presença na sociedade, ou ainda, a partir de um ponto seminal na história daquela área (Alexander, 2002). O ensino de Contabilidade não é diferente. O marco histórico adotado é o século XV, mais especificamente as contribuições de Luca Pacioli. Porém, toda a estrutura conceitual e pedagógica estagnou-se no período pós-revolução industrial do século XIX, focado em questões tecnicistas (Basu & Waymire, 2006; Abbott e Palatnik, 2018). O desenvolvimento do raciocínio crítico é uma forma de mudar esse panorama. Porém seu desenvolvimento precisa acontecer pelo processo instrucional, nas disciplinas de graduação (Kimmel, 1995; Ennis 1993; Sternberg, 1986). Até o ano de 2010, o Brasil contava com apenas um programa de doutoramento em Contabilidade, e possuía um total de 219 títulos de Doutor em Contabilidade emitidos (Soares & Pfitscher, 2013). Mesmo com o aumento do número de programas de doutoramento na última década, a quantidade de doutores está muito próxima a 1 para cada 1.000 profissionais registrados ou 1 para cada 4 cursos de Bacharelado em Ciências Contábeis existentes no país.

Dados do Conselho Federal de Contabilidade demonstram que no período de 2004 a 2016 o número de Bacharéis registrados passou de 166.670 para 348.933, uma evolução superior a 100% no quadro de graduados habilitados ao desempenho da profissão (CFC, 2017). Dados do

INEP, relativos ao ano de 2004, mostram que o Bacharelado em Ciências Contábeis contava com 90.516 vagas divididas em um total de 763 cursos. Em 2017 os números são de 325.524 vagas, sendo 164.963 (50%) no modelo EAD, distribuídas em 1.370 cursos (INEP, 2017; INEP, 2004). Um aumento de 260% no número de vagas diante de um aumento de 80% no número de cursos oferecidos.

Nesse cenário em que a sociedade demanda pelo desenvolvimento de habilidades de análise, síntese e avaliação (Bloom, 1956); as instituições contam com um corpo de doutores e pesquisadores insuficiente em relação à quantidade de cursos; e presenciamos um aumento significativo na quantidade de estudantes matriculados, principalmente pela modalidade EAD, as ferramentas digitais aparecem como uma oportunidade para enfrentar esse problema. O uso de recursos computacionais, tais como sistemas tutores inteligentes, no ambiente de educação contábil, seja no modelo presencial ou à distância, favorece o desenvolvimento do raciocínio crítico (Cornachione et al., 2007; Morales, 2011; Passos, 2011) e o desenvolvimento de habilidades ligadas ao próprio uso desses recursos, tanto por parte de estudantes como por parte de docentes (Isotani & Brandão, 2008; Baldwin-Morgan, 1995; White Jr, 1995). Entretanto, Pincus, Stout, Sorensen, Stocks e Lawson (2017) afirmam que a “tecnologia da informação foi adaptada para formas familiares de ensino, mas ainda não fez uma diferença significativa no que está sendo ensinado (currículo) ou como o material está sendo ensinado (pedagogia)”¹⁴⁶ (p. 7). O recurso tecnológico está presente na sala de aula, por meio de celulares, *tablets*, computadores, dentre outros, porém não há integração entre a tecnologia e o processo de ensino e aprendizagem (Kayalar, 2016). A grande maioria dos gestores de instituições de ensino percebe o ensino adaptativo como importante para a formação dos estudantes, porém o uso desse tipo de tecnologia ainda é muito discreto no processo educacional (Pincus et al, 2017). Docentes devem aceitar e compreender o uso de recursos tecnológicos no ambiente acadêmico, desempenhando papel de destaque na escolha, operação e manipulação desses sistemas (Kayalar, 2016). Na próxima seção, será proposto um framework para integrar o desenvolvimento de habilidades de raciocínio crítico; o uso de tutores inteligentes adaptativos; e o ensino de contabilidade. O objetivo do framework é fomentar o diálogo sobre o uso de Inteligência Artificial no ensino de Contabilidade, incentivando os docentes a identificarem, construírem e avaliarem sistemas capazes de contribuir para o desenvolvimento das habilidades de raciocínio crítico em estudantes.

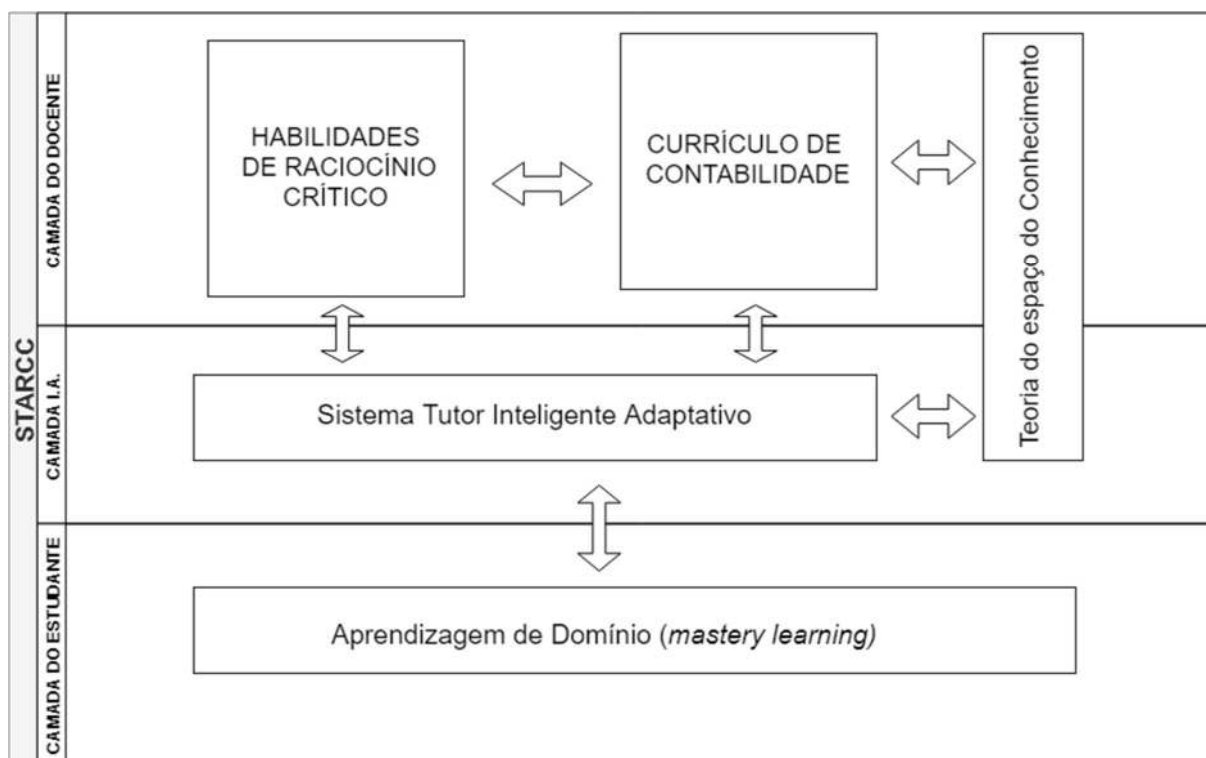
3.2 FRAMEWORK PARA SISTEMA TUTOR ADAPTATIVO AO RACIOCÍNIO CRÍTICO EM CONTABILIDADE – STARCC

O presente trabalho propõe um framework para o desenvolvimento de Sistemas Tutores Adaptativos ao Raciocínio Crítico em Contabilidade (STARCC). O propósito do framework é fomentar o desenvolvimento e uso de ferramentas que possam influenciar positivamente nas habilidades de raciocínio crítico (RC) de estudantes do curso de Contabilidade (EC). O framework STARCC tem como base os trabalhos de Kimmel (1995) e Baldwin-Morgan (1995); a Teoria do Espaço do Conhecimento (KST) de Doignon e Falmagne (1985); e a aprendizagem de domínio (*mastery learning*) de Bloom (1974).

Paul Kimmel desenvolveu um *framework base* para integração das habilidades do raciocínio crítico com currículo geral dos cursos de Contabilidade, propondo um ambiente que conduzisse ao desenvolvimento das habilidades de raciocínio crítico (Kimmel, 1995, p. 300). Seu *framework* tem como base dois trabalhos da psicologia cognitiva. O primeiro, Huffman et al. (1991), divide o raciocínio crítico em três grandes grupos de componentes: (a) Componentes Afetivos; (b) Componentes Cognitivos; e (c) Componentes Comportamentais. O segundo, Kurfiss (1989), sintetiza quatro estágios de desenvolvimento intelectual do indivíduo, sendo eles: (a) dualismo/conhecimento recebido; (b) multiplicidade/conhecimento subjetivo; (c) relativismo/conhecimento procedural; e (d) comprometimento no relativismo/conhecimento construído. Kimmel (1995) relacionou os grandes grupos que compõem o currículo de Ciências Contábeis com os estágios de desenvolvimento intelectual. A premissa adotada é que a maturidade cognitiva acompanha o desenvolvimento do curso. Baldwin-Morgan (1995) propôs a integração de inteligência artificial no currículo de Contabilidade para que os estudantes tenham acesso a esse tipo de tecnologia antes de chegarem ao ambiente de trabalho. A proposta de Baldwin-Morgan (1995) passa por quatro estágios consecutivos: (a) reconhecer a necessidade de integração da disciplina ou do curso com Inteligência artificial; (b) membros da faculdade obterem conhecimento sobre inteligência artificial; (c) incorporar inteligência artificial no currículo; e (d) estudantes obterem ganho no conhecimento sobre inteligência artificial. A Teoria do Espaço do Conhecimento (KST) de Doignon e Falmagne (1985) possui aplicação prática em modelos de STIA (Fang, Ren, Hu & Graesser, 2018; Arasasingham et al, 2004) na representação do modelo dos estudantes no STIA, além de prover avaliação dos conhecimentos prévios em cada interação. A aprendizagem de domínio (*mastery learning*) foca

no ensino individualizado e no *feedback* como importante ferramenta do processo instrucional (Guskey, 2010). Bloom (1968, 1974) aponta problemas no método tradicional de ensino, em que os estudantes são submetidos ao mesmo currículo, com um prazo fixo para atingirem os objetivos de aprendizagem no dia da avaliação. A aprendizagem de domínio traz uma alternativa para esse método, algo que hoje se alinha às possibilidades tecnológicas de ensino à distância e individualizado (Guskey, 2010).

Figura 4 – STARCC - Estrutura conceitual



Fonte: Elaboração própria.

3.3 Definições e Operacionalizações do framework STARCC

A proposta do presente framework foca no desenvolvimento e na avaliação de sistemas tutores inteligentes adaptativos para a área de Ciências Contábeis. Docentes e pesquisadores precisam compreender a lógica da interação entre a inteligência artificial, o currículo de Contabilidade e as habilidades de raciocínio crítico, para que possam propor e utilizar sistemas adaptativos adequados aos objetivos educacionais. Para tanto, é necessário contar com definições claras sobre conceitos, operacionalização de conceitos por meio de constructos, e o comportamento das variáveis que impactam no desenvolvimento das habilidades de raciocínio crítico nos estudantes.

3.3.1 Raciocínio Crítico

De modo geral, os conceitos, em Ciências Sociais, não podem ser diretamente medidos e observados. Pesquisadores utilizam constructos observáveis e quantificáveis, para a inferência e predição sobre dos conceitos que pretendem estudar (MacCorquodale & Meehl, 1948; Cronbach & Meehl, 1955). Constructos são formados por atributos observáveis e operacionalizados por meio de relação de causa e efeito das variáveis que cercam um determinado conceito (Cronbach & Meehl, 1955). Pessoas com alergia (conceito não observável) a frutos do mar, quando ingerem esses alimentos, apresentam um conjunto de sintomas (constructo observável e mensurável) como dor abdominal, manchas na pele, dificuldade para deglutir, dentre outros, que permitem diagnóstico e tratamento.

O conceito e as definições de raciocínio crítico, nas áreas da Filosofia, Educação e Psicologia Cognitiva, possuem diversas similaridades (Lai, 2011). Essas similaridades nos permitem destacar e dividir os principais atributos em três dimensões: (a) componentes cognitivos; (b) componentes comportamentais; e (c) componentes disposicionais. Essa divisão segue a proposta de Kimmel (1995, p. 304).

Componentes cognitivos estão ligados a processos que ocorrem no pensamento do indivíduo, na forma de perceber e processar o mundo exterior (Sternberg, 1986; Lai, 2011; Huffman et al., 2018). Componentes comportamentais são ações necessárias para que se consiga executar o pensamento crítico (Huffman et al., 2018). Componentes disposicionais relacionam-se à capacidade de possuir uma habilidade e ter disposição de utilizá-la em determinado momento (Ennis, 1985; Huffman et al., 2018). Essa disposição está ligada a duas vertentes: (a) reconhecer que certa habilidade, anteriormente adquirida, pode ou deve ser utilizada no contexto atual; e (b) ter a capacidade de portar uma habilidade anteriormente adquirida para uma situação nova, principalmente quando os domínios de conhecimento são distintos (Ennis, 1989; Halpern, 1998; Willingham, 2008). A Figura 5 apresenta uma série de atributos para cada uma das dimensões acima. Esses atributos são fundamentais na criação de constructos para operacionalização das habilidades relacionadas ao raciocínio crítico.

Os instrumentos de avaliação do raciocínio, tais como (a) *California Critical Thinking Skills Test* (CCTST); (b) *Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test* (EWCTET); (c) *California Critical*

Thinking Dispositions Inventory (CCTDI); (d) *Watson–Glaser Critical Thinking Appraisal* (WGCTA); e (e) *Halpern Critical Thinking Assessment* (HCTA); são modelos de constructos desse conceito. O *Watson–Glaser Critical Thinking Appraisal*, por exemplo, é um constructo que lida com cinco atributos, a saber: inferência, reconhecimento de pressupostos, dedução, análise e avaliação.

Figura 5 – Dimensões e Atributos do Raciocínio Crítico

	DIMENSÕES	ATRIBUTOS
Raciocínio Crítico	Componentes Cognitivos	Analisar dados para atribuição de pesos e valores Avaliar argumentos Inferir baseado na análise de argumentos Reconhecer fatos e opiniões Reconhecer pressupostos Reconhecer viés pessoal Resistir a generalizações
	Componentes Comportamentais	Aceitar mudanças Adiar julgamentos até que haja quantidade adequada de dados Cultivar a mente aberta Empregar termos e definições de forma precisa Escutar ativamente Modificar julgamentos à luz de novas informações
	Componentes Disposicionais	Aceitar ambiguidade Aceitar visões divergentes Apreciar ecleticismo e síntese Empatia Levantar em conta a situação total Procurar por alternativas Tomar posicionamento e aceitar mudá-lo quando houver razão suficiente Utilizar fontes confiáveis de informação Valorizar inteligência emocional

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Huffman et al. (2018, pp. xxi-xxiii) e Ennis (1985, p. 46).

Os construtos devem ser elaborados levando em consideração o uso e a aquisição das habilidades de raciocínio crítico dentro de um domínio específico do conhecimento (Willingham, 2008). No presente estudo, o domínio da Contabilidade, mais especificamente nos currículos dos cursos de Bacharelado em Ciências Contábeis. Um exemplo é o teste de Recuperabilidade de um Ativo (*impairment*), item constante dos currículos de Contabilidade no Brasil (CPC 01 R1) e no mundo (IAS 36). Esse teste busca manter o registro monetário de

um ativo de forma a não exceder seu valor recuperável pelo uso ou pela venda. Como o teste precisa ser realizado utilizando análise e julgamento (dimensões cognitivas) de informações portadas de outros campos do conhecimento, tais como da economia, da engenharia ou da estatística (componentes disposicionais), podemos elencar o teste de recuperabilidade de ativos como um constructo para o raciocínio crítico nos cursos de Contabilidade. A elaboração de constructos deve ser realizada com base nas teoria que explicam as relações de causa e efeito entre as variáveis de um determinado campo do conhecimento (Cronbach & Meehl, 1955). Os docentes e pesquisadores devem reconhecer a quantidade de teorias que se relacionam à Contabilidade.

3.3.2 Currículo de Contabilidade

No Brasil, a base instrucional da Contabilidade segue uma ordem hierárquica de legislações. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9.394/1996) apresenta um plano macro para a educação, independente do nível e da área de especialização. O Decreto-Lei nº 7.988/1945 traz a duração e a divisão do processo instrucional dentro dos Cursos de Contabilidade. Por fim, a Resolução do Conselho Nacional da Educação nº 10/2004 apresenta as diretrizes curriculares para o Bacharelado em Ciências Contábeis. Este último traz as competências e habilidades necessárias ao profissional graduado. Nenhuma das legislações inclui ou fomenta a utilização de inteligência artificial no processo educacional como meio ou fim do processo instrucional. Os textos não apresentam o termo “raciocínio crítico”. O termo “pensamento *crítico*” aparece como objetivo do ensino médio na Lei nº 9.394/1996, e o termo “capacidade *crítico*-analítica” aparece duas vezes na Resolução CNE/CES nº 10/2004, uma ligada à forma de condução do programa (processo) e outra como objetivo de formação (resultado) do estudante. A Resolução CNE/CES nº 10/2004 apresenta, nos artigos 3º, 4º e 5º, a lista com condições, competências e habilidades necessárias ao graduando para o desempenho das atividades profissionais. Os artigos 3º e 5º estão ligados ao ambiente em que o curso é conduzido:

Art. 3º O curso de graduação em Ciências Contábeis deve ensejar condições para que o futuro contabilista seja capacitado a:

I – compreender as questões científicas, técnicas, sociais, econômicas e financeiras, em âmbito nacional e internacional e nos diferentes modelos de organização;

II – apresentar pleno domínio das responsabilidades funcionais envolvendo apurações, auditorias, perícias, arbitragens, noções de atividades atuariais e de quantificações de informações financeiras, patrimoniais e governamentais, com a plena utilização de inovações tecnológicas;

III – revelar capacidade crítico-analítica de avaliação, quanto às implicações organizacionais com o advento da tecnologia da informação.

[...]

Art. 5º Os cursos de graduação em Ciências Contábeis, bacharelado, deverão contemplar, em seus projetos pedagógicos e em sua organização curricular, conteúdos que revelem conhecimento do cenário econômico e financeiro, nacional e internacional, de forma a proporcionar a harmonização das normas e padrões internacionais de contabilidade, em conformidade com a formação exigida pela Organização Mundial do Comércio e pelas peculiaridades das organizações governamentais, observado o perfil definido para o formando e que atendam aos seguintes campos interligados de formação:

I – conteúdos de Formação Básica: estudos relacionados com outras áreas do conhecimento, sobretudo Administração, Economia, Direito, Métodos Quantitativos, Matemática e Estatística;

II – conteúdos de Formação Profissional: estudos específicos atinentes às Teorias da Contabilidade, incluindo as noções das atividades atuariais e de quantificações de informações financeiras, patrimoniais, governamentais e não-governamentais, de auditorias, perícias, arbitragens e controladoria, com suas aplicações peculiares ao setor público e privado;

III – conteúdos de Formação Teórico-Prática: Estágio Curricular Supervisionado, Atividades Complementares, Estudos Independentes, Conteúdos Optativos, Prática em Laboratório de Informática utilizando softwares atualizados para Contabilidade.

Já o artigo 4º está diretamente ligado às habilidades e competências que o graduando necessita desenvolver ou aprimorar durante o processo instrucional:

Art. 4º O curso de graduação em Ciências Contábeis deve possibilitar formação profissional que revele, pelo menos, as seguintes competências e habilidades:

I – utilizar adequadamente a terminologia e a linguagem das Ciências Contábeis e Atuariais;

II – demonstrar visão sistêmica e interdisciplinar da atividade contábil;

III – elaborar pareceres e relatórios que contribuam para o desempenho eficiente e eficaz de seus usuários, quaisquer que sejam os modelos organizacionais;

IV – aplicar adequadamente a legislação inerente às funções contábeis;

V – desenvolver, com motivação e através de permanente articulação, a liderança entre equipes multidisciplinares para a captação de insumos necessários aos controles

técnicos, à geração e disseminação de informações contábeis, com reconhecido nível de precisão;

VI – exercer suas responsabilidades com o expressivo domínio das funções contábeis, incluindo noções de atividades atuariais e de quantificações de informações financeiras, patrimoniais e governamentais, que viabilizem aos agentes econômicos e aos administradores de qualquer segmento produtivo ou institucional o pleno cumprimento de seus encargos quanto ao gerenciamento, aos controles e à prestação de contas de sua gestão perante à sociedade, gerando também informações para a tomada de decisão, organização de atitudes e construção de valores orientados para a cidadania;

VII – desenvolver, analisar e implantar sistemas de informação contábil e de controle gerencial, revelando capacidade crítica analítica para avaliar as implicações organizacionais com a tecnologia da informação;

VIII – exercer com ética e proficiência as atribuições e prerrogativas que lhe são prescritas através da legislação específica, revelando domínios adequados aos diferentes modelos organizacionais.

Os objetivos educacionais descritos no artigo 4º seguem os itens propostos na taxonomia de Bloom (1956). Apesar de não declarar textualmente o raciocínio crítico, os objetivos do currículo guardam relação, em diversos itens, com as habilidades de raciocínio crítico levantadas na revisão da literatura.

3.3.3 Teoria do Espaço do Conhecimento

A teoria do Espaço do Conhecimento de Doignon e Falmagne (1985) aparece no framework em contato com o currículo de Contabilidade e com o Sistema Tutor Inteligente Adaptativo. O Espaço do Conhecimento precisa ser totalmente representado para que o Sistema Adaptativo possa conduzir corretamente o estudante durante o processo (Taagepera et al., 1997). Estabelecer o Espaço do Conhecimento é necessário para que o Docente ou Pesquisador possam utilizar o framework no curso de Contabilidade. A Figura 6 demonstra os principais componentes, ligados ao currículo, que devem ser observados para a composição do framework. O Espaço do Conhecimento pode ser estabelecido no currículo inteiro, em um conjunto de disciplinas ou em um único trecho de uma disciplina. O tamanho do Espaço não influencia no algoritmo do processo de construção. A disposição do conteúdo precisa ser avaliada em função do modelo do curso (presencial ou EAD).

A instrução em sala de aula ocorre geralmente no formato linear, com encadeamento lógico entre os conteúdos e seguindo uma estrutura cronológica preestabelecida. No modelo EAD, o formato anterior é válido, porém não é o único. Alguns conteúdos podem ser adquiridos de forma concomitante, sem a necessidade de um cronograma linear.

Figura 6 – Interligação entre Teoria do Espaço do Conhecimento e Currículo

ETAPA	PRINCIPAIS COMPONENTES
DEFINIR O ESPAÇO DO CONHECIMENTO	Definição da disciplina ou das disciplinas que serão utilizadas no processo instrucional Divisão e mapeamento dos itens componentes do Espaço do Conhecimento → O Espaço do Conhecimento possui apenas um caminho? → O(s) caminho(s) é(são) sequencial(ais)? → Quais são as estruturas do conhecimento?
RELAÇÃO DE DEPENDÊNCIA	Estabelecer a relação de dependência entre as estruturas do conhecimento → Por onde o estudante pode começar? → Qual a relação de dependência entre as estruturas do espaço do conhecimento? → O que o estudante não pode deixar para trás?

Fonte: Elaboração própria.

Os docentes e pesquisadores precisam estabelecer as relações de dependências entre os conteúdos. Nos exemplos propostos por Doignon e Falmagne (1985) e por Taagepera et al. (1997), geralmente são utilizados princípios de Matemática para demonstrar que a soma e a subtração precedem a multiplicação e a divisão. No currículo de Contabilidade, as relações de dependência não são tão claras, mas precisam ser estabelecidas para que o sistema adaptativo possa fomentar adequadamente o desenvolvimento do raciocínio crítico nos estudantes. O sistema adaptativo utilizará o Espaço do Conhecimento como representação do modelo do domínio e, em alguns casos, o modelo do estudante pode ser representado como um subconjunto do modelo do domínio.

3.3.4 Sistema Tutor Inteligente Adaptativo

Sistemas tutores inteligentes adaptativos proporcionam ao estudante uma sequência individualizada, adequada aos seus interesses e suas necessidades (Brusilovsky, 2001, Yaghmaie & Bahreininejad, 2011). Esses sistemas utilizam métodos de adaptabilidade para moldar seu comportamento em resposta a alguma ação realizada pelo estudante ou por algum conhecimento que o sistema capture (Brusilovsky, 1996; Yaghmaie & Bahreininejad, 2011).

As pesquisas apresentam, com grande frequência, sistemas adaptativos ao estilo de aprendizagem do estudante (Lee & Kim, 2012; Lu et al., 2007; Kumar et al., 2017). Entretanto, existem diversas formas de adaptação do sistema a características do estudante. No framework STARCC o sistema adaptativo ocupa posição de destaque, comunicando-se com todos os demais elementos. A construção dos sistemas adaptativos utiliza dois fatores essenciais: (a) método conceitual; e (b) técnica de adaptação; o método corresponde ao conjunto conceitual que o sistema utiliza para alterar suas características. A técnica corresponde ao algoritmo utilizado para realizar a adaptação proposta (Brusilovsky, 1996).

O presente estudo foca na adaptação do sistema ao raciocínio crítico do estudante, ou seja, o conceito de raciocínio crítico será o método que guiará as características do sistema. A adaptação do sistema ao raciocínio crítico pode ser realizada de duas formas: (a) de dentro para fora; e (b) de fora para dentro (Yaghmaie & Bahreininejad, 2011). No primeiro, o sistema utilizará variáveis externas para identificar o nível de desenvolvimento do raciocínio crítico do estudante e então se adaptar a esse nível. No segundo modelo, o sistema irá alterar suas características em função de uma interação provocada pelo estudante, como por exemplo uma avaliação, uma solicitação expressa, dentre outras. Os docentes e pesquisadores precisam utilizar modelos de raciocínio crítico que contem com possibilidade de classificação ou divisão dos constructos. Um exemplo de classificação é o trabalho de Paul (1990) que dividiu o conceito de raciocínio crítico em senso forte e senso fraco. Os sistemas adaptativos utilizados ou desenvolvidos com base no framework STARCC devem contar com Modelo do Domínio; Modelo do Estudante; e Modelo instrucional/pedagógico baseados no desenvolvimento no raciocínio crítico (Murray & Sams, 2001). O Modelo de Domínio será composto pelo Espaço do Conhecimento, o Modelo Instrucional/Pedagógico será composto pela Aprendizagem de Domínio e o Modelo do estudante será um subconjunto do Espaço do Conhecimento.

3.3.5 Aprendizagem de Domínio

Segundo Bloom (1968), “é tarefa da instrução encontrar os meios que permitirão aos nossos estudantes dominarem o assunto em consideração” (p. 1). A aprendizagem de domínio é uma estratégia de ensino centrada no ritmo de cada estudante, provendo senso de progresso e completude do conteúdo (Sturgis & Patrick, 2010). Na modalidade EAD, a aprendizagem de domínio proporciona ao estudante o controle sobre o desenvolvimento do processo instrucional.

Cada estudante possui um ritmo próprio de aprendizado, o professor desenvolve aulas e materiais com a premissa de que todos deverão apresentar o mesmo nível de domínio em uma mesma data, geralmente a data da prova (Guskey, 2007). Na aprendizagem de domínio, o desenvolvimento dos recursos instrucionais segue uma lógica distinta da apresentada nas salas de aula. O conceito de avaliação está presente em cada interação com o sistema, algo distinto da avaliação tradicional onde o estudante parece ter apenas uma única oportunidade (Guskey, 2010). Block e Burns (1976) apontam existência de críticas ao modelo de aprendizagem de domínio por este propiciar apenas o desenvolvimento de habilidades simples. Kulik, Kulik e Bangert-Drowns (1990) encontraram efeito positivo no uso da aprendizagem de domínio na ordem de 0,5 desvios-padrão em relação ao ensino tradicional. A análise chama atenção à dispersão dos resultados. Há diferença entre estudos de áreas distintas e entre estudantes de um mesmo experimento.

O *framework* STARCC prevê a utilização da metodologia instrucional de aprendizagem de domínio por estar alinhada aos modelos de EAD tais como Khan Academy, Edx (MIT) e Coursera. A aprendizagem de domínio será o contato do estudante com o *framework* STARCC. A dosagem da quantidade de tarefas necessárias para o domínio de um determinado tópico desempenhará papel fundamental na construção do sistema. Estudantes tendem a se desmotivar e desistir de cursos com grande quantidade de atividades e carga de trabalho (Ganal & Guiab, 2014). Block e Burns (1976) elencam um conjunto de características que um curso formatado para a aprendizagem de domínio deve possuir. Essas características são:

1. Preespecificar um conjunto de objetivos do curso que os alunos devem dominar em algum alto nível;
2. Dividir o curso em várias unidades de aprendizado menores, de modo a ensinar apenas alguns dos objetivos do curso ao mesmo tempo;
3. Ensinar cada unidade para domínio de forma que todos os alunos primeiramente sejam expostos ao material de uma unidade de maneira padrão; então eles são testados para o domínio dos objetivos da unidade, e ao estudante que obteve desempenho abaixo do domínio, é fornecida instrução adicional;
4. Avaliar o domínio de cada estudante sobre o curso como um todo, com base no que o estudante conquistou e deixou de conquistar, sem relacionar os avanços em relação aos colegas de classe (Block & Burns, 1976, p.7).

A avaliação, realizada no formato da aprendizagem de domínio, não tem caráter punitivo, podendo ser efetuada diversas vezes sem nenhum prejuízo. A divisão do curso em unidades menores (item 2) e a avaliação que mapeia o que o estudante domina são itens centrais à Teoria do Espaço do Conhecimento (Doignon & Falmagne, 1985).

3.3.6 Framework em três camadas

A Figura 4 apresenta a divisão do framework em três camadas: o docente, a inteligência artificial e o estudante) apesar da nomenclatura, a divisão não é restritiva. Em um ambiente de instrução baseada em EAD, o único contato do estudante se dá com o sistema de apoio ao ensino. A adaptação e a interação com a camada da inteligência artificial promovem a motivação do estudante (Lee & Kim, 2012; Anderson, 1996; VanLehn, 2011). A camada do docente representa a interação entre currículo, objetivos instrucionais e disposição desses objetivos. O docente deve planejar a instrução, baseada no currículo preestabelecido, com o foco no fomento do raciocínio crítico dos estudantes (Kimmel, 1995). Para atingir esse propósito, os objetivos educacionais precisam estar claros para estudantes e docentes. A análise, a síntese e a avaliação, conforme destacados por Bloom (1956), são importantes direcionadores para o planejamento de atividades para o processo instrucional. Da mesma forma, a delimitação do espaço do conhecimento da disciplina, considerando: o quê (espaço do conhecimento) o estudante deve aprender; como (caminho do conhecimento) o estudante deve aprender; e qual a ordem (relação de dependência) que o estudante deve aprender; constitui item de fundamental importância para que o estudante consiga autorregular sua carga de estudos tendo o maior aproveitamento possível do processo instrucional. (Zimmerman, 1990). A camada da inteligência artificial funciona como mediadora entre o processo docente de estabelecimento dos objetivos, limites e artefatos instrucionais e o sistema computadorizado, baseado em aprendizagem de domínio, que se apresenta para o estudante. Koehler e Mishra (2005) argumentam que “a compreensão do papel da tecnologia na pedagogia é mais do que o acúmulo de habilidades tecnológicas, e que o ensino hábil é mais do que encontrar e aplicar a ferramenta certa”¹⁴⁷ (p. 99). Para os autores, o papel dos docentes na utilização de ferramentas tecnológicas está diretamente relacionado à sua capacidade de participação no processo de desenvolvimento desses recursos. Os docentes dos cursos de Contabilidade encontram no framework STARCC um modelo, dividido em três camadas, de interação entre objetivos curriculares voltados ao desenvolvimento do raciocínio crítico; sistemas inteligentes adaptativos; e modelo instrucional

baseado na aprendizagem de domínio. As três camadas configuram divisão conceitual ao modelo, não devendo ser entendidas como limitadores, principalmente à docentes, no desenvolvimento e uso de projetos educacionais baseados no framework STARCC.

3.4 PROTÓTIPO STARCC – *CHATBOT* DE HISTÓRIA DA CONTABILIDADE

Chatbots são sistemas computacionais programados para interagir com as pessoas, por meio da linguagem escrita ou falada, imitando o comportamento humano (Heller, Proctor, Mah, Jewell & Cheung, 2005; Kerly, Hall e Bull, 2006). Os primeiros sistemas desenvolvidos foram os *Chatbots* ELIZA e ALICE, na década de 1990 (Marshall & Lambert, 2018, Heller et al., 2005). Hoje, com o avanço da internet e da tecnologia computacional, existem inúmeros programas desse porte em diversos setores da sociedade. Na área da educação, o uso dos *Chatbots* é suportado pela teoria do Construcionismo Social, em que o conhecimento é construído por meio das interações entre os indivíduos (Heller et al., 2005; Schmulian & Coetzee, 2018). Na área da Contabilidade, esses sistemas têm sido utilizados para automação de tarefas na área empresarial (Marshall & Lambert, 2018) e também como instrumento de apoio ao ensino de disciplinas introdutórias (Schmulian & Coetzee, 2018). Além disso, são utilizados como apoio ao método instrucional de Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) (Ellis & Phillips, 2011).

O presente estudo desenvolveu um protótipo de *Chatbot* para apoiar o desenvolvimento do raciocínio crítico dos estudantes da disciplina de História da Contabilidade. O propósito central do *Chatbot* é desenvolver, nos estudantes, habilidades de análise, síntese e avaliação constantes na taxonomia de Bloom (1956) e apontadas como itens do raciocínio crítico, utilizando elementos da perfeição de pensamento descrita por Paul (1990). Richard Paul elenca nove elementos que compõem a perfeição do pensamento (ver Figura 2). Para Paul (1990) as habilidades de raciocínio crítico podem ser utilizadas tanto para interesses próprios (fraco senso) como para interesses gerais (forte senso), porém o fraco senso e o raciocínio acrítico sempre violam, ao menos, uma das características da perfeição do pensamento. O *Chatbot* desenvolvido nesta pesquisa busca provocar o estudante para que este encontre falhas na modelo de raciocínio.

O *Chatbot* foi aplicado no domínio da História da Contabilidade. Esse sistema conta com o apoio de um classificador dos níveis de raciocínio crítico e utiliza a teoria do espaço do conhecimento para mapear o caminho do estudante até o momento atual e os próximos passos

em relação à totalidade do domínio. A seguir, apresentamos os elementos centrais da construção do *Chatbot* e, ao término dessa seção, o sistema será formalmente proposto.

3.4.1 Disciplina de História da Contabilidade

Muitas críticas são endereçadas ao currículo de Contabilidade, no Brasil e no mundo (Bandy, 1990; Albrecht & Sack, 2000; Dosch & Wambsganss, 2006). Entretanto, são poucas aquelas que colocam peso sobre a omissão, por parte dos currículos, em relação aos estudos de História da Contabilidade. A Contabilidade existe antes da invenção da escrita na linha do tempo da humanidade, estando ligada diretamente à diversos eventos que marcaram a nossa sociedade e o estudo focado nessa área tem potencial contribuição para o desenvolvimento das habilidades de raciocínio crítico nos estudantes (Nunes, 2016). Com base nas visões acima – como parte integrante de um projeto de pesquisa do Grupo de Estudos de Tecnologia da Educação na Contabilidade (GETEC) e por continuidade de um curso oferecido em 2012 no Programa de Pós-Graduação e Contabilidade da Universidade de São Paulo –, no ano de 2015, foram lançadas duas propostas de cursos de História da Contabilidade.

A primeira proposta foi realizada por meio da plataforma de cursos online Coursera. Ao todo foram duas edições, totalmente gratuitas e abertas à sociedade, que contaram com aproximadamente 4.000 estudantes matriculados na soma das edições. Nessa plataforma o curso foi conduzido integralmente de forma não presencial e as atividades foram conduzidas semanalmente pelos estudantes. O curso foi dividido em grandes módulos contendo videoaulas, *quizzes*, leitura e produção de textos e a oportunidade de utilização de um jogo eletrônico voltado à História da Contabilidade (Nunes, 2016). A segunda proposta foi a inserção, na grade curricular do curso de bacharelado em Ciências Contábeis da Universidade de São Paulo, da disciplina de História da Contabilidade. O primeiro oferecimento foi no ano de 2015, ainda sob a nomenclatura de Estudos Complementares. Até o ano de 2018, a disciplina havia sido ministrada oito vezes, sendo metade no idioma Português e a outra metade no idioma Inglês. Ao todo foram 529 estudantes matriculados com taxa de evasão média de 25%. O Apêndice A traz o programa da disciplina, em sua última versão, do segundo semestre de 2018, contendo os objetivos do curso, as habilidades a serem desenvolvidas, os temas centrais e o formato de avaliação.

A presente pesquisa utiliza apenas dados relativos ao curso ministrado, de forma semipresencial, na Universidade de São Paulo. A opção por ignorar os dados relativos à plataforma Coursera se dá por dois motivos: (a) o curso contou com duas turmas e, nesse momento do tempo, não há previsão de retomada; e (b) os cursos oferecidos na Universidade de São Paulo fizeram parte da grade curricular dos estudantes, ainda que de forma optativa, contando com incentivo maior para realização de tarefas, participação nas discussões e conclusão da disciplina. Em todos os oito oferecimentos da disciplina na Universidade de São Paulo, o autor teve envolvimento direto no processo instrucional.

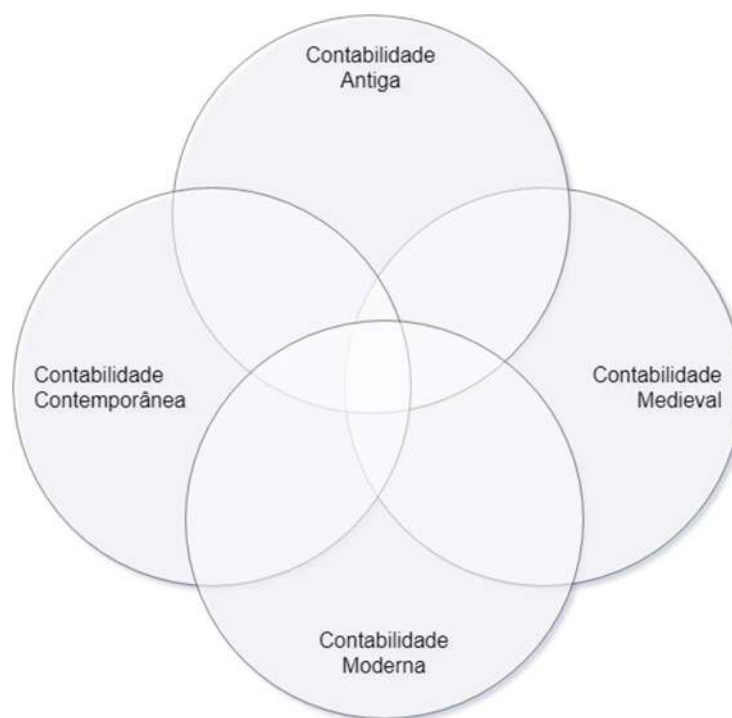
O recorte utilizado para elaboração do presente protótipo conta com os dados do oferecimento da disciplina nos anos de 2017 e 2018, totalizando quatro edições, com total de 284 matriculados. O conteúdo abordado representa a primeira parte do curso, Introdução à História da Contabilidade, em que os estudantes contam com uma aula presencial e um conjunto de atividades para ser realizado à distância. Nessa parte, os estudantes têm contato com três textos de renomados pesquisadores, além de vídeos sobre a divisão dos períodos históricos em Contabilidade, compondo uma visão geral sobre a área e a pesquisa. Nesse bloco, os estudantes ainda são expostos ao período da Contabilidade Antiga, na região da Mesopotâmia, antes da invenção da escrita. Como proposta de sequência didática, os estudantes participam da aula presencial, onde é possível discutir textos. Já no formato EAD, eles devem realizar, para completar a carga horária, as seguintes atividades: (a) acessar e interagir com o restante do material instrucional (vídeos e apresentações); (b) realizar uma reação crítica sobre os textos tratados em aula; (c) responder a um *quiz* sobre os itens abordados no primeiro tópico; e (d) interagir no fórum da disciplina respondendo à seguinte questão: Por que a História da Contabilidade é pouco presente nos cursos de graduação, ainda que tenha uma expressiva presença na área de pesquisas acadêmicas?

3.4.2 Espaço do Conhecimento do curso de História da Contabilidade

A História da Contabilidade, enquanto campo de conhecimento, é dividida conceitualmente em quatro grandes períodos, demarcados por acontecimentos transformadores da sociedade em cada época. Figura 7 apresenta a divisão da História da Contabilidade nos seguintes períodos: (a) Contabilidade Antiga, compreendendo o período de 8.000 a.C. a 1202 d.C., vai do surgimento das primeiras civilizações até o aparecimento dos números arábicos na sociedade europeia, algo que ocorreu por meio do livro de Leonardo Fibonacci (*Liber Abaci*); (b)

Contabilidade Medieval, compreendendo o período de 1202 d.C. a 1494 d.C., tem seu marco inicial no *Liber Abaci* e segue até a publicação da *Suma de Aritmética* do Frei Luca Pacioli, um marco na divulgação do sistema de partidas dobradas, utilizado até hoje na contabilidade; (c) Contabilidade Moderna, compreendendo o período 1494 d.C. a 1840 d.C., inicia-se na *Suma Aritmética* e estende-se até a publicação da obra de Francesco Villa (*La Contabilità Applicata alle Amministrazioni Private e Pubbliche*); (e) Contabilidade Contemporânea, compreendendo o período de 1840 d.C. até os dias atuais, inicia-se no período da revolução industrial e ainda não apresenta nenhum marco histórico de encerramento (Melis, 1950).

Figura 7 – Divisão da História da Contabilidade



Fonte: Elaboração própria.

A disciplina de História da Contabilidade contempla os quatro períodos acima e está dividida em cinco temas, sendo eles: Tema A - Introdução à História da Contabilidade; Tema B - Sistema de Contabilização por Carga e Descarga; Tema C - As Partidas Dobradas (Pré-Pacioli); Tema D - Luca Pacioli e a *Summa de Arithmetica, Geometria proportioni et propornalità*; e Tema E - Contabilidade Contemporânea. Cada tema representa um bloco de conteúdos instrucionais compostos por materiais como: videoaulas, textos e artigos de autores da área, fórum de discussões sobre aquele tema, *quiz* para avaliação rápida da aprendizagem e uma fase do jogo

digital DEBORAH. A avaliação dos resultados da aprendizagem é realizada por quatro itens: (a) desempenho dos estudantes no jogo DEBORAH; (b) produção de textos e avaliação dos textos produzidos pelos pares; (c) participação nos fóruns de discussões e desempenho nos testes (*quizzes*) de cada um dos temas; e (d) desempenho médio em duas provas sobre os tópicos da disciplina.

O espaço do conhecimento da disciplina de História da Contabilidade foi desenvolvido com base no conjunto (Q) de todos os itens que o estudante precisa dominar (Doignon & Falmagne, 1999) para um completo entendimento dos itens que cercam a disciplina. Esse conjunto foi composto exclusivamente pelas questões dos *quizzes* de cada um dos cinco blocos do curso. Os *quizzes* são testes de múltipla escolha que devem ser respondidos ao final de cada tema. Cada *quiz* apresenta questões centrais aos tópicos abordados e está relacionado aos objetivos de conhecimento e compreensão, conforme taxonomia de Bloom (1956), necessários para o avanço na disciplina e na execução das demais atividades, que contemplam objetivos mais elevados da taxonomia. Os *quizzes* foram desenvolvidos no idioma inglês e português, estando dispostos em um banco de questões, com o total de 61 testes. Desse total, 26 testes são utilizados para avaliação dos estudantes durante o desenvolvimento da disciplina. O banco de questões está dividido em: Tema A com 21 (6) questões; Tema B com 14 (5) questões; Tema C com 11(5) questões; Tema D com 10 (5) questões; e Tema E com 5 (5) questões. O número entre parênteses indica a quantidade de questões utilizadas naquele tema. A Tabela 2 mostra a micro divisão de cada tema e a quantidade de varrições para cada item a ser dominado pelo estudante.

Com base nessas informações, o conjunto Q é representado por: $Q = \{A1, A2, A3, A4, A5.1, A5.2, B1, B2, B3, B4, B5, C1, C2, C3, C4, C5, D1, D2, D3, D4, D5\}$. O desenho do curso não estabelece uma relação de dependência entre os tópicos. O estudante pode iniciar e finalizar por qualquer um dos tópicos ou, pode ainda, estabelecer trilhas distintas e paralelas para condução de seu estudo. No cenário Brasileiro, esses conteúdos não são exigidos para a formação do bacharel em Ciências Contábeis e, quando são mencionados em cursos introdutórios geralmente abrangem apenas alguns tópicos da Contabilidade Medieval, raramente apresentando alguma divisão ou consideração distinta da publicação da técnica das partidas dobradas (Nunes, 2016).

Por questões pedagógicas e instrucionais, o curso é oferecido em uma modalidade de ritmo constante. Dessa forma os estudantes são inicialmente expostos ao conteúdo do Tema A e, somente após algum tempo, geralmente duas semanas, o Tema B torna-se disponível.

Tabela 2 - Variações de questões por Tema

Tema	Micro Tema	Variações
A	Q1	2
A	Q2	1
A	Q3	3
A	Q4	4
A	Q5.1	11
A	Q5.2	10
B	Q1	3
B	Q2	2
B	Q3	2
B	Q4	4
B	Q5	3
C	Q1	3
C	Q2	2
C	Q3	2
C	Q4	2
C	Q5	2
D	Q1	2
D	Q2	2
D	Q3	2
D	Q4	1
D	Q5	3
E	Q1	1
E	Q2	1
E	Q3	1
E	Q4	1
E	Q5	1

Fonte: Elaboração própria.

O conjunto Q totalizador do Espaço do Conhecimento é composto por 26 itens e o estudante tem o domínio da disciplina quando completar corretamente todos eles. Tendo como base o ritmo bissemanal para exposição dos recursos instrucionais e estabelecendo a premissa de que os estudantes realizam as atividades dentro do prazo previamente estipulado, o Espaço do Conhecimento do curso de História da Contabilidade conta com 437.944.320 caminhos possíveis para cada estudante. A maior concentração encontra-se no Tema A, com 2640 possibilidades de caminhos distintos para possuir domínio sobre o tema. O Tema B conta com 144 possibilidades, o Tema C com 48, o Tema D com 24 e, por fim, o Tema E com apenas uma possibilidade.

3.4.2.1 Relações de dependência

Cada tema possui uma subdivisão, e cada questão do *quizz* engloba ao menos uma subdivisão. Assim como mencionado anteriormente, o modelo de desenvolvimento do curso não dispõe os

materiais com uma relação de dependência, ou seja, não é necessário saber que a Contabilidade existe desde antes da invenção da escrita para compreender a necessidade de controle dos resultados das navegações de Marquês de Pombal. Essa não existência de relação de precedência se deve a dois motivos. Em primeiro lugar, cabe destacar que há ordem lógica e racional para a disposição do curso sendo que o item atual possui relação de dependência com o item anterior. Entretanto essa dependência é extremamente fraca quando analisamos os temas e fraca quando analisamos os micros temas. O segundo ponto que devemos levar em consideração é a formação prévia do estudante. Trata-se de um curso de graduação, e os estudantes foram expostos, com êxito, a todo o conteúdo formal de História durante o ensino médio, algo que impacta positivamente no desempenho do curso.

Para fins do presente estudo, as seguintes relações de dependência são estabelecidas:

1. A estrutura lógica do Espaço do Conhecimento é composta por: (a) item – uma questão; (b) micro tema – menor unidade pedagógica, composta por uma ou mais questões; e (c) tema – conjunto de materiais e questões da estrutura formal desenvolvida pelos docentes no programa da disciplina;
2. Os temas possuem relação linear de dependência, a ordem de realização deve ser sequencial, em função da data de disponibilização dos conteúdos;
3. Os micros temas possuem relação linear de dependência, devendo ser realizados na ordem proposta pelo programa da disciplina;

O estudante obtém o domínio do Espaço de Conhecimento após responder corretamente à totalidade das questões. No entanto, para estabelecimento de sequência lógica, é considerado apto para acessar um novo tema ao responder corretamente 3 questões relativas ao tema imediatamente anterior.

3.4.3 Classificação do Raciocínio Crítico em História da Contabilidade

O raciocínio crítico, assim como destacado anteriormente, não pode ser diretamente observável, sendo necessária a adoção de um constructo que permita a mensuração e evolução do mesmo, frente às intervenções realizadas. O presente estudo apresenta um modelo de classificação das habilidades de raciocínio crítico para estudantes da disciplina de História da Contabilidade. O

modelo apresentado classifica cada interação em dois grupos: (a) presença de raciocínio crítico; e (b) ausência de raciocínio crítico.

A composição deste índice tem como base: (a) *logs* de acesso ao sistema Moodle da disciplina de História da Contabilidade; (b) nível de legibilidade dos materiais desenvolvidos pelos estudantes de forma escrita (avaliações e revisões críticas, participação nos fóruns de discussões) utilizando a métrica do teste de Flesch–Kincaid (0 a 100 pontos); e (c) desempenho do estudante no domínio do espaço do conhecimento, utilizado como moderador para os dois índices anteriores.

3.4.3.1 *Logs* de acesso ao sistema Moodle

Nos cursos com formato EAD, o docente e as instituições de ensino possuem pontos específicos de contato com os estudantes. Inúmeras vezes esse contato é estabelecido apenas por intermédio da plataforma digital de apoio ao ensino. A ferramenta de *Learning Management System* (LMS) reúne informações, conteúdos programáticos e conduz os processos avaliativos dos estudantes. Para os docentes e instituições é de extrema importância a extração e a análise dos *logs* de acesso ao sistema, para que possam estabelecer padrões de análise acerca do engajamento e das atitudes dos estudantes diante do curso que está sendo desenvolvido (Spiliopoulou & Pohle, 2001; Bishop, 1998; Volery & Lord, 2000). O campo de estudos de mineração de dados educacionais apresenta rápida expansão (Koedinger, D'Mello, McLaughlin, Pardos & Rose; 2015) e está associado à diversos objetivos e aos diferentes atores do processo educacional, como por exemplo: a personalização das experiências e materiais de aprendizado; feedback sobre os conteúdos programáticos; a avaliação dos estudantes durante o processo instrucional; dentre outros (Romero & Ventura, 2010). As pegadas digitais dos estudantes podem gerar importantes informações para que os docentes possam desenvolver e utilizar recursos que fomentem melhorias no processo de ensino e aprendizagem (Penteado, Isotani, Paiva, Morettin-Zupelari & Ferrari, 2018). No presente estudo os *logs* de acesso dos estudantes são extraídos e analisados seguindo a sequência abaixo indicada:

1. Extração dos *logs* de acesso ao sistema Moodle relativos aos acessos dos conteúdos programáticos. Nesse item os *logs* serão processados e catalogados por estudante e por atividade, com finalidade de análise;

2. Composição dos grupos de análise. Os dados são divididos e agrupados conforme a seguinte ordem:
 - a. Dados de acesso às atividades (vídeos, materiais de leituras, demais materiais de apoio);
 - b. Resultados do quiz de cada unidade contendo: quantidade de tentativas realizadas por questão; e quantidade de acertos e erros cometida em cada questão;
 - c. Dados de acesso ao fórum de cada tema da disciplina contendo: quantidade de visualizações e quantidade de postagens.

3. O cálculo dos valores para a composição do índice baseado na análise dos *logs* de acesso segue a seguinte ordem:
 - a. Dados de acesso às atividades. Considerando que a disciplina está estruturada em uma grade curricular do curso de graduação, contando com aulas de 100 minutos semanais e, considerando que cada conjunto de atividades se alinha para a execução no período equivalente a uma aula, o computo do tempo em atividades foi estabelecido pela quantidade de acessos aos materiais daquela daquele tópico, multiplicado pela quantidade total de materiais do mesmo tópico, dividido pelo total de acessos únicos aos materiais elevado ao quadrado.
 - b. Os resultados do quiz são computados em função do desempenho do estudante no Espaço de Conhecimento da disciplina. Como os estudantes podem realizar diversas tentativas para o domínio em uma determinada tarefa, a pontuação obtida é calculada pelo número de tentativas, multiplicado pelo total de questões do *quiz*, dividido pela quantidade questões corretas elevadas ao quadrado. Dessa forma, a quantidade de tentativas efetuadas impacta negativamente na composição desse indicador.

- c. Os dados de acesso ao fórum são calculados pela quantidade de acessos ao fórum, dividido pela soma das postagens.
4. O índice é composto pela soma, de forma igualitária, dos itens de: (a) dados de acesso às atividades; (b) Resultado do quiz; e (c) dados de acesso ao fórum.

3.4.3.2 Legibilidade do texto – índice Flesch–Kincaid

O índice de legibilidade de Flesch-Kincaid foi desenvolvido em pesquisas no ano de 1975 em projetos da Marinha Americana. Trata-se de um classificador, utilizado em sistemas eletrônicos, para checagem do nível de complexidade de um texto escrito (Kincaid, Fishburne Jr, Rogers & Chissom, 1975). O índice é computado por uma pontuação de zero a cem pontos, sendo que, quanto maior o índice, menor a complexidade de leitura dos textos produzidos. Flesch (1979) apresenta uma fórmula para cálculo do índice que leva em conta a relação entre o número de palavras em uma sentença (quanto maior, melhor) e o total de sílabas por palavras (quanto maior, melhor). O autor estabelece duas métricas que podem ser utilizadas para análise dos resultados: uma em função da pontuação geral média geral de textos escritos (muito fácil, fácil, linguagem normal, pouco difícil, difícil e muito difícil) e, a outra em relação ao equivalente à idade escolar, desde os primeiros ciclos (primeiro ao quinto ano) até adultos já graduados (Flesch, 1979).

A presente pesquisa utiliza o índice Flesch-Kincaid, obtido por meio dos textos produzidos pelos estudantes em fóruns e em tarefas realizadas pelos mesmos, mensurados pela adequação ao nível instrucional deles. O teste estabelece pontuação entre zero e cinquenta como adequados para textos de estudantes de graduação e profissionais graduados (Flesch, 1979). No presente estudo os cálculos foram efetuados com o valor apresentado pelo teste; porém, para efeito de discussões e análises sobre os textos gerados, foram considerados os seguintes parâmetros: valor igual ou inferior a 50 pontos no teste Flesch-Kincaid, texto adequado, valor entre 51 e 70 pontos, insuficiente; pontuação superior a 70 pontos, é considerado inadequado ao nível exigido de profundidade dos itens da disciplina.

3.4.3.3 Resultado do modelo de classificação

Assim como destacado anteriormente, existem diversos testes para classificar o nível de raciocínio crítico dos estudantes. Alguns utilizam questões de múltipla escolha e focam em habilidades ou disposições, tais como o *California Critical Thinking Skills Test* (CCTST) e o *California Critical Thinking Dispositions Inventory* (CCTDI). Outros avaliam o raciocínio crítico como um único conjunto; entretanto, demandam a utilização de especialistas para análise e julgamento do nível de raciocínio crítico nos textos produzidos, como por exemplo o *Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test* e o *Watson–Glaser Critical Thinking Appraisal* (WGCTA). O presente estudo propõe um classificador de raciocínio crítico que utiliza o algoritmo de inteligência artificial Naive Bayes. Esse algoritmo representa um modelo simples e robusto de implementação de aprendizagem supervisionada com a finalidade de predição estatística (Lewis, 1998; Rish, 2001). O principal pressuposto do modelo é assumir a independência entre os itens que o compõem. O algoritmo é baseado no teorema de probabilidade condicional de Bayes, conforme abaixo:

$$P(B|A) = \frac{P(B)P(A|B)}{P(A)} \quad (1)$$

onde:

$P(A)$ = Probabilidade de A

$P(B)$ = Probabilidade de B

$P(B|A)$ = Probabilidade de A, dado B

$P(A|B)$ = Probabilidade de B, dado A

Trata-se de um algoritmo adequado para testes de inferência estatística, próprias do processo científico, por considerar a probabilidade *a priori* $P(B)$ de um evento para estabelecer a probabilidade *a posteriori* $P(B|A)$ daquele evento, condicionado à probabilidade do evento A ocorrer sob a hipótese B, $P(A|B)$ (Lewis, 1998; Rish, 2001). Na aprendizagem supervisionada, um conjunto de dados completos é utilizado para treinar o sistema, com a finalidade de predição de dados incompletos. Dessa forma, utiliza-se um conjunto histórico de parâmetros, já classificados, para composição da probabilidade *a priori*, posteriormente, com base nessa probabilidade o sistema pode calcular a probabilidade *a posteriori* de um novo evento não classificado (Crisci, Ghattas & Perera, 2012).

3.4.4 Protótipo do *ChatBot*

O protótipo do *Chatbot* foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação Python, com código livre disponibilizado na plataforma GitHub, com acesso gratuito e suficientemente aberto para o desenvolvimento colaborativo de *chatbots* com apoio de inteligência artificial. As características para a escolha desta linguagem de programação se deu por: (a) não demandar conhecimentos técnicos avançados para codificação e uso dos *bots*; (b) possuir recursos e ferramentas como a biblioteca Numpy, SKLearn, desenvolvidas para a aprendizagem de máquina, técnicas estatísticas de análise de dados, processamento de linguagem natural, dentre outros; (c) possibilitar a integração com diversas ferramentas, tais como IBM Watson, Google DialogFlow, Amazon Alexa e Microsoft Cortana; e (c) contar com ampla rede de colaboradores (entusiastas) do uso experimental dos recursos computacionais aplicados à educação.

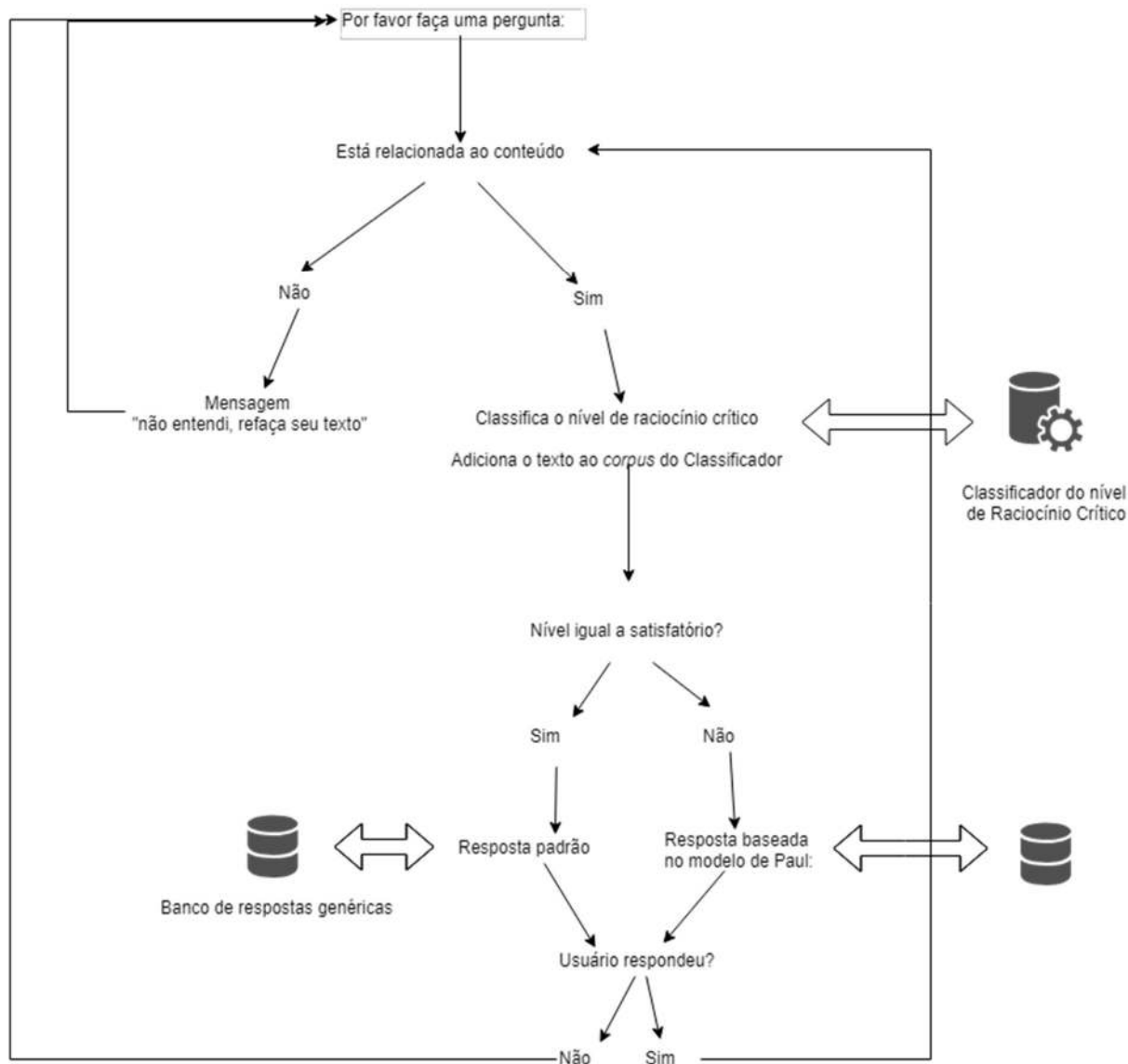
A Figura 8 traz a Árvore de decisões utilizada pelo *Chatbot* na interação com os estudantes. O modelo foi elaborado para complementar às atividades do fórum, com objetivo de aprofundamento das discussões e conceitos da disciplina. A interação ocorre inicialmente, do estudante para o *chatbot* e, este último, conta com recursos de inteligência artificial para classificar as interações (perguntas e respostas) dos estudantes em relação ao nível de raciocínio crítico. O estudante utiliza linguagem natural escrita para questionamentos ou comentários.

O sistema verifica se o texto pertence ao domínio da História da Contabilidade. Caso não pertença, o estudante recebe uma mensagem, solicitando outra interação. Se o texto estiver relacionando à disciplina, o *chatbot* classifica com base em dados históricos. Se não existirem dados históricos o sistema atribui nota igual a 150 pontos (Raciocínio Acrítico) e assim a manterá até que existam dados suficientes para a classificação. A identificação do estudante é realizada por seu número de matrícula (número USP).

Obedecendo o fluxo proposto pela disciplina, a interação com o *chatbot* acontece após o estudante completar as atividades necessárias ao modelo classificador. Assumindo a existência desses dados, cada interação é classificada, de forma binária, em relação a presença de elementos que indiquem as habilidades de raciocínio crítico adequados ao estudante. O sistema incorpora a interação do estudante, assim como sua classificação, ao modelo. Dessa forma pode existir uma pergunta classificada como Raciocínio Acrítico e uma resposta, na sequência,

classificada como Raciocínio Crítico Elevado. O sistema classifica o estudante e adiciona o resultado encontrado ao banco de dados, de forma que, na próxima interação, o comentário anterior faça parte do modelo.

Figura 8 – Arvore de Decisão do Chatbot



Fonte: Elaboração própria

O sistema conta, ainda, com dois bancos de questões: um com levantamento contendo as questões propostas por Richard Paul para perfeição do pensamento (ver Figura 2), com o propósito de provocar no estudante a utilização ou desenvolvimento de habilidades de análise, síntese e avaliação, conforme proposto por Bloom (1956); e, um segundo banco de respostas contendo interações genéricas para a evolução do diálogo estabelecido.

3.5 Análises dos Estudantes de História da Contabilidade

Com base no modelo aqui proposto de classificação e como forma de composição de massa de dados históricos para treinamento do algoritmo Naive Bayes, a presente pesquisa realizou uma série de análises dos estudantes egressos do curso de História da Contabilidade, considerando os dados dos cursos realizados nos anos de 2017 e 2018, totalizando 4 edições, submetidas à análises e classificação *Ad hoc* com base na percepção do pesquisador sobre o raciocínio crítico dos estudantes. As análises foram utilizadas para treinamento do algoritmo de inteligência artificial, conforme descrito anteriormente, e com propósito de exploração do perfil dos estudantes do curso de História da Contabilidade.

As análises realizadas conforme dispostos na seção 3.4.3 deste relatório de pesquisa consideraram apenas os critérios estabelecidos, a saber: (a) os dados de acesso às atividades (At); (b) o resultado do *quiz* (Qz); (c) os dados de acesso ao fórum (Fr); e (d) o índice Flesch-Kincaid (FK), sem qualquer segregação entre as variáveis demográficas. Para fins de avaliação do perfil dos estudantes egressos do curso de História da Contabilidade, as análises foram estendidas com base nos modelos lineares de predição, considerando atributos demográficos, dados secundários dos estudantes, separação por idioma e demais dados constantes de cada um dos cursos ofertados.

4 ANÁLISES DOS RESULTADOS

Nessa seção, apresentamos e discutimos os principais resultados obtidos pela aplicação do modelo de classificação do nível de raciocínio crítico nos estudantes egressos do curso de História da Contabilidade, assim como os resultados do desenvolvimento do protótipo utilizando o framework STARCC, de modo a destacar as possibilidades de utilização e benefícios futuros para docente e estudantes.

4.1 Perfil dos egressos da disciplina de História da Contabilidade

Considerando os quatro oferecimentos das disciplinas, ao todo foram 262 estudantes matriculados, com taxa de aprovação de 78,6% (206 estudantes). A Tabela 3 mostra a destruição dos oferecimentos. As desistências são computadas em conjunto com as reprovações, atingindo o índice de 21,4% (56 estudantes). Do total de estudantes 30,1% realizaram a disciplina no formato em inglês (instrução, aulas e material).

Tabela 3 - Perfil do Oferecimento da Disciplina

Ano	Semestre	Idioma	Total Estudantes	Percentual de Conclusão
2017	1° Semestre	Português	82	87,80%
2017	2° Semestre	Português	38	89,50%
2018	1° Semestre	Inglês	81	79,00%
2018	2° Semestre	Português	61	59,00%

Fonte: Elaboração própria.

No total foram 34% dos estudantes matriculados eram do gênero feminino, sendo que no oferecimento do segundo semestre de 2018 foram 26% (16 estudantes), a menor concentração no período analisado. Dos cursos, três foram oferecidos no período noturno (19h30 às 21h10) e um no período vespertino (15h00 a 17h00). A pontuação média dos estudantes vem apresentando queda durante os últimos oferecimentos. A Tabela 4 demonstra as médias totais, média e desvio-padrão considerando apenas os estudantes aprovados na disciplina. A queda total representa um ponto na média dos estudantes que concluíram a disciplina e três pontos na média geral, quando se inclui todos os estudantes matriculados. O total de participação nos cursos, contendo a participação nos fóruns de discussões, segue mesma tendência de queda. No

ano de 2017, a média de acesso aos fóruns foi de 52,5%, no ano de 2018 a média foi de 25,3%, uma redução pela metade na quantidade de estudantes participando das discussões.

Tabela 4 - Médias por oferecimento

Ano	Semestre	Média Total	Média dos concluintes	Desvio padrão dos concluintes
2017	1° Semestre	7,46	8,27	1,05
2017	2° Semestre	7,55	8,22	1,25
2018	1° Semestre	5,48	7,49	1,06
2018	2° Semestre	4,43	7,23	1,33

Fonte: Elaboração própria.

A queda nos valores médios das notas e da participação ocorre ao mesmo tempo em que há um importante aumento no número de estudantes que reprovam ou desistem do curso. No primeiro semestre de 2017, o número de desistência ou reprovações foi de 12,2%, no segundo semestre de 2018 esse valor saltou para 41%. Os dados e o formato de condução do curso não permitem a completa segregação entre estudantes que abandonaram e estudantes que não atingiram a nota suficiente no processo de avaliação. O curso se dá no formato semipresencial, contando com atividades em sala e atividades no formato EAD. Os dados apontam estudantes que nunca utilizaram nenhum recurso digital da disciplina, tendo realizado menos de 5 acessos ao sistema Moodle, sem nenhuma interação em fóruns ou materiais. Entretanto, em alguns casos, esses estudantes compareceram a, pelo menos, uma das provas da disciplina, além de ter realizado a atividade presencial de avaliação por pares sobre o texto de algum colega. Acreditamos que o modelo da disciplina, em que as questões são endereçadas por um modelo reflexivo podem ser convidativos aos estudantes no ingresso em uma da disciplina em que a carga de memorização não será o diferencial. Não obstante, a rápida carga de leitura e reflexão faz com que haja algum desinteresse, o que ocasiona situações como as apresentadas acima.

4.2 Modelo Classificador do nível de Raciocínio Crítico

O modelo de classificação do nível de raciocínio crítico dos estudantes levou em consideração as seguintes variáveis:

1. índice de Flesch-Kincaid, calculado com base nos textos produzidos pelos estudantes;

2. Número de questões corretas no *quiz* 1;
3. Quantidade de atividades realizadas no bloco inicial (Tema A)
4. Quantidade de postagens no fórum de discussões do (Tema A)

A Tabela 5 traz exemplos de textos, escritos por estudantes, e a pontuação obtida no índice Flesch-Kincaid. Dos 256 estudantes que compõem o quadro total, apenas 96 completaram os quatro requisitos e puderam compor base de dados para treinamento do modelo de classificação do raciocínio crítico. Conforme mencionado anteriormente, para fins desta pesquisa, os estudantes foram previamente classificados *ad hoc* pelo pesquisador, com base nos textos, avaliações em sala de aula e avaliação da disciplina. Dos 96 estudantes, 56 foram classificados com presença de raciocínio crítico.

Tabela 5 - Exemplos de textos e índices calculados

TEXTO ELABORADO PELO ESTUDANTE	ÍNDICE CALCULADO
<p>"Accounting history is low present in accounting courses because, as far as I am concerned, when you want to learn accounting you just want to know how the system works. The purpose is to be well-prepared to take position in your future enterprise. I guess that generally business school set up in their program useful courses for the next future work experiences of student. As book-keeper has to be, it is a pragmatic vision.</p>	<p>61,763 9th Grade</p>
<p>In my opinion, accounting history is not taught in accounting courses because it would not be relevant. Accounting courses aim to prepare students to concrete business situations. Accounting is a skill which requires specific knowledge, and the companies hire accounting students for their ability to respond to current problematics that the companies face. I think that it is mainly important that accounting courses stick to the present because there is a lot of know-how to develop.</p>	<p>45,564 College Level</p>
<p>From previous classes, we learned that the apparition of writing can be traced to the first means of accounting. Accountant ancestors were essential in the development of money as well as the banking system. They invented the double-entry bookkeeping that changed the course of history and, ultimately, helped promoting the confidence in capital markets essential for western capitalism, where businesses needed accurate information. Nowadays, the information revolution alters the entire economy.</p>	<p>29,541 College Level</p>

Fonte: Elaboração própria

Desses classificados com presença de raciocínio crítico, 26 produziram textos considerados como inadequados ao andamento escolar, apresentando índice de Flesch-Kincaid equivalente a estudantes do quinto ano do ensino fundamental. Já 23 dos participantes apresentaram

requisitos de raciocínio e, ao mesmo tempo, índice de legibilidade de textos equivalentes a estudantes de graduação ou pós-graduação. O melhor resultado no índice de Flesch-Kincaid foi de 5, alcançado por um único estudante. A média do índice de Flesch-Kincaid, considerando todos os textos, foi de 38 pontos, o que indica um alinhamento ao momento acadêmico dos estudantes.

O Apêndice B mostra o código fonte do algoritmo de classificação. Os dados dos 96 estudantes foram portados para um arquivo de texto separado por vírgula (.csv) para facilidade de acesso. A versão 3.7.2 da linguagem de programação Python foi utilizada, em conjunto com duas bibliotecas com funções próprias para análise de dados e desenvolvimento de projetos de aprendizagem de máquina. As bibliotecas utilizadas foram a pandas e sklearn. Os dados foram inseridos no modelo e divididos em duas categorias: (a) dados para treinamento do modelo e (b) dados para predição do modelo. Inicialmente a divisão foi de 70% dos dados para treinamento e 30% dos dados para serem utilizados na predição. O modelo Multinomial foi escolhido por sua melhor aderência aos modelos de processamento de linguagem natural. O modelo proposto teve acurácia de 86,20% com base nos dados apresentados. Inicialmente o valor confirma que o modelo desenvolvido é capaz de prever e classificar o nível das habilidades de raciocínio crítico com base nos parâmetros apresentados. Entretanto alguns pontos precisam ser observados. Primeiramente, há grande variabilidade nos dados que compõem o modelo. Isso fica demonstrado pela alteração no parâmetro *random_state*, que direciona o sistema na forma de realizar a separação da base de dados entre base de testes e bases de predição. Uma alteração no valor de 10 para 20 fez com que a acurácia do modelo caísse para 51,72%. Um valor de 5 no parâmetro muda o valor de acurácia para 82,75%.

Um segundo ponto a ser observado é a quantidade de dados que compõe o modelo. A mineração de dados para fins de estabelecimento de padrões e aumento no poder de predição pressupõe volumes superiores aos encontrados na presente pesquisa (Koedinger et al., 2015). Dos 262, apenas um terço conseguiu cumprir os requisitos necessários e seus dados foram utilizados no algoritmo de aprendizagem de máquina. Um terceiro fator a ser considerado é a classificação do raciocínio crítico realizada pelo pesquisador. O modelo utilizado foi uniforme em todos os oferecimentos das disciplinas, mas não contou com participação de outros pesquisadores para análise conjunta. Por fim, o próprio modelo, aqui desenvolvido, pode deixar de captar uma parcela dos fatores envolvidos no desenvolvimento do raciocínio crítico dos estudantes de História da Contabilidade.

4.3 Classificação do nível de Raciocínio Crítico dos estudantes de História da Contabilidade

Com propósito de colaboração no desenvolvimento do modelo de classificação do nível de raciocínio crítico, foram realizadas análises estatísticas em dados dos 262 estudantes que compõem a presente pesquisa. Todas as análises foram conduzidas utilizando o software estatístico R na versão 3.5.2. Inicialmente realizamos uma regressão logística com base no modelo composto por: raciocínio crítico como variável dependente; índice de Flesch-Kincaid, pontuação no primeiro *quiz*; e nota final com variáveis independente. A Figura 9 mostra o resumo dos dados utilizados nas análises.

O modelo convergiu, entretanto nenhuma das variáveis foi significativa para explicação. Na sequência diversas regressões foram realizadas, considerando todos os parâmetros e a associação entre eles. O modelo só foi significativo quando a variável DEBORAH esteve presente. Faz-se necessário comentar que DEBORAH é um jogo utilizado na disciplina de História da Contabilidade para auxiliar os estudantes a aprenderem conceitos distantes no tempo, como por exemplo a Contabilidade sem a escrita (Nunes, 2016). A proposta do jogo é possibilitar ao estudante a absorção de conteúdos de forma divertida e simples.

Figura 9 - Resumo dos Dados da Regressão

```
> summary(DADOS)
```

RC	IFK	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Min. :0.0000	Min. : 5.00	Min. : 0.000	Min. : 0.000	Min. : 0.000	Min. : 0.000	Min. : 0.000
1st Qu.:0.0000	1st Qu.: 60.00	1st Qu.: 4.670	1st Qu.: 4.170	1st Qu.: 0.000	1st Qu.: 0.000	1st Qu.: 0.000
Median :1.0000	Median :100.00	Median : 7.330	Median : 8.000	Median : 5.830	Median : 9.000	Median :10.000
Mean :0.5926	Mean : 83.22	Mean : 5.969	Mean : 6.395	Mean : 5.284	Mean : 6.683	Mean : 7.259
3rd Qu.:1.0000	3rd Qu.:100.00	3rd Qu.: 8.830	3rd Qu.: 9.500	3rd Qu.: 8.500	3rd Qu.:10.000	3rd Qu.:10.000
Max. :1.0000	Max. :100.00	Max. :10.000	Max. :10.000	Max. :10.000	Max. :10.000	Max. :10.000
TQ	DEBORAH	PEER1	PEER2	NOTA	APROVADO	CURSOU
Min. :0.000	Min. : 0.000	Min. : 0.000	Min. : 0.000	Min. : 0.00	Min. :0.0000	Min. :0.000
1st Qu.:3.080	1st Qu.: 0.000	1st Qu.: 0.000	1st Qu.: 0.000	1st Qu.:30.41	1st Qu.:0.0000	1st Qu.:0.000
Median :8.100	Median :10.000	Median :10.000	Median :10.000	Median :69.48	Median :1.0000	Median :0.000
Mean :6.318	Mean : 6.142	Mean : 5.309	Mean : 5.432	Mean :54.79	Mean :0.6914	Mean :0.284
3rd Qu.:9.130	3rd Qu.:10.000	3rd Qu.:10.000	3rd Qu.:10.000	3rd Qu.:81.40	3rd Qu.:1.0000	3rd Qu.:1.000
Max. :9.900	Max. :10.000	Max. :10.000	Max. :10.000	Max. :89.40	Max. :1.0000	Max. :1.000

Fonte: Elaboração própria.

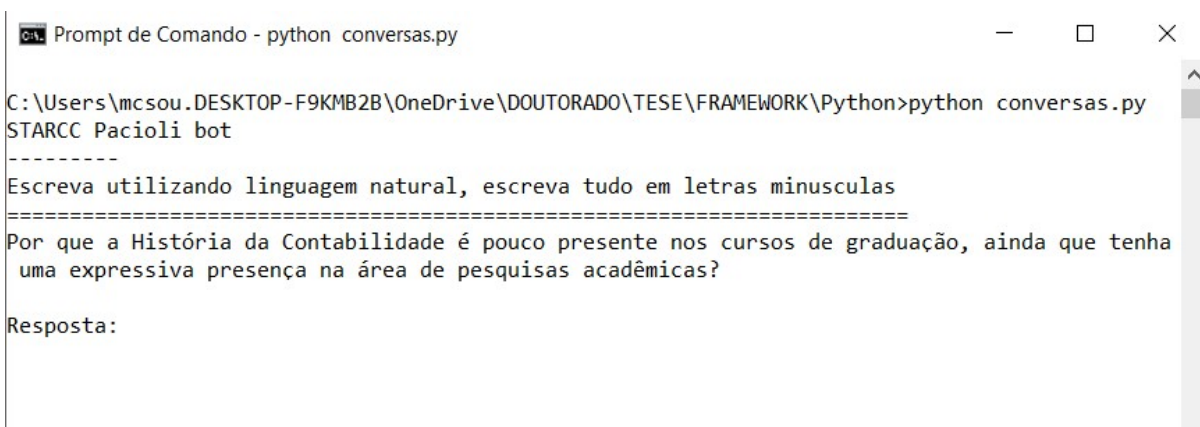
A última das quatro fases do jogo aborda questões sobre a neutralidade da Contabilidade. O estudante é convidado a refletir sobre o papel da Contabilidade na sociedade, ao longo dos dez mil anos de história, e é indagado sobre sua posição sobre a neutralidade da área. Os resultados

da regressão logística parecem indicar que o jogo DEBORAH está associado ao nível de raciocínio crítico dos estudantes ($n = 96$, $p = 0.0333$). Esse achado está alinhado ao encontrado por Nunes (2016) que demonstrou efeito positivo do Curso de História da Contabilidade sobre a capacidade de crítica ao modelo de neutralidade contábil constante nos livros e na legislação da Contabilidade.

4.4 O protótipo de um *chatbot* desenvolvido com base no framework STARCC

Com base no framework STARCC um sistema de *chatbot* foi prototipado para utilização no curso de História da Contabilidade. A ideia central de um sistema baseado em inteligência artificial para interagir com o estudante, promovendo o desenvolvimento de habilidades de análise, síntese e julgamento (Bloom, 1956). *Chatbot* representa uma possibilidade de interação, em linguagem natural, entre estudante e computador. Na presente pesquisa o sistema foi desenvolvido a partir da linguagem de programação Python na versão 3.7.2. O sistema foi desenvolvido com um código aberto e disponível na plataforma GitHub. As Figuras 10 demonstra o funcionamento do *chatbot*, simulando o contato com um estudante.

Figura 10 – Primeira interação – Protótipo Pacioli bot



```

C:\Users\mcsou.DESKTOP-F9KMB2B\OneDrive\DOUTORADO\TESE\FRAMEWORK\Python>python conversas.py
STARCC Pacioli bot
-----
Escreva utilizando linguagem natural, escreva tudo em letras minusculas
=====
Por que a História da Contabilidade é pouco presente nos cursos de graduação, ainda que tenha
uma expressiva presença na área de pesquisas acadêmicas?

Resposta:
```

Fonte: Elaboração própria

A primeira interação do chat com o estudante se dá com a questão a ser respondida ao término do primeiro bloco da disciplina de História da Contabilidade. O estudante, por sua vez, então deve responder à questão utilizando seu texto com letras minúsculas. Ao receber a resposta o sistema verifica se o comentário tem relação com a disciplina de História da Contabilidade. Uma vez que o bot aprende a cada conversa, ou seja, a cada nova interação o conjunto de dados,

que possibilita a tomada de decisões, é complementado com os dados da interação passada. Essa checagem é fundamental para o correto desenvolvimento do sistema. Se o comentário não pode ser localizado no domínio do bot, o mesmo possui uma resposta genérica (“Não entendi! Por favor refaça seu comentário”) para solicitar um novo texto ao estudante.

O domínio do sistema é configurado em função do Espaço do Conhecimento, previamente definido pelos docentes como campo delimitação da estrutura do chat. Os pesquisadores entendem que, quanto maior o Espaço do Conhecimento destacado ao sistema, menor é a suas efetividades frente aos propósitos do modelo instrucional. Quando os termos digitados pelo estudante são localizados no Espaço do Conhecimento do *chatbot* o mesmo pode tomar duas decisões mutuamente excludentes. O sistema inicialmente testa o raciocínio crítico, com base no texto escrito. Esse texto é rotulado (classificado) e inserido no banco de dados para gerar massa crítica ao modelo de mineração de dados educacionais.

A Figura 11 demonstra o sistema interagindo após ter realizado a classificação do comentário. Com base no modelo classificador demonstrado na seção anterior, o *chatbot* irá decidir sobre o nível de raciocínio crítico do estudante. Um estudante que possui nível de raciocínio crítico adequado não precisa mais interagir com o sistema, pois este não poderá mais lhe auxiliar no processo de desenvolvimento. Entretanto uma frase genérica será utilizada para manter o estudante na conversa, com propósito de garantir a satisfação e motivação do mesmo. Se o estudante possui nível insatisfatório de raciocínio crítico, o sistema irá lhe retornar com questões relacionadas aos itens de perfeição do pensamento de Richard Paul (1990).

A definição do banco de questões e sobre o formato de interação com o estudante estão relacionadas com os objetivos instrucionais e com o currículo das disciplinas. O sistema em cada interação soma os dados à sua base, independentemente do resultado da classificação. Dessa forma a interação com o *chatbot*, sempre que for relacionada ao domínio, irá constituir o corpus de avaliações futuras. O protótipo desenvolvido é funcional e está disponível na página do *github* e, a presente versão ficará congelada, independente de desenvolvimento de novas versões baseadas no *chatbot*.

Figura 11 – Diálogo com Protótipo Pacioli bot

```

Prompt de Comando - python conversas.py
C:\Users\mcsou.DESKTOP-F9KMB2B\OneDrive\DOCTORADO\TESE\FRAMEWORK\Python>python conversas.py
STARCC Pacioli bot
-----
Escreva utilizando linguagem natural, escreva tudo em letras minúsculas
=====
Por que a História da Contabilidade é pouco presente nos cursos de graduação, ainda que tenha
uma expressiva presença na área de pesquisas acadêmicas?

Resposta: Acredito que a história da contabilidade é importante para professores e estudantes

\Frase Generica

Resposta à frase genérica

Não entendi! Por favor refaça seu comentário

Resposta contendo contabilidade
\Frase Generica

Precisamos evoluir com raciocínio crítico em contabilidade
\Frase Generica

```

Fonte: Elaboração própria

Docentes e pesquisadores da área de Contabilidade constantemente se deparam com a questões tecnológicas, sejam elas ligadas ao ambiente acadêmico, sejam elas ligadas ao ambiente empresarial. A defasagem dos professores em relação a uso e aplicação de tecnologia nas salas de aula é um desafio a ser superado (Niess, 2005). O presente estudo propôs um framework para desenvolvimento de Sistemas Tutores Adaptativos ao Raciocínio Crítico em Contabilidade – STARCC como um ponto de partida para que professores possam agir de forma protagonista no uso de tecnologia no ambiente instrucional. A delimitação do Espaço do Conhecimento de cada disciplina, ou de cada tópico, como a realizada nesta pesquisa, permite a elaboração de instrumentos de avaliação e feedback uteis aos estudantes e aos docentes. Como acima demonstrando, um banco contendo 61 questões, inserido em uma plataforma virtual de apoio ao aprendizado como o sistema Moodle tem potencial de gerar milhões de versões distintas de caminhos a serem seguidos por estudantes no processo de aquisição do conhecimento. Os recursos tecnológicos de aleatoriedade auxiliam os docentes em diversas questões relacionadas ao curso, dentro e fora de sala de aula. Os resultados demonstram que esse recurso, é fundamental para a composição de sistemas baseados na Teoria do Espaço do Conhecimento, abrindo possibilidade para individualização dos cursos às necessidades dos estudantes. Da

mesma forma a composição do índice Flesch-Kincaid possibilita ao docente colher informações úteis sobre a maturidade da escrita do texto dos estudantes. Conforme destacado em pesquisas anteriores, o raciocínio crítico está relacionado com a maturidade apresentada nos textos (Cornachione et al., 2007) e os docentes podem utilizar ferramentas simples para extrair e analisar esses textos em função de uma teoria robusta. Os resultados da presente pesquisa demonstram que uma análise baseada em agentes computacionais pode gerar dados úteis na composição da avaliação dos docentes, poupando grande quantidade de tempo necessário para a leitura, em profundidade, de todos os textos produzidos nas disciplinas. A opção por utilização de uma linguagem de programação para essa avaliação, em detrimento a recursos como o Microsoft Word, se dá pela possibilidade de realização de avaliações assíncronas, automatizadas e colaborativas entre docentes e entre estudantes. Os resultados da presente pesquisa demonstram que a tecnologia pode auxiliar docentes no processo de elaboração e condução dos cursos, ao mesmo tempo em que pode auxiliar o estudante por meio de processos adaptados às suas necessidades, com feedback rápido sobre seu desempenho no processo de ensino e aprendizagem.

5 CONCLUSÃO

Essa pesquisa investigou o uso da tecnologia artificial no ensino de Contabilidade e possíveis implicações para as partes desse processo. Diversos motivos fazem com que docentes tenham resistência a inserção de tecnologia no ambiente escolar (Brand, 1998). Entretanto a tecnologia precisa ser vista como uma aliada no processo de ensino e aprendizagem e, ainda mais, uma necessidade no desenvolvimento dos estudantes (Groff, & Mouza, 2008). No ensino de Contabilidade, diversas críticas são feitas acerca da formação dos estudantes para o mercado de trabalho (Albrecht & Sack, 2000; May et al., 1995), demonstrando que estes não estão saindo das universidades completamente preparados para desempenhar seu papel na sociedade moderna. No Brasil, a internacionalização das normas de contabilidade causou ruptura no modelo Contábil centrado em regras tributárias e permitiu que os Contadores utilizem ferramentais mais robustos para a condução da prática Contábil (Carvalho & Salotti, 2012). Porém essa oportunidade ainda não é aceita por docentes e pesquisadores (Carvalho & Salotti, 2012; Passos, 2011). A tecnologia ocupa papel de destaque na sociedade moderna, entretanto o currículo de formação dos profissionais de Contabilidade ignora esse aspecto da sociedade. A Contabilidade existe desde antes da invenção da escrita (Alexander, 2002) e certamente continuará existindo, mesmo com a revolução digital e robotização de processos, entretanto é necessário avaliar o papel do docentes da área de Contabilidade nesse processo, agentes importantes na construção de uma sociedade altamente baseada em inteligência artificial ou vítima marginalizada por um processo de reserva de mercado que não percebe que o mercado não existe mais.

Os agentes computacionais, baseados em inteligência artificial, estão presentes em todos os aspectos de nossa vida cotidiana. Na Contabilidade há duas décadas vemos esforços de pesquisadores em aproximar a tecnologia utilizada no dia a dia das pessoas e empresas, dos ambientes acadêmicos. Brown et al (1995) demonstram sistemas especialistas, precursores dos sistemas de automatização utilizados hoje em empresas e negócios no mundo todo. A preocupação aqui presente não versa apenas sobre a utilidade desses sistemas, mas também pela capacidade de profissionais, estudantes e professores desenvolverem esses sistemas para que possam, por eles, serem utilizados. A evolução nos mostra que os sistemas se tornaram mais simples e mais poderosos na realização de tarefas relacionadas ao domínio da Contabilidade. Baldwin-Morgan (1995) propôs uma forma de integrar inteligência artificial ao ensino de

Contabilidade. O ponto de partida da proposta era o reconhecimento, por parte de docentes e instituições de ensino, que a inteligência artificial precisava ser integrada ao domínio da Contabilidade. Não resta dúvida que a tecnologia tem capacidade de facilitar a vida das pessoas, entretanto a mesma não pode ser vista como fim, mas sim como um meio para algum desenvolvimento, algo mais duradouro do que apenas um modo novo de fazer a mesma tarefa.

Sob essa ótica, a presente pesquisa teve como objetivo principal propor um framework para desenvolvimento de Sistemas Tutores Adaptativos ao Raciocínio Crítico em Contabilidade (STARCC). O desenvolvimento do raciocínio crítico constitui um dos principais objetivos processo educacional (Ennis, 1985; Paul, 1990; Passos, 2011; Kuhn, 1999; Willingham, 2008; Abrami et al., 2008; Wilkin, 2017; Bloom, 1956; Facione, 1990). Kimmel (1995) propôs um framework para integração do raciocínio crítico ao ensino da Contabilidade. Entretanto itens como ampla disponibilidade de materiais, rápido feedback aos estudantes, individualização de conteúdo, entre outros, não constituem etapas realistas na carreira docente. É esse espaço que framework STARCC busca preencher. Propiciar aos docentes de Contabilidade a possibilidade de avanço no objetivo de desenvolvimento do raciocínio crítico dos estudantes, por meio do desenvolvimento de sistemas adaptativos inteligentes desenhados e construídos, preferencialmente, por docentes e discentes que compartilhem da visão de futuro que as transformações tecnológicas podem propiciar para a profissão de Contador e de Professor. A proposta do desenvolvimento do framework é entregar aos docentes um guia que possa servir de ponto de partida para discussões sobre o uso da inteligência artificial no ensino de Contabilidade no Brasil e no mundo. Um guia que seja simples o suficiente para que qualquer docente ou pesquisador possa utilizá-lo com autonomia e, profundo o suficiente para que consiga abarcar as principais ferramentas da inteligência artificial no processo instrucional de desenvolvimento do raciocínio crítico. Diversos sistemas adaptativos têm, como objetivo, adequar-se aos estilos de aprendizado dos estudantes (Kumar et al., 2017; Yaghmaie & Bahreininejad, 2011; Brusilovsky, 2001), entretanto o maior desafio desses sistemas reside na limitação de conteúdo, desenvolvido por docentes, em formatos e plataformas distintas para que possam ser entregues em estilos diferentes de aprendizagem. O framework STARCC propõem a adaptação do sistema ao nível de raciocínio crítico dos estudantes, como forma de desenvolvimento contínuo e individualizado. O docente, no seu ambiente de trabalho, efetua essa adaptação ao diferenciar a forma com que dialoga com um determinado estudante ou grupo de estudantes ou ainda, ao determinar o nível de instrução baseado nos estudantes com maior desenvolvimento ou com menor desenvolvimento. A adaptação é realizada em função do

conteúdo programático que precisa ser lecionado e em função do tempo que se tem para realização desse processo instrucional. O framework propõe a delimitação do conteúdo programático dentro do arcabouço da Teoria do Espaço do Conhecimento (Doignon & Falmagne, 1985; Albert & Stefanutti, 2003), entregue ao estudante por meio da aprendizagem de domínio (Bloom, 1968), contando com os recursos de inteligência artificial no processo. Como o foco na simplicidade da programação computacional e com a premissa de fomentar o desenvolvimento do raciocínio crítico, o presente estudo contou ainda com cinco objetivos específicos ligados ao desenvolvimento do framework. Abaixo retomamos os objetivos e concluimos em relação a cada um deles, propondo por sua melhoria e continuidade.

O primeiro objetivo específico foi o de apresentar um modelo de classificação do nível de desenvolvimento do raciocínio crítico em estudantes da disciplina de História da Contabilidade com base nos *logs* de acesso do sistema de apoio ao ensino; do processamento da linguagem natural dos textos produzidos para a disciplina; e no índice Flesch–Kincaid de legibilidade dos materiais produzidos. O raciocínio crítico não é diretamente observável, depende de constructos e métricas indiretas para sua mensuração. Encontrar métricas e que permitam avaliar o nível de raciocínio crítico dos estudantes é uma tarefa trabalhosa e que depende de recursos financeiros muitas vezes não disponíveis. A proposta da criação de um indicador, ainda que binário, para classificação do raciocínio crítico, totalmente automatizado, gratuito e acessível, é uma tarefa válida nesse cenário. A mineração de dados educacionais nos permite enxergar informações em lugares que docentes certamente não tem recursos ou tempo para interagir. Os sistemas computacionais de apoio ao aprendizado guardam diversos dados do usuário. Esses dados são fontes ricas de informação, desde que se consiga extrair, processar e analisar (Koedinger et al., 2015; Wolery & Lord, 2000). Essa foi a proposta da presente pesquisa; desenvolver um modelo de classificação utilizando a vasta quantidade de dados dos estudantes, em um modelo que se auto alimenta e atualiza de forma a servir como base sólida para a classificação dos estudantes. Assim como discutido anteriormente o modelo em questão classifica um texto de um estudante com acurácia de 86,20% em relação ao processo de classificação realizada por um professor.

Esses resultados precisam ser analisados com cuidado. O modelo precisa, dentro do paradigma científico atual ser testado, melhorado e até mesmo refutado em favor de um novo modelo que possa melhor representar o nível de raciocínio crítico dos estudantes. Entretanto, o presente

modelo se justifica por ser uma opção simples e viável aos testes de raciocínio crítico tradicionais, financeiramente custosos e demandantes de esforços extras de docentes para sua correção.

O segundo objetivo específico foi o de classificar o nível de desenvolvimento do raciocínio crítico dos estudantes egressos do curso de História da Contabilidade, utilizando o modelo proposto no item anterior, para composição de base de dados que possibilite: (a) utilização em algoritmos de supervisionados de aprendizagem de máquina; e (b) análises estatísticas do perfil histórico dos estudantes deste curso. A classificação, seguida de análises complementares demonstraram que o jogo DEBORAH é um item estatisticamente significativo no processo explicativo do raciocínio crítico dos estudantes. Esse achado corrobora o trabalho Nunes (2016) que tratou sobre o mito da neutralidade contábil e como o curso de História da Contabilidade pode auxiliar no enfrentamento desse mito. Dado que muitas vezes os estudantes chegam à disciplina de História de Contabilidade com postura passiva frente aos conceitos estabelecidos na literatura, enxergar e aceitar que a Contabilidade não possui neutralidade, é um exercício que engloba diversas das habilidades, competências e disposições tratadas por Ennis (1985) e Paul (1990).

O terceiro objetivo específico foi o de apresentar uma proposta do Espaço do Conhecimento (*Knowledge Space*), com suas relações de dependências, para a disciplina de História da Contabilidade, no formato semipresencial. Na presente pesquisa o Espaço do Conhecimento foi representado pelo conjunto de testes respondidos por um determinado estudante. Ao todo os estudantes são expostos a 26 testes em um universo de 61 possíveis. A Figura 12 apresenta uma questão do *quis* sobre o Tema A que pode ser apresentada (visão do estudante), já a Figura 13 mostra a tela de configuração para elaboração dos testes do Tema A, demonstrando a disposição e distribuição dos pontos que compõem aquele teste (visão do docente).

A delimitação do que compõem um campo do conhecimento é de fundamental importância para a Teoria do Espaço do Conhecimento (Albert & Stefanutti, 2003). Na disciplina de História da Contabilidade, os delimitadores são dados pelo próprio programa da disciplina, entretanto uma tarefa importante é traçar as possíveis relações de dependência entre os itens que compõem o Espaço do Conhecimento. Em um modelo tradicional de aulas a trilha de ensino segue fixa, sendo observada uma quantidade de tempo instrucional para cada item do conjunto. Entretanto, quando nos aproximamos de formatos abertos, como o caso do EAD, essa trilha desaparece e a

tecnologia nos permite a criação de árvores de estudo, sem a necessidade de demarcação como nas disciplinas tradicionais. Dessa forma se torna importante entender o que o estudante está apto a aprender e aquilo que ele já aprendeu. A disciplina de História de Contabilidade conta com conteúdo que não possuem relação de dependência.

Figura 12 – Modelo de questão do quiz

Questão 6
Ainda não respondida
Vale 1,50 ponto(s).
Marcar questão
Editar questão

Select the TRUE option
Choose the right answer.
Play attention, more than one answer can be correct.

Escolha uma ou mais:

a. In the early Mesopotamian cities it was possible to exchange barley for other items of interest

b. To be a very primitive epoch, bartering was the only type of event recorded by the scribes in Mesopotamia

Fonte: Elaboração própria.

Isso nos dá tranquilidade para conduzir o processo instrucional de diversas formas não lineares, mas, por outro lado, a possibilidade de caminhos possíveis é algo fora da capacidade imaginável dos docentes em Contabilidade, são mais de 400 milhões de possibilidades resultantes da interação entre 26 questões em um banco de 61 possíveis. Apenas com o uso da tecnologia, contando com recursos de inteligência artificial, será possível extrair o melhor de cada um dos caminhos e apresenta-los adequadamente aos estudantes.

O quarto objetivo específico foi desenvolver um protótipo e iniciar a fase de treinamento de um STARCC *chatbot*, utilizando processamento de linguagem natural no desenvolvimento do nível de raciocínio crítico dos estudantes da disciplina de História da Contabilidade. O propósito central foi validar o framework por meio de uma validação simples e funcional. A escolha pela disciplina de História da Contabilidade se deve ao fato de que os pesquisadores deste trabalho têm atuado em conjunto em todas as versões da disciplina. Esse fato certamente facilita a elaboração de métricas e análises que dependam e julgamento e observação participante. Espera-se que docentes utilizem esse framework, da mesma forma, em disciplinas que tenham grande familiaridade, a fim de remover uma barreira do processo de construção de um sistema. Existem diversas ferramentas gratuitas e abertas para desenvolvimento e sistemas computacionais.

Figura 13 – Modelo de questão do quiz

Editando questionário: Quiz 1 - Topic A - Intro to Accounting History ⓘ

Você não pode adicionar ou remover perguntas, porque já foram registradas tentativas. (Tentativas: 63)

Perguntas: 6 | Este questionário está aberto

Nota máxima 10,00 **Gravar**

Repaginar Selecionar múltiplas questões

Total de avaliações: 10,00

Misturar as questões ⓘ

Página 1 Adicionar ▾

1	Aleatório (Topic A - Q1) (ver questões)		1,50
2	Aleatório (Topic A - Q2) (ver questões)		1,50
3	Aleatório (Topic A - Q3) (ver questões)		1,50
4	Aleatório (Topic A - Q4) (ver questões)		1,50
5	Aleatório (Topic A - Q5) (ver questões)		2,00
6	Aleatório (Topic A - Q5) (ver questões)		2,00

Adicionar ▾

Fonte: Elaboração própria.

Nesta pesquisa optou-se por realizar o desenvolvimento do sistema *chatbot* diretamente via linguagem de programação como forma de demonstrar aos docentes que se trata de uma tarefa viável. A linguagem de programação utilizada foi a linguagem Python, exatamente por sua simplicidade. Os pesquisadores têm absoluta certeza que o sistema desenvolvido não conta com rigor e com técnicas próprias da área de conhecimento da Ciência da Computação, e uma simples análise do código demonstra que o mesmo não possui atributos de elegância e otimização. Entretanto objetivo do desenvolvimento foi, assim como mencionado anteriormente, avaliar o framework STARCC e, de uma maneira simples abrir um canal de diálogo com docentes de contabilidade, convidando-os para arriscarem-se em um outro campo do domínio, promovendo em docentes aquilo que se espera em estudantes, postura ativa e capacidade de aprendizagem mediada por tecnologia.

O quinto, e último, objetivo é fomentar a discussão sobre o uso de Inteligência Artificial no ensino de Contabilidade, incentivando os docentes a desempenharem papel de protagonistas no desenvolvimento e uso de sistemas que promovam a melhora nas habilidades de raciocínio crítico dos estudantes de Contabilidade. Acreditamos que esses objetivos, assim como os demais, foram plenamente alcançados pela abertura de um canal de diálogo entre pesquisadores. O Grupo de Estudos de Tecnologia da Educação na Contabilidade (GETEC) da Universidade

de São Paulo há muitos anos demonstra preocupação pelo distanciamento entre a tecnologia presente na sociedade e aquela presente nos cursos de Contabilidade. Desde 2012 pesquisadores do GETEC têm desenvolvidos pesquisas ligando, em alguma medida, a tecnologia e o processo educacional. Exemplos de resultados são o jogo DEBORAH (Nunes, 2016) e o framework STARCC. Dentro do processo de aquisição de conhecimento científico esses trabalhos representam um primeiro passo em busca de um debate amplo sobre o uso de inteligência artificial no ensino de Contabilidade.

A questão de pesquisa deste projeto indaga: em que medida os sistemas tutores adaptativos auxiliam o estudante de Contabilidade no desenvolvimento das habilidades de raciocínio crítico? A condução do processo de elaboração do presente trabalho possibilita a resposta dessa questão em diversas dimensões. São mais de 360 mil estudantes matriculados nos cursos de Contabilidade, a grande maioria tendo a mesma disciplina no mesmo ritmo, aprendendo os mesmos conceitos, separados apenas pela distância geográfica. Os sistemas tutores podem aprender sobre os estudantes e sobre os conteúdos que estão sendo absorvidos. O aprendizado pode retornar para os estudantes em forma de indicação precisa de conteúdo, oferecimento de material complementar, apoio no processo de ensino e conexão com outros estudantes que se encontrem no mesmo momento da disciplina. Respondendo à questão, quanto mais os sistemas tutores adaptativos conectarem pessoas com alinhamento de interesses e propuserem interações entre essas pessoas, mais os estudantes poderão desenvolver as habilidades ligadas ao raciocínio crítico. A medida em que os sistemas podem auxiliar é a medida em que se conectem com mais e mais pessoas, aprendam com elas e trabalhem em função delas. Diversos sistemas utilizam esse propósito, entretanto geralmente são alocados para questões comerciais, como por exemplos os algoritmos da Amazon ou eBay que sempre oferecem produtos baseados nas preferências e redes de contato.

A tese aqui estabelecida afirma que os modelos de classificação, apoiados no uso de técnicas de inteligência artificial e nos modelos de mineração de dados educacionais, auxiliam no processo de transformação e novo significado da educação, solidificando as bases tecnológicas necessárias aos avanços educacionais e profissionais da área de Contabilidade. Trata-se de uma explicação provisória para o fenômeno que foi capturado por essa pesquisa. A mineração de dados educacionais tem todo o potencial destacado na resposta da questão da pesquisa. A composição do espaço do conhecimento, contando com mais de 400 milhões de caminhos

possíveis para completar um único conjunto de instruções demonstra que as bases da educação contábil precisam ser alteradas do fluxo contínuo semanal para um conceito de aprendizagem em todo o local, sem a necessidade de espaço físico e horário delimitado. Os modelos classificadores têm potencial de auto refinamento e correção, o que permite seu uso em diversos ambientes em diversas situações. A questão não é como levar o computador para a escola e sim, como levar a escola para o computador.

5.1 CONTRIBUIÇÕES

A principal contribuição do presente trabalho é a apresentação de um framework que possibilite a integração entre tecnologia, raciocínio crítico e currículo de Contabilidade. Espera-se que esse framework seja uma base de desenvolvimento de sistemas abertos e colaborativos. De forma similar, o modelo proposto para classificação do raciocínio crítico constitui contribuição para a pesquisa, espera-se que docentes de todas as áreas ligadas à Contabilidade auxiliem no processo de melhora do modelo, por meio do uso ou da proposição de mecanismos mais eficientes. Ainda nessa linha, uma importante contribuição é a abertura de um diálogo com pesquisadores para o desenvolvimento de ferramentas tecnológicas, baseadas em inteligências artificial, para avaliação e classificação dos estudantes. Docentes gastam grande quantidade do seu tempo preparando e corrigindo itens de avaliação que chegam de forma tardia para os estudantes. A contribuição dessa pesquisa vai ao encontro do objetivo de deixar os sistemas avaliarem os estudantes, em uma relação de ganha-ganha entre docentes, tecnologia e estudantes

Espera-se contribuir com o desenvolvimento profissional, ao demonstrar que o uso de tecnologia é negligenciado nos currículos e cursos, entretanto altamente exigidos no mercado de trabalho. Da mesma forma pretende-se contribuir com estratégias distintas de instrução no modelo EAD. Em 2017 metade dos estudantes matriculados pertenciam a essa modalidade. Portar o ensino tradicional, que sobre diversas críticas, para o modelo digital, sem a discussão dos itens abordados nessa pesquisa podem confinar a modalidade EAD às mesmas críticas da educação presencial.

5.2 LIMITAÇÕES

A presente pesquisa utilizada considerando os diversos e fortes vieses existentes. Os pesquisadores, assim como discutido anteriormente conduzem a disciplina de História da

Contabilidade desde seu primeiro oferecimento. Essa disciplina foi base para a geração dos dados e do conhecimento aqui contido. Da mesma forma a abrangência dos modelos aqui testados se limita aos grupos que foram pesquisados. Não se pode portar, de forma automática, os modelos do presente trabalho para demais áreas, ainda que dentro do domínio da Contabilidade, sem se correr riscos de limitações inerentes aos estudos da área de História da Contabilidade. Todo o acesso ao material foi realizado após o encerramento das atividades da disciplina, causando indisponibilidade na recuperação de informações diretamente com os estudantes, limitando a quantidade de dados utilizados na pesquisa. Essa indisponibilidade deve ser levada em consideração como fator limitante da pesquisa.

5.3 SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS

Como sugestão de pesquisas futuras destacamos a necessidade de validação do modelo de classificação dos níveis de raciocínio crítico dos estudantes e também o próprio framework de desenvolvimento dos Sistemas Adaptativos ao Raciocínio Crítico. O modelo de classificação precisa avançar da fase de protótipo para a fase de sistema. Para tanto se faz necessário o uso de maior volume de dados e maior volume de interações a fim de validar o modelo. Ainda nessa área, outra sugestão de pesquisa futura é a comparação entre os resultados do modelo de classificação baseado em inteligência artificial e testes consagrados pela literatura, como por exemplo o *California Critical Thinking Skills Test (CCTST)*; o *Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test (EWCTET)*; o *California Critical Thinking Dispositions Inventory (CCTDI)*; o *Watson–Glaser Critical Thinking Appraisal (WGCTA)* e o *Halpern Critical Thinking Assessment (HCTA)*.

Em relação ao framework STARCC, pesquisas futuras devem submetê-lo a testes de validade, assim como validação de demais atributos como a facilidade, utilidade, custo benefício em utilizá-lo. Apesar de não configurar como objetivo do presente estudo, o uso dessas ferramentas em ambientes instrucionais, como por exemplo, disciplinas de introdução à programação ou sobre habilidades de raciocínio crítico podem utilizar o framework e o modelo classificador como artefatos pedagógicos e, pesquisas podem ser conduzidas para verificar a validade desses instrumentos em uma posição distinta no processo de ensino e aprendizagem.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, J. I., & Palatnik, B. R. (2018). Students' perceptions of their first accounting class: implications for instructors. *Accounting Education*, 27(1), 72-93.
- Abrami, P. C., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Waddington, D. I., Wade, C. A., & Persson, T. (2015). Strategies for Teaching Students to Think Critically: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 85(2), 275–314. <https://doi.org/10.3102/0034654314551063>
- Abrami, P. C., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Wade, A., Surkes, M. A., Tamim, R., & Zhang, D. (2008). Instructional Interventions Affecting Critical Thinking Skills and Dispositions: A Stage 1 Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 78(4), 1102–1134. <https://doi.org/10.3102/0034654308326084>
- Akkoyunlu, B., & Soylu, M. Y. (2008). A study of student's perceptions in a blended learning environment based on different learning styles. *Educational Technology & Society*, 11(1), 183-193.
- Albrecht, W. S., & Sack, R. J. (2000). *Accounting education: Charting the course through a perilous future* (Vol. 16). Sarasota, FL: American Accounting Association.
- Albert, D., & Hockemeyer, C. (1997). Adaptive and dynamic hypertext tutoring systems based on knowledge space theory. In *AIED'97 Artificial Intelligence in Education* (pp. 553-555). IOS Press, Amsterdam.
- ALEKS. (2017). Overview of ALEKS. Retrieved from https://www.aleks.com/about_aleks/overview
- Alexander, J. R. (2002). History of accounting. *Association of Chartered Accountants in the United States*.

- AlMotairy, O. S. (2016). Measuring the Learning Outcomes and Critical Thinking: The Case of Saudi Accounting Students. *Journal of Accounting, Finance and Economics*, 6(2), 49-64.
- Alpert, D., & Bitzer, D. L. (1970). Advances in Computer-based Education. *Science*, 167(3925), 1582–1590. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1729127>
- Anderson, J. R., Boyle, C. F., & Reiser, B. J. (1985). Intelligent Tutoring Systems. *Science*, 228(4698), 456 LP-462. <https://doi.org/10.1126/science.228.4698.456>
- Anderson, J. R., Corbett, A. T., Koedinger, K. R., & Pelletier, R. (1995). Cognitive tutors: Lessons learned. *The journal of the learning sciences*, 4(2), 167-207.
- Anderson, J. R. (1996). ACT: A simple theory of complex cognition. *American Psychologist*, 51(4), 355
- Anderson, C. A., & Bushman, B. J. (1997). External validity of "trivial" experiments: The case of laboratory aggression. *Review of General Psychology*, 1(1), 19.
- Anderson, L.W. (Ed.), Krathwohl, D.R. (Ed.), Airasian, P.W., Cruikshank, K.A., Mayer, R.E., Pintrich, P.R., Raths, J., & Wittrock, M.C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives* (Complete edition). New York: Longman.
- Arasasingham, R. D., Taagepera, M., Potter, F., & Lonjers, S. (2004). Using knowledge space theory to assess student understanding of stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, 81(10), 1517-1523.
- Astin, A. W. (2012). *Assessment for excellence: The philosophy and practice of assessment and evaluation in higher education*. Rowman & Littlefield Publishers.
- Athanassiou, N., McNett, J. M., & Harvey, C. (2003). Critical Thinking in the Management Classroom: Bloom's Taxonomy as a Learning Tool. *Journal of Management Education*, 27(5), 533–555. <https://doi.org/10.1177/1052562903252515>

- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.
- B. Cornachione, JR., E., R. Duncan, H., & D. Johnson, S. (2007). HABILIDADES DE RACIOCÍNIO CRÍTICO DE ALUNOS DE CONTABILIDADE. *Revista De Educação E Pesquisa Em Contabilidade (REPeC)*, 1(2), 43-70. <https://doi.org/10.17524/repec.v1i2.9>
- Baldwin-Morgan, A. A. (1995). Integrating artificial intelligence into the accounting curriculum. *Accounting Education*, 4(3), 217. <https://doi.org/10.1080/09639289500000026>
- Baldwin, A. A., Brown, C. E., & Trinkle, B. S. (2006). Opportunities for artificial intelligence development in the accounting domain: the case for auditing. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 14(3), 77-86.
- Bandy, D. (1990). Accounting education at the crossroads. *The CPA Journal*, 60(8), 12.
- Bangert-Drowns, R. L., & Bankert, E. (1990). *Meta-analysis of effects of explicit instruction for critical thinking*. The American Educational Research Association Boston.
- Baril, C. P., Cunningham, B. M., Fordham, D. R., Gardner, R. L., & Wolcott, S. K. (1998). Critical thinking in the public accounting profession: Aptitudes and attitudes. *Journal of Accounting Education*, 16(3-4), 381-406. [https://doi.org/10.1016/S0748-5751\(98\)00023-2](https://doi.org/10.1016/S0748-5751(98)00023-2)
- Basu, S., & Waymire, G. B. (2006). Recordkeeping and human evolution. *Accounting Horizons*, 20(3), 201-229.
- Bayraktar, S. (2001). A Meta-analysis of the Effectiveness of Computer-Assisted Instruction in Science Education AU - Bayraktar, Sule. *Journal of Research on Technology in Education*, 34(2), 173-188. <https://doi.org/10.1080/15391523.2001.10782344>

- Bedford Committee. (1986). Future accounting education: Preparing for the expanding profession.
- Bickman, L., & Rog, D. J. (Eds.). (2009). *The Sage handbook of applied social research methods*. SAGE Publications, Incorporated.
- Block, J. H., & Burns, R. B. (1976). Mastery learning. *Review of Research in Education*, 4, 3-49.
- Bloom, B.S. (Ed.), Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., & Krathwohl, D.R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook 1: Cognitive domain*. New York: David McKay.
- Bloom, B. S. (1984). The 2 sigma problem: The search for methods of group interaction as effective as one-on-one tutoring. *Educational Researcher*, 13(6), 4–16. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1175554>
- Boyce, G., & Greer, S. (2013). More than imagination: Making social and critical accounting real. *Critical Perspectives on Accounting*, 24(2), 105-112.
- Brand, G. A. (1998). What research says: Training teachers for using technology. *Journal of staff development*, 19, 10-13.
- Brown, C. E., Baldwin-Morgan, A. A., & Sangster, A. (1995). Expert systems in accounting education—a literature guide. *Accounting Education*, 4(3), 283-296.
- Brusilovsky, P. 2001 Adaptive hypermedia. *User Modeling and User Adapted Interaction*, 11(1-2), 87-110.
- Brusilovsky, P. (1996). Methods and techniques of adaptive hypermedia. *User modeling and user-adapted interaction*, 6(2-3), 87-129.

- Butler, H. A. (2012). Halpern Critical Thinking Assessment Predicts Real-World Outcomes of Critical Thinking. *Applied Cognitive Psychology*, 26(5), 721–729. <https://doi.org/10.1002/acp.2851>
- Cabada, R. Z., Estrada, M. L. B., & García, C. A. R. (2011). EDUCA: A web 2.0 authoring tool for developing adaptive and intelligent tutoring systems using a Kohonen network. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9522-9529.
- Campbell, D. T. (1957). Factors relevant to the validity of experiments in social settings. *Psychological bulletin*, 54(4), 297.
- Campbell, D. T. & Stanley, J. (1979). *Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa*. São Paulo, EPU-EDUSP, 138p.
- Carbonell, J. R. (1970). AI in CAI: An Artificial-Intelligence Approach to Computer-Assisted Instruction. *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*. <https://doi.org/10.1109/TMMS.1970.299942>
- Carvalho, L. N., & Salotti, B. M. (2012). Adoption of IFRS in Brazil and the Consequences to Accounting Education. *Issues in Accounting Education*, 28(2), 235-242.
- CFC. (2017). Quantos somos. Retirado de https://cfc.org.br/wp-content/uploads/2017/08/estatistico_2004a2016.pdf
- Clark, R. E. (1985). Evidence for confounding in computer-based instruction studies: Analyzing the meta-analyses. *Educational Communication and Technology*, 33(4), 249–262. <https://doi.org/10.1007/BF02769362>
- Cloete, M. (2018). The impact of an integrated assessment on the critical thinking skills of first-year university students. *Accounting Education*, 27(5), 479-494. <https://doi.org/10.1080/09639284.2018.1501717>
- Cole, R., Buchenroth-Martin, C., Weston, T., Devine, L., Myatt, J., Holding, B., ... & Ward, W.

(2018). One-on-one and small group conversations with an intelligent virtual science tutor. *Computer Speech & Language*, 50, 157-174.

Corbett, A. T., Koedinger, K. R., & Anderson, J. R. (1997). Chapter 37 - Intelligent Tutoring Systems. *In Handbook of Human-Computer Interaction (Second Edition)*. <https://doi.org/10.1016/B978-044481862-1.50103-5>

Crisci, C., Ghattas, B., & Perera, G. (2012). A review of supervised machine learning algorithms and their applications to ecological data. *Ecological Modelling*, 240, 113-122.

Cronbach, L. J., & Meehl, P. E. (1955). Construct validity in psychological tests. *Psychological Bulletin*, 52(4), 281-302. <http://dx.doi.org/10.1037/h0040957>

D. Larry Crumbley & L. Murphy Smith (2000) Using short stories to teach critical thinking and communication skills to tax students, *Accounting Education*, 9:3, 291-296, DOI:10.1080/09639280010017248

D'Angelo, E. (1970). The Teaching of Critical Thinking Through Literature. *Elementary English*, 47(5), 633-637. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/41386723>

Desai, M. S., Berger, B. D., & Higgs, R. (2016). CRITICAL THINKING SKILLS FOR BUSINESS SCHOOL GRADUATES AS DEMANDED BY EMPLOYERS: A STRATEGIC PERSPECTIVE AND RECOMMENDATIONS. *Academy of Educational Leadership Journal*, 20(1).

Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. The Kappa Delta Pi Lecture Series.

Dewey, J. (1939). *Democracy and education*. New York: Free Press.

Dewey, J. (1997). *How we think*. Courier Corporation.

Diziol, D., Walker, E., Rummel, N., & Koedinger, K. R. (2010). Using intelligent tutor technology to implement adaptive support for student collaboration. *Educational Psychology Review*, 22(1), 89-102.

- Doignon, J. P., & Falmagne, J. C. (1999). *Knowledge spaces*. Springer.
- Donelan, J. G., & Reed, R. O. (1992). Characteristics of accounting programs: A survey of students' perceptions. *Journal of Accounting Education*, 10(1), 191-209.
- Doney, L. D., & Lephardt, N. E. (1993). Developing critical thinking skills in accounting students. *Journal of Education for Business*, 68(5), 297.
- Dosch, R. J., & Wambsganss, J. R. (2006). The blame game: Accounting education is not alone. *Journal of Education for Business*, 81(5), 250-254.
- Downes, S. *We don't need no educator: the role of the teacher in today's online education*. Palestra proferida na NADE Conference (The National Association for Development of Education), 2011. Disponível em: <http://www.downes.ca/presentation/286>. Acesso em novembro de 2015.
- Duron, R., Limbach, B., & Waugh, W. (2006). Critical thinking framework for any discipline. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 17(2), 160-166.
- Dwyer, C. P., Hogan, M. J., & Stewart, I. (2012). An evaluation of argument mapping as a method of enhancing critical thinking performance in e-learning environments. *Metacognition and Learning*, 7(3), 219-244.
- Elder, L., & Paul, R. (2013). Critical thinking: intellectual standards essential to reasoning well within every domain of thought. *Journal of Developmental Education*, 36(3), 34-35.
- Ellis, A. & Phillips, J. (2011). Learning in context: Moving courses from 2D Web-based materials to simulated 3D virtual-world environments. In T. Bastiaens & M. Ebner (Eds.), *Proceedings of ED-MEDIA 2011--World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications* (pp. 933-942). Lisbon, Portugal: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Retrieved February 20, 2019 from <https://www.learntechlib.org/primary/p/37983/>.

- Ennis, R.H. (1981). Eight fallacies in Bloom's taxonomy. In C.J.B. Macmillan (Ed.), *Philosophy of education 1980* (pp. 269-273). Bloomington, IL: Philosophy of Education Society.
- Ennis, R. H. (1989). Critical thinking and subject specificity: Clarification and needed research. *Educational researcher*, 18(3), 4-10.
- Ennis, R. (1993). Critical Thinking Assessment. *Theory Into Practice*, 32(3), 179-186. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1476699>
- Ensmenger, N. (2012). The Digital Construction of Technology: Rethinking the History of Computers in Society. *Technology and Culture*, 53(4), 753–776. <https://doi.org/10.1353/tech.2012.0126>
- Escobar-Rodriguez, T., & Monge-Lozano, P. (2012). The acceptance of Moodle technology by business administration students. *Computers & Education*, 58(4), 1085-1093.
- Fang, Y., Ren, Z., Hu, X., & Graesser, A. C. (2018). A meta-analysis of the effectiveness of ALEKS on learning. *Educational Psychology*, 1-15. doi:10.1080/01443410.2018.1495829
- Fatemi, D. J., Marquis, L., & Wasan, S. (2015). Student Performance in Intermediate Accounting: A Comparison of the Effectiveness of Online and Manual Homework Assignments. *The Accounting Educators' Journal*, 24.
- Fazlollahtabar, H., & Mahdavi, I. (2009). User/tutor optimal learning path in e-learning using comprehensive neuro-fuzzy approach. *Educational Research Review*, 4(2), 142-155.
- Flesch, R. (1979). How to write plain English: Let's start with the formula. *University of Canterbury*.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?. *Technological forecasting and social change*, 114, 254-280.

- Friend, C. M., & Zubek, J. P. (1958). The effects of age on critical thinking ability. *Journal of Gerontology*. <https://doi.org/10.1093/geronj/13.4.407>
- Fyfe, E. R., & Brown, S. A. (2018). Feedback influences children's reasoning about math equivalence: A meta-analytic review. *Thinking & Reasoning*, *24*(2), 157-178.
- Ganal, N. N., & Guiab, M. R. (2014). Problems and difficulties encountered by students towards mastering learning competencies in mathematics. *Researchers World*, *5*(4), 25.
- Garcia, P., Schiaffino, S., & Amandi, A. (2008). An enhanced Bayesian model to detect students' learning styles in Web-based courses. *Journal of Computer Assisted Learning*, *24*(4), 305-315.
- Gellin, A. (2003). The Effect of Undergraduate Student Involvement on Critical Thinking: A Meta-Analysis of the Literature 1991-2000. *Journal of College Student Development* *44*(6), 746-762. Johns Hopkins University Press. Retrieved January 20, 2019, from Project MUSE database.
- Ghanaat Pisheh, E. A., NejatyJahromy, Y., Gargari, R. B., Hashemi, T., & Fathi-Azar, E. (2018). Effectiveness of clicker-assisted teaching in improving the critical thinking of adolescent learners. *Journal of Computer Assisted Learning*, *35*(1), 82-88.
- Gharib, M., Zolfaghari, M., Mojtahedzadeh, R., Mohammadi, A., & Gharib, A. (2016). Promotion of critical thinking in e-learning: a qualitative study on the experiences of instructors and students. *Advances in medical education and practice*, *7*, 271-9. doi:10.2147/AMEP.S105226
- Glaser, E. M. (1941). An Experiment in the Development of Critical Thinking. *Teachers College Contributions to Education*, (843).
- Goularte, J. L. L., Leal, A. E. M., & Rocha, J. M. D. (2015). O ENSINO DE CONTABILIDADE FRENTE À CONVERGÊNCIA DA CONTABILIDADE

BRASILEIRA AO PADRÃO INTERNACIONAL. *Revista de Contabilidade, Ciência da Gestão e Finanças*, 3(1), 78-97.

Graesser, A. C., Conley, M. W., & Olney, A. (2012). Intelligent tutoring systems. In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, A. G. Bus, S. Major, & H. L. Swanson (Eds.), *APA educational psychology handbook*, Vol. 3. Application to learning and teaching (pp. 451-473). Washington, DC, US: American Psychological Association. <http://dx.doi.org/10.1037/13275-018>

Groff, J., & Mouza, C. (2008). A framework for addressing challenges to classroom technology use. *AACe Journal*, 16(1), 21-46.

Guskey, T. R. (2007). Closing achievement gaps: revisiting Benjamin S. Bloom's "Learning for Mastery". *Journal of advanced academics*, 19(1), 8-31.

Guskey, T. R. (2010). Lessons of mastery learning. *Educational leadership*, 68(2), 52.

Gutierrez, F., & Atkinson, J. (2011). Adaptive feedback selection for intelligent tutoring systems. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 6146-6152.

He, H., Craig, R., & Wen, J. (2013). Developing critical thinking skills and effective cooperative international accounting degree programs in China. *Asian Review of Accounting*, 21(2), 144–159. <https://doi.org/10.1108/ARA-02-2013-0012>

Heller, B., Proctor, M., Mah, D., Jewell, L., & Cheung, B. (2005). Freudbot: An investigation of chatbot technology in distance education. In *EdMedia+ Innovate Learning* (pp. 3913-3918). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

Hilgenberg, C., & Tolone, W. (2000). Student perceptions of satisfaction and opportunities for critical thinking in distance education by interactive video. *American Journal of Distance Education*, 14(3), 59–73. <https://doi.org/10.1080/08923640009527065>

Howard, L. W., Tang, T. L. P., & Austin, M. J. (2015). Teaching critical thinking skills: Ability, motivation, intervention, and the Pygmalion effect. *Journal of Business Ethics*, 128(1),

133-147.

Huber, C. R., & Kuncel, N. R. (2016). Does College Teach Critical Thinking? A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 86(2), 431–468. <https://doi.org/10.3102/0034654315605917>

Huffman, K., Dowdell, K., & Sanderson, C. A. (2018). *Psychology in action*. New York: Wiley.

Hurrell, S. A., Scholarios, D., & Thompson, P. (2013). More than a ‘humpty dumpty’ term: Strengthening the conceptualization of soft skills. *Economic and Industrial Democracy*, 34(1), 161–182. <https://doi.org/10.1177/0143831X12444934>

Isotani, S., & Brandão, L. O. (2008). An algorithm for automatic checking of exercises in a dynamic geometry system: iGeom. *Computers & Education*, 51(3), 1283-1303.

Jackson, P. W. (1990). *Life in classrooms*. Teachers College Press.

Jaques, P. A., Seffrin, H., Rubi, G., de Moraes, F., Ghilardi, C., Bittencourt, I. I., & Isotani, S. (2013). Rule-based expert systems to support step-by-step guidance in algebraic problem solving: The case of the tutor PAT2Math. *Expert Systems with Applications*, 40(14), 5456-5465.

Janning, R., Schatten, C., & Schmidt-Thieme, L. (2016). Perceived task-difficulty recognition from log-file information for the use in adaptive intelligent tutoring systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(3), 855-876.

Jenkins, E. K. (1998). The Significant Role of Critical Thinking in Predicting Auditing Students’ Performance. *Journal of Education for Business*, 73(5), 274–279. <https://doi.org/10.1080/08832329809601644>

Jones, C. J. (1996). Assessment and accounting education. *Accounting Education: an international journal*, 5(2), 99-101.

- Kant, I. (1994). *Crítica da Razão Pura*. Terceira edição. Trad. de Manuela Pinto dos Santos e Alexandre Fradique Morujão. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Kayalar, F. (2016). Cross-Cultural Comparison of Teachers' Views upon Integration and Use of Technology in Classroom. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 15(2), 11-19.
- Kahl, S. (2005). Where in the world are formative tests? Right under your nose!. *Education Week*, 25(September (4)), 11
- Kennedy, M., Fisher, M. B., & Ennis, R. H. (1991). Critical thinking: Literature review and needed research. In L. Idol & B. F. Jones (Eds.), *Education, values and cognitive instruction: Implications for reform* (pp. 11-40). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kerly, A., Hall, P. & Bull, S. (2006). Bringing Chatbots into Education: Towards Natural Language Negotiation of Open Learner Models, in R. Ellis, T. Allen & A. Tuson (eds), *Applications and Innovations in Intelligent Systems XIV - Proceedings of AI-2006*, 26th SGAI International Conference on Innovative Techniques and Applications of Artificial Intelligence, Springer.
- Kerr, S. T. (2004). Toward a sociology of educational technology. In D. Jonassen (Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology*, 2, pp. 113- 142, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Kimmel, P. (1995). A framework for incorporating critical thinking into accounting education. *Journal of Accounting Education*, 13(3), 299-318.
- Kincaid, J. P., Fishburne Jr, R. P., Rogers, R. L., & Chissom, B. S. (1975). Derivation of new readability formulas (automated readability index, fog count and flesch reading ease formula) for navy enlisted personnel.
- King, P. M., & Kitchener, K. S. (2004). Reflective judgment: Theory and research on the development of epistemic assumptions through adulthood. *Educational psychologist*, 39(1), 5-18.

- Kirkpatrick, D. L. (1994). *Evaluating training programs: The four levels*. San Francisco, CA: Berrett-Koehler
- Kitchener, K. S., & King, P. M. (1981). Reflective judgment: Concepts of justification and their relationship to age and education. *Journal of Applied Developmental Psychology, 2*(2), 89–116. [https://doi.org/10.1016/0193-3973\(81\)90032-0](https://doi.org/10.1016/0193-3973(81)90032-0)
- Koedinger, K. R., & Alevan, V. (2007). Exploring the assistance dilemma in experiments with cognitive tutors. *Educational Psychology Review, 19*(3), 239-264.
- Koedinger, K. R., D'Mello, S., McLaughlin, E. A., Pardos, Z. A., & Rose, C. P. (2015). Data mining and education. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science, 6*(4), 333-353.
- Koedinger, K. R., Anderson, J. R., Hadley, W. H., & Mark, M. A. (1997). Intelligent tutoring goes to school in the big city. *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED), 8*, 30-43.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005). Teachers learning technology by design. *Journal of computing in teacher education, 21*(3), 94-102.
- Kolb, A. Y., & Kolb, D. A. (2005). Learning styles and learning spaces: Enhancing experiential learning in higher education. *Academy of management learning & education, 4*(2), 193-212.
- Kolb, A. Y. (2005). The Kolb learning style inventory-version 3.1 2005 technical specifications. *Boston, MA: Hay Resource Direct, 200*, 72.
- Ku, T. D., Shih, J.-L., & Hung, S.-H. (2014). The Integration of Concept Mapping in a Dynamic Assessment Model for Teaching and Learning Accounting. *Educational Technology & Society, 16* (1), 141–153.
- Kuhn, D. (1999). A developmental model of critical thinking. *Educational researcher, 28*(2),

16-46.

Kulik, J. A., Kulik, C. L. C., & Cohen, P. A. (1980). Effectiveness of Computer-Based College Teaching: A Meta-Analysis of Findings. *Review of Educational Research*, 50(4), 525–544.

Kulik, J. A., Bangert, R. L., & Williams, G. W. (1983). Effects of computer-based teaching on secondary school students. *Journal of Educational Psychology*, 75(1), 19–26. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.75.1.19>

Kulik, J. A., & Kulik, C. L. C. (1987). Review of recent research literature on computer-based instruction. *Contemporary Educational Psychology*, 12(3), 222–230. [https://doi.org/10.1016/S0361-476X\(87\)80027-9](https://doi.org/10.1016/S0361-476X(87)80027-9)

Kulik, C. L. C., Kulik, J. A., & Bangert-Drowns, R. L. (1990). Effectiveness of mastery learning programs: A meta-analysis. *Review of educational research*, 60(2), 265-299.

Kulik, C. L. C., & Kulik, J. A. (1991). Effectiveness of computer-based instruction: An updated analysis. *Computers in Human Behavior*, 7, 75–94. [https://doi.org/10.1016/0747-5632\(91\)90030-5](https://doi.org/10.1016/0747-5632(91)90030-5)

Kulik, J. A., & Fletcher, J. D. (2016). Effectiveness of Intelligent Tutoring Systems: A Meta-Analytic Review. *Review of Educational Research*, 86(1), 42–78. doi:10.3102/0034654315581420

Kurfiss, J. G. (1988). Critical thinking: theory, research, practice, and possibilities (Ashe-Eric Higher Education Report No. 2). Washington, DC: Association for the Study of Higher Education. (ERIC Document Reproduction Service No. ED304041)

Kumar, A., Singh, N., & Ahuja, N. J. (2017). Learning styles based adaptive intelligent tutoring systems: Document analysis of articles published between 2001. and 2016. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education:(IJCRSEE)*, 5(2), 83-98.

- Kreskey, D. D., & Truscott, S. D. (2015). Is Computer-Aided Instruction an Effective Tier-One Intervention for Kindergarten Students at Risk for Reading Failure in an Applied Setting?. *Contemporary School Psychology*, 1-10.
- Lahti, M., Kontio, R., Pitkänen, A., & Välimäki, M. (2014). Knowledge transfer from an e-learning course to clinical practice. *Nurse Education Today*, 34(5), 842-847.
- Lai, E. R. (2011). Critical thinking: A literature review. *Pearson's Research Reports*, 6, 1-49.
- Larry Crumbley, D., & Murphy Smith, L. (2000). Using short stories to teach critical thinking and communication skills to tax students. *Accounting Education*, 9(3), 291–296. <https://doi.org/10.1080/09639280010017248>
- Lawson, R. A., Blocher, E. J., Brewer, P. C., Cokins, G., Sorensen, J. E., Stout, D. E., ... & Wouters, M. J. (2013). Focusing accounting curricula on students' long-run careers: recommendations for an integrated competency-based framework for accounting education. *Issues in Accounting Education*, 29(2), 295-317.
- Lee, J. (1999). Effectiveness of Computer-Based Instructional Simulation: A Meta Analysis. *International Journal of Instructional Media*, 26(1), 71–86. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1080/24694193.2018.1457104>
- Lee, J., & Kim, D. G. (2012). Adaptive Learning System Applied Bruner'EIS Theory. *IERI procedia*, 2, 794-801.
- Lewis, D. D. (1998). Naive (Bayes) at forty: The independence assumption in information retrieval. In *European conference on machine learning* (pp. 4-15). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Lipman, M. (1987). Critical thinking: What can it be?. *Analytic Teaching*, 8(1).
- Lou, Y., Abrami, P. C., & d'Apollonia, S. (2001). Small Group and Individual Learning with Technology: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 71(3), 449–521. <https://doi.org/10.3102/00346543071003449>

- Lu, H., Jia, L., Gong, S. H., & Clark, B. (2007). The relationship of Kolb learning styles, online learning behaviors and learning outcomes. *Journal of Educational Technology & Society*, 10(4), 187-196.
- Luppigini, R. (2005). A systems definition of educational technology in society. *Educational Technology & Society*, 8(3), 103-109.
- Ma, W., Adesope, O. O., Nesbit, J. C., & Liu, Q. (2014). Intelligent tutoring systems and learning outcomes: A meta-analysis. *Journal of educational psychology*, 106(4), 901-918.
- MacCorquodale, K., & Meehl, P. E. (1948). On a distinction between hypothetical constructs and intervening variables. *Psychological Review*, 55(2), 95-107.
<http://dx.doi.org/10.1037/h0056029>
- Mampadi, F., Chen, S. Y., Ghinea, G., & Chen, M. P. (2011). Design of adaptive hypermedia learning systems: A cognitive style approach. *Computers & Education*, 56(4), 1003-1011.
- Marshall, T. E., & Lambert, S. L. (2018). Cloud-based intelligent accounting applications: accounting task automation using IBM watson cognitive computing. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 15(1), 199-215.
- May, G. S., Windal, F. W., & Sylvestre, J. (1996). The need for change in accounting education: an educator survey. *Journal of accounting education*, 13(1), 21-43.
- McKinney Jr, E., Yoos II, C. J., & Snead, K. (2017). The need for 'skeptical' accountants in the era of Big Data. *Journal of Accounting Education*, 38, 63-80.
- McLean, C. (2005). Evaluating Critical Thinking Skills : Two Conceptualizations. *Journal of Distance Education*, 20(2), 1-20.
- McPeck, J. E. (1990). *Teaching critical thinking: dialogue and dialectic*. Routledge.

- Medley, D. M. (1979). The effectiveness of teachers. In P. L. Peterson & H. J. Walberg (Eds.), *Research on teaching*. Berkeley, CA: McCutchan.
- Melis, F. (1950). *Storia della Ragioneria*. Bologna: Cesare Zuffi.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers and Education, 70*, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Merrill, D. C., Reiser, B. J., Ranney, M., & Trafton, J. G. (1992). Effective tutoring techniques: A comparison of human tutors and intelligent tutoring systems. *The Journal of the Learning Sciences, 2*(3), 277-305.
- Mezirow, J. (1997). Transformative learning: Theory to practice. *New directions for adult and continuing education, 1997*(74), 5-12.
- Mezirow, J. (2000). *Learning as Transformation: Critical Perspectives on a Theory in Progress*. The Jossey-Bass Higher and Adult Education Series. Jossey-Bass Publishers, 350 Sansome Way, San Francisco, CA 94104.
- Morales, L. (2011). Can the use of clickers or continuous assessment motivate critical thinking? A case study based on corporate finance students. *Higher Learning Research Communications, 1*(1), 33-42. <https://doi.org/10.18870/hlrc.v1i1.31>
- Murray, W. R., & Sams, M. (2001). *Commander's Adaptive Thinking Skills Tutor (CATS Tutor)-Phase 1* (No. ARI-CR-2001-05). CIMFLEX TEKNOLEDGE CORP PALO ALTO CA.
- Murray, M. C., & Pérez, J. (2015). Informing and performing: A study comparing adaptive learning to traditional learning. *Informing Science: the International Journal of an Emerging Transdiscipline, 18*, 111-125.

- Nelson, B. K. (1980). Hierarchy. Utility and fallacy in Bloom's taxonomy. In Macmillan, C. J. B. (Ed.), *Philosophy of Education 1980* (pp. 260-268). Bloomington, IL: Philosophy of Education Society.
- Nganga, C. S. N., Botinha, R. A., Miranda, G. J., & Leal, E. A. (2016). Mestres e doutores em contabilidade no Brasil: uma análise dos componentes pedagógicos de sua formação inicial. *REICE: Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 14(1), 83-99.
- Nicol, D. J., & Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice. *Studies in higher education*, 31(2), 199-218.
- Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and teacher education*, 21(5), 509-523.
- Norris, S. P., & Ennis, R. H. (1989). *Evaluating Critical Thinking. The Practitioners' Guide to Teaching Thinking Series*. Critical Thinking Press and Software, Box 448, Pacific Grove, CA 93950-0448; tele.
- Nunes, T. C. S. (2016). A revelação do mito da neutralidade Contábil (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo) Retirado de: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12136/tde-28072016-164139/publico/CorrigidoTania.pdf>
- Nye, B. D., Graesser, A. C., & Hu, X. (2014). AutoTutor and family: A review of 17 years of natural language tutoring. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24(4), 427-469.
- Pathways Commission. 2012. *Charting a National Strategy for the Next Generation of Accountants*. Available at: http://commons.aaahq.org/files/0b14318188/Pathways_Commission_Final_Report_Complete.pdf

- Pascarella E, Terenzini P. (2005) How college affects students: findings and insights from twenty years of research, vol 2: a third decade of research. Jossey Bass, San Francisco
- Passos, I. C. (2011). Raciocínio crítico de estudantes de graduação em ciência contábeis: Aplicação do modelo instrucional de Richard Paul. Tese de Doutorado, *Faculdade de Administração, Economia e Contabilidade, Universidade de São Paulo*, São Paulo.
- Paul, R. (1990). *Critical thinking: What every person needs to survive in a rapidly changing world*. Rohnert Park, CA: *Sonoma State University, Center for Critical Thinking and Moral Critique*
- Paul, R. W., Elder, L., & Bartell, T. (1997). California teacher preparation for instruction in critical thinking: Research findings and policy recommendations.
- Penteado, B. E., Isotani, S., Paiva, P. M., Morettin-Zupelari, M., & Ferrari, D. V. (2018). Prediction of interpersonal help-seeking behavior from log files in an in-service education distance course. In *International Conference on Artificial Intelligence in Education* (pp. 266-270). Springer, Cham.
- Peterson Bishop, A. (1998). Logins and bailouts: measuring access, use, and success in digital libraries. *Journal of electronic publishing*, 4(2).
- Phobun, P., & Vicheanpanya, J. (2010). Adaptive intelligent tutoring systems for e-learning systems. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 4064-4069.
- Pincus, K. V., Stout, D. E., Sorensen, J. E., Stocks, K. D., & Lawson, R. A. (2017). Forces for change in higher education and implications for the accounting academy. *Journal of Accounting Education*, 40, 1-18.
- Puteh, M. S., & Hamid, F. A. (2014). A test on critical thinking level of graduating bachelor of accounting students: Malaysian evidence. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 116, 2794-2798.

- Rebele, J. E., Stout, D. E., & Hassell, J. M. (1991). *A review of empirical research in accounting education: 1985–1991*. *Journal of Accounting Education*, 9(2), 167-231.
- Reinstein, A., & Bayou, M. E. (1997). Critical thinking in accounting education: processes, skills and applications. *Managerial Auditing Journal*, 12(7), 336–342. <https://doi.org/10.1108/02686909710180698>
- Retalis, S. (2008). Creating adaptive e-learning board games for school settings using the ELG environment. *Journal of Universal Computer Science*, 14(17), 2897-2908.
- Rish, I. (2001). An empirical study of the naive Bayes classifier. In *IJCAI 2001 workshop on empirical methods in artificial intelligence* (Vol. 3, No. 22, pp. 41-46).
- Romero, C., & Ventura, S. (2010). Educational data mining: a review of the state of the art. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 40(6), 601-618.
- Rosenberg, R. (1987). A critical analysis of research on intelligent tutoring systems. *Educational Technology*, 27(11), 7-13.
- Rosenthal, R. and R.L. Rosnow (1984), *Essentials of Behavioral Research: Methods and Data Analysis*. New York: McGraw-Hill.
- Sangster, A., & Lymer, A. (1998). *How to survive a new educational era*. *Issues in Accounting Education*, 13(4), 1095–1109.
- Schmulian, A., & Coetzee, S. A. (2018). The development of Messenger bots for teaching and learning and accounting students' experience of the use thereof. *British Journal of Educational Technology*.0(0), 1-27.
- Scriven, M., & Paul, R. (1987). Critical thinking. In *The 8th Annual International Conference on Critical Thinking and Education Reform*, CA.
- Self, J. (1990). Theoretical foundations for intelligent tutoring systems. *Journal of Artificial*

Intelligence in Education, 1(4), 3-14.

Shute, V. J., & Psotka, J. (1994). Intelligent tutoring systems: Past, present and Future. *Technical Report AL/HR-TP-1994-0005, USAF, Armstrong Laboratory.*

Simon, H. A. (1980). Cognitive science: The newest science of the artificial. *Cognitive science*, 4(1), 33-46.

Sitzmann, T. (2011). A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. *Personnel Psychology*, 64(2), 489–528. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2011.01190.x>

Sitzmann, T., Kraiger, K., Stewart, D., & Wisher, R. (2006). The comparative effectiveness of web-based and classroom instruction: A meta-analysis. *Personnel Psychology*, 59(3), 623–664. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2006.00049.x>

Soares, S. V., & Pfitscher, E. D. (2013). Doutorado em Contabilidade no Brasil: há espaço para expansão da oferta de cursos?. *Revista Brasileira de Contabilidade*, 195, 66-81.

Spiliopoulou, M., & Pohle, C. (2001). Data mining for measuring and improving the success of web sites. In *Applications of Data Mining to Electronic Commerce* (pp. 85-114). Springer, Boston, MA.

Stamper, J., Barnes, T., & Croy, M. (2011). Enhancing the automatic generation of hints with expert seeding. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 21(1), 153-167.

Steenbergen-Hu, S., & Cooper, H. (2013). A meta-analysis of the effectiveness of intelligent tutoring systems on K–12 students' mathematical learning. *Journal of Educational Psychology*, 105(4), 970-987.

Steenbergen-Hu, S., & Cooper, H. (2014). A meta-analysis of the effectiveness of intelligent tutoring systems on college students' academic learning. *Journal of Educational*

Psychology, 106(2), 331-347.

Sternberg, R. J. (1986). *Critical Thinking: Its Nature, Measurement and Improvement*. National Institute of Education. Washington, DC. Retrieved from <http://eric.ed.gov/PDFS/ED272882.pdf>.

Sturgis, C., & Patrick, S. (2010). *When failure is not an option: Designing competency-based pathways for next generation learning*. International Association for K -12 Online Learning. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED514435.pdf>

Taagepera, M., Potter, F., Miller, G. E., & Lakshminarayan, K. (1997). Mapping students' thinking patterns by the use of the knowledge space theory. *International Journal of Science Education, 19(3), 283-302.*

Talmadge, H., & Eash, M. J. (1979). Curriculum, instruction, and materials. In P. L. Peterson & H. J. Walberg (Eds.), *Research on teaching*. Berkeley, CA: McCutchan.

Taplin, R., Singh, A., Kerr, R., & Lee, A. (2018). The use of short role-plays for an ethics intervention in university auditing courses. *Accounting Education, 27(4), 383–402.* <https://doi.org/10.1080/09639284.2018.1475244>

Thayer-Bacon, B. J. (2000). *Transforming Critical Thinking: Thinking Constructively*. Teachers College Press. New York.

VanLehn, k. (2011) The Relative Effectiveness of Human Tutoring, Intelligent Tutoring Systems, and Other Tutoring Systems, *Educational Psychologist, 46:4, 197-221*, DOI: 10.1080/00461520.2011.611369

Villano, M. (1992). Probabilistic student models: Bayesian belief networks and knowledge space theory. *In International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (pp. 491-498). Springer, Berlin, Heidelberg.

Volery, T., & Lord, D. (2000). Critical success factors in online education. *International journal of educational management, 14(5), 216-223.*

- Vogel, J. J., Vogel, D. S., Cannon-Bowers, J., Bowers, C. A., Muse, K., & Wright, M. (2006). Computer Gaming and Interactive Simulations for Learning: A Meta-Analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 34(3), 229–243. <https://doi.org/10.2190/FLHV-K4WA-WPVQ-H0YM>
- Walters, K. S. (1991). Critical thinking, rationality, and the vulcanization of students. *Journal of Accounting Education*, 9(1), 15-31.
- White Jr, C. E. (1995). An analysis of the need for ES and AI in accounting education. *Accounting Education*, 4(3), 259. <https://doi.org/10.1080/09639289500000029>
- Wilkin, C. L. (2014). Enhancing the AIS curriculum: Integration of a research-led, problem-based learning task. *Journal of Accounting Education*, 32(2), 185-199. <https://doi.org/10.1016/j.jaccedu.2014.04.001>
- Wilkin, C. L. (2017). Enhancing critical thinking: accounting students' perceptions. *Education+ Training*, 59(1), 15-30.
- Willingham, D. T. (2008). Critical thinking: Why is it so hard to teach? *Arts Education Policy Review*, 109(4), 21–32. doi:10.3200/AEPR.109.4.21-32
- Yaghmaie, M., & Bahreininejad, A. (2011). A context-aware adaptive learning system using agents. *Expert Systems with Applications*, 38(4), 3280-3286.
- Zimmerman, B. J. (1990) Self-Regulated Learning and Academic Achievement: An Overview. *Educational Psychologist*, 25(1), 3-17, DOI: 10.1207/ s15326985ep2501_2

7 APÊNDICES

7.1 A - PROGRAMA DA DISCIPLINA DE HISTÓRIA DA CONTABILIDADE



EAC 572 - História da Contabilidade

2º semestre de 2018

Programa

*Prof. Dr. Edgard Cornachione [edgardbc@usp.br]
Marcelo Souza [marcelocs@usp.br]*

Introdução: O curso é desenhado para auxiliar estudantes com pouco ou nenhum conhecimento em História da Contabilidade, que tenham interesse em aprender sobre momentos importantes e cruciais na História da Contabilidade e seu papel na sociedade. Como metodologia de aprendizagem serão utilizados vídeos, leitura de textos, testes (*quizzes*) e também o jogo educativo **Deborah Game**, contendo quatro fases sobre História da Contabilidade de forma simples, divertida e acessível, para ser jogado de qualquer local, com o propósito de reforçar a aprendizagem dos estudantes. Para aumentar o conhecimento na área, os participantes produzirão textos curtos e irão avaliar textos de seus pares. Quando terminar esse curso terá uma visão geral da História da Contabilidade para entender melhor como a Contabilidade se desenvolveu ao longo do tempo e como chegou aos dias de hoje.

Objetivo: O objetivo é que o estudante experimente ambiente educacional apropriado para formação de opinião, com visão crítica, e aparelhamento técnico para atuar de forma mais apropriada na área de contabilidade.

Com a conclusão exitosa do curso, os alunos serão capazes de

- Desenvolver visão crítica sobre a relação entre a contabilidade e a sociedade ao longo do tempo.
- Favorecer o aprendizado de como a Contabilidade se desenvolveu ao longo dos vários períodos históricos.
- Apresentar a Contabilidade de forma estimulante, para além dos seus aspectos mecânicos, visando atrair mais pessoas talentosas para essa carreira profissional.
- Oferecer um contexto para o conteúdo técnico que os estudantes costumam aprender em cursos de graduação, apresentando as situações em que se desenvolveram conceitos utilizados atualmente na Contabilidade.
- Apresentar uma visão introdutória da História da Contabilidade, visto que há pouco material disponível na língua portuguesa a esse respeito.

Habilidades a serem desenvolvidas

Participantes serão estimulados a exercitar habilidades cognitivas de compreensão de fatos históricos relacionados à área contábil. Também serão encorajados a avaliar criticamente convenções contábeis atuais. Espera-se que os participantes desenvolvam atitude positiva em relação a Contabilidade. Adicionalmente, os participantes desenvolverão habilidades de gerenciamento do tempo, leitura, síntese e pesquisa ao desenvolverem as atividades do curso, bem como habilidades de estudo dentro de novo paradigma educacional.

Sobre as sessões e aulas

O curso de História da Contabilidade abrangerá sessões semanais (além de tempo para estudos), lideradas pelo Prof. Dr. Edgard Cornacchione. Sessões online contarão com professores e palestrantes convidados, notadamente Prof. Alan Sangster (que atuou como Professor Visitante aqui na USP).

Além de sessões presenciais (tradicionais), o curso conta com sessões online. Cada uma das sessões online será composta por uma série de vídeos curtos, em que os professores farão a exposição do conteúdo, contando também com convidados especiais.

Dentre os recursos que serão disponibilizados aos participantes, destaca-se o jogo digital DEBORAH (*Double Entry Bookkeeping OR Accounting History*, www.deborahgame.com), desenvolvido no Brasil, com apoio do CNPq, especificamente para o ensino de História da Contabilidade. Os estudantes terão também disponíveis materiais para leitura, assim como indicação de outras fontes de informação.

Temas Centrais

[A] Introdução à História da Contabilidade

Objetivos Educacionais

Ao concluir as atividades de forma exitosa o participante será capaz de:

- Reconhecer os quatro períodos históricos da Contabilidade segundo Melis.
- Relacionar o papel do escriba com o de um contador na antiguidade.
- Compreender a Contabilidade antes da existência de sistemas numéricos atuais e da escrita atual com base em alfabeto.
- Descrever um processo de registro de transações de negócios, milênios antes de Cristo.
- Demonstrar atitude positiva em relação ao estudo da História da Contabilidade.

Sumário

Participantes serão apoiados para construção de contexto com a ambientação na Mesopotâmia (lugar, cidades, contribuição e contabilidade). Discussão sobre práticas administrativas em Uruk (3500 e 2900 AC) será estabelecida pelo Prof. Grof (convidado), assim como algumas referências para questões ligadas ao conceito de Estoques, naquela época. Discussão sobre empréstimos à época será estabelecida. Aspectos de troca e moeda assim como escambo serão objeto de reflexão. Por fim, participantes serão convidados a jogarem a primeira fase do DEBORAH, atuando como um escriba na Mesopotâmia, referente aos temas estudados. Na segunda parte desta sessão, estudantes serão levados a reflexão sobre os sete elementos de Littleton e relações com as partidas dobradas. Ainda nesta sessão, teremos a participação especial do Prof. Schmidt (autor de tese pioneira sobre História da Contabilidade aqui no Brasil). Materiais de apoio e leitura serão indicados para complementar estudos.

[B] Sistema de Contabilização por Carga e DescargaObjetivos Educacionais

Ao concluir as atividades de forma exitosa o participantes será capaz de:

- Reconhecer a existência do sistema de Carga e Descarga.
- Discutir sobre a relação entre Contabilidade e Religião.
- Listar 3 (três) características do sistema de contabilidade por carga e descarga.
- Demonstrar atitude positiva em relação ao sistema de Carga e Descarga.

Sumário

Será apresentado o método de carga e descarga, pouco conhecido entre os próprios contadores. As professoras Rodrigues e Gomes (de Portugal) farão participação especial compartilhando seus conhecimentos a respeito do tema, notadamente o sistema, suas características e regiões em que foi utilizado.

Participantes serão convidados a jogar outra fase do DEBORAH, com base em contabilidade por carga e descarga, que se passa em um monastério feminino português do final do século XVIII e início do XIX. O professor Oliveira participará como convidado destacando aspectos da ligação histórica entre Contabilidade e Organizações Religiosas Cristãs. Exemplos serão apresentados sobre este método. Materiais de apoio e leitura serão indicados para complementar estudos.

[C] As Partidas Dobradas (Pré-Pacioli)

Objetivos Educacionais

Ao concluir as atividades de forma exitosa o participantes será capaz de:

- Reconhecer a existência de outros sistemas contábeis, anteriores às Partidas Dobradas.
- Discutir os aspectos do desenvolvimento das Partidas Dobradas na Roma Antiga, no Antigo Egito e China.
- Discutir sobre a contribuição dos Templários para a Contabilidade.
- Listar os sete elementos conforme propostos por Littleton.
- Demonstrar atitude positiva em relação aos sistemas alternativos às Partidas Dobradas.

Sumário

Sistemas alternativos às partidas dobradas serão discutidos. Aspectos sobre o desenvolvimento das partidas dobradas na Roma Antiga e no Antigo Egito serão expostos. Também será abordado o seu desenvolvimento em outras regiões, como Itália no período renascentista, China, além de comentários sobre a Índia. Reflexão sobre os Templários será feita. Tendo por base o artigo de Littleton (1927) – *The antecedents of double-entry* – serão retomados os sete elementos necessários para o surgimento das partidas dobradas. Participantes irão jogar a fase do DEBORAH ambientada em Florença do século XIV, em que o objetivo do jogador é explorar o cenário da época tentando localizar os sete elementos mencionados no texto de Littleton. Ao final da sessão serão abordados desenvolvimentos na Milão, Gênova e Florença, assim como referência a Luca Pacioli e a *Summa de Arithmetica, Geometria proportioni et propornalità*. Materiais de apoio e leitura serão indicados para complementar estudos.

[D] Luca Pacioli e a Summa de Arithmetica, Geometria proportioni et propornalità

Objetivos Educacionais

Ao concluir as atividades de forma exitosa o participantes será capaz de:

- Reconhecer o sistema de partidas dobradas como proposto por Pacioli.
- Compreender o papel da da “Summa” para a Contabilidade.
- Discutir a influência das Partidas Dobradas nos negócios.
- Explicar a disseminação das Partidas Dobradas no Brasil, via Companhias Pombalinas.
- Demonstrar atitude positiva em relação à contribuição de Luca Pacioli para a Contabilidade Moderna.

Sumário

Atenção será dada a Luca Pacioli e a Summa de Arithmetica, Geometria proportioni et propornalità. Será estabelecida reflexão sobre como o registro da descrição do sistema contábil por partidas dobradas em um livro possibilitou a padronização de um modelo passível de ser reproduzido em vários países, colaborando para sua adoção por toda a Europa, até o século XIX. Será apresentado também tópico sobre as escolas de comércio em Portugal. A Professora Vasconcelos, doutoranda da FEA/USP, irá compartilhar o caso das Companhias Pombalinas e seu papel na disseminação das partidas dobradas no Brasil. Materiais de apoio e leitura serão indicados para complementar estudos.

[E] Contabilidade Contemporânea

Objetivos Educacionais

Ao concluir as atividades de forma exitosa o participante será capaz de:

- Reconhecer a relação entre Contabilidade e avanços sociais como escrita e sistemas numéricos.
- Interpretar o papel da Contabilidade no tocante à sua responsabilidade social.
- Compreender a influência da Contabilidade no Capitalismo.
- Definir a Contabilidade como Linguagem dos Negócios e como Alicerce de Confiança.
- Demonstrar atitude positiva em relação às oportunidades para os profissionais da Contabilidade.

Sumário

Trataremos da Contabilidade no mundo contemporâneo. Reflexões sobre a evolução do papel da contabilidade na sociedade, com ênfase para informação contábil, decisões, regulação, auditoria, riscos e consequências desejadas e indesejadas do estágio atual de desenvolvimento. Será disponibilizada aos participantes a fase do jogo digital Deborah Game que aborda o papel do contador na sociedade, ambientada na Austrália, e desenvolvida com base no artigo de Hines (1988) – *Financial accounting: In communicating reality, we construct reality*. Materiais de apoio e leitura serão indicados para complementar estudos.

Método: De acordo com o escopo da disciplina, oferecida na modalidade semi-presencial, adota-se abordagem conceitual (aulas expositivas ou vídeos com apresentação de conteúdo) e prática (jogo DEBORAH), além de exercícios de fixação.

Avaliação: Há várias formas de avaliação dos participantes, até mesmo para que se possa ter uma sinalização mais compreensiva a respeito do desempenho individual. Serão adotados: (a) questões de múltipla escolha ao longo dos vídeos (in-video quizzes, sem valor para nota final), (b) testes com questões de múltipla-escolha ao término de tema, (c) preparação de textos ou resumos (com correção pelos pares) e (d) desempenho no jogo DEBORAH.

Serão atribuídos às atividades propostas os seguintes percentuais da nota final para cada participante:

(a) DEBORAH Game	20%
Fase "História Antiga da Contabilidade"	5%
Fase "História Medieval da Contabilidade"	5%
Fase "História Moderna da Contabilidade"	5%
Fase "História Contemporânea da Contabilidade"	5%
(b) Produção de textos ou resumos (avaliação por pares) <i>(penalidade por não avaliar textos de pares)</i>	25%
(c) Testes (quizzes) e Participação em Forum	25%
(d) Provas sobre tópicos abordados	30%

Frequência: De acordo com o critério da Universidade de São Paulo, a frequência é obrigatória às aulas e todas as atividades escolares (art. 82, RG) previstas, dado que curso será oferecido semi-presencialmente.

Reavaliação: De acordo com o critério da Universidade de São Paulo, será oferecida reavaliação aos alunos que não obtiverem aproveitamento suficiente (50%) nas avaliações previstas, tendo o mínimo (70%) de frequência necessário (art. 84, RG).

7.2 B – CÓDIGO DO MODELO CLASSIFICADOR

Arquivo Classifier.py

```
#Import Library - Gaussian Naive Bayes model
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.naive_bayes import GaussianNB, BernoulliNB, MultinomialNB
from sklearn.metrics import accuracy_score

#Import data
file = pd.read_csv("bayer.csv",
                  header = None, delimiter=' *; *', engine='python')

# Label columns
file.columns = ['RC', 'ifk', 'at', 'qz', 'fr']

# Define x and Y
features = file.values[:, :4]
target = file.values[:, 0]

# Split data
features_train, features_test, target_train, target_test = train_test_split(features,
                                                                              target, test_size = 0.9,
                                                                              random_state = 10)

#Create a Gaussian Classifier
starcc = GaussianNB()

# Train the model using the training sets
starcc.fit(features_train, target_train)

# Predict model
starcc_pred = starcc.predict(features_test)

# Check accuracy
starcc_accuracy = accuracy_score(target_test, starcc_pred, normalize = True)
print(starcc_accuracy)
```


8 NOTAS

¹ the basic content of most university accounting educational programs has remained relatively unchanged for many years and has not yet fully adapted to the changing scope of accounting practice

² accountants are expected to know more and deal with more complex situations [and] must learn to exercise professional judgment in difficult, changing situations

³ the purpose of accounting classes is not to teach accounting, but rather to teach students to be accountants

⁴ is clear that accounting faculty as a whole agree that there is a need for some change in curriculum teaching and faculty reward structures, the specific changes needed cannot be agreed upon or brought about quickly and harmoniously without further discussion and compromise among the various faculty groups who will be responsible for implementation

⁵ the number and quality of students electing to major in accounting is decreasing rapidly [...] accounting leaders and practicing accountants are telling us that accounting education, as currently structured, is outdated, broken, and needs to be modified significantly

⁶ the adoption of IFRS represented a true revolution in Brazil's approach to accounting education

⁷ the set of knowledge, skills, and abilities required for professional success in accounting. Knowledge is the intellectual content to be learned, skills are the capacity to apply the knowledge to achieve specific goals and objectives, and abilities are the application of knowledge and skills in a professional work environment

⁸ change is occurring and likely to continue. Faculty and institutions need consider how they should respond

⁹ importance of computer-based skills to the education of future accounting professionals

¹⁰ mechanics of problem-solving may be enhanced through an OHS, but that conceptual understanding may be better developed through a MHS [manual homework system]

¹¹ everything that comes to mind, that 'goes through our heads', is called a thought [...] the meaning is further limited to beliefs that rest upon some kind of evidence or testimony

¹² process and a multilinear model of adult development

¹³ the process of change in a frame of reference

¹⁴ learning is understood as the process of using a prior interpretation to construe a new or revised interpretation of the meaning of one's experience as a guide to future action

¹⁵ the process involves transforming frames of reference through critical reflection of assumptions, validating contested beliefs through discourse, taking action on one's reflective insight, and critically assessing it

¹⁶ during the early years of a pupil's school life, in particular, the teacher is the point of contact between the pupil and the entire educational enterprise

¹⁷ a correlation between teacher enthusiasm and student achievement, for example, is usually interpreted as evidence that enthusiasm causes learning

¹⁸ evaluation, of course, has to do with motivation and the rendering of value judgments

¹⁹ a well-intentioned and well-structured curriculum will have little chance of success if it is accompanied by an inappropriate assessment strategy

²⁰ a formative assessment is a tool that teachers use to measure student grasp of the specific topics and skills they are currently teaching

²¹ in higher education, formative assessment and feedback are still largely controlled by and seen as the responsibility of teachers

²² grades can operate as both a carrot and a stick, depending on whether the student is oriented toward attaining success or avoiding failure

²³ it is often, perhaps generally, the case that the assessment regime perceived by students will drive both what and how they learn

²⁴ hypothetical critical thinker

²⁵ (1) An attitude of being disposed to consider in thoughtful way the problems and subjects that come within the range of one's experience; (2) knowledge of the methods of logical enquiry and reasoning;

and (3) some skill in applying those methods. Critical thinking calls for a persistent effort to examine any belief or supposed fact in the light of the evidence that supports it and the further conclusions to which it tends.

²⁶ reasonable reflective thinking focused on deciding what to believe or do

²⁷ the mental process employed in decision-making

²⁸ (1) it is self-corrective thinking; (2) it is thinking with criteria; and (3) it is thinking that is sensitive to context

²⁹ disciplined, self-directed thinking that exemplifies the perfections of thinking appropriate to a particular mode or domain of thought

³⁰ the core meaning of critical thinking is the propensity and skill to engage in an activity with reflective skepticism

³¹ purposeful, self-regulatory judgment which results in interpretation, analysis, evaluation, and inference, as well as explanation of the evidential, conceptual, methodological, criteriological, or conceptual considerations upon which that judgment is based

³² Psychologists are more concerned with the thinking process and how this process can help people make sense out of their experience by constructing meaning and imposing structure.

³³ Psychological theorizing can be valuable in showing how people think critically in the absence of full information, unlimited time, perfect memory, and so on

³⁴ Thinking about our feelings, actions, and thoughts so we can clarify and improve them

³⁵ use of those cognitive skills or strategies that increase the probability of a desirable outcome

³⁶ the mental processes, strategies, and representations people use to solve problems, make decisions, and learn new concepts

³⁷ seeing both sides of an issue, being open to new evidence that disconfirms your ideas, reasoning dispassionately, demanding that claims be backed by evidence, deducing and inferring conclusions from available facts, solving problems, and so forth

³⁸ The benefit of the educational approach is that it is based on years of classroom experience and observations of student learning

³⁹ Reflective Thinking

⁴⁰ perhaps the most influential general work in the theory of curriculum is Bloom's taxonomy of Educational Objectives.

⁴¹ The major purpose in constructing a taxonomy of educational objectives is to facilitate communication

⁴² since its publication in 1956, it has become a revered classic in many branches of education; it is believed more widely known than any other work in education

⁴³ are often offered as a definition of critical thinking

⁴⁴ the fundamental problems in schooling today at all levels are fragmentation and lower order learning

⁴⁵ Typical school instruction, with its emphasis on the coverage of content, is designed as though recall were equivalent to knowledge

⁴⁶ There are numerous, qualitatively different types of evidence showing that students can become better thinkers as a result of appropriate instruction

⁴⁷ exposure to postsecondary education does, in fact, have a statistically significant, positive effect on both critical thinking and postformal reasoning

⁴⁸ It is tempting, but a mistake, to infer from the fact that critical thinking is always about some subject (that is, topic) that critical thinking teaching can take place only in school subjects

⁴⁹ When critical-thinking skills are taught so that they transfer appropriately and spontaneously, students learn to actively focus on the structure of problems or arguments, so the underlying characteristics become salient, instead of the domain-specific surface characteristics

⁵⁰ critical thinking is not a set of skills that can be deployed at any time, in any context. It is a type of thought that even 3-year-olds can engage in—and even trained scientists can fail in. And it is very much dependent on domain knowledge and practice

⁵¹ Older, better-educated subjects held more complex and sophisticated assumptions about the justification of beliefs than did younger subjects with less education

⁵² that more intensive programs, ones that continuously emphasize critical thinking, do better than programs that only periodically address critical thinking.

-
- ⁵³ The results show that, in general, students believe that their professors and their accounting classes provide the learning experiences called for by the American Accounting Association reports
- ⁵⁴ Accounting courses will need to focus on the application, analysis, synthesis, and evaluation levels
- ⁵⁵ that is intended to serve as a vehicle for faculty to discuss integration of critical thinking skills in their curriculum
- ⁵⁶ Is critical thinking a valid predictor of success in auditing courses?
- ⁵⁷ review and analysis of the critical thinking components included in the job performance appraisal process at public accounting firms
- ⁵⁸ accounting professionals interviewed offered widely differing “definitions” of critical thinking
- ⁵⁹ Skills are only one part of a more complex structure that develops, with second-order meta-knowing components both arising from and feeding back to support the use of first-order cognitive skills.
- ⁶⁰ investigate graduate students' satisfaction and perception of opportunities for critical thinking in distance education courses that utilized a two-way audio/video system
- ⁶¹ Short stories combine education with entertainment to make learning easier and interesting
- ⁶² measure the effect of using Bloom’s taxonomy as a feedback mechanism in an effort to build our students’ critical-thinking skills
- ⁶³ even though the bumper sticker suggests otherwise, students can be encouraged to think at higher levels of cognition using the taxonomy
- ⁶⁴ the purpose of this study was to conceptualize a means of analyzing critical thinking that would allow users both to categorize the types of critical thinking displayed and to evaluate the quality of the critical thinking
- ⁶⁵ a 5-step framework that can be implemented in virtually any teaching or training setting to effectively move learners toward critical thinking.
- ⁶⁶ The framework can be applied to most any discipline with appropriate modification of learning outcomes, discussion models, and activities
- ⁶⁷ assess the critical reading, writing, and thinking skills of accounting students at the largest public higher education institution in Brazil
- ⁶⁸ suggest that clickers are an effective tool for changing classroom dynamics and provide an alternative to the traditional learning approach, where students’ assumed a very passive attitude
- ⁶⁹ it is still unclear as to whether they are an effective means of encouraging and promoting participation and critical thinking skills in students
- ⁷⁰ the effect of AM on CT performance in an e-learning environment in comparison with a no intervention (i.e. neither argument mapping nor elearning) control condition
- ⁷¹ We offer a constructive critique and extension [...] informed both by the literature and our experiences over a number of years in engaging in micro-reform efforts (together with colleagues) in the teaching and learning of accounting
- ⁷² with a special focus on teaching methods, curriculum content and the development of critical thinking skills
- ⁷³ Chinese university curricula (such as in the CIAP) should not be restricted to merely teaching students the technical, calculatory aspects of accounting in a repetitive, discussion-free setting
- ⁷⁴ The nurses reported that since the course they had been thinking more critically about their actions in their daily work
- ⁷⁵ Higher levels of thinking will only be demonstrated by Masters and PHD students
- ⁷⁶ demonstrates how a constructivist approach to learning can assist students to engage in constructing their own knowledge about current issues for Accounting Information Systems (AIS)
- ⁷⁷ a meta-analysis that summarizes the empirical evidence on CT skills and dispositions in educational contexts
- ⁷⁸ There is no “between-subjects difference” in this study
- ⁷⁹ design a framework for enhancing critical thinking in our virtual environment
- ⁸⁰ reported critical thinking skills or dispositions at multiple points during a student’s tenure in college
- ⁸¹ the broad impacts of Big Data on the business environment are technical, managerial and social in nature
- ⁸² seems to provide increased use of, reinforcement of, and retention of critical thinking

⁸³ whether the integrated assessment conducted with first-year university students enhanced the critical thinking skills of these students

⁸⁴ it is evident that the integrated assessment conducted with the ECP students in the Department of Management Accounting at the UoT has enhanced the critical thinking skills of these students

⁸⁵ Both undergraduate and postgraduate students considered the role-plays useful for gaining an idea of the critical thinking and complexity involved in client consultations

⁸⁶ in 1996 more than 80% of the K-12 students in the United States reported using computers for learning purposes in school or at home, though this proportion was just above 50% in 1984.

⁸⁷ the goal of every instructional system – whether live teacher, textbook, or computer – is to facilitate student learning

⁸⁸ exploration of the educational possibilities and the engineering and economic problems relating to the introduction of the modern high-speed computer as an active element in the instructional process

⁸⁹ components are approaching the pilot production stage through the cooperative contributions of several industrial firms.

⁹⁰ reduce educational costs in the long run but that it will also enhance educational effects

⁹¹ systematic comparisons of outcomes of computer-based and conventional teaching were clearly needed to help guide educational policy

⁹² In every study in which computer-based instruction substituted for conventional teaching, the computer did its job quickly-on the average in about two-thirds the time required by conventional teaching methods

⁹³ Computer-based instruction has raised student achievement in numerous studies. It has given students a new appreciation for technology and has had positive effects on student's attitudes toward schools and teaching. And computers have helped teachers save instructional time.

⁹⁴ analyze evidence concerning the effectiveness of simulation by examining the relationship between two forms of simulations, pure and hybrid, and two modes of instructions, presentation and practice.

⁹⁵ This result agrees with the current overall theory stating that interactive experiential activities that increase motivation also show increased learning outcomes

⁹⁶ statistically summarize the literature on the instructional effectiveness of computer-based simulation games for teaching work-related knowledge and skills

⁹⁷ learning from simulation games was maximized when trainees actively rather than passively learned work-related competencies

⁹⁸ to examine the overall effectiveness of desktop-based virtual reality technology in K-12 or higher education settings

⁹⁹ For 25 years, researchers have been seeking solutions for Bloom's (1984) "2 sigma problem".

¹⁰⁰ attempt to mimic the capabilities of human tutor

¹⁰¹ the only other agent able to perform a similar task, the human teacher.

¹⁰² are computerized learning environments that incorporate computational models from the cognitive sciences, learning sciences, computational linguistics, artificial intelligence, mathematics, and other fields

¹⁰³ it inspired a generation of research on human and computer tutoring that has vastly increased our knowledge and was well worth the effort.

¹⁰⁴ overall, ITS had no negative and perhaps a very small positive effect on K-12 students' mathematical learning relative to regular classroom instruction

¹⁰⁵ Marni asked students open-ended questions about science presented with media. The media included static illustrations, silent animations, or interactive simulations

¹⁰⁶ the tutor has been enthusiastically received by students and teacher

¹⁰⁷ Human tutorial guidance appears to be structured, in large part, around the impasses that students encounter. The content and timing of feedback appear to depend critically on the consequences of the particular error or impasse encountered.

¹⁰⁸ Human tutors tend to offer assistance in flagging or locating an error, in contrast to computer tutors, which typically take on more of the error repair process

¹⁰⁹ algorithms and tools for authoring and automatically checking exercises in a DG program, called iGeom, which can be used for both web pages and as a stand-alone version.

¹¹⁰ shown that our algorithm is efficacious in checking exercises and efficiently runs in computers with low-processing capabilities

¹¹¹ it will be possible to offer a meaningful and more personalized system for users, which will contribute to an increase in motivation and the avoidance of possible frustrations during interactions with the system

¹¹² Learning gains are only one of many considerations for teachers and administrators, making it harder to get ITS into the hands of students. While thousands of learners have used AutoTutor, there has been little sustained use by K-12 schools

¹¹³ with 90% confidence that students using PATEquation have higher gain scores in equation solving than students using pen and pencil

¹¹⁴ Intelligent systems exhibit their intelligence by achieving goals (e.g., meeting their needs for survival) in the face of different and changing environments. Intelligent behavior is adaptive, hence must take on strikingly different forms when the environments are correspondingly different.

¹¹⁵ What we are searching for are relative invariants: regularities that hold over considerable stretches of time and ranges of systems

¹¹⁶ Because of our hereditary equipment, our particular life experiences, and the demands of our present environment, we develop a preferred way of choosing among the four-learning mode

¹¹⁷ personality type, educational specialization, career choice, and current job role and tasks

¹¹⁸ build a model of the goals, preferences and knowledge of each individual user, and use this model throughout the interaction with the user, in order to adapt to the needs of that user

¹¹⁹ each method is based on a clear adaptation idea which can be presented at the conceptual level. For example, "...insert the comparison of the current concept with another concept if this other concept is already known to the user", or "...hide the links to the concepts which are not yet ready to be learned".

¹²⁰ We need also to develop adaptive learning systems which will support not only learning style but also motivation or other aspects of educational methodology

¹²¹ examine the effects of an AHLS that provides an adaptation based on Pask's Holist / Serialist dimension

¹²² the AHLS that adapts to individuals' cognitive styles improves their learning performance

¹²³ The statistical tests showed that there are statistically significant feature combinations and the classification experiments delivered good classification performances

¹²⁴ The implementation of the RATH system has proven that the theoretical concepts introduced in Sections 2 and 3.1 can be put into practice. Nevertheless, there are still a number of improvements necessary in order to get a system ready for application

¹²⁵ The results confirmed that the computerized dynamic assessment system can improve students' learning outcomes and the higher the degree of completion, the better the subsequent progress

¹²⁶ Implementing scripts adaptively such that the assistance given to students is tailored to their individual needs is a new and promising direction of research

¹²⁷ we have not yet developed sufficient knowledge to provide clear conditions and guidelines how to best deliver adaptive assistance.

¹²⁸ application of student modeling in Intelligent Learning Environments

¹²⁹ A trained neural network can be thought of as an "expert" in the category of information it has been given to analyse

¹³⁰ the model can be easily tailored to a teacher's personal view.

¹³¹ This approach can be used to implement an open student model, which will be interactively adjusted by the teacher.

¹³² offers a user-friendly authoring environment which allows a teacher to easily and quickly create an adaptive elearning board game re-using learning objects, such as images, questions, self-assessment or inquiry-based learning activities

¹³³ s constructing a system which is realistic enough to capture the complexity of empirical situations, and simple enough to be capable of practical applications

¹³⁴ is a psychometric theory for the assessment and acquisition of knowledge

¹³⁵ a structure for representing prerequisite relationships between items form a specified branch of knowledge

¹³⁶ some pieces of knowledge normally precede, in time, other pieces of knowledge

¹³⁷ the major difficulty lies in the result that, in a quasi-ordinal space, to any question corresponds a unique set of "antecedent" questions: if a correct response to some question x is observed, it can be

surmised that all the questions in a specified set S_x can also be answered correctly. It seems more reasonable to suppose that a correct response to x is consistent with several sets of antecedent questions

¹³⁸ knowledge structure (X, K) is called a (knowledge) space if the following two conditions are satisfied:
[K1] The set X and the empty set \emptyset are states; [K2] Every union of states is a state

¹³⁹ in a given environment, some concepts are always taught in a particular order, even though there may be no logical or pedagogical reason to do so

¹⁴⁰ with more complex problems, the set of relevant problem components will still contain motives, but other factors which are indispensable in the knowledge of a good chess player may become relatively more important

¹⁴¹ for this, we would not want to rely on our own, restricted knowledge, but we would rather consult an expert in the field

¹⁴² each knowledge state (except the top one) has at least one immediate successor state, that is, a state containing all the same problems, plus exactly one [and] each knowledge state (except the empty state) has at least one predecessor state, that is a state containing exactly the same problems, except one

¹⁴³ is critical because this is where progress is taking place: learning proceeds by mastering a new problem in the outer fringe, creating a new state, with its own outer fringe

¹⁴⁴ if for some reason a student experiences difficulty in mastering the problems in the outer fringe, reviewing previous material should normally take place in the inner fringe of a student's state

¹⁴⁵ individual access to document appropriate for the student's actual knowledge but also the construction of sub hypertexts due to educational objectives or to the student's prior knowledge

¹⁴⁶ Information technology has been adapted to familiar ways of teaching but has not yet made a significant difference in what is being taught (curriculum) or how material is being taught (pedagogy).

¹⁴⁷ understanding the role of technology in pedagogy is more than the accumulation of technology skills, and that skillful teaching is more than finding and applying the right tool.