

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação

Regulação Emocional Personalizada para Sistemas Tutores Inteligentes por meio de Traços de Personalidade

Helena Macedo Reis

Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática Computacional (PPG-CCMC)

SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito:

Assinatura: _____

Helena Macedo Reis

Regulação Emocional Personalizada para Sistemas Tutores Inteligentes por meio de Traços de Personalidade

Tese apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC-USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional. *VERSÃO REVISADA*

Área de Concentração: Ciências de Computação e Matemática Computacional

Orientador: Prof. Dr. Seiji Isotani

Coorientador: Profa. Dra. Patricia A. Jaques Maillard

USP – São Carlos
Novembro de 2019

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi
e Seção Técnica de Informática, ICMC/USP,
com os dados inseridos pelo(a) autor(a)

M375r Macedo Reis, Helena
Regulação Emocional Personalizada em Sistemas
Tutores Inteligentes por meio de Traços de
Personalidade / Helena Macedo Reis; orientador
Seiji Isotani; coorientadora Patrícia Jaques. -- São
Carlos, 2019.
171 p.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em
Ciências de Computação e Matemática Computacional) --
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação,
Universidade de São Paulo, 2019.

1. Regulação Emocional. 2. Regulação da Confusão.
3. Sistemas Tutores Inteligentes. 4. Computação
Afetiva. I. Isotani, Seiji, orient. II. Jaques,
Patrícia, coorient. III. Título.

Helena Macedo Reis

**Customized Emotional Regulation for Intelligent Tutoring
Systems for through the Personality Traits**

Doctoral dissertation submitted to the Institute of
Mathematics and Computer Sciences – ICMC-USP, in
partial fulfillment of the requirements for the degree of
the Doctorate Program in Computer Science and
Computational Mathematics. *FINAL VERSION*

Concentration Area: Computer Science and
Computational Mathematics

Advisor: Prof. Dr. Seiji Isotani

Co-advisor: Profa. Dra. Patricia A. Jaques Maillard

**USP – São Carlos
November 2019**

AGRADECIMENTOS

Ninguém constrói nada sozinho. Diversas pessoas foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. E que sem dúvidas, sou muito agradecida por toda ajuda que eu recebi durante esses anos.

Gostaria de agradecer ao meu orientador e minha co-orientadora pela valiosa orientação. Muito obrigada por confiarem e acreditarem em mim, quando eu mesma já não acreditava. Obrigada pela oportunidade de poder aprender com vocês e que sem dúvida fará diferença para minha vida toda. Sou muito grata.

Ao meu marido Renato, que esteve ao meu lado todo o momento do doutorado, sempre disposto a me ajudar em tudo. Sem você, não conseguiria finalizar essa jornada. E a minha filha Harumi, que mesmo cansada e desanimada, de alguma forma conseguia me influenciar a persistir. Você é a minha alegria há um ano e meio!

Aos meus pais, Auriete e Ramílio, por me darem apoio, carinho e por tentarem me animar nos dias mais frustrantes. Obrigada por sempre pensarem em mim e por terem renunciado muitas coisas para que eu tivesse oportunidades melhores.

Aos meus alunos da UTFPR de Dois Vizinhos e da FATEC de Araraquara. Aos meus amigos Jober, Lázaro, Danilo, Simone, Laura, Otávio, Tiago, Felipe, Anderson e André.

A todas as pessoas que, diretamente ou indiretamente contribuíram com carinho e atenção durante a construção desse trabalho.

*“A vida não é sobre quão duro você é capaz de
bater, mas sobre quão duro você é capaz de apanhar e
continuar indo em frente”
(Rocky Balboa)*

RESUMO

REIS, H. M. **Regulação Emocional Personalizada para Sistemas Tutores Inteligentes por meio de Traços de Personalidade**. 2019. 172 p. Tese (Doutorado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2019.

As emoções desempenham um papel fundamental nos processos cognitivos e se revelam essenciais durante a aprendizagem, podendo impactar no desempenho, na memória de trabalho e na probabilidade dos estudantes usarem estratégias cognitivas para um processamento de informação mais profundo e mais elaborado. Algumas dessas emoções podem impactar negativamente o aprendizado, como a frustração e o tédio, que dificultam a capacidade de resolver problemas e tomadas de decisões. As emoções positivas, como engajamento, facilitam a recordação de informações. E a confusão, que é uma emoção que possui um papel duplo, pode influenciar tanto positivamente quanto negativamente. A confusão, quando sentida por um longo tempo, diminui a probabilidade de ser resolvida, pois pode gerar uma sobrecarga cognitiva aos estudantes e aumentar as chances do estudante rejeitar o assunto que está sendo aprendido. Portanto, a confusão deve ser regulada a fim de maximizar o aprendizado, promovendo maior engajamento e dificultar o abandono do exercício ou conteúdo. Atualmente, diversas pesquisas têm focado na regulação emocional durante o ensino com o suporte computacional. A regulação emocional refere-se na capacidade do estudante administrar a sua emoção, por meio da observação, avaliação e modificação das suas respostas emocionais e para que aconteça, alguns fatores, como conhecimento prévio do estudante no assunto e seu traço de personalidade dominante podem influenciar no processo da regulação emocional. Dentro desse contexto, o problema investigado neste trabalho é em como apoiar a regulação da confusão sentida por um longo tempo de um estudante durante a resolução de exercícios dentro de um Sistema Tutor Inteligente. Para isso, foi desenvolvido um algoritmo baseado em uma simulação com objetivo de apoiar na escolha de elementos de multimídia (e.g. vídeo, figura ou texto) para apoiar na regulação da confusão. A escolha dos elementos considera o perfil do estudante (e.g. traços de personalidade e conhecimento prévio) e são apresentados de acordo com o seu nível de detalhamento (e.g. elementos com poucos detalhes de resolução até elementos apresentados com vários detalhes). Para verificar a viabilidade do nosso algoritmo, um estudo (N=122) envolveu sujeitos do ensino fundamental e superior de duas escolas e uma faculdade, ao longo de três meses. Analisamos a capacidade do algoritmo influenciar na regulação da confusão durante a resolução de equações de primeiro grau em um Sistema Tutor Inteligente (PAT2Math), em sujeitos com personalidades extroversão e neuroticismo. Os resultados mostram que os estudantes que utilizaram o PAT2Math com o nosso algoritmo implementado auxiliou os estudantes a errarem menos. Não estamos cientes de outras pesquisas que vêm investigando como apoiar na regulação da confusão considerando os traços de personalidade e conhecimento prévio do estudante em Sistemas Tutores Inteligente. Parte

desta deficiência pode ser explicada devido à complexidade de considerar os fatores individuais de cada estudante no desenvolvimento destes sistemas, além de ferramentas adequadas para a detecção da emoção. Entretanto, como evidenciado, é necessária a regulação de emoções, pois dependendo do traço de personalidade e conhecimento do estudante no assunto, o seu aprendizado pode ficar comprometido.

Palavras-chave: Sistemas Tutores Inteligentes, Computação Afetiva, Regulação Emocional.

ABSTRACT

REIS, H. M. **Customized Emotional Regulation for Intelligent Tutoring Systems for thorough the Personality Traits**. 2019. 172 p. Tese (Doutorado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2019.

The emotions play a fundamental role in the cognitive processes and reveal themselves as essential during the learning, being able to affect the performance, work memory and the students' probability of using cognitive strategies for a deeper and more elaborated information processing. Some of those emotions can negatively affect the learning, as the frustration and the boredom, which hinder the ability of solving problems and making decisions. The positive emotions, as commitment, make it easy to remember information. The confusion, which is an emotion that plays a double role, can influence negatively as well as positively. The confusion, when felt for a long period, diminishes the probability of being solved, as it can create a cognitive overload on the students and increase the chances of the student reject the subject that is being learned. Therefore, the confusion must be regulated in order to maximize the learning, promoting a bigger commitment and hindering the abandonment of the exercise or content. Currently, several researches have focused in the emotional regulation during the teaching process with computational support. The emotional regulation refers to the capacity of the student of administrating his/her emotions, through the observation, evaluation and modifications of his/her emotional answers and to make it happen, some factors, as the student's previous knowledge about the subject and his/her dominant personality trait can influence in the process of emotional regulation. In this context, the problem investigated in this work is about how to support the regulation of the confusion felt for a long period by a student during the resolution of exercises inside an Intelligent Tutoring System. For this purpose, it was developed an algorithm based in a simulation with the objective of supporting in the choice of hypermedia elements (e.g. video, figure or text) to support in the regulation of confusion. The choice of the elements considers the profile of the student (e.g. personality traits and previous knowledge) and are presented according to his/her detailing level (e.g. from elements with few details of resolution to elements presented with many details). In order to verify the viability of our algorithm, a study (N=122) involved subjects from the elementary school and higher education from two schools and a college, during three months. We analyzed the capacity of the algorithm to influence in the regulation of confusion during the resolution of first-degree equations in an Intelligent Tutoring System (PAT2Math), in subjects with extroversion and neuroticism personalities. The results show that the students that used the PAT2Math with our algorithm implemented made less mistakes. Few research initiatives have been investigating on how to support in the regulation of the confusion considering the personality traits and previous knowledge of the student in Intelligent Tutoring Systems. Part of this deficiency can be explained due to the complexity

of considering the individual factors of each student in the development of these systems, in addition to suitable tools for the detection of the emotion. However, as showed, it is necessary the regulation of the emotions, since depending on the personality trait and knowledge of the student about a subject, his/her learning can be threatened.

Keywords: Intelligent Tutoring Systems, Affective Computing, Emotional Regulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|-----|
| Figura 1 – Mapeamento dos objetivos, metodologias usadas e resultados | 28 |
| Figura 2 – Comparação entre os três métodos de ensino (adaptado de Vanlehn (2006a)) | 36 |
| Figura 3 – Áreas que compõem o STI (adaptado de Vanlehn (2006a)). | 38 |
| Figura 4 – Arquitetura de um STI (adaptado de McTAGGART (2001) | 39 |
| Figura 5 – Funcionamento de um STI (adaptado de Vanlehn (2006a)) | 40 |
| Figura 6 – Tela do PAT2Math | 42 |
| Figura 7 – Processo gerador das emoções (adaptado de Gross e Thompson (2007), p.5) | 43 |
| Figura 8 – Processo gerador das emoções em formato espiral, para mostrar que se estende ao longo do tempo (adaptado de Gross (2008)) | 44 |
| Figura 9 – Citações de regulação emocional. Número de publicações contendo a frase exata “regulação emocional” no Google Scholar a cada ano de 1990 a 2013 (linha sólida). Este não é um gráfico cumulativo - cada ponto de dados representa citações de um ano. Para fins de comparação, o número de publicações contendo a expressão exata “controle mental” também é fornecido para o mesmo período (linha tracejada) (Adaptado de Gross (2015)). | 54 |
| Figura 10 – Modelo processual da regulação emocional, destacando as 5 famílias de estratégias de regulação emocional (adaptado de Gross e Thompson (2007) . | 56 |
| Figura 11 – Modelo processual da regulação emocional. O número de respostas apresentadas em cada um dos cinco pontos é arbitrário e as linhas em negrito indicam uma das opções em particular que pode ser selecionada (Adaptado de Gross e Thompson (2007)) | 56 |
| Figura 12 – Seleção de estudos por ano | 60 |
| Figura 13 – Procedimento do experimento. | 74 |
| Figura 14 – Princípios da TAM (adaptado de Mayer e Moreno (2003)). | 83 |
| Figura 15 – Representação da carga cognitiva (adaptado de Alves <i>et al.</i> (2017)). | 84 |
| Figura 16 – Variáveis do experimento | 88 |
| Figura 17 – Procedimento do experimento | 92 |
| Figura 18 – Relação entre elementos de multimídia e esforço cognitivo | 95 |
| Figura 19 – Relação entre elementos de multimídia e a frustração | 95 |
| Figura 20 – Proposta de intervenção de acordo com o histórico do estudante. | 98 |
| Figura 21 – Funcionamento interno do algoritmo. | 100 |
| Figura 22 – Funcionamento dentro do STI | 104 |
| Figura 23 – Fluxo de interações no sistema | 105 |

| | |
|--|-----|
| Figura 24 – Tela para cadastro do exercício e os tipos de intervenção | 106 |
| Figura 25 – Formulário para identificar o traço de personalidade | 107 |
| Figura 26 – Autorrelato | 107 |
| Figura 27 – Tela dos elementos de texto e figura para a intervenção de regulação emocional | 108 |
| Figura 28 – Tela elementos de vídeo e troca de exercício para a intervenção de regulação emocional | 108 |
| Figura 29 – Arquitetura do sistema | 109 |
| Figura 30 – Arquitetura de implementação | 111 |
| Figura 31 – Estrutura das tabelas do banco de dados | 112 |
| Figura 32 – Procedimento do experimento | 118 |
| Figura 33 – Comparação de erros dos grupos | 121 |
| Figura 34 – Comparação de tempo dos grupos | 122 |
| Figura 35 – Comparação de abandono dos grupos | 123 |
| Figura 36 – Comparação da diferença das notas do pré e pós-teste dos grupos | 124 |
| Figura 37 – Diagrama de classes do módulo | 168 |
| Figura 38 – Diagrama de classes das entidades do módulo | 169 |

LISTA DE ALGORITMOS

| | |
|--|-----|
| Algoritmo 1 – Algoritmo em Java para cálculo do tempo de tolerância da confusão. . . | 101 |
| Algoritmo 2 – Algoritmo em Java para cálculo do elemento multimídia mais adequado. | 102 |
| Algoritmo 3 – Algoritmo em Java para grupo do elemento multimídia. | 103 |

LISTA DE CÓDIGOS-FONTE

| | |
|--------------------------------------|-----|
| Código-fonte 1 – Pacotes | 151 |
| Código-fonte 2 – Funcoes | 151 |
| Código-fonte 3 – Simulacao | 153 |
| Código-fonte 4 – Modelo | 154 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 – Adjetivos relacionados aos Cinco Grandes Fatores (Adaptado de Nunes (2012)) | 51 |
| Tabela 2 – Distribuição dos estudos por teoria para regulação emocional | 61 |
| Tabela 3 – Distribuição dos estudos por estratégia de regulação emocional | 62 |
| Tabela 4 – Distribuição dos estudos primários por formas de interação e modo de regulação emocional | 63 |
| Tabela 5 – Categorias por tipo de detecção | 65 |
| Tabela 6 – Fluxo das emoções durante o aprendizado (Adaptado de D’mello e Graesser (2012)). | 70 |
| Tabela 7 – Resumo posterior dos parâmetros de interesse para o tempo desde o início do estudo até o primeiro estado emocional confusão. | 75 |
| Tabela 8 – Resumo posterior dos parâmetros de interesse para o tempo desde o estado emocional confusão até frustração/tédio. | 76 |
| Tabela 9 – Média posterior do tempo mediano do tempo de permanência do estado emocional confusão para frustração/tédio para diferentes perfis. | 77 |
| Tabela 10 – Síntese de conceitos e definições do esforço cognitivo (adaptado de (ALVES <i>et al.</i> , 2017)) | 84 |
| Tabela 11 – Subescalas do NASA-TLX (adaptado de Moray (1988)). | 86 |
| Tabela 12 – Materiais do experimento | 89 |
| Tabela 13 – Sumarização dos erros e dificuldades dos estudantes em álgebra | 91 |
| Tabela 14 – Pacotes do sistema PAT2Math | 109 |
| Tabela 15 – Variáveis do experimento | 115 |
| Tabela 16 – Distribuição dos sujeitos nos grupos de experimento e traços de personalidade | 120 |
| Tabela 17 – Comparação de erros entre os grupos | 121 |
| Tabela 18 – Comparação do tempo entre os grupos | 122 |
| Tabela 19 – Comparação de abandono entre os grupos | 122 |
| Tabela 20 – Comparação das diferenças das notas do pré-teste e pós-teste | 123 |
| Tabela 21 – Lista dos estudos primários do mapeamento sistemático | 157 |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 25 |
| 1.1 | Contexto | 25 |
| 1.2 | Delimitação do Problema | 27 |
| 1.2.1 | <i>Pesquisas atuais de regulação emocional na educação com suporte computacional</i> | 29 |
| 1.3 | Motivação, Objetivo e Razão | 30 |
| 1.3.1 | <i>Não Objetivos</i> | 31 |
| 1.4 | Convenções usadas ao longo desta tese | 32 |
| 1.5 | Estrutura desta tese | 32 |
| 2 | APRENDIZAGEM PERSONALIZADA COM SUPORTE COMPUTACIONAL | 35 |
| 2.1 | Métodos de ensino efetivos | 35 |
| 2.2 | Arquitetura | 38 |
| 2.3 | Funcionamento | 40 |
| 2.3.1 | <i>Outer loop</i> | 41 |
| 2.3.2 | <i>Inner loop</i> | 41 |
| 2.4 | PAT2Math | 42 |
| 2.5 | Emoções e o processo gerador da emoção | 43 |
| 2.5.1 | <i>Diferenciando emoções de outros estados afetivos</i> | 45 |
| 2.6 | Emoções e Aprendizagem | 46 |
| 2.6.1 | <i>Emoções positivas</i> | 47 |
| 2.6.2 | <i>Emoções negativas</i> | 47 |
| 2.7 | Personalidade e o gerenciamento das emoções | 48 |
| 2.7.1 | <i>Os Cinco Grande Fatores (CGF)</i> | 49 |
| 3 | REGULAÇÃO EMOCIONAL EM SISTEMAS EDUCACIONAIS: UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO | 53 |
| 3.1 | Definição | 54 |
| 3.2 | Modelo Processual da Regulação Emocional | 55 |
| 3.3 | O Processo do Mapeamento Sistemático | 58 |
| 3.4 | Resultados | 60 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.4.1 | <i>(QP₁) Teorias de regulação emocional consideradas e (QP₂) Estratégias de regulação emocional</i> | 61 |
| 3.4.2 | <i>(QP₃) Formas de utilizar as estratégias de regulação emocional e as (QP₄) Formas de interação para a regulação</i> | 62 |
| 3.4.3 | <i>(QP₅) Tipos de ambientes</i> | 64 |
| 3.4.4 | <i>(QP₆) Formas de detecção</i> | 64 |
| 3.4.5 | <i>(QP₇) Disciplinas em que a regulação emocional têm sido empregada</i> | 64 |
| 3.5 | Discussão dos resultados | 65 |
| 3.6 | Ameaças à Validade | 66 |
| 3.7 | Conclusão | 67 |
| 4 | ANÁLISE DO TEMPO DE PERMANÊNCIA EM ESTADOS EMOCIONAIS: UM ESTUDO DE CASO | 69 |
| 4.1 | Fluxo das emoções durante a aprendizagem | 70 |
| 4.2 | Método | 70 |
| 4.2.1 | <i>Questões de Pesquisa</i> | 71 |
| 4.2.2 | <i>Participantes</i> | 72 |
| 4.2.3 | <i>Materiais</i> | 72 |
| 4.2.4 | <i>Procedimento</i> | 73 |
| 4.3 | Modelo Estatístico | 74 |
| 4.4 | Discussão dos Resultados | 75 |
| 4.5 | Ameaças à validade | 77 |
| 4.6 | Conclusão | 78 |
| 5 | ELEMENTOS DE MULTIMÍDIA COMO FERRAMENTAS COGNITIVAS | 79 |
| 5.1 | Elementos de multimídia e o esforço cognitivo | 80 |
| 5.1.1 | <i>Princípios da TAM para elaboração de elementos de multimídia</i> | 82 |
| 5.1.2 | <i>Esforço cognitivo</i> | 82 |
| 5.2 | Trabalhos Relacionados | 85 |
| 5.3 | Método/Planejamento | 87 |
| 5.3.1 | <i>Objetivos</i> | 87 |
| 5.3.2 | <i>Seleção das variáveis</i> | 87 |
| 5.3.3 | <i>Formulação das hipóteses</i> | 88 |
| 5.3.4 | <i>Seleção dos sujeitos</i> | 89 |
| 5.3.5 | <i>Materiais</i> | 89 |
| 5.3.6 | <i>Questionário do traço de personalidade</i> | 89 |
| 5.3.7 | <i>Questionário com questões pessoais</i> | 90 |
| 5.3.8 | <i>Teste sobre conhecimento de álgebra pré e pós-teste</i> | 90 |
| 5.3.9 | <i>Teste de álgebra para diferentes tipos de elementos de multimídia</i> | 90 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 5.3.10 | <i>Teste de Esforço Cognitivo</i> | 92 |
| 5.4 | Procedimento | 92 |
| 5.5 | Execução do experimento | 93 |
| 5.6 | Análise e Discussão dos Resultados | 94 |
| 5.7 | Ameaças a validade | 96 |
| 5.8 | Conclusão | 96 |
| 6 | IMPLEMENTAÇÃO DO ALGORITMO DE REGULAÇÃO EMOCIONAL EM UM STI | 97 |
| 6.1 | Escolha e apresentação dos elementos de multimídia | 97 |
| 6.2 | Algoritmo em Java | 99 |
| 6.3 | Funcionamento do módulo | 103 |
| 6.4 | Protótipo | 106 |
| 6.4.1 | <i>Arquitetura</i> | 108 |
| 6.4.2 | <i>Implementação</i> | 110 |
| 6.5 | Considerações Finais | 112 |
| 7 | AVALIAÇÃO DA PROPOSTA | 113 |
| 7.1 | Planejamento da Avaliação | 113 |
| 7.1.1 | <i>Objetivos</i> | 113 |
| 7.1.2 | <i>Seleção das variáveis</i> | 114 |
| 7.1.3 | <i>Formulação das hipóteses</i> | 114 |
| 7.1.4 | <i>Participantes</i> | 116 |
| 7.1.5 | <i>Materiais</i> | 117 |
| 7.1.6 | <i>Procedimento</i> | 118 |
| 7.2 | Piloto | 119 |
| 7.3 | Execução do experimento | 119 |
| 7.4 | Análise dos resultados | 120 |
| 7.5 | Discussão dos resultados | 124 |
| 7.6 | Ameças à validade | 125 |
| 7.7 | Conclusão | 126 |
| 8 | CONCLUSÃO | 127 |
| 8.1 | Problema de pesquisa e QPs Revisadas | 127 |
| 8.2 | Regulação emocional: quais são as vantagens em considerar o uso dos traços de personalidade e conhecimento prévio do estudante? | 129 |
| 8.3 | Sumário das Contribuições | 130 |
| 8.4 | Limitações | 131 |
| 8.5 | Direções para Pesquisas Futuras | 132 |
| 8.6 | Publicações e Trabalhos relacionados | 133 |

| | | |
|------------------------------|--|------------|
| 8.6.1 | <i>Minhas publicações</i> | 133 |
| 8.6.1.1 | <i>Periódicos</i> | 133 |
| 8.6.1.2 | <i>Capítulo de livro</i> | 133 |
| 8.6.1.3 | <i>Conferências</i> | 133 |
| 8.6.1.4 | <i>Resumos expandidos em anais de congressos</i> | 134 |
| 8.6.2 | <i>Colaborações com outras publicações</i> | 134 |
| 8.6.2.1 | <i>Periódicos</i> | 134 |
| 8.6.2.2 | <i>Conferências</i> | 134 |
| 8.6.2.3 | <i>Resumos em anais de congressos</i> | 135 |
| 8.7 | Conclusões gerais | 135 |
| REFERÊNCIAS | | 137 |
| APÊNDICE A | MODELO ESTATÍSTICO - SCRIPT | 151 |
| APÊNDICE B | LISTA DOS ESTUDOS PRIMÁRIOS | 157 |
| APÊNDICE C | RECURSOS DIGITAIS - PRÉ-TESTE | 163 |
| APÊNDICE D | DIAGRAMA DE CLASSES PACOTES ACTION, SERVICE, REPOSITORY E DAO | 167 |
| APÊNDICE E | DIAGRAMA DE CLASSES PACOTE ENTIDADES | 169 |
| ANEXO A | QUESTIONÁRIO TRAÇO DE PERSONALIDADE | 171 |

INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

As emoções desempenham um papel fundamental nos processos cognitivos e se revelam essenciais durante a aprendizagem (PESSOA, 2008; SCHUTZ; LANEHART, 2002). Elas influenciam os estados psicológicos e biológicos, podendo aumentar a atenção dos estudantes, bem como melhorar a memória e o raciocínio (OXFORD; BOLAÑOS-SÁNCHEZ, 2016). As emoções são capazes de possibilitar ou inibir a aprendizagem (GREENLEAF, 2002) por meio da categorização, do pensamento e da resolução de problemas (SUTTON; WHEATLEY, 2003). Elas são categorizadas por emoções positivas e negativas, em que as positivas procuram um bem-estar do indivíduo enquanto a negativa pode ser desagradável.

As emoções negativas podem dificultar o aprendizado. Quando o estudante experimenta emoções negativas (por exemplo, frustração ou tédio), sua performance de aprendizagem é reduzida (GROSS; THOMPSON, 2007). No aspecto cognitivo, as emoções negativas também podem reduzir a memória de trabalho¹ e a probabilidade dos estudantes usarem estratégias cognitivas para um processamento de informação mais profundo e mais elaborado (LINNENBRINK; PINTRICH, 2000). Contudo, essas emoções são inevitáveis durante o processo de aprendizagem e acompanham o estudante em toda a sua vida acadêmica. Por outro lado, pesquisas demonstraram que emoções positivas podem favorecer a aprendizagem, melhorando a capacidade de resolver problemas e a tomada de decisões, além de facilitar a recordação de informações afetivamente neutras e positivas (ESTRADA; ISEN; YOUNG, 1994).

Apesar da maioria dos estudos investigarem as emoções básicas (por exemplo, raiva, tristeza, alegria, nojo e surpresa) nos ambientes inteligentes de aprendizagem, pesquisas recentes apontam que elas são infrequentes em curto período de tempo (D'MELLO; CALVO, 2013). Além

¹ Sistema de memória usado para manter e manipular informações por um curto período enquanto várias tarefas mentais são executadas (ALLPORT; LEITE, 1966; CATTELL; CATTELL, 1995).

disso, os resultados sugerem que as emoções como confusão, frustração, tédio e engajamento ocorrem continuamente durante a experiência de aprendizado (GRAESSER *et al.*, 2005). Dentre estas emoções, a frustração e o tédio impactam negativamente na aprendizagem, enquanto o engajamento influencia de forma positiva (D'MELLO; CALVO, 2013) e a confusão podendo influenciar tanto positivamente quanto negativamente.

A confusão ocorre durante um desequilíbrio cognitivo (CRAIG *et al.*, 2004), indicando que o estudante não possui um raciocínio claro e preciso sobre o conteúdo que está aprendendo. Quando sentida, o indivíduo tende a ficar ansioso enquanto busca solucionar a sua confusão e quando não é capaz de resolvê-la rapidamente, há uma alta probabilidade dele abandonar a situação. No ambiente educacional, a duração da confusão de um estudante pode ser significativa (ROZIN; COHEN, 2003), sendo um estado afetivo importante para o estudo científico. Para diversas pesquisas (RODRIGO; BAKER; NABOS, 2010), quanto mais tempo um estudante permanecer confuso, menos provável que ele seja capaz de resolver essa confusão. D'Mello, Person e Lehman (2009) sugere que a confusão pode ter um papel duplo: pode desencadear engajamento ou resistência ao processo de aprendizagem. Nesse contexto, a confusão quando possui baixa intensidade (ou confusão leve) indica que o estudante está integrando todas as novas informações com o seu conhecimento e habilidades existentes. Quando a confusão possui alta intensidade (ou confusão profunda), ela pode levar o estudante a abandonar o exercício ou material que está sendo estudado.

Para auxiliar os estudantes a lidarem com as emoções negativas (por exemplo, medo de falhar, frustração e tédio) e vivenciar mais emoções positivas durante o aprendizado, diversas pesquisas têm focado na regulação emocional durante o ensino com o suporte computacional (ARGUEDAS; DARADOUMIS; XHAFA, 2016). A regulação emocional refere-se à capacidade de gerenciar o estado emocional por meio do monitoramento, da avaliação e da modificação das respostas emocionais (THOMPSON, 1991) com objetivo de promover bem estar pessoal. O gerenciamento do estado emocional está ligado à administração da emoção, em que o indivíduo observa a sua emoção no momento atual, avalia e responde a essa emoção por meio de respostas fisiológicas e psicológicas.

Uma das possibilidades de regulação emocional é considerar o traço de personalidade², as crenças e o conhecimento do estudante, sendo que essas emoções são sentidas com uma determinada duração de tempo, auxiliando que o aprendizado se efetive (D'MELLO; PICARD; GRAESSER, 2007). A regulação, aliada com o suporte computacional, pode reduzir a vivência de emoções negativas pelos estudantes, resultando em um melhor ganho de aprendizado (MALEKZADEH; MUSTAFA; LAHSASNA, 2015).

² Personalidade refere-se ao conjunto de características psicológicas que determinam a maneira de pensar, sentir e agir de um indivíduo (ALLPORT; LEITE, 1966).

1.2 Delimitação do Problema

A regulação emocional está intimamente relacionada com aspectos particulares de cada indivíduo. No contexto educacional, a regulação emocional é afetada pelo conhecimento do estudante no assunto, a emoção que ele está vivenciando no momento da aprendizagem e seu traço de personalidade (D'MELLO; PICARD; GRAESSER, 2007). Uma das maneiras de descobrir o conhecimento do indivíduo é por meio do seu desempenho ao solucionar os problemas propostos. Supõem-se que quanto mais o indivíduo acerta os problemas apresentados, mais conhecimento ele tem sobre o tema. Porém, a cognição (ou a capacidade de resolver problemas) é afetada pelas emoções e personalidade do indivíduo, na qual, caso ele tenha tendências (e.g. personalidade neuroticismo) a emoções negativas (i.e. tédio ou frustração), seu desempenho é impactado negativamente caso ele esteja experimentando uma emoção negativa.

Apesar de alguns estudos relacionar positivamente a confusão com a aprendizagem (CRAIG *et al.*, 2004; D'MELLO, 2012), os resultados de D'Mello (2012) sugerem que ela deve ser regulada de acordo com a personalidade, o conhecimento e ter uma duração adequada, para não ser modificada em uma emoção negativa. Nesse sentido, Reis, Jaques e Isotani (2017) apresentaram resultados que sugerem que indivíduos com traço de personalidade de neuroticismo possuem menos tolerância a sentir confusão por longo período de tempo, comparado aos estudantes com personalidade de extroversão. Quando sentida por longo período, a probabilidade do estudante sentir frustração ou tédio, aumentam significativamente. Esses resultados sugerem que para um estudante que possui uma personalidade de neuroticismo (tendências para emoções negativas) e seja iniciante no assunto ou a tarefa seja complexa, a confusão deve ser gerenciada cautelosamente.

Desta forma, um ambiente inteligente de aprendizagem deve buscar regular a emoção do estudante de forma que não induza ou permita que um estudante que apresenta personalidade de neuroticismo e iniciante no assunto sinta confusão por um longo período de tempo, principalmente em tarefas complexas, pois esta confusão pode levar a frustração e/ou tédio (D'MELLO, 2012). Por outro lado, estudantes que possuem personalidade de extroversão podem sentir tédio ao não se depararem com tarefas desafiantes e não sentirem que está havendo progresso no seu aprendizado.

Dentro desse contexto, o problema investigado neste trabalho é: quando o estudante vivencia a confusão por um longo período de tempo, dependendo do seu traço de personalidade, essa emoção pode ser modificada em emoções negativas (e.g. tédio e frustração), impedindo que o aprendizado se efetive. Assim, temos as principais questões de pesquisa a serem investigadas:

- **QP:** Quando e como a regulação emocional deve acontecer em Sistemas Tutores Inteligentes?
- **QP₁:** Como especificamente a **personalidade** e o **conhecimento prévio** dos estu-

- dantes afetam o **tempo** de permanência em um estado de confusão? (Quando);
- **QP₂**: Como **determinar** qual **elemento de multimídia** mais adequado a lidar com a **confusão** do estudante? (Como) e;
 - **QP₃**: O algoritmo de regulação emocional apoia o estudante a lidar com a confusão, **diminuindo** a frequência da **confusão** e **melhorando** o **desempenho**?

A partir das questões de pesquisa, foram elaborados os objetivos, escolhida as metodologias e os resultados esperados. A Figura 1 apresenta um resumo geral dos objetivos, metodologias usadas e resultados desta tese.

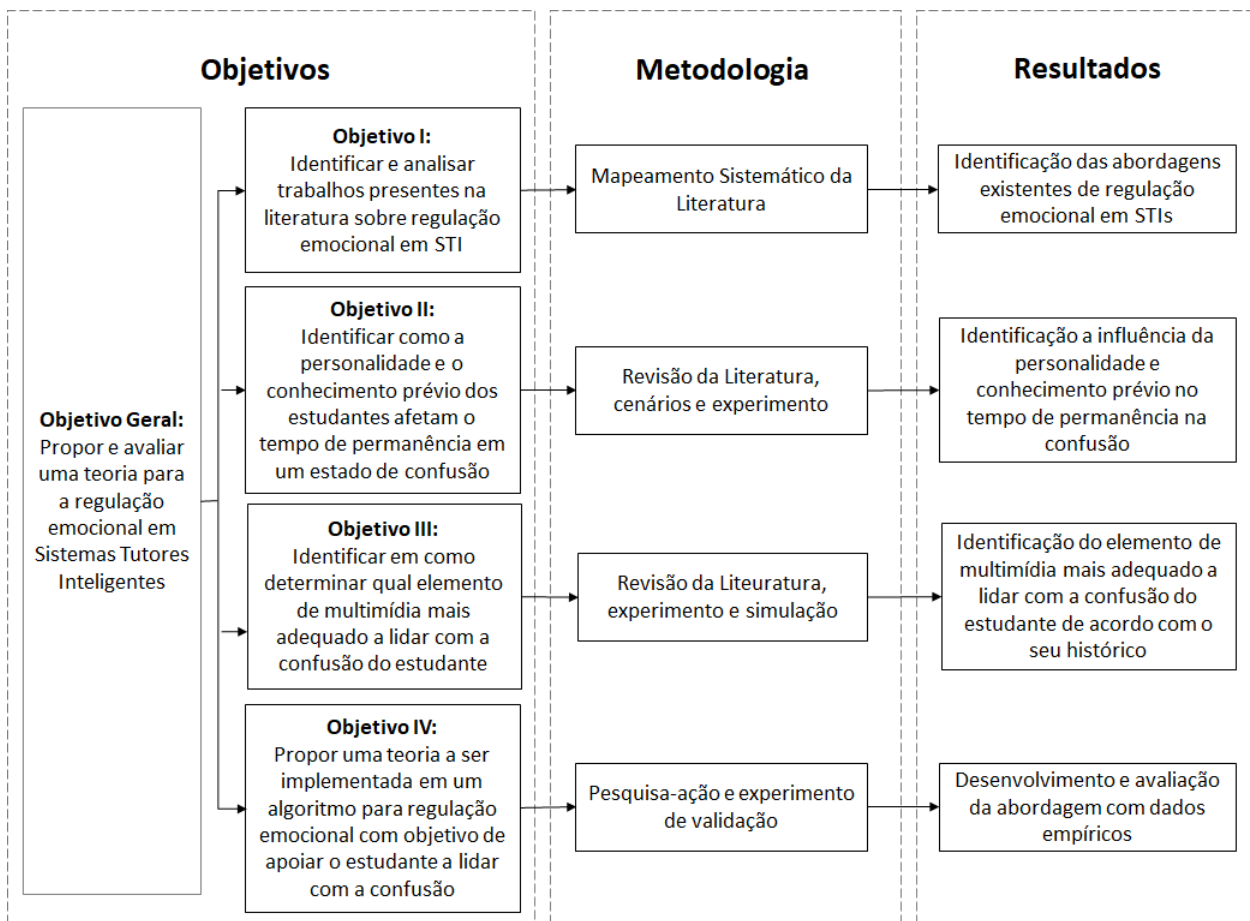


Figura 1 – Mapeamento dos objetivos, metodologias usadas e resultados

Contribuições Potenciais: Estamos interessados em entender quando e de que maneira um STI pode auxiliar o estudante a regular a confusão durante o ensino para impedir que sua aprendizagem seja impactada negativamente. Os resultados do estudo de Reis *et al.* (2018b) demonstram que as iniciativas atuais para a regulação emocional do estudante são superficiais e necessitam ser personalizadas. Em outras palavras, esta pesquisa pode ser vista como um ponto inicial no entendimento de quando e como a regulação emocional do estudante pode ser trabalhada, considerando as emoções secundárias como confusão, frustração e tédio, que ocorrem frequentemente durante o aprendizado. Além disso, estudos indicam que o perfil do

estudante deve ser considerado durante a regulação, como seu traço de personalidade, histórico de interação com o sistema educacional e o conhecimento prévio em álgebra. Portanto, as consequências conceituais desta investigação ajudarão pesquisadores e profissionais a compreender mais profundamente o impacto da duração da emoção de confusão e verificar se a escolha dos materiais de apoio de acordo com o conhecimento do estudante pode ser uma estratégia adequada de regulação.

1.2.1 Pesquisas atuais de regulação emocional na educação com suporte computacional

Há várias abordagens de interação nas interfaces dos sistemas educacionais para a regulação emocional dos estudantes. Como exemplo, o estudo de [Desseilles \(2016\)](#) utilizou a abordagem de “*Serious Games*” para a regulação, na qual as estratégias de regulação emocional são baseadas na proposta de [Gross \(1998\)](#). Por exemplo, ao se sentir triste, o jogo proporciona uma personalização diferente, por meio da música, cenários e elementos a fim de regular a emoção do estudante.

Além da interação usando *Serious Games*, a estratégia de regulação da emoção de [Gross \(1998\)](#) é também utilizada nos meios de interação baseada em agentes pedagógicos e realidade virtual. No estudo de [Bosse et al. \(2012\)](#), o agente pedagógico foi usado para auxiliar o estudante a direcionar a atenção em elementos apresentados na interface caso ele se sentisse com tédio. Quando houvesse uma falha, o agente pedagógico apoiava o estudante a reavaliar a sua emoção atual usando mensagens motivacionais.

Na interação por realidade virtual, o estudo de [Nararro-Haro et al. \(2016\)](#) consistiu em usar a estratégia de reavaliação cognitiva por meio da técnica de *mindfulness* mostrando imagens com paisagens, na qual levava o estudante a um estado de relaxamento. A realidade virtual também foi utilizada para o enfrentamento de situações de estresse, com a teoria proposta por [Lazarus \(1993\)](#). No estudo de [Gaggioli et al. \(2011\)](#), o indivíduo foi exposto a um mundo virtual, proporcionando imersão e vivência de situações estressantes para aprender a lidar com suas emoções e relaxar durante momentos de tensão. Além da teoria proposta por ([LAZARUS, 1993](#)), a estratégia de regulação emocional de inoculação de estresse de Meichenbaum também utiliza métodos de relaxamento (por exemplo, visualização de paisagens de natureza) para que o indivíduo consiga enfrentar a situação de estresse presente na realidade virtual ([PALLAVICINI et al., 2013](#)).

Alternativamente, alguns estudos adotam a interação textual para aplicar as abordagens CSCL (*Computer Supported Collaborative Learning*), e a recomendação para a regulação emocional ([TIAN et al., 2014](#); [XU; DU; FAN, 2013](#); [BAKH TIAR; WEBSTER; HADWIN, 2018](#)). Baseado em trabalho colaborativo, os indivíduos de um grupo, como colegas e instrutores, poderiam auxiliar, por meio de *feedback*, outros membros que apresentassem estresse e ansiedade.

Na abordagem de recomendação, quando o sistema detecta a frustração, é apresentada uma mensagem motivacional na qual informa que errar é comum e necessário para que exista um esforço na próxima tentativa.

Foi observado que estes trabalhos consideraram unicamente a emoção do estudante, no momento do processo de ensino-aprendizagem, para a regulação emocional, não abrangendo aspectos individuais de cada um, como seu histórico, personalidade ou conhecimento prévio. Cada indivíduo reage de forma diferente a estímulos, e as respostas emocionais são impactadas pelas suas características individuais. A experiência pessoal, como lidam ou toleram uma emoção e o uso da sua cognição criam características únicas de regulação emocional para cada estudante. Para isso, esta tese propõe um algoritmo para apoiar a regulação emocional do estudante de acordo com seu histórico de conhecimento, o seu traço de personalidade e a emoção atual vivenciada. O algoritmo tem como objetivo determinar quando a regulação emocional deve ser acionada e de qual maneira.

1.3 Motivação, Objetivo e Razão

O estudo de D'Mello (2012) investigou o fluxo das emoções (i.e. confusão, frustração e tédio) durante o processo de ensino-aprendizagem. Os resultados sugeriram que dependendo de como é o gerenciamento da duração da confusão, ela pode ser transformada em duas emoções: *flow* e frustração. Quando a frustração não é adequadamente regulada, ela pode transformar-se em tédio. Embora os autores não investigaram como o fluxo das emoções é impactado pelos traços de personalidade, eles sugeriram que há uma relação.

No momento que o estudante vivencia essas emoções negativas (i.e. tédio e frustração), eles tendem a permanecer neste estado em vez de transitar para estados emocionais positivos, como *flow*. Por outro lado, estudantes no estado *flow* tendem a se manter engajados ou transitam alternadamente para confusão, um estado emocional que pode ser correlacionado positivamente com a aprendizagem (D'MELLO, 2012). Esse fluxo das emoções podem ser influenciado pelo traço de personalidade do estudante e o seu nível de conhecimento anterior (REIS; JAQUES; ISOTANI, 2017; D'MELLO; PICARD; GRAESSER, 2007). Os estudantes que possuem pouco conhecimento no assunto estudado e personalidade de neuroticismo, tende a tolerar por menos tempo a confusão, comparado com estudantes com extroversão (REIS *et al.*, 2018a).

Portanto, um ambiente inteligente de aprendizagem em álgebra não deveria induzir ou possibilitar que um estudante com determinados traços de personalidade (e.g. neuroticismo) e iniciantes sintam confusão por um longo período de tempo, principalmente em tarefas complexas. Esta emoção deve ser detectada e regulada, para que o processo de ensino aprendizagem seja maximizado.

Alguns estudos apontam a existência de uma associação positiva entre traços da personalidade e estratégias de regulação das emoções (SCHMEICHEL; VOLOKHOV; DEMAREE,

2008; TURLIUC; BUJOR, 2013), indicando que determinadas características influenciam na aplicação das estratégias de regulação. O estudo de Reis *et al.* (2018b) identificou que os trabalhos investigados na área não usam técnicas validadas da psicologia para a regulação emocional ou características individuais do estudante. Nesta tese, estamos preocupados em pesquisar a regulação emocional para auxiliar os estudantes que possuem traços de personalidade de neuroticismo ou extroversão mais acentuados, considerando também o seu nível de conhecimento. Além disso, essa tese busca também investigar:

- Primeiro, entender quais as principais estratégias mais utilizadas para a regulação emocional em Sistemas Tutores Inteligentes (STI) e como elas são desenvolvidas;
- Segundo, identificar como a personalidade e o conhecimento prévio podem afetar no tempo de tolerância da confusão;
- Terceiro, a possibilidade de usar um algoritmo para determinar quando e como um elemento de multimídia mais adequado deve ser apresentado a fim regular a emoção do estudante de acordo com o seu nível de conhecimento;
- Quarto, auxiliar no desenvolvimento de sistemas educacionais que buscam minimizar a duração da confusão, evitando que os estudantes tenham emoções de frustração e tédio posteriores que são prejudiciais à aprendizagem.

Como discutido anteriormente, a falta de sistematização no desenho de estratégias de regulação emocional com suporte computacional torna o desenvolvimento de sistemas educacionais para regulação emocional não apenas uma tarefa desafiadora, mas também pode comprometer o sucesso das intervenções. Portanto, um elemento chave para auxiliar o projeto de tais sistemas é a capacidade de escolher sistematicamente os conteúdos da regulação emocional e as estratégias apropriadas que considerem as características individuais dos estudantes, apoiando assim as estratégias para a regulação emocional e o conteúdo da intervenção que farão parte o sistema.

1.3.1 Não Objetivos

Há várias questões delicadas quando se investiga regulação emocional do estudante com suporte computacional, como todos os possíveis gatilhos da emoção ou outros aspectos individuais (e.g. temperamento, gênero, idade) do estudante. No entanto, está fora do escopo dessa teses lidar com todas elas. Especificamente, o presente trabalho **não inclui** os seguintes objetivos:

- Julgar, avaliar, comparar ou criar teorias de regulação emocional;

- Discutir sobre todos os possíveis aspectos que influenciam na regulação emocional que podem ser usados no nosso modelo;
- Discutir sobre todos os possíveis gatilhos, que geram a emoção da confusão, frustração ou tédio;
- Argumentar que nossa interpretação das teorias disponíveis sobre regulação emocional considerando personalidade e histórico de conhecimento anterior é a melhor ou a única;
- Assegurar que nossa estratégia e modelos ou algoritmos para regulação emocional tenham o poder de afetar positivamente (ou negativamente) durante o processo de ensino-aprendizado. Os resultados obtidos pela autora desta tese mostram, além dos efeitos positivos, também efeitos negativos da regulação emocional (ver Seção 8.4) na aprendizagem dos estudantes. Além disso, não podemos garantir que, em qualquer ambiente, a estratégia de regulação emocional considerando o histórico do estudante e personalidade leve a uma aprendizagem eficaz.

1.4 Convenções usadas ao longo desta tese

Ao longo desta tese de doutorado, o *itálico* é usado para apresentar palavras na língua inglesa e enfatizar conceitos. As imagens e tabelas criadas pelo autora não apresentam fonte; entretanto, o material que não foi criado pela autora são seguidos pela fonte de origem. Símbolos, 1, 2, 3 e 4 são usados para pedir atenção do leitor para importantes informações de figuras e listas.

1.5 Estrutura desta tese

Este documento está organizado da seguinte forma:

Capítulo 1: neste capítulo, apresentamos brevemente os problemas abordados nesta tese, e também os objetivos e motivação.

Capítulo 2: este capítulo apresenta os referenciais teóricos, introduzindo a base necessária sobre a aprendizagem personalizada com suporte educacional dentro dos STIs. Além disso, aborda como a emoção e a identificação da personalidade do estudante pode proporcionar um aprendizado individualizado e significativo.

Capítulo 3: este capítulo aborda os referenciais teóricos, apresentando os resultados das revisões de literatura realizada, identificando as teorias e estratégias da regulação emocional empregadas nos STIs, como são utilizadas, as formas de interação, tipos de ambientes e formas de detecção.

Capítulo 4: este capítulo apresenta o estudo sobre a duração que cada traço de personalidade consegue tolerar a confusão. Para isso, também consideramos o conhecimento prévio do estudante.

Capítulo 5: este capítulo apresenta os resultados do estudo em relação ao uso de elementos de multimídia como ferramentas cognitivas. Nele, é investigado quais tipos de elementos de multimídia (e.g. figura, texto e exemplo-trabalhado) são mais adequados a lidar com a confusão.

Capítulo 6: com relação a este capítulo, apresentamos os resultados do estudo para testar a aplicabilidade de nossa abordagem para a regulação emocional, considerando os traços de personalidade e conhecimento prévio em um STI, chamado PAT2Math. Nós projetamos um módulo que implementa um algoritmo que determina quando e quais elementos de multimídia são mais adequados na regulação, considerando características individuais do estudante.

Capítulo 7: este capítulo apresenta a execução e os resultados de um experimento a fim de verificar o algoritmo implementado no PAT2Math, com o objetivo de testar a capacidade de regulação emocional por meio de métricas da quantidade de erros cometidos e quantidade de abandono do sistema. Neste capítulo contém também a análise dos resultados.

Capítulo 8: este capítulo apresenta as conclusões e trabalhos futuros. Sumariza a pesquisa, as contribuições, discute as limitações, apresenta implicações dos resultados, publicações e parcerias, e apresenta as direções futuras desta pesquisa.

APRENDIZAGEM PERSONALIZADA COM SUPORTE COMPUTACIONAL

Os Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) são sistemas computacionais criados com objetivo de imitar o método de instrução individualizada, em que há um professor particular para cada aluno (ou *one-to-one*) (LANE, 2006), buscando os melhores impactos positivos na aprendizagem que esse tipo de instrução fornece. Eles podem auxiliar no aprendizado dos estudantes quando os professores estão cansados e indisponíveis (D'MELLO; CALVO, 2013) ou ainda em aulas que seguem uma abordagem ativa ou metodologias híbridas. Este capítulo apresenta um comparativo entre os métodos de ensino convencionais e o ensino com o auxílio dos STIs. Também é apresentada uma descrição da arquitetura básica dos STIs e o seu funcionamento. Por fim, é apresentado o STI que será utilizado na avaliação dessa tese, o PAT2Math, e seu suporte para a detecção das emoções.

2.1 Métodos de ensino efetivos

Bloom (1984) investigou três métodos principais de ensino: convencional, *mastery learning* e *one-to-one tutoring* (Figura 2). A forma convencional é a mais predominante de ensino e inclui livros, sala de aula com cerca de 30 estudantes e palestras. Todas as informações são apresentadas pelo professor e os estudantes trabalham de forma isolada para aprender o conteúdo lecionado. O estudante deve adquirir os conceitos explicados e comprovar o seu entendimento por meio de avaliações dissertativas ou de múltipla escolha (GRAESSER; PERSON, 1994; HMELO-SILVER, 2002; WOOLF, 2010a).

O método *mastery learning* é próximo do convencional, possuindo turmas com cerca de 30 estudantes por professor, entretanto os estudantes recebem *feedback* para correção dos erros e testes adicionais para determinar o domínio dos estudantes sobre o assunto. E por fim, o método *one-to-one tutoring* possui os mesmos processos de instrução dos métodos de ensino

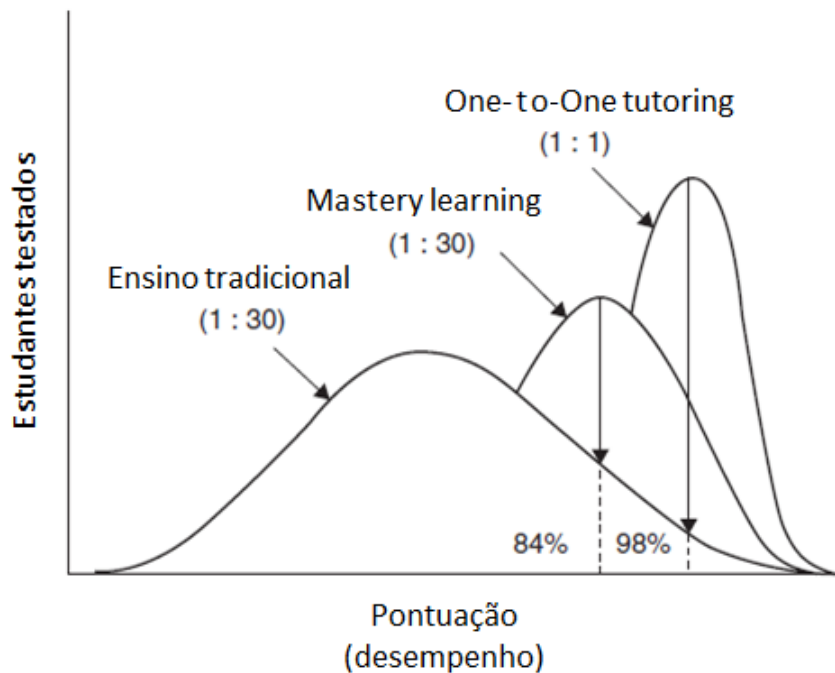


Figura 2 – Comparação entre os três métodos de ensino (adaptado de Vanlehn (2006a))

convencional e *mastery learning*, porém cada estudante aprende com um tutor humano pessoal.

Apesar das abordagens convencional e *mastery learning* serem consideradas ineficazes por alguns pesquisadores (WATERMAN; STANLEY, 1998), ainda são amplamente utilizadas. Estudos sugerem que esses métodos de ensino possuem sucesso com apenas 25% dos estudantes, sendo que muitas vezes eles já são motivados e talentosos. O desempenho dos estudantes no método convencional de 1:30 relação professor/estudante foi menor comparado com *one-to-one tutoring* (proporção de professor/estudante 1:1) (BLOOM, 1984). A pesquisa de Bloom sugeriu que o desempenho dos estudantes que utilizaram a abordagem *one-to-one tutoring* foi de 98% de sucesso.

Estudos (BLOOM, 1984; FLETCHER, 2003) sugerem que o uso de tutores humanos (*one-to-one tutoring*) no ambiente de ensino-aprendizagem para ensinar e sanar as dúvidas dos estudantes têm se mostrado muito mais efetivo quando comparado aos ambientes típicos de sala de aula, em que há um professor para cerca de 30 estudantes. Isto acontece devido aos estudantes precisarem de instruções estratégicas e *feedback* explícitos e individualizados.

Apesar dos benefícios do método *one-to-one tutoring*, ainda é difícil a sua utilização em salas de aula, por seus custos serem superiores ao método convencional. Caso somente um professor tente proporcionar um suporte personalizado aos estudantes, o tempo necessário para preparar o material, lecionar o curso, ler, corrigir os trabalhos e exercícios, além de promover um *feedback* para os estudantes, pode sobrecarregar os professores (GRAHAM; PERIN, 2007; KELLOGG; RAULERSON, 2007). Ao se deparar com este problema, foram criados programas

de computadores que proporcionam aos estudantes o aprendizado de conteúdo personalizados, respeitando suas limitações e habilidades. Esses programas têm sido desenvolvidos desde o início dos anos 1970 (WENGER, 2014), despertando interesse por parte dos professores e estudantes. Há uma diversidade de softwares educacionais computacionais, porém, dentre eles, os Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) tornaram-se ferramentas úteis para possibilitar aos estudantes uma aprendizagem individualizada e personalizada, adequando-se ao perfil de cada estudante. Os STIs são sistemas computacionais educacionais que têm o objetivo de promover instruções imediatas que possam ensinar humanos e alcançar a individualização do processo educacional (WOOLF, 2010b). Essas instruções são realizadas sem a intervenção humana, fazendo com o que o sistema simule o comportamento de um tutor humano. Isto significa que o instrutor não precisará participar diretamente do aprendizado do estudante, resultando em maior independência do estudante e maior qualidade na educação.

Quando um STI considera também o estado afetivo para uma aprendizagem individualizada, é chamado de Sistema Tutor Afetivo (STA) (AMMAR *et al.*, 2010; SARRAFZADEH; SHANBEHZADEH; OVERMYER, 2010; CALVO; D'MELLO, 2012). Os STAs são sistemas tutores inteligentes que monitoram os estados afetivos do estudante a fim de igualmente prover *feedback* adaptado às emoções do aprendiz durante o ensino (MAO; LI, 2010; CALVO; D'MELLO, 2012; D'MELLO; CALVO, 2013). O STA é destinado a se adaptar à emoção de forma efetiva, imitando um cenário humano real (SARRAFZADEH *et al.*, 2008) com o objetivo de estimular os estudantes a aprenderem. Um STA pode responder apropriadamente às emoções negativas do estudante e proporcionar experiência de aprendizado desafiante.

Para ilustrar como um tutor poderia fornecer assistência individualizada considerando os estados afetivos dos estudantes, considere um cenário hipotético em que dois estudantes Clara e Felipe, que devem escrever uma redação em um STI. Enquanto Felipe está profundamente **engajado** no tema da redação, o foco na escrita do conteúdo pode fazer com que ele perca o foco em detalhes de sua escrita, como escolher palavras apropriadas ou corrigir palavras digitadas de forma errada. Por outro lado, Clara produz uma redação que no geral não apresenta erros básicos, entretanto o **desinteresse** e **tédio** na escrita pode fazer com que o conteúdo do texto não seja rico, faltando argumentos e falta de prender a atenção do leitor. Neste exemplo, ambos estudantes recebem a mesma nota do STI, entretanto **as diferentes emoções** de ambos ao escrever a redação pode beneficiar variados *feedbacks* e instrução adaptativa. Felipe pode beneficiar do *feedback* que o parabeniza pelo seu esforço e investimento na tarefa, mas também que o encoraje a revisar a sua redação com o objetivo de melhorar os erros gramaticais e palavras escolhidas. Clara, por outro lado, pode beneficiar do *feedback* que a relembra da importância do tópico, ou sugerir que ela realize uma atividade de jogo para aumentar sua motivação (ALLEN *et al.*, 2016).

O comportamento do tutor computacional dos STIs e STAs, que substitui o papel do professor, é simulado por meio de técnicas de Inteligência Artificial (VANLEHN, 2006b). Todas as instruções são apresentadas ao estudante seguindo teorias pedagógicas, e as características

cognitivas dos estudantes são modeladas e consideradas (AZEVEDO; TAVARES, 1998). Portanto, um STI sabe o que ensinar, como ensinar e aprende informações relevantes dos estudantes a fim de proporcionar um ensino individualizado (WENGER, 2014; AZEVEDO; TAVARES, 1998). Os STIs são originados da intersecção de três disciplinas mais gerais, como é mostrado na Figura 2: inteligência artificial, ciência da computação, e psicologia.

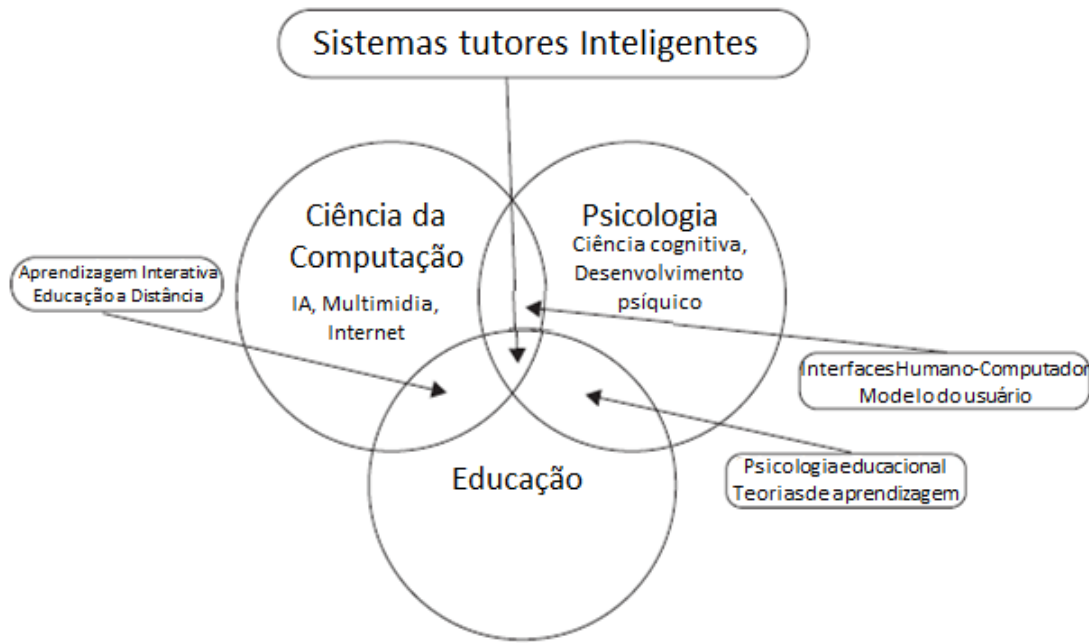


Figura 3 – Áreas que compõem o STI (adaptado de Vanlehn (2006a)).

2.2 Arquitetura

A arquitetura de um STI é tradicionalmente composta pelos seguintes componentes (WOOLF, 1992): modelo pedagógico, modelo do especialista e modelo do estudante. Esta arquitetura é considerada clássica e é também conhecida como arquitetura tradicional de um STI ou tri-partida (VANLEHN, 2006a).

Por meio da interação entre estes modelos, o STI é capaz de fazer julgamentos sobre o que o aprendiz sabe, o que ele precisa saber e o seu desempenho. Outros autores estenderam a arquitetura clássica para criar arquiteturas mais específicas com a inclusão de outros componentes (por exemplo, o modelo da interface), ou ainda com interação diferenciada entre os seus componentes. Por exemplo, McTAGGART (2001) propõe uma nova arquitetura com os mesmos componentes da arquitetura clássica, entretanto, com diferentes interações. Os quatro componentes trabalham juntos para compor o sistema instrucional, que reconhece os padrões de comportamento do estudante e responde com as instruções apropriadas a esses padrões, de acordo com as estratégias definidas pelo especialista (Figura 4).

O modelo de interface refere-se aos meios que o estudante possa interagir com o STI, sendo usualmente por meio de uma interface gráfica. Esta interface gráfica pode-se utilizar de

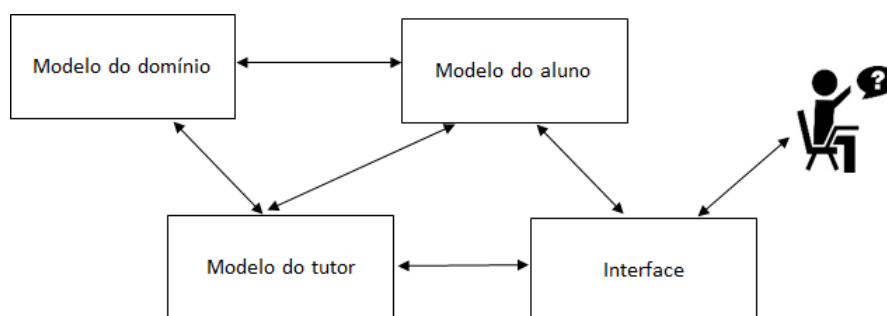


Figura 4 – Arquitetura de um STI (adaptado de [McTAGGART \(2001\)](#))

tecnologias de voz, teclado ou mouse como entrada de dados. E como saída, pode-se utilizar de simulações do domínio de tarefas que o estudante está aprendendo (e.g. uma operação cirúrgica, controle de avião ou simulação de guerra), elementos de interfaces adaptados automaticamente, textos, jogos sérios ou infográficos. A interface também tem como papel a intermediação da interação entre o tutor computacional e o estudante ([MCTAGGART, 2001](#)).

O modelo do especialista (conhecido também como modelo do domínio ou um modelo cognitivo) contém a descrição dos conhecimentos ou comportamentos que são objetos do domínio no qual o STI está ensinando. Este modelo considera todos os passos necessários para resolver um problema. Um exemplo seria o tipo de diagnóstico e procedimentos que o enfermeiro tem que seguir enquanto estiver realizando uma punção intravenosa no paciente. Este modelo contém o conhecimento do objeto de aprendizagem em formato de regras, conceitos e estratégias de resolução de problemas do domínio a ser aprendida. Este modelo pode representar vários papéis: fonte de conhecimento, padrão para avaliar o desempenho do estudante ou para detecção de erros, etc. ([NKAMBOU; MIZOGUCHI; BOURDEAU, 2010](#)).

O modelo do estudante contém as descrições do conhecimento do estudante ou seu comportamento, incluindo suas dificuldades. Este módulo também identifica seus *misconceptions*, lacunas de conhecimento e o desempenho do aprendiz. Um estudante pode, por exemplo, acreditar que $2x+1$ resulta erroneamente em $3x$ (*misconception*). Neste módulo são armazenadas as características individuais de cada estudante. Este componente se preocupa com o estado cognitivo e afetivo do estudante e sua evolução, bem como o seu avanço no processo de aprendizagem. O processo de resolução de um problema pelo estudante é feito passo a passo e é chamado de “modelo de rastreamento” (ou *model tracing*, em inglês). Caso o estudante desvie do passo a passo da resolução correta (i.e. desvie do modelo de rastreamento) definido no modelo do especialista, o sistema detecta e lança um problema.

Este desvio sinaliza que o modelo pedagógico deve tomar medidas corretivas, tais como *feedback* ou instruções corretivas. Para isto, é necessário saber o que um tutor humano faria em tal situação. Este modelo seleciona as estratégias de ensino de acordo com as características do estudante, que são representadas no modelo do estudante ([WOOLF, 1992](#)). O modelo do tutoramento controla as informações e a sequência em que elas são passadas ao estudante, e

determina quando ele precisa de ajuda e qual tipo de ajuda é necessária. Por exemplo, o estudante ao aprender que o resultado de $3x - (-2 * 6)$ é $3x - (-12)$ pode solicitar orientação sobre o próximo passo. Para isso, o modelo pedagógico deve verificar se o estudante desviou das regras de solução e fornecer um *feedback* em tempo real.

A arquitetura do STI apresenta a separação dos modelos, trazendo grandes avanços à modelagem em ambientes educacionais, pois são separadas as características do domínio de sua utilização (manipulação) pelo tutor e estudante (WOOLF, 2010b). Entretanto, a sua modelagem é uma tarefa complexa, devido ao desenvolvimento integrado dos três módulos fundamentais e com tarefas concomitantes (CARBONELL, 1970; SELF, 1998).

O design dos STI tradicionais é baseado em dois aspectos considerados fundamentais para a aprendizagem (EVERSON, 1995). Primeiro, a instrução individualizada por um tutor computacional pode ser considerada superior à aprendizagem de sala de aula, pois tanto o conteúdo quanto o estilo de instrução podem ser continuamente adaptados para melhor atender às necessidades de cada estudante. Segundo, os estudantes aprendem melhor em situações que se aproximam das situações em que eles usarão seus conhecimentos, ou seja, aprenderão fazendo, falhando e cometendo erros, construindo seu conhecimento com uma assistência mais individualizada.

2.3 Funcionamento

De acordo com Vanlehn (2006a), o funcionamento de um STI ocorre por meio das iterações internas chamadas de *inner loop* e externas chamadas de *outer loop*. Por meio do *outer loop*, as tarefas são selecionadas, enquanto o *inner loop* é responsável pela assistência dada nos passos das tarefas. Cada iteração do *outer loop* pode ter várias iterações do *inner loop*. O funcionamento pode ser visualizado na Figura 5.

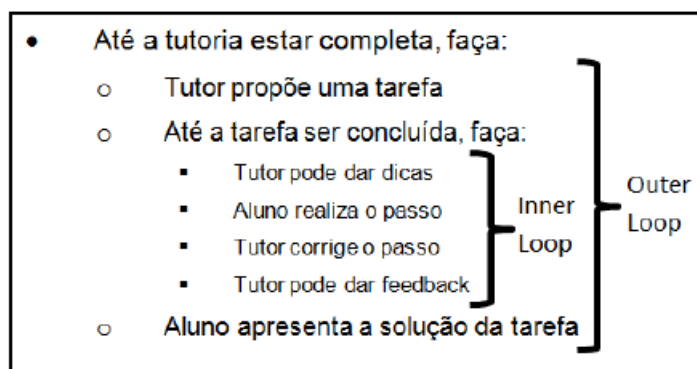


Figura 5 – Funcionamento de um STI (adaptado de Vanlehn (2006a))

2.3.1 *Outer loop*

O *outer loop* tem como objetivo selecionar os exercícios de forma inteligente para o estudante. Para isto, são utilizadas quatro estratégias: seleção, fixa, aprendizagem do domínio e microadaptação. A estratégia de seleção permite ao estudante escolher o próximo exercício por meio de um menu, enquanto a estratégia fixa atribui exercícios ao estudante de maneira previamente definida. A estratégia de aprendizagem de domínio (ou *mastery learning*) consiste em fornecer ao estudante uma sequência de níveis de dificuldade. Para que o estudante esteja apto a passar para o próximo nível, é preciso que o estudante tenha dominado o nível atual. A estratégia de microadaptação (ou *macroadaptation*) é mais complexa que as anteriores, fornecendo instruções mais personalizadas. Para isso, o sistema possui conhecimento sobre as unidades de conhecimento exigidos em cada exercício e uma estimativa sobre compreensão do estudante sobre os mesmos. Assim, o módulo do tutor é capaz de selecionar os exercícios que os estudantes dominam e não dominam, além de escolher materiais em que os especialistas consideram adequados para corrigir as *misconceptions*.

2.3.2 *Inner loop*

O *inner loop* é responsável por acompanhar os passos do estudante na resolução de um exercício. Vanlehn (2006a) propõe que o *inner loop* deve possuir os seguintes principais serviços:

- **Dicas:** Podem ser solicitadas pelo estudante ou fornecidas automaticamente pelo tutor. Elas também podem ser específicas e detalhadas ou também podem ser mais genéricas.
- **Feedbacks:** São apresentados aos estudantes após a execução de um passo do estudante. O seu conteúdo pode ser mínimo (apresentando se o passo está correto ou incorreto) ou podem ser específicos (indicando o que levou o estudante a errar e exibir orientações). Os *feedbacks* podem ser imediatos (exibidos logo após a execução do passo do estudante), atrasados (exibidos depois de um determinado tempo após a execução do passo), sob demanda (quando o estudante solicitar) ou por políticas mais complexas, como por exemplo, dependente da competência do estudante sobre os conhecimentos envolvidos na tarefa.
- **Avaliação do conhecimento:** ela pode ser superficial, avaliando a competência geral do estudante, ou mais específica, que avalia um componente específico sobre o conhecimento adquirido pelo estudante.
- **Revisão da solução:** Alguns tutores podem não possuir o fornecimento de dicas ou *feedbacks* durante o uso do sistema, por serem considerados intrusivos durante a solução de um exercício. Desta forma, o sistema pode iniciar um diálogo com o estudante sobre determinados passos realizados pelo estudante após a entrega da solução do exercício.

2.4 PAT2Math

O PAT2Math (*Personal Affective Tutor to Math*) é um STI que auxilia no ensino de equações de 1º e 2º grau. Esse sistema é capaz de corrigir cada passo da resolução do problema apresentado pelo estudante, fornecer dicas e *feedback* sobre o seu progresso (JAQUES *et al.*, 2013).

Além disso, o PAT2Math possui um editor de álgebra chamado PATEquation, desenvolvido em JavaScript e HTML5 e é responsável pela comunicação entre o estudante e o STI (JAQUES *et al.*, 2013). Por meio deste editor, o estudante é capaz de visualizar as equações na interface gráfica, resolver as equações propostas, acessar dicas e *feedbacks*. A Figura 6 apresenta a interface do PATEquation, sendo: 1) lista de exercícios disponibilizadas na interface gráfica por meio de planos de aula; 2) *feedback* curto é apresentado quando o estudante erra; 3) dicas disponibilizadas ao estudantes quando solicitadas; 4) equação a ser resolvida; 5) passos da equação fornecidas pelos estudantes e; 6) *feedback* sobre a correção de cada passo.

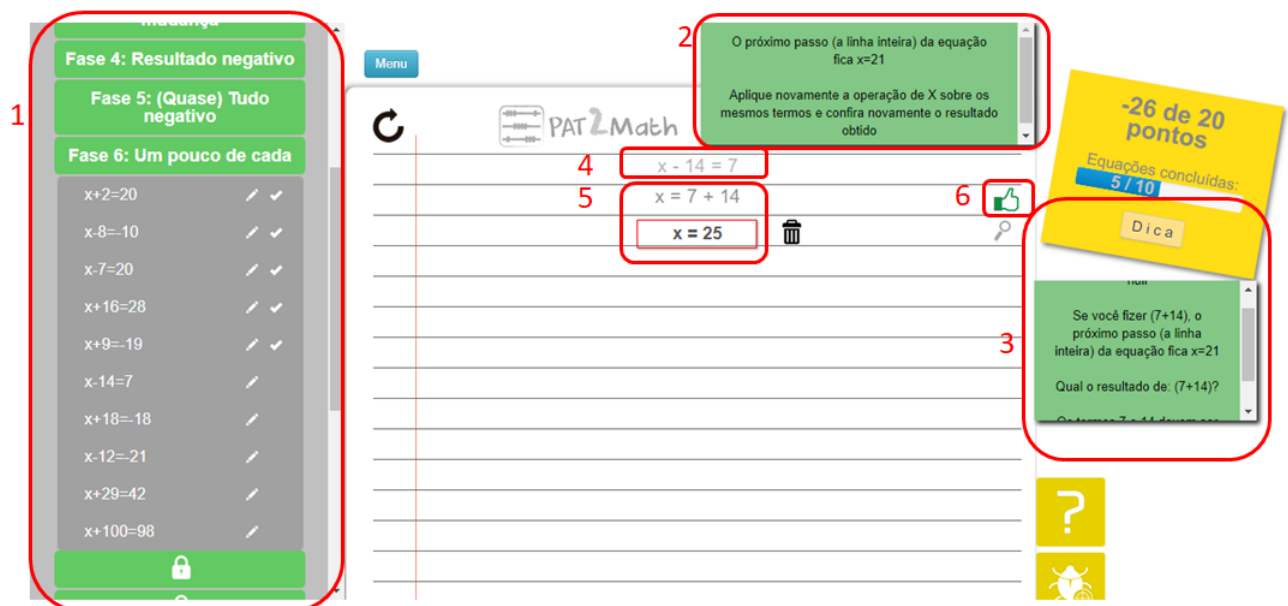


Figura 6 – Tela do PAT2Math

O PATEquation corresponde ao *inner loop* do STI, sendo responsável por receber os passos da equação fornecida pelos estudantes, receber dicas e *feedback* para esses passos. No *outer loop*, as tarefas são disponibilizadas pelo tutor humano e selecionadas pelo estudante em listas de planos de aula. O sistema também possui um módulo especialista, que resolve as equações de 1º e 2º graus, corrige cada passo da resolução fornecido pelo estudante, identificando as unidades de conhecimento utilizadas e *misconceptions* dos estudantes. Além disso, o sistema possui o histórico de resolução de passos, que infere conhecimento algébrico do estudante através de Redes Bayesianas Dinâmicas (SEFFRIN *et al.*, 2016).

2.5 Emoções e o processo gerador da emoção

Não há um consenso de definições sobre emoção. Para [FURTADO, BOCK e TEIXEIRA \(1999\)](#), as emoções são acompanhadas de reações intensas e breves do organismo em resposta a um acontecimento. Estas reações orgânicas na emoção fogem do controle do indivíduo. Quando as emoções são expressas, é possível observar a relação entre os afetos e a expressão corporal. Para [Reeve \(2000\)](#), [Damásio \(2015\)](#) e [Cezar e Jucá-Vasconcelos \(2017\)](#), a emoção é um momento de tensão em um ser e todas as respostas relativas à emoção são descargas emocionais.

Segundo [Scherer \(2005\)](#), as emoções são definidas como respostas às situações que são percebidas como relevantes para avaliação de um evento interno ou externo de maior importância. Raiva, tristeza, alegria, medo, vergonha, orgulho e desespero são exemplos de emoções.

De acordo com [Reeve \(2000\)](#), as emoções são fenômenos expressivos, possuindo curta duração. Para [Perls \(2002\)](#), nenhuma emoção ocorre sem que seus componentes fisiológicos e psicológicos entrem em ação. Portanto, as emoções são expressivas e observáveis pelos outros ([DAMÁSIO, 2015; FURTADO; BOCK; TEIXEIRA, 1999](#)), além de serem fortes, passageiras e mutáveis.

[Scherer \(2005\)](#) aponta a existência de cinco componentes para que haja um estado emocional: cognição, sintomas físicos (componentes neurológicos), motivação, expressão motora e experiência subjetiva ou sentimento. O componente cognição avalia os objetos e eventos que se manifestam no mundo externo. O componente neurológico surge para a regulação do organismo. O objetivo do componente motivacional é preparar e direcionar ações. A função da expressão motora é manifestar a reação e a sua intenção correspondente e, por fim, a experiência subjetiva monitora o estado do organismo frente à sua interação com os eventos e objetos.

As emoções são compostas por esses cinco componentes que interagem entre si, sendo que cada um contribui de forma determinante e diferenciadora para a emoção a ser experimentada pelo indivíduo. Em conjunto, eles constituem o Modelo Geral do Processo de Regulação Emocional, referente ao processo gerador da emoção ([BARRETT *et al.*, 2007; GROSS, 1998](#)), representado na Figura 7.



Figura 7 – Processo gerador das emoções (adaptado de [Gross e Thompson \(2007\)](#), p.5)

O processo de geração da emoção inicia-se a partir da situação vivenciada pelo indivíduo, que gera uma atenção por parte dele. Como resultado, há uma ativação fisiológica à qual o indivíduo atribui um significado particular que constitui uma avaliação feita por este ([LAZARUS,](#)

1966; WERNER; GROSS, 2010), de acordo com a familiaridade, valência e relevância da situação, além de seus objetivos pessoais, suas crenças e valores culturais, que resulta em uma resposta flexível (GROSS; THOMPSON, 2007). Essa avaliação que o indivíduo faz e que gera a emoção é chamada de *appraisal* (SCHERER, 1999; SCHERER, 2001). Esta resposta é maleável, não seguindo um rumo fixo e inevitável, possibilitando interromper a emoção atual. A maleabilidade da emoção tem sido enfatizada desde que as emoções foram vistas como tendências de resposta que podem ser modeladas de diversas formas, salientando assim a possibilidade de regulação emocional.

As respostas emocionais geradas pela avaliação, envolvem mudanças no sistemas de resposta emocional, comportamental e fisiológica a (MAUSS *et al.*, 2005). Essas respostas frequentemente mudam a situação que deram origem à primeira resposta e, posteriormente, alteram a probabilidade das emoções subsequentes (GROSS, 2008), apresentada na Figura 7 e representada pela seta F. A Figura 8 apresenta o processo em forma espiral, em que a emoção resultante modifica a próxima situação que o indivíduo vivenciará.

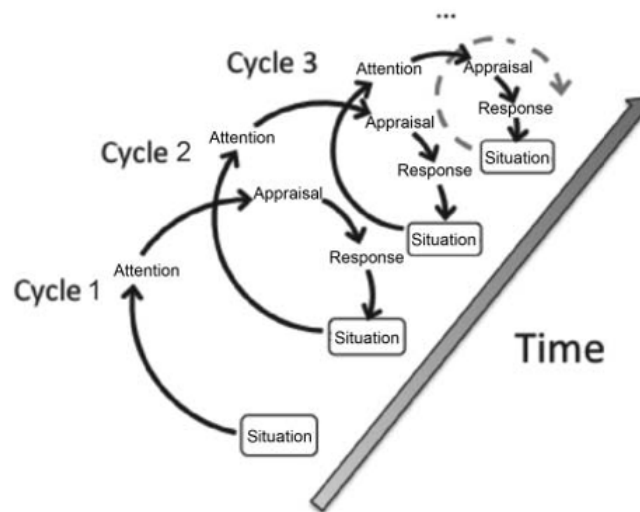


Figura 8 – Processo gerador das emoções em formato espiral, para mostrar que se estende ao longo do tempo (adaptado de Gross (2008))

Nem todos os autores concordam que é possível distinguir a emoção da regulação emocional (e.g. (KAGAN, 1994; STANSBURY; GUNNAR, 1994)). No entanto, Thompson (1994) e Cole, Martin e Dennis (2004) defendem que em uma reação emocional uma emoção específica é ativada (e.g. alegria, raiva ou tristeza), enquanto a regulação emocional é o processo que influencia significativamente a sua qualidade, intensidade, timing e outras características dinâmicas, com objetivo de tentar modificar a emoção atual para uma desejada, em benefício próprio.

2.5.1 Diferenciando emoções de outros estados afetivos

Há uma variedade de níveis afetivos, que são frequentemente chamados de emoções na literatura, como por exemplo, gostar, amar e desdendo. Para Scherer (2005), esses três tipos de estados afetivos devem ser distinguidos apropriadamente da emoção, como: preferências, atitudes e posições interpessoais. Diante do exposto, Scherer (2005) sugere que a emoção possui as seguintes características para ser diferenciada de outros estados afetivos:

- **Evento:** A literatura sugere que as emoções são geralmente provocadas por um estímulo. Estes estímulos podem estar conectados de alguma maneira a algum evento, externo (e.g. trovão de uma tempestade) ou interno (e.g. memórias do passado).
- **Avaliação conduzida (*Appraisal driven*):** Ao acontecer um estímulo (i.e. evento) e suas consequências, o indivíduo avalia a sua relevância. Para Frijda (1986) e Scherer (1984), as emoções podem ser vistas como detectores de relevância. A relevância é determinada por um processo avaliativo complexo e rápido, que pode ocorrer em vários níveis de processamento. Este processo avaliativo pode ser automático ou implícito, sendo proposicionais ou conscientes (LEVENTHAL; SCHERER, 1987; REEKUM; SCHERER, 1997).
- **Sincronização de resposta:** Este componente da emoção também implica nas funções adaptativas da emoção. Isto significa as respostas são correspondentes à avaliação do indivíduo ao encarar os estímulos. Scherer (2005) acredita que este componente é uma das características importantes da emoção, pois é um princípio que pode ser operacionalizado e mensurado empiricamente.
- **Rapidez da mudança:** Os eventos e a avaliação destes por parte dos indivíduos podem mudar rapidamente, frequentemente por causa de uma nova informação ou devido a reavaliações. Como a avaliação impulsiona as adaptações das mudanças emocionais e provavelmente mude rapidamente também as consequências. Os processos emocionais sofrem constantes modificações, permitindo o rápido ajuste a alterações de circunstâncias e avaliações.
- **Impacto comportamental:** As emoções impactam nas ações adaptativas e motivacionais. Nesse sentido, as emoções têm um forte efeito sobre o comportamento, podendo fazer com que o indivíduo interrompa um comportamento em curso e tenha outro comportamento, com novas metas e planos.
- **Intensidade:** As respostas e as experiências de um indivíduo dadas a um estímulo podem resultar em um estímulo relativamente alto. Este componente pode ser utilizado para distinguir emoções de humor, por exemplo.
- **Duração:** As emoções são relativamente curtas para não sobrecarregar os recursos do organismo e permitir uma flexibilidade comportamental. Em contraste, uma baixa intensi-

dade tem pouco impacto no comportamento e pode manter as emoções por períodos de tempo mais longos sem mostrar adversos efeitos.

2.6 Emoções e Aprendizagem

Os estudantes frequentemente experimentam emoções durante o aprendizado. Por exemplo, os estudantes podem ficar empolgados durante a aprendizagem, buscam pelo sucesso, sentem orgulho de suas realizações, ficam surpresos ao descobrir uma nova solução, sentem ansiedade sobre falhar nos testes, sentem-se envergonhados com uma nota baixa ou sentem tédio durante as aulas (DWECK, 2013). Além disso, as emoções sentidas na sua vida particular podem ser trazidas e impactar durante as aulas (PEKRUN; LINNENBRINK-GARCIA, 2012).

Todas essas emoções podem ter um importante impacto no aprendizado e realizações do estudante. As emoções controlam a atenção dos estudantes, influenciam as motivações deles em aprender, modificam uma escolha das estratégias de aprendizagem e a regulação da emoção durante aprendizado. Além disso, as emoções são uma parte da identidade dos estudantes e afeta o desenvolvimento da personalidade, suas crenças, saúde psicológica e física (DWECK, 2013).

Os estudantes experimentam muitas emoções durante as aulas, durante o estudo e durante os testes e exames. Essas emoções podem ser positivas ou negativas e podem ser intensas e frequentes. Algumas dessas emoções são trazidas da vida particular de cada estudante. Muitos deles, no entanto, originam-se dentro do ambiente escolar. Pekrun e Linnenbrink-Garcia (2012) lista quatro tipos de emoções acadêmicas que são especialmente relevantes para a aprendizagem dos estudantes (BARRETT; LEWIS; HAVILAND-JONES, 2016; WEINER, 2007):

- *Emoções de conquistas*: relacionam-se com as atividades de realização de sucesso e fracasso. Por exemplo, prazer em aprender, orgulho do sucesso, e ansiedade e vergonha relacionadas ao fracasso. As emoções de conquista são mais presentes em ambientes acadêmicos, especialmente quando a importância de sucesso e fracasso é claro para os estudantes.
- *Emoções cognitivas*: são emoções desencadeadas por problemas cognitivos, como surpresa sobre uma nova tarefa; curiosidade, confusão e frustração sobre obstáculos; e satisfação quando o problema é resolvido. As emoções cognitivas são especialmente importantes no aprendizado de novas tarefas não rotineiras.
- *Emoções de tópico*: referem-se aos tópicos apresentados nas lições. Exemplos são empatia com o destino de um dos personagens retratados em um romance, ansiedade e nojo ao lidar com questões médicas, ou apreciação de uma pintura discutida em um curso de arte. Ambas emoções positivas e negativas sobre tópicos podem desencadear o interesse dos estudantes material de aprendizagem.

- *Emoções sociais*: são emoções resultantes da interação entre professor-aluno ou na aprendizagem em grupo, podendo ser, simpatia, compaixão, admiração, desprezo, inveja, raiva ou ansiedade social.

As emoções listadas acima podem ter uma forte influência na aprendizagem e realização. Portanto, é importante que os professores compreendam e saibam lidar com as emoções vivenciadas pelos estudantes. Essas emoções podem ser classificadas como positivas e negativas. Enquanto as emoções positivas favorecem o aprendizado (Seção 2.6.1), as negativas podem bloquear os estudantes a aprenderem os conceitos (BARRETT; LEWIS; HAVILAND-JONES, 2016; DWECK, 2013). Quando as emoções negativas são reguladas, o aprendizado não é prejudicado (Seção 2.6.2).

2.6.1 *Emoções positivas*

Emoções positivas são agradáveis de vivenciar e os estímulos para gerar essas emoções podem ser variados. Elas podem ser categorizadas em emoções positivas ativas - enquanto são sentidas, elas aumentam alguns parâmetros fisiológicos (e.g. aumento da frequência cardíaca) e emoções positivas de relaxamento - que diminui a frequência cardíaca. No aspecto educacional, as emoções positivas influenciam a aprendizagem, afetando a atenção, motivação e o uso de estratégias de aprendizagem (D'MELLO *et al.*, 2012; LINNENBRINK, 2007; PEKRUN *et al.*, 2002).

Com a ativação das emoções positivas, como prazer de aprender, o interesse e a motivação dos estudantes podem aumentar. Essas emoções ajudam a memorização e avaliação positiva das tarefas em como resolvê-las. Entretanto, as emoções de relaxamento e alívio podem reduzir qualquer motivação do estudante em continuar fazendo esforço, porém podem motivar a começar um novo material mais tarde (DWECK, 2013). Além disso, as emoções positivas ajudam o estudante a utilizar estratégias de aprendizagem flexíveis, criativas e profundas, tais como relacionar o material aprendido com o material de outros assuntos, organizar o material e o pensamento crítico.

2.6.2 *Emoções negativas*

Emoções negativas são experimentadas como desagradáveis e podem variar em termos de ativação fisiológica e cognitiva (estímulo e intensidade) (DWECK, 2013). Ansiedade, raiva e vergonha são emoções negativas ativas, enquanto falta de esperança e tédio são emoções negativas desativas. Por exemplo, ansiedade faz o coração bater mais rápido, enquanto o tédio reduz esses sinais de estímulo. As emoções negativas também influenciam o aprendizado afetando atenção dos estudantes, motivação e uso de estratégias de aprendizagem (BOEKAERTS, 1994; TURNER; SCHALLERT, 2001; ZEIDNER, 1998).

As emoções negativas distraem os estudantes no aprendizado. Por exemplo, a ansiedade em falhar em um exame leva a preocupação com o fracasso, reduzindo assim a atenção (DWECK, 2013). Da mesma forma, o tédio durante as aulas leva os estudantes a se distraírem e pensar em outras coisas não relacionadas à matéria. Além de reduzir a atenção, as emoções negativas podem enfraquecer o aprendizado e a realização das tarefas (TURNER; SCHALLERT, 2001).

No aspecto motivacional, os efeitos das emoções negativas são variáveis. A ansiedade e a vergonha reduzem o interesse e a motivação intrínseca, além de induzir o estudantes a evitar obstáculos e reduzir o esforço nas tarefas, especialmente se o estudante estiver esperando ter sucesso (ZEIDNER, 1998). Emoções cognitivas, como a confusão sobre um problema difícil, pode aumentar a motivação, desde que o estudante ainda espera resolver o problema. Em contraste, as emoções como falta de esperança e tédio geralmente reduzem a motivação dos estudantes em aprender (TURNER; SCHALLERT, 2001).

E, por fim, a ansiedade e vergonha podem facilitar o uso de estratégias de aprendizagem superficiais como a memorização do material didático. Qualquer outras emoções negativas, podem reduzir o uso de qualquer estratégias e promovem o processamento superficial das informações (DWECK, 2013).

Pesquisas indicam que as emoções negativas podem impedir a aprendizagem dos estudantes. Ansiedade, falta de esperança ou tédio durante o aprendizado, podem levar os estudantes a dar pouca atenção, evitar o esforço, procrastinar em realizar tarefas, falhar em exames e abandonar a escola ou exercício (DWECK, 2013). As emoções são um fator importante, porque muitos estudantes não aproveitam seu potencial e deixam de buscar conhecimento.

Desta forma, é interessante evitar que os estudantes sintam emoções negativas a fim de impedir problemas acadêmicos, principalmente se ocorrerem com alta intensidade e frequência. No entanto, algumas emoções que são consideradas negativas nem sempre podem ser evitadas durante a aprendizagem e podem ser usadas produtivamente, se forem bem adaptadas (D'MELLO; PICARD; GRAESSER, 2007; D'MELLO *et al.*, 2012). As emoções menos intensas de confusão, ansiedade, raiva ou vergonha podem promover a aprendizagem se os estudantes são confiantes de seu sucesso. Aumentar a confiança dos estudantes na sua capacidade de resolver problemas, concentrar seus objetivos em dominar o material didático e considerar os erros dos estudantes como novas oportunidades para aprender em vez de falhas pessoais, podem ser estratégias para melhorar o aprendizado (DWECK, 2013).

2.7 Personalidade e o gerenciamento das emoções

Cattell e Cattell (1995) e Allport e Leite (1966) definem a personalidade como o conjunto de características psicológicas que determinam a maneira de pensar, sentir e agir de um indivíduo. A personalidade é vista como um fator relativamente estável, que consiste em traços únicos, disposição ou características de um indivíduo, que pode mostrar algumas medidas consistentes

sobre o seu comportamento (FEIST; FEIST, 2006).

A teoria da personalidade tem como objetivo organizar o conhecimento a respeito da personalidade, classificando as pessoas com características parecidas em determinados grupos. Há várias abordagens que entendem a teoria da personalidade como abordagem psicodinâmica, abordagem humanista, abordagem da teoria de aprendizagem, abordagem cognitiva, abordagem sócio cognitiva e abordagem dos traços (PERVIN; JOHN, 1999). Diferentemente das outras, a **abordagem dos traços** enfatiza as características de personalidade relativamente estáveis em diferentes situações. Traços são padrões constantes do comportamento, sentimento e pensamento de um indivíduo. Muitos pesquisadores que seguem esta abordagem usam técnicas estatísticas para determinar traços básicos que existem na personalidade de um indivíduo (PERVIN; JOHN, 1999).

Para Pervin e John (2009), os traços de personalidade possuem três finalidades importantes: (i) eles podem ser usados para prever ou explicar a conduta de uma pessoa, sendo uma maneira econômica para resumir o modo como os indivíduos diferem; (ii) permitem prever o comportamento futuro de um indivíduo; e (iii) sugere a explicação do comportamento do indivíduo.

De acordo com Feist e Feist (2006), o estudo dos traços de personalidade foi primeiramente iniciado por Allport e Odbert na década de 1930, continuado por Cattell na década de 1940 e por Tupes, Christal e Norman na década de 1960. Baseado em estudos em linguagem natural, Allport e Odbert (JAQUES; NUNES, 2013), selecionaram 17.953 palavras, entre traços comuns e individuais. A maioria destas palavras eram adjetivos que descreviam traços de personalidade, como agressivo e sociável. Além disso, Allport e Odbert estimaram a personalidade de cada indivíduo com base na similaridade que a pessoa demonstre em comparação com outras pessoas; porém, os níveis de cada traço de personalidade podem ser diferentes para cada indivíduo. Por exemplo, uma pessoa pode possuir um nível baixo no traço de “extroversão”, caracterizando-se como uma pessoa introvertida. Entretanto, outra pessoa que possuir um nível alto no traço de “extroversão”, pode ser considerada extrovertida. Posteriormente, Cattell (JAQUES; NUNES, 2013) desenvolveu a Teoria de Traço Fatorial-Analítica, reduzindo a lista de Allport e Odbert para 171 adjetivos, que foram agrupados em 35 pares bipolares. Em 1963, Norman (PERVIN; JOHN, 1999) realizou uma pesquisa usando análise fatorial e encontrou cinco fatores básicos da personalidade. De acordo com o Modelo dos Cinco Grande Fatores (CGF) dos traços, também conhecido como *Big Five*, a personalidade é descrita como uma forma de cinco maiores dimensões (MCCRAE; JOHN, 1992).

2.7.1 Os Cinco Grande Fatores (CGF)

Para Nunes e Hutz (2007), o interesse pelo modelo dos CGF é devido à grande evidência de sua universalidade e aplicabilidade em diferentes contextos. O modelo dos CGF de personalidade é um modelo medido em dois polos. O polo de rótulo consiste nas características

principais da personalidade, de quem possui uma alta pontuação. No polo oposto estão as características antagônicas, em que o indivíduo possui uma baixa pontuação (MCCRAE, 2006). As cinco dimensões básicas são a Abertura à Experiências, Realização, Extroversão, Amabilidade e Neuroticismo, sendo descritas a seguir:

- **Abertura à Experiências:** indivíduos que possuem alta pontuação nessa dimensão são caracterizados pela originalidade, curiosidade, grande interesse e por complexidade mental. Entretanto, indivíduos com baixa pontuação nessa dimensão são superficiais, comuns ou simples (FRIEDMAN, 2004).
- **Realização:** a alta pontuação nessa dimensão refere-se a um indivíduo focado, organizado e independente, que se esforça para alcançar seus objetivos. São dignos de confiança, cautelosos e responsáveis. Nesse fator, é característico o controle de impulsos (FRIEDMAN, 2004). Por outro lado, indivíduos com baixa pontuação nessa dimensão são caracterizados por serem desorganizados, descuidados e pouco confiáveis (BENET-MARTINEZ; JOHN, 1998)
- **Extroversão:** os indivíduos extrovertidos tendem a ser entusiasmados, dominantes, sociáveis, ativos tanto físico quanto verbalmente. Por outro lado, os introvertidos tendem a ser retraídos, distantes, submissos e quietos (FRIEDMAN, 2004). McCrae (2006) aponta que os indivíduos extrovertidos são alegres, agitados e que possuem emoções positivas, enquanto os indivíduos tímidos são sérios, inibidos e mostram necessidade de solidão.
- **Amabilidade:** também é comumente chamado de “Sociabilidade”. Os indivíduos com alta pontuação nessa dimensão possuem tendência em se preocupar com o bom relacionamento social. Uma pessoa com este traço é empática, agradável, amável, gosta de ajudar e confiável (FRIEDMAN, 2004); elas não são pessoas autocentradas. Indivíduos com classificação baixa nessa dimensão podem ser frios e indelicados (BENET-MARTINEZ; JOHN, 1998).
- **Neuroticismo:** também conhecido como “Instabilidade emocional”. Os indivíduos com alta pontuação nessa dimensão são nervosos, altamente sensíveis, tensos e preocupados. Essa dimensão é o oposto da estabilidade emocional, tendo mais experiência de emoções negativas, incluindo ansiedade, melancolia, vergonha, tristeza e tensão (BENET-MARTINEZ; JOHN, 1998). Por outro lado, indivíduos com baixa pontuação nessa dimensão são satisfeitos e calmos (FRIEDMAN, 2004).

Nunes (2012) apresenta um quadro (Quadro 1) com os diversos adjetivos relacionados aos traços individuais que descrevem indivíduos com a descrição do polo do rótulo e polo oposto em cada fator.

Soric, Penezic e Buric (2013), interessados em perceber como os cinco fatores da personalidade, a capacidade de controle cognitivo e a capacidade de gerenciamento das emoções

Tabela 1 – Adjetivos relacionados aos Cinco Grandes Fatores (Adaptado de Nunes (2012))

| | Extroversão | Amabilidade | Realização | Neuroticismo | Abertura |
|----------------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|
| Polo do rótulo | Ativo | Altruísta | Confiável | Ansioso | Artístico |
| | Aventureiro | Amigável | Consciente | Apreensivo | Curioso |
| | Barulhento | Carinhoso | Eficiente | Emotivo | Engenhoso |
| | Energético | Confiante | Minucioso | Instável | Esperto |
| | Entusiástico | Cooperativo | Organizado | Nervoso | Imaginativo |
| | Exibido | Gentil | Prático | Preocupado | Inteligente |
| | Sociável | Sensível | Preciso | Temeroso | Original |
| | Tagarela | Simpático | Responsável | Tenso | Sofisticado |
| Polo oposto | Acanhado | Antipático | Desatento | Calmo | Comum |
| | Introvertido | Brigão | Descuidado | Contido | Simple |
| | Quieto | Bruto | Desorganizado | Estável | Superficial |
| | Reservado | Crítico | Distraído | Indiferente | Tolo |
| | Silencioso | Frio | Imprudente | Sereno | Trivial |
| | Tímido | Insensível | Irresponsável | Tranquilo | Vulgar |

que são experienciadas nas atividades de aprendizagem se relacionam, desenvolveram uma investigação com 500 jovens e verificaram que os estudantes que apresentaram valores elevados de “Extroversão” manifestavam vivenciar um pouco menos de humilhação e ansiedade em situações acadêmicas. Níveis mais altos de “Amabilidade”, “Conscienciosidade” e “Estabilidade Emocional” estavam associados a menor frequência de emoções negativas.

Assim, considerando que é a personalidade (características) que nos define e distingue enquanto pessoa, assume-se que é nela que se encontram as explicações para as diferenças observadas nos comportamentos manifestados em domínios tão profundos e complexos, como o tempo que um indivíduo tolera em sentir determinadas emoções. Se cada um possui formas de pensar, agir e sentir diferentes, compreende-se que também haja diferenças no tipo de estratégias utilizadas para regular e adequar as suas emoções às circunstâncias (SCHMEICHEL; VOLOKHOV; DEMAREE, 2008; TURLIUC; BUJOR, 2013). Alguns estudos apontam a existência de uma associação positiva entre traços da personalidade e o tempo de tolerância em sentir uma emoção (D’MELLO; GRAESSER, 2012; REIS; JQUES; ISOTANI, 2017), indicando que determinadas características influenciam no tempo de permanência em uma emoção. No entanto, uma questão permanece: como especificamente a personalidade e o conhecimento prévio dos estudantes afetam o tempo de permanência em um estado de confusão?

Para verificar a relação do tempo de permanência em estado de confusão com a personalidade dos estudantes e seu conhecimento prévio sobre problemas de aprendizagem, desenvolvemos um experimento com estudantes do ensino superior de três universidades públicas brasileiras. Este estudo foi realizado em mais de 70 horas e envolveu 30 estudantes distribuídos aleatoriamente, 2 instrutores e 2 codificadores, que analisaram o conhecimento prévio da álgebra e a personalidade dos estudantes. Esses estudantes também foram solicitados a resolver problemas de álgebra em um ambiente de aprendizado de computador. Os resultados obtidos podem

ser usados para auxiliar detectores de emoção, sendo uma maneira menos invasiva e de baixo custo (SHANABROOK; ARROYO; WOOLF, 2012). Além disso, esta abordagem pode apoiar modelos de regulação emocional, gerenciando as emoções negativas e apoiando os estudantes a sentirem emoções positivas, antes que tornem-se frustração ou tédio. Mais detalhes desse estudo será apresentado no Capítulo 4.

REGULAÇÃO EMOCIONAL EM SISTEMAS EDUCACIONAIS: UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

Como apresentado no capítulo anterior, existe uma associação entre os traços de personalidade e o tempo de tolerâncias para emoções negativas. Os estudantes que possuem traço de personalidade de neuroticismo e com pouco conhecimento prévio, possuem menos tolerância a permanecer por longo período de tempo na confusão. Desta forma, a regulação emocional é necessária, para que os estudantes evitem que a confusão se transforme em frustração e posteriormente tédio. A forma como cada indivíduo reage emocionalmente aos estímulos depende de características intrapessoais (e.g. habilidades sociais, personalidade, temperamento ou gênero) e devem ser consideradas no momento da regulação (RODRIGUES; GONDIM, 2014), dentro de um sistema computacional educacional.

Para evitar que o aluno sinta emoções negativas e vivencie mais emoções positivas durante o aprendizado, diversas pesquisas têm focado na regulação emocional durante o ensino com o suporte computacional (ARGUEDAS; DARADOUMIS; XHAFA, 2016). A regulação emocional pode ser definida como um processo pelo qual uma pessoa modifica a experiência de expressão emocional para promover bem estar pessoal. A regulação, aliada com o suporte computacional, pode produzir emoções mais otimistas, além de um melhor ganho de aprendizado (MALEKZADEH; MUSTAFA; LAHSASNA, 2015; D’MELLO; PICARD; GRAESSER, 2007; CALVO; D’MELLO, 2010).

Com o intuito de apresentar uma visão geral sobre as pesquisas que investigam a regulação emocional em ambientes educacionais computacionais, foi realizado um mapeamento sistemático¹ das pesquisas existentes nos veículos brasileiros oficiais de divulgação científica

¹ O mapeamento sistemático é uma metodologia que envolve a busca por literatura a fim de verificar a natureza, a extensão e a quantidade de estudos publicados (chamados de estudos primários) (PETERSEN

na área (CBIE, RBIE e Renote) e internacionais (IEEEExplore, ACM Digital Library, Scopus, Elsevier (via Science Direct) e Springer Link (via ScienceDirect)).

O objetivo deste capítulo é analisar as pesquisas na área da regulação emocional em ambientes educacionais computacionais, identificando quais teorias e estratégias de regulação emocional vêm sendo utilizadas, como são usadas dentro desses sistemas, qual a forma de interação e quais os tipos de ambientes computacionais empregados. Além disso, espera-se identificar como as emoções são detectadas e em quais disciplinas a regulação emocional tem sido empregada.

3.1 Definição

O campo de pesquisa em regulação emocional surgiu em meados da década de 1990 e o número de pesquisas na área vem aumentando desde então (GROSS, 1998; KOOLE, 2009). Conforme apresentado na Figura 9 (GROSS, 2015), um pequeno número de artigos científicos sobre regulação emocional foram publicados na década de 1990. Duas décadas depois, o número de trabalhos publicados nessa área aumentou consideravelmente. No ano de 2013, o Google Scholar indexou muito mais de 10.000 artigos publicados sobre a regulação emocional (Gross (2015) comparou o número de artigos em regulação emocional com o número de publicações no tema de "controle mental").

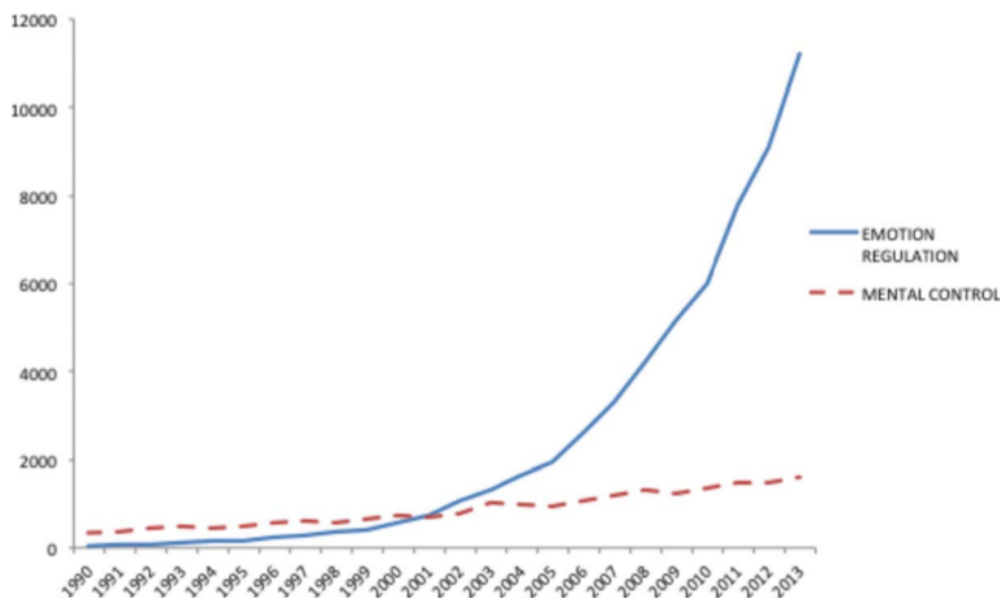


Figura 9 – Citações de regulação emocional. Número de publicações contendo a frase exata “regulação emocional” no Google Scholar a cada ano de 1990 a 2013 (linha sólida). Este não é um gráfico cumulativo - cada ponto de dados representa citações de um ano. Para fins de comparação, o número de publicações contendo a expressão exata “controle mental” também é fornecido para o mesmo período (linha tracejada) (Adaptado de Gross (2015)).

Apesar da abordagem de regulação emocional ser relativamente nova no campo da emoção, a preocupação com essa área é antiga. A regulação da emoção tem sido foco de estudos das defesas psicológicas (FREUD, 1936), do estresse e do enfrentamento (LAZARUS, 1993) e da autorregulação (GROSS, 2008). Além disso, a regulação emocional vem ganhando importância em outras disciplinas, como economia, saúde, **educação**, negócios e sociologia (GROSS, 2015).

Pela complexidade inerente ao conceito de emoção, a regulação emocional é dificilmente definida (COLE; MARTIN; DENNIS, 2004). Os conceitos sobre regulação emocional centram-se tipicamente nos conteúdos (componentes da regulação emocional), função (atividades envolvidas) e nos processos (como acontece) (KOPP, 1989). De acordo com Gross e Thompson (2007), a regulação emocional pode referir-se ao gerenciamento realizado pelas emoções em outros processos, tais como o pensamento, fisiologia ou o comportamento, ou à forma como as emoções são reguladas.

De modo geral, a regulação emocional constitui um conjunto de processos de diferentes níveis, comportamental, biológico e cognitivo, que emergem em resposta a alterações significativas no estado emocional causadas por fatores internos ou externos (FOX; CALKINS, 2003). É a capacidade de lidar com as emoções de forma controlada ou automática, indicando quando e quais emoções as pessoas expressam ou sentem (GROSS, 2008). Esse processo é uma tentativa do indivíduo se adaptar melhor ao estímulo, sendo capaz de manejar a emoção quanto ao tempo de duração, magnitude e latência. Por exemplo, caso um indivíduo esteja em situações indesejáveis, a regulação emocional pode evitar sofrimentos. Caso o indivíduo esteja experimentando sensações de bem-estar, a regulação emocional será ativada a fim de manter a situação agradável (RODRIGUES; GONDIM, 2014).

3.2 Modelo Processual da Regulação Emocional

Para Gross e Thompson (2007), o processo gerador das emoções, apresentado na Seção 2.5, é uma sequência de processos envolvidos no desenvolvimento das emoções, em que cada um dos pontos é um potencial alvo de regulação. Gross (1998) desenvolveu um modelo processual da regulação emocional, que consiste em cinco estratégias em que os indivíduos podem regular suas emoções, sendo elas: seleção da situação, modificação da situação, modificação do foco atencional, mudança cognitiva e modulação da resposta. Essas estratégias específicas podem ser localizadas ao longo de uma linha temporal do processo emocional (GROSS; THOMPSON, 2007), conforme ilustrado na Figura 10.

Levenson *et al.* (1992) sugere que o ser humano tem um sistema de controle cognitivo que atua em duas direções (Figura 11): (i) alterar a avaliação que é feita da informação das situações vivenciadas momentaneamente e (ii) alterar as possibilidades de resposta. Mais tarde, esses dois níveis foram denominados por Gross e Thompson (2007) como estratégias focadas nos antecedentes (*antecedent-focused*) no primeiro caso e estratégias focadas nas respostas

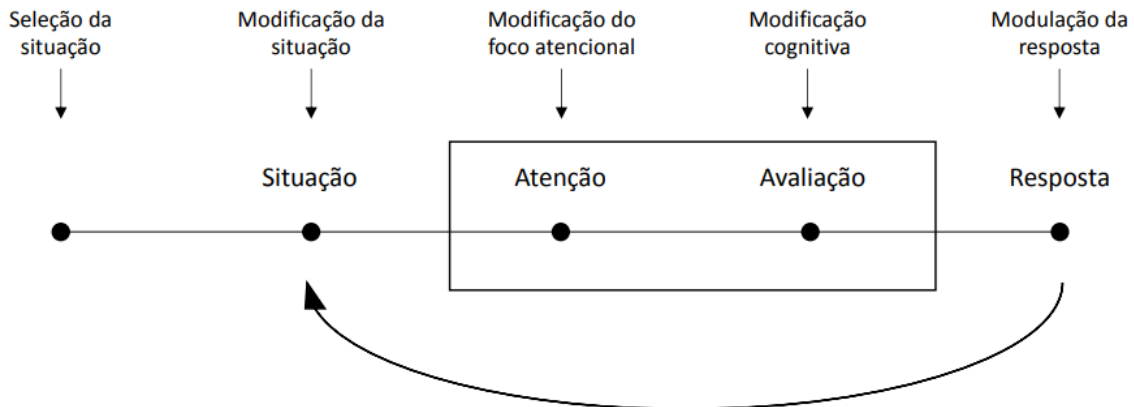


Figura 10 – Modelo processual da regulação emocional, destacando as 5 famílias de estratégias de regulação emocional (adaptado de Gross e Thompson (2007))

(*response-focused*) no segundo.

A primeira estratégia de regulação emocional é a *seleção da situação*, que está apresentada à esquerda da Figura 11 e está representada pela linha em negrito apontada para a situação (S1). Nesta figura, é possível perceber que o indivíduo seleciona a situação (S1) em vez da situação dois (S2), pois afeta a situação à qual a pessoa é exposta e modifica a trajetória da emoção desde o ponto mais próximo do início do processo emocional. Nesta estratégia, o indivíduo seleciona situações que prefira ou não experienciar, desta forma, realçando, por exemplo a aproximação ou evitamento de pessoas, lugares, objetos ou atividades com o objetivo de regular as próprias emoções (GROSS, 1998).

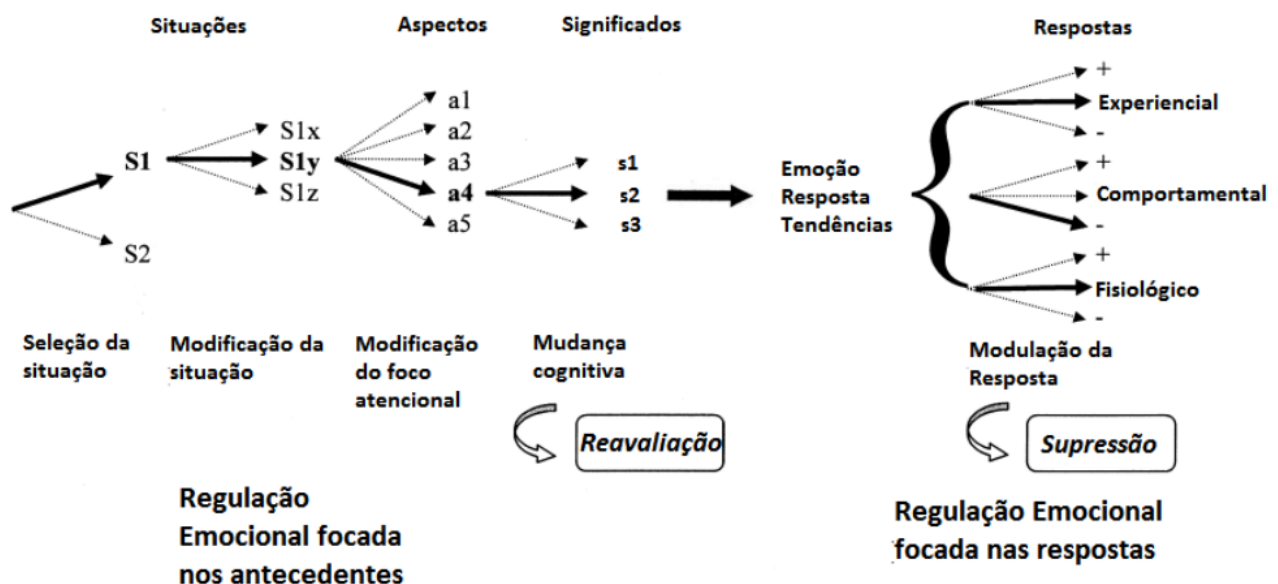


Figura 11 – Modelo processual da regulação emocional. O número de respostas apresentadas em cada um dos cinco pontos é arbitrário e as linhas em negrito indicam uma das opções em particular que pode ser selecionada (Adaptado de Gross e Thompson (2007))

Após o indivíduo selecionar a situação, esta poderá ser ajustada de modo a modificar o

seu impacto emocional (WERNER; GROSS, 2010), criando diferentes situações (S1x, S1y, S1z) (Figura 11). Este ajuste constitui a segunda estratégia, *modificação da situação*, que também tem sido referida como estratégia de *coping* focada no problema (LAZARUS, 1993). Neste caso, o indivíduo tenta modificar diretamente a situação, se restringindo a ambientes físicos e externos (GROSS; THOMPSON, 2007; GROSS, 2015).

A regulação emocional sem modificar o ambiente também pode ser possível, por meio da *modificação do foco atencional* (GROSS; THOMPSON, 2007; GROSS, 2008). Esta estratégia é considerada uma versão interna da seleção da situação. Por exemplo, as situações apresentam diferentes aspectos (e.g. a1, a2, a3) e a estratégia da modificação do foco atencional permite selecionar qual dos aspectos o indivíduo deseja focar (GROSS, 1998). É uma estratégia útil quando não é possível modificar a situação em que o indivíduo se encontra (GROSS, 2008).

Após o indivíduo focar em um aspecto particular, segue-se a *modificação cognitiva*, que consiste na seleção dos possíveis significados (e.g. s1, s2, s3) que alguém atribui a esse aspecto. Portanto, a modificação cognitiva consiste na mudança do significado que o indivíduo atribuiu à situação por meio da alteração do pensamento sobre a própria situação ou a capacidade de lidar com as exigências da mesma (GROSS; THOMPSON, 2007; GROSS, 2008). O significado pessoal atribuído à situação é crucial, pois influencia as respostas experienciais, comportamentais e fisiológicas que serão geradas numa determinada situação. Esta estratégia é utilizada quando não é possível evitar ou modificar a situação (WERNER; GROSS, 2010), e o indivíduo tem o objetivo de diminuir, ou também ampliar, a resposta emocional (GROSS, 2002).

Uma forma de mudança cognitiva é a **reavaliação Cognitiva** (GROSS; THOMPSON, 2007), que envolve a modificação do significado atribuído à situação de forma a alterar a resposta emocional a essa situação. Como esta estratégia é focada nos antecedentes, a reavaliação cognitiva acontece e intervém antes da resposta emocional ter sido completamente gerada, possibilitando modificar as respostas experienciais, comportamentais e fisiológicas subseqüentes (JOHN; GROSS, 2004).

Em termos de consequências afetivas, estudos (DANDOY; GOLDSTEIN, 1990; GROSS, 1998; GROSS, 2015) demonstraram que a reavaliação conduz à diminuição das experiências das emoções negativas. Quem usa mais esta estratégia tem menos sintomas depressivos, maior autoestima e satisfação, estando relacionada positivamente com todas as dimensões de bem estar psicológico (GROSS; JOHN, 2003; JOHN; GROSS, 2004).

De acordo com o modelo processual de regulação emocional proposto por Gross (1998), a intervenção pode ocorrer em um segundo momento, posterior à criação das respostas, por meio da modulação da resposta. Esta estratégia refere-se às influências exercidas com objetivo de modificar diretamente as respostas experienciais, comportamentais ou fisiológicas (WERNER; GROSS, 2010). Exemplos de uso deste tipo de estratégia são a utilização de farmacológicos, álcool, comida, exercício e relaxamento, ou outras abordagens que podem modificar as respostas fisiológicas e experiências das emoções negativas (GROSS; THOMPSON, 2007).

Na Figura 11, os símbolos menos (-) e mais (+) representam a inibição ou ativação das respostas em diferentes níveis (GROSS, 2002). Uma outra forma de modulação da resposta, e uma das mais estudadas, é a **supressão emocional**, que consiste no esforço do indivíduo em inibir a experiência emocional em curso (GROSS, 1998; WERNER; GROSS, 2010).

A supressão emocional tem como objetivo modificar o comportamento, entretanto, não reduz a experiência emocional negativa (GROSS, 2002). Na literatura (GROSS; THOMPSON, 2007), foi identificado que a supressão emocional diminuiu a experiência emocional positiva, como o divertimento, contudo, não diminuiu a experiência emocional das emoções negativas, tais como a tristeza ou o desgosto (GROSS; LEVENSON, 1993).

Resultados experimentais (GROSS; THOMPSON, 2007) sugerem que o uso frequente da supressão emocional está associado a resultados negativos a nível de funcionamento afetivo, cognitivo e social. Gross, Richards e John (2006) realizaram diversos estudos empíricos com objetivo de investigar a frequência diária de utilização das cinco estratégias regulatórias e observaram fortes evidências de que as estratégias mais comumente utilizadas são a reavaliação cognitiva e a supressão emocional.

3.3 O Processo do Mapeamento Sistemático

Este estudo baseou-se nas diretrizes propostas por Petersen *et al.* (2008) e foi conduzido de acordo com os cinco passos a seguir: (i) definição de questões de pesquisa, (ii) realização da pesquisa de estudos primários relevantes, (iii) triagem dos documentos, (iv) *keywording* dos resumos, e (v) a extração de dados e mapeamento.

Considerando que as questões de pesquisa devem exemplificar os objetivos do estudo de mapeamento, as seguintes questões foram elaboradas:

QP₁: Quais teorias para regulação emocional foram utilizadas?

QP₂: Dentre estas teorias, quais estratégias de regulação emocional foram utilizadas?

QP₃: De que forma estas estratégias são utilizadas na regulação?

QP₄: Quais as principais formas de interação para a regulação emocional nos ambientes educacionais?

QP₅: Quais os tipos de ambientes computacionais empregados?

QP₆: Como as emoções são detectadas?

QP₇: Para quais disciplinas (domínios de conhecimento) a regulação emocional tem sido empregada?

O processo de seleção dos artigos contou com três etapas de filtro. Essas etapas foram definidas para garantir que somente estudos sobre regulação emocional, aplicados à informática na educação, fossem contemplados para o mapeamento sistemático proposto neste artigo. As três

etapas foram descritas como (i) busca por palavra chave, (ii) leitura dos artigos e (iii) verificação de equivalência entre artigos.

Na primeira etapa, foi realizada a busca por artigos que apresentavam em seus títulos, resumos e palavras-chave a *string* de pesquisa ("*emotion regulation*" OR "*emotional regulation*" OR "*manage emotion*" OR "*adjust emotion*" OR "*adapt emotion*") AND *learning*). A busca foi realizada nas seguintes bibliotecas digitais: IEEEExplore, ACM Digital Library, Scopus, Elsevier (via Science Direct) e Springer Link (via Science Direct). Na língua portuguesa, a busca nesses mesmos campos foi realizada de forma manual por meio das palavras *regula*, *adapt*, *afe*, *affe*, *ajus*. As bibliotecas digitais utilizadas para se obter os estudos primários na língua portuguesa foram: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), Revista Novas Tecnologias na Educação (Renote) e Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE).

A pesquisa dos estudos primários foi conduzida durante o meses de fevereiro e março de 2018. Primeiramente, foram retornados 1.498 estudos primários das bibliotecas digitais. Dois autores deste estudo realizaram simultaneamente a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave de todos os artigos e cada um gerou a lista de estudos selecionados. Os dois autores discutiram sobre quais estudos deveriam ser selecionados, e, ao final, o conjunto inicial de 1498 foi reduzido a somente 126 estudos realmente relacionados ao tópico investigado.

Após esse passo, foi realizada novamente a leitura do resumo, introdução e conclusão dos 126 estudos selecionados, para assim, aplicar os critérios de inclusão, respectivamente:

- Contribuições originais (se vários artigos relatam o mesmo estudo sem avaliações, modelos ou resultados diferentes, apenas o artigo mais recente é selecionado. Isso engloba artigos de um mesmo grupo de pesquisa de um único trabalho, se os artigos não apresentarem resultados ou contribuições diferentes);
- Artigos que envolvam estudo da regulação emocional na computação;
- Artigos que sejam do campo educacional;
- Estudos que estejam na língua portuguesa ou inglesa;
- Estudos primários e artigos científicos (relatórios técnicos, documentos na forma de resumos ou apresentações/slides e também estudos secundários, ou seja, revisões e mapeamentos sistemáticos da literatura, foram desconsiderados).

Os artigos não selecionados eram duplicados, estavam em outras línguas ou não envolviam informática no estudo. Além disso, apesar da *string* de pesquisa possuir a palavra *learning*, alguns artigos não eram sobre educação e apenas citavam esta palavra no texto.

A última etapa retornou como resultado 34 artigos², que foram selecionados para a realização desse mapeamento sistemático. A Figura 12 ilustra a quantidade de artigos publicados

² A lista completa de artigos pode ser visualizada em <<https://goo.gl/ptGHxW>> na aba “Selecionados”.

no tema, agrupados por ano de publicação. É possível observar que o assunto vem ganhando destaque e atenção da comunidade científica com o passar dos anos, tendo publicações anualmente a partir de 2011.

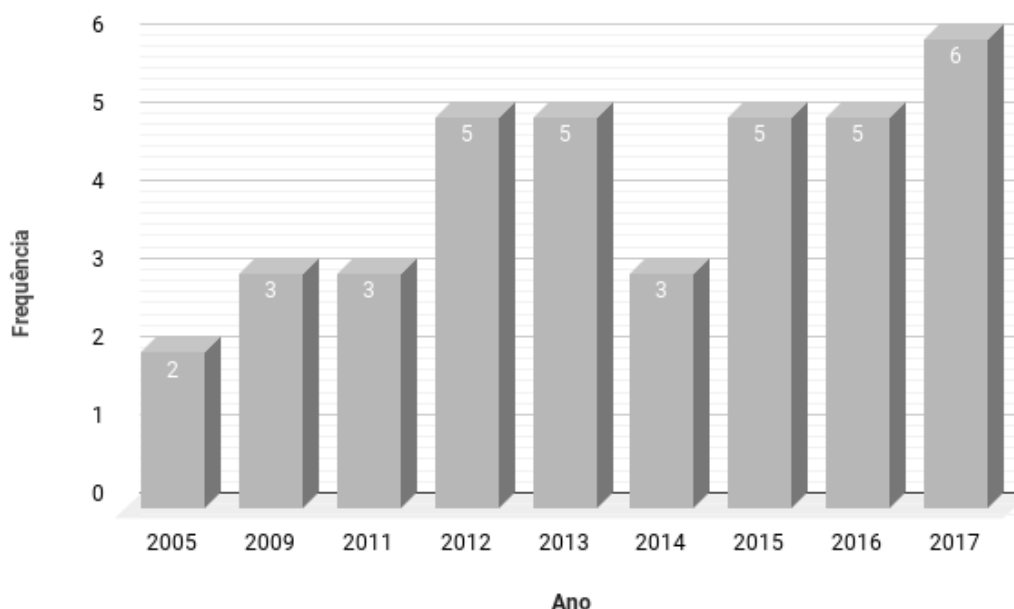


Figura 12 – Seleção de estudos por ano

Os 34 artigos selecionados passaram por um novo processo de leitura para a extração de informações capazes de classificar os estudos em análise. Essa extração classificada tem como objetivo buscar os seguintes pontos: (i) apresentar as teorias para regulação emocional (**QP₁**), (ii) suas estratégias (**QP₂**), (iii) como elas são utilizadas (**QP₃**) e (iv) as formas de interação nos ambientes educacionais que regulam as emoções (**QP₄**); (v) classificar o tipo de ambiente (**QP₅**), (vi) apresentar o método de detecção (**QP₆**) e (vii) apresentar as disciplinas em que a regulação emocional tem sido empregada (**QP₇**). Os resultados obtidos foram utilizados para embasar as respostas das questões de pesquisa deste mapeamento, descritas na Seção 3.4.

3.4 Resultados

Nesta seção são descritos os resultados obtidos a partir da leitura e classificação dos 34 trabalhos selecionados. Para isso, esta seção está dividida em subseções, as quais cada uma descreve os resultados de acordo com uma questão de pesquisa.

3.4.1 (QP₁) Teorias de regulação emocional consideradas e (QP₂) Estratégias de regulação emocional

Nessa etapa o objetivo era identificar quais são as teorias de regulação emocional que as pesquisas na área de Informática na Educação vêm adotando (Tabela 2). Apesar da teoria de regulação emocional de Gross (1998) ser a mais utilizada, correspondendo a 16 estudos primários (43%), é possível perceber que um número significativo (15 estudos primários, com 40%) não se baseia em qualquer teoria psicológica sobre regulação emocional. O trabalho colaborativo com suporte computacional (*Computer-supported collaborative learning - CSCL*) foi utilizado para a regulação emocional em dois estudos primários (5%). A teoria de Lazarus (1966), o *peer feedback*, a recomendação e o treinamento de inoculação de stress foram utilizados em um único estudo primário (3%) cada. Vale destacar que somente a teoria de regulação de Gross e Lazarus foram avaliadas experimentalmente na psicologia.

Tabela 2 – Distribuição dos estudos por teoria para regulação emocional

| Tipo de regulação | Frequência | Porcentagem (%) |
|--|------------|-----------------|
| R0 - Não especificado | 15 | 40% |
| R1 - Gross | 16 | 43% |
| R2 - CSCL | 2 | 5% |
| R3 - Lazarus | 1 | 3% |
| R4 - Peer feedback | 1 | 3% |
| R5 - Recomendação | 1 | 3% |
| R6 - Treinamento de inoculação de stress | 1 | 3% |

Nas teorias de Gross (1998) e Lazarus (1966) são propostas algumas estratégias de regulação emocional (Tabela 3). As estratégias de regulação emocional propostas por (GROSS, 1998) são as mais utilizadas, correspondendo a 97% dos estudos primários. Dentre essas, a mudança cognitiva foi a mais utilizada, compondo 13 estudos primários (37%). A mudança cognitiva consiste na mudança do significado que o indivíduo atribuiu à situação, por meio da alteração do pensamento sobre a própria situação ou a capacidade de lidar com as exigências da mesma. Uma forma de mudança cognitiva é a **reavaliação cognitiva** (GROSS; THOMPSON, 2007), que envolve a modificação do significado atribuído à situação de forma a alterar a resposta emocional a essa situação, conforme explicado na Seção 3.2.

A segunda estratégia mais utilizada foi o desenvolvimento da atenção, com seis estudos primários, correspondendo a 17%. Essa estratégia permite selecionar qual dos aspectos o indivíduo deseja focar (GROSS, 1998). As estratégias de modulação da resposta e seleção da situação (o indivíduo seleciona situações que prefira ou não experienciar) foram encontradas em quatro estudos primários cada. Uma forma de modulação da resposta é a **supressão emocional**, que consiste no esforço do indivíduo em inibir a experiência emocional em curso. A modificação da situação (o indivíduo tenta modificar diretamente a situação) foi a estratégia da teoria de Gross

Tabela 3 – Distribuição dos estudos por estratégia de regulação emocional

| Teoria | Estratégia | Frequência | Porcentagem (%) |
|---------|----------------------------|------------|-----------------|
| Gross | Mudança cognitiva | 13 | 37% |
| | Desenvolvimento da atenção | 6 | 17% |
| | Indefinido | 4 | 12% |
| | Modulação da resposta | 4 | 11% |
| | Seleção da situação | 4 | 11% |
| | Modificação da situação | 3 | 9% |
| Lazarus | Coping baseado na emoção | 1 | 3% |

menos utilizada, com um único estudo primário. Quatro estudos primários não definiram quais estratégias da teoria de Gross foram utilizadas.

Outra teoria para a regulação emocional utilizada foi a *coping*, proposta por Lazarus (1966). O conceito de *coping* se descreve como o conjunto das estratégias utilizadas pelas pessoas para adaptarem-se às circunstâncias adversas ou estressantes (FOLKMAN; LAZARUS, 1980). Essa teoria possui duas estratégias, sendo a *coping* baseado na emoção (tenta reduzir a intensidade da emoção gerada) e a *coping* baseado no problema (tenta resolver o problema que gera a emoção).

3.4.2 (QP₃) Formas de utilizar as estratégias de regulação emocional e as (QP₄) Formas de interação para a regulação

Nas questões de pesquisa QP₃ e QP₄, o objetivo é identificar como a regulação emocional é realizada e quais as formas de interação dentro dos sistemas educacionais, respectivamente.

Foram identificadas oito formas de interação para a regulação emocional, sendo: realidade virtual (RV), agente pedagógico, algoritmo, fórum/wiki, interface, luz led, jogos sérios e textual. A forma de interação mais utilizada, dentro dos sistemas educacionais com regulação emocional, foi jogos sérios com 21% (oito estudos primários). Em segundo lugar, pode ser percebido o empate entre as categorias “agente pedagógico” e textual, correspondendo 18% (sete estudos primários) cada. A categoria algoritmo ficou em terceiro lugar (cinco estudos primários, com 13%), que refere-se a modelos computacionais com regras estatísticas para a regulação emocional. A quarta posição, com 11% (quatro estudos), é ocupada pela categoria interface. Nessa categoria foram classificados sistemas educacionais que utilizam elementos da interface para a regulação emocional, como a modificação de um botão, figuras ou campos de texto. O quinto lugar é ocupado pelas categorias Fórum/Wiki e RV, 8% (três estudos primários). E a sexta posição é ocupada pela categoria Luz LED e um moinho de vento, correspondendo a 3% (um estudo primário).

A Tabela 4 apresenta de forma resumida todos os estudos primários e como a regulação emocional é realizada para cada forma de interação. Muitos estudos primários não demonstraram

Tabela 4 – Distribuição dos estudos primários por formas de interação e modo de regulação emocional

| Tipo | regulação |
|-------------------------------|--|
| <i>Realidade virtual (RV)</i> | Relaxamento por meio de imersão, com fotos de paisagens e <i>mindfulness</i> |
| Agente pedagógico (texto) | Seleção da situação: evitar um estímulo. Desenvolvimento da atenção: desviar o estímulo. Mudança cognitiva: a crença é regulada (por exemplo, reavaliação da situação: dizer a si mesmo que a situação não é ruim). Mas também é possível regular o desejo ajustando os objetivos. Supressão: supressão de sentimentos experimentados e preparação / ação (por exemplo, ficar em um local em vez de fugir) |
| Agente pedagógico (animado) | Desenvolvimento da atenção: agente pedagógico propõe outro material de apoio. Avaliação cognitiva: mostra para o estudante que mesmo errando, está aprendendo ciência ou propõe atividades quando o aluno está entediado, como postar algo no fórum e interagir com os outros |
| Algoritmo | Reavaliação cognitiva por meio da avaliação do “valor” da tarefa e desenvolvimento da atenção por meio do redirecionamento da informação |
| Fórum, wiki | Regulação por meio do trabalho colaborativo: por meio de chat, fóruns, área de troca de documentos |
| Interface | Customização realizada pelo próprio usuário quanto ao acesso das informações/navegação, cores e composição das informações e regulação por meio de mudança dos elementos da interface |
| Luz LED e Moinho de vento | Respirar fundo e fazer algo divertido, tocar uma música calma, mostrar sua cor favorita, ou apresentar uma comédia automaticamente. |
| Jogos sérios | Modificação do cenário, de música, controles, cores, personagens, direções, formas ou dificuldade do jogo |
| Textual | Seleção da situação: entrar no seu grupo favorito, conversar com seus bons amigos/professor. Modificação da situação: trocar os tópicos, conversar com amigos e professores. Modificação cognitiva: recomendar história de encorajamento, comunicação de estudante-estudante, comunicação com professor. Desenvolvimento da atenção: ver uma animação, escutar uma música. |

como utilizaram as teorias de regulação escolhidas detalhadamente, como a regulação realizada por meio da RV, algoritmo, fórum/wiki, interface, luz led e moinho e jogos sérios. Para a lista detalhada, acessar <<https://goo.gl/ptGHxW>>, na aba “Estratégias de Regulação”.

3.4.3 (QP₅) Tipos de ambientes

A questão de pesquisa **QP₅** tem como objetivo mapear os tipos de ambientes utilizados nos estudos que possuem alguma forma de regulação emocional. Os resultados obtidos foram classificados e agrupados em onze tipos de ambientes.

Com base nos resultados obtidos, o ambiente mais utilizado pelos pesquisadores é o *E-learning*, com 27% (11 casos) de representatividade dos trabalhos analisados. O segundo e terceiro lugar são ocupados pelos Jogos educacionais com 17% (7 casos) e RV (realidade virtual) com 15% (6 casos), respectivamente. No quarto lugar, observa-se um empate entre STI (Sistema Tutor Inteligente) e ambientes gerais (por exemplo, modelos que podem ser utilizados em diferentes sistemas) com 10% (4 casos) de representatividade cada. A quarta posição, com 5% (2 casos) de representatividade, é ocupada por sistemas educacionais que não foram desenvolvidos para internet e pelo *Moodle*. Por fim, os ambientes que regulam a emoção do estudante com 3% (1 caso) de representatividade cada são: chat, MOOC, vídeo educacional e *mobile*.

3.4.4 (QP₆) Formas de detecção

Na questão de pesquisa **QP₆**, o objetivo era identificar quais as principais formas de detecção das emoções dos alunos. As formas de detecção identificadas nos trabalhos selecionados foram classificadas nas categorias: linguística, expressões faciais, sinais fisiológicos e dados comportamentais. Cada uma dessas categorias contém subcategorias mais específicas (Tabela 5).

Dentre todas as categorias, pode ser observado que o autorrelato é a forma de detecção mais utilizada dentro dos ambientes educacionais, correspondendo a 35% (17 estudos primários). Acredita-se que essa forma de detecção seja a mais utilizada por ser a de menor custo e de fácil acesso, entretanto, essa forma não é confiável (REIS; JAQUES; ISOTANI, 2017). Em segundo lugar, 15% dos estudos primários não especificaram a forma como detectaram as emoções dos alunos, com 7 casos. Em terceiro lugar, apresenta-se um empate entre capacetes de eletroencefalograma (EEG), *log* das ações do usuário no sistema e texto, com 6% (3 estudos primários), cada.

3.4.5 (QP₇) Disciplinas em que a regulação emocional têm sido empregada

A questão de pesquisa **QP₇** tem como propósito identificar as disciplinas (área de conhecimento) dos ambientes educacionais que possuem regulação emocional. Os resultados obtidos foram classificados e agrupados em 13 disciplinas.

Com base nos resultados obtidos, os estudos primários não investigaram a regulação emocional para uma determinada disciplina, ou seja, a proposta de regulação é independente de

Tabela 5 – Categorias por tipo de detecção

| Categoria | Deteccão | Frequência | Porcentagem (%) |
|-----------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------|
| - | Não especificado | 7 | 15% |
| Dados comportamentais | Log | 3 | 6% |
| | Observação clínica | 2 | 4% |
| Expressões faciais | Face | 3 | 6% |
| | Eye-tracking | 1 | 2% |
| Linguística | Auto-relato | 17 | 35% |
| | Texto | 3 | 6% |
| | Voz | 2 | 4% |
| | Entrevistas | 1 | 2% |
| Sinais fisiológicos | EEG | 3 | 6% |
| | Eletrocardiograma | 2 | 4% |
| | Frequência respiratória | 1 | 2% |
| | Biosensores | 1 | 2% |
| | <i>Galvanic Skin Response</i> | 1 | 2% |
| | Temperatura corporal | 1 | 2% |

domínio de conhecimento, sendo encontrados em 18 investigações (correspondendo a 47%). As categorias “não especificado” (não especificaram as disciplinas), computação e saúde, contaram com 3 estudos primários cada (correspondendo a 8%). As categorias segurança e biologia ficaram empatadas, com 2 estudos primários cada (5% dos estudos). E, finalmente, as disciplinas “lei americana”, criatividade, entretenimento, finanças, vendas, “habilidades sociais” e matemática contaram com 1 estudo primário cada, correspondendo a 3% das investigações.

3.5 Discussão dos resultados

Um número significativo de estudos primários selecionados para a regulação emocional em ambientes educacionais não foram baseados em estudos anteriormente validados na psicologia (apêndice B). Entre eles, o estudo de [Gorlick e Maddox \(2015\)](#) usou um agente pedagógico para regular a emoção do estudante, apresentando rostos felizes a cada resposta correta, enquanto era mostrado um rosto irritado quando o estudante errasse. Diferentemente, o estudo de [Hone, Axelrod e Pakekh \(2005\)](#) usou o agente pedagógico para fornecer mensagens motivacionais para que o estudante não abandonasse o exercício. O estudo de [Qiao e Wang \(2009\)](#) buscou considerar a personalidade do estudante; caso fosse detectado que o estudante era preguiçoso, o agente agia de forma mais rigorosa.

Além do agente pedagógico, alguns estudos primários também investigaram a abordagem de “Jogos Sérios” na regulação emocional, sem a validação da psicologia. No estudo de [Mancera et al. \(2011\)](#), foram mostradas no começo do jogo, as tarefas que já foram completadas e as que faltam, para minimizar as emoções como tédio e frustração. As emoções de alegria e frustração tentaram ser induzidas no estudo de [RODRÍGUEZ1a et al. \(2012\)](#). A regulação

proposta por Yeh, Lai e Lin (2016) com abordagem de jogos sérios seria a modificação do cenário, de música, controles, cores, personagens, direções, formas. Essa mesma abordagem foi observada no estudo de Desseilles (2016), porém relacionando as estratégias de regulação emocional proposta por Gross (1998), em que a seleção da situação é por meio da seleção do nível do assunto, o desenvolvimento atencional é por meio da escolha de itens durante o jogo, e a reavaliação cognitiva é por meio da ajuda quando o estudante possui dúvidas.

Além da interação por meio dos jogos sérios, a estratégia de regulação da emoção de Gross (1998) é também utilizada nos meios de interação por meio da realidade virtual, agentes pedagógicos, interfaces textuais, elementos de interface e por fórum/wiki. A estratégia de desenvolvimento da atenção utilizou o rastreador ocular para capturar onde o estudante estava olhando, e, posteriormente, o agente pedagógico auxiliou o estudante a direcionar a sua atenção para outros elementos da interface quando a emoção atual do estudante não era positiva. Quando errou, o agente pedagógico apoiou o estudante a reavaliar sua emoção no momento, por meio de mensagens motivacionais. Na realidade virtual, a estratégia de reavaliação cognitiva aconteceu por meio da técnica de *mindfulness*, em que foi mostrado imagens com paisagens conduzindo o estudante para um estado de atenção plena (BOSSE *et al.*, 2012; NARARRO-HARO *et al.*, 2016).

A realidade virtual também foi utilizada para o enfrentamento de situações de estresse, com a teoria proposta por Lazarus (1993). No estudo de Gaggioli *et al.* (2011), o indivíduo é exposto a um mundo virtual, proporcionando imersão, e vivencia situações estressantes para aprender a lidar com suas emoções e relaxar nessas situações. Além da teoria proposta por Lazarus (1993), o treinamento de inoculação de estresse de Meichenbaum também utilizou métodos de relaxamento (e.g. visualização de paisagens de natureza) para que o indivíduo conseguisse enfrentar a situação de estresse vivenciada na realidade virtual (PALLAVICINI *et al.*, 2013).

Foram encontrados estudos (TIAN *et al.*, 2014; XU; DU; FAN, 2013; BAKHTIAR; WEBSTER; HADWIN, 2018) que adotaram a interação textual para aplicar as abordagens CSCL (*computer supported collaborative learning*) e recomendação para a regulação emocional. Por meio do trabalho colaborativo, os indivíduos de um grupo, como colegas e instrutores, poderiam auxiliar outros membros que apresentassem estresse e ansiedade, por meio do *feedback*. Na abordagem de recomendação, quando o sistema detectou a frustração, foi apresentada uma mensagem motivacional sobre errar ser comum e para se esforçar na próxima vez.

3.6 Ameaças à Validade

As questões de pesquisa e os critérios de inclusão e exclusão foram criados antes do início do mapeamento, com a finalidade de garantir um processo de seleção imparcial. A seleção dos artigos foi realizada de forma independente entre os autores, respeitando os critérios de

inclusão e exclusão definidos previamente. Ao final, eventuais dúvidas e desacordos foram sanados. Conforme descrito na Seção 3.3, somente um conjunto limitado de base de dados foi utilizado e, portanto, é possível que estudos relevantes não tenham sido incluídos. A coerência do sistema de classificação elaborado pode significar uma ameaça à validade, uma vez que o conhecimento necessário para elaborá-lo muitas vezes é obtido somente ao final da seleção (PRETORIUS; BUDGEN, 2008).

3.7 Conclusão

Este capítulo descreveu um mapeamento sistemático sobre as pesquisas de regulação emocional em ambientes educacionais com suporte computacional. A partir dos 34 artigos selecionados, foi possível responder às setes questões de pesquisas que guiaram este trabalho, apresentar como as teorias foram utilizadas para a regulação emocional, as formas de interação do sistema com os alunos para que ocorra a regulação, além de buscar identificar como as emoções são detectadas e para quais disciplinas a regulação tem sido investigada.

Foi possível identificar que apesar da maioria dos trabalhos (43% estudos) utilizarem a teoria de Gross para a regulação emocional, um número significativo deles não aplicou qualquer teoria para a regulação (40% dos estudos primários), respondendo a (QP₁). Dentre os estudos que empregam essas teorias, a estratégia emocional mais utilizada é a “mudança cognitiva”, com 37% dos estudos (QP₂). As formas de interação nos sistemas educacionais que auxiliam na regulação emocional foram por meio de jogos sérios (QP₄), que utiliza elementos do jogo, como por exemplo, cenários, música, personagens, cores e formas como artifícios para reavaliar uma crença ou auxiliar no foco para regular a emoção (QP₃). O *e-learning* representa a maior parte dos ambientes onde há regulação emocional (QP₅). Muitos dos trabalhos não especificam como esses sistemas detectaram a emoção para depois agir com a regulação (QP₆). Por fim, os ambientes educacionais investigam a regulação emocional em disciplinas gerais, ou seja, não direcionam a regulação emocional para um determinado assunto (QP₇).

Baseado neste estudo, acreditamos que existem alguns direcionamentos às pesquisas de informática na educação para uma contribuição mais relevante na área de regulação emocional em ambientes educacionais. Primeiramente, observa-se que apesar da maioria das pesquisas se basearem em uma teoria psicológica com avaliação experimental para a regulação emocional (e.g. teoria da regulação emocional de Gross), um número significativo ainda não utiliza qualquer teoria. Isso pode prejudicar a confiabilidade dos resultados e a eficácia da regulação emocional. Além disso, as pesquisas que empregam essas teorias não direcionam as investigações aplicando as estratégias de regulação emocional.

Outra questão observada foi identificar em quais disciplinas a regulação emocional é investigada nos ambientes educacionais. A maioria dos estudos encontrados pesquisam a regulação sem o foco em uma determinada disciplina. Entretanto, esse não é o cenário ideal,

pois deve-se levar em consideração o contexto e as diferenças entre os assuntos. Por exemplo, há maior resistência e dificuldade do aluno em aprender álgebra e física, que podem gerar frustração, tédio e confusão. A regulação da emoção enquanto aprendem esses assuntos pode-se apresentar de modo diferente comparado com assuntos menos evitados, como criatividade ou biologia.

ANÁLISE DO TEMPO DE PERMANÊNCIA EM ESTADOS EMOCIONAIS: UM ESTUDO DE CASO

Pesquisas recentes (D'MELLO; PICARD; GRAESSER, 2007; REIS; JAQUES; ISOTANI, 2017) têm investigado como os estudantes lidam com as emoções mais frequentes no ensino, sendo elas: confusão, frustração e tédio. Os resultados sugerem que o tempo para tolerar a confusão depende de suas características individuais, como traço de personalidade e conhecimento prévio. Se esse tempo de confusão não for adequadamente gerenciado, o estudante pode rapidamente sentir frustração e tédio, prejudicando a aprendizagem.

Para analisar qual o tempo aproximado que um estudante consegue permanecer em cada emoção citada, esse capítulo apresenta um estudo experimental que realizamos com jovens no contexto da álgebra. Na primeira parte, é apresentada uma fundamentação teórica sobre as pesquisas atuais sobre o fluxo das emoções durante o aprendizado e os traços de personalidade. Este experimento foi conduzido em mais de 70 horas e envolveu 30 estudantes selecionados aleatoriamente, 2 instrutores, 2 codificadores e 1 estatístico, que analisaram o conhecimento prévio de álgebra e a personalidade dos estudantes. Também foi solicitado aos estudantes a resolverem problemas de álgebra em um ambiente de aprendizado de computador. Os resultados obtidos podem ser usados para criar detectores alternativos menos invasivos e de baixo custo, diferentemente de outros tipos de detecção, como sensores fisiológicos, que podem ser caros e incomodar os estudantes (SHANABROOK; ARROYO; WOOLF, 2012). Além disso, essa abordagem suporta modelos de regulação emocional, nos quais a emoção dos estudantes pode ser regulada quando estão sentindo alguma emoção negativa.

4.1 Fluxo das emoções durante a aprendizagem

Como mostrado na Seção 2.6, durante o processo de ensino-aprendizagem, o estudante pode experimentar várias emoções (engajamento/fluxo, confusão, frustração/tédio, etc.) e essas emoções podem modificar de uma para outra. O estudo de D'mello e Graesser (2012) investigou o fluxo das emoções (Tabela 6) durante a aprendizagem. Quando o estudante sente confusão, há uma alta probabilidade de sentir outras duas emoções: *flow* e confusão. Se a duração da confusão não for adequadamente monitorada em conjunto com a identificação da personalidade do estudante, o estudante pode passar a sentir frustração e, em seguida, tédio (D'MELLO; GRAESSER, 2012). A frustração e o tédio estão relacionados negativamente com a aprendizagem, podendo levar o estudante a abandonar o exercício proposto ou evitar novos desafios.

Tabela 6 – Fluxo das emoções durante o aprendizado (Adaptado de D'mello e Graesser (2012)).

| Tempo t_i | Tempo $t_i + 1$ | | | |
|-------------|-----------------|-------------|----------|------------|
| | Tédio | Engajamento | Confusão | Frustração |
| Tédio | | - | - | ? |
| Engajamento | - | | + | - |
| Confusão | - | + | | + |
| Frustração | + | - | ? | |

(+) Indica que a transição é esperada.

(-) Indica que a transição é altamente improvável.

(?) Indica que não há relação explícita no modelo.

O fluxo de um estado emocional para outro pode depender de vários fatores, incluindo personalidade e conhecimento prévio sobre o assunto. Por exemplo, um estudante iniciante com personalidade que tende a emoções negativas (por exemplo, neuroticismo) pode facilmente passar da confusão frustração/tédio quando ele/ela se esforça para resolver um problema ou tem um longo tempo de confusão. Mas ainda há a seguinte dúvida: **QP₁**: Como especificamente a personalidade e o conhecimento prévio dos estudantes afetam o tempo de permanência em um estado de confusão?

4.2 Método

Esta seção descreve a configuração e o planejamento usado no experimento a fim de se investigar se uma possível relação entre os (i) traços de personalidade (neuroticismo e extroversão) e o (ii) conhecimento prévio de álgebra dos estudantes podem afetar no tempo de permanência do estado de confusão ao estado de frustração/tédio durante o uso de um ambiente de aprendizado de computador.

Nesta tese serão estudados os traços de extroversão e o de neuroticismo, devido as suas pontuações manterem-se estáveis por um longo tempo e possuírem maior impacto nas emoções

durante a aprendizagem. O estudo de [Eysenck e Long \(1986\)](#) acreditam que as dimensões da personalidade possuem aplicabilidade universal e permitem fazer previsões nos campos experimental, social, educativo, psiquiátrico, criminológico e outros.

4.2.1 Questões de Pesquisa

Esse estudo visa responder às seguintes questões de pesquisa (QP):

QP_{1.1}: Os traços de personalidade dos estudantes influenciam o tempo de permanência na confusão antes de passarem a sentir frustração ou tédio em um software educacional?

QP_{1.2}: O conhecimento prévio dos estudantes em álgebra influencia o tempo de permanência na confusão antes de passarem a sentir frustração/tédio em um software educacional?

QP_{1.3}: Qual é o tempo médio de permanência de um estudante (com diferentes combinações de traços de personalidade e conhecimento prévio em álgebra) no estado de confusão antes de passarem a sentir frustração/tédio em um software educativo?

Definição dos Objetivos

O experimento foi organizado de acordo com o paradigma Goal/Question/Metric (GQM) ([WOHLIN et al., 2000](#)). Este paradigma é aplicado para definir os objetivos, baseados em um alto nível de associação de metas, e refinando-as para valores mensuráveis, que são as métricas. Este conceito nos permite organizar o experimento em cinco partes:

Objeto de estudo: Os estados emocionais dos estudantes em relação ao seu traço de personalidade, conhecimento prévio e tempo/esforço ao utilizar um software educacional.

Objetivo: Avaliar a influência das variáveis independentes, (i) traços de personalidade (neuroticismo e extroversão) e (ii) conhecimento em álgebra, na variável dependente tempo de permanência de um estudante na confusão antes de passar a sentir frustração/tédio durante o uso de um software educacional. Mais especificamente, desejamos investigar se o conhecimento prévio em álgebra e se os traços de personalidade dos usuários influenciam no tempo de permanência na confusão, antes que eles venham a sentir frustração/tédio durante o uso de um software educacional e em quanto tempo isso ocorre. Durante o processo de ensino aprendizagem, o estudante pode sentir diversos estados afetivos (e.g. engajamento/*flow*, confusão, frustração, tédio e desistência), que podem transitar entre si. A mudança de uma emoção para a outra pode depender de diversos fatores, entre elas a personalidade e os conhecimentos prévios no assunto. Por exemplo, um usuário iniciante com personalidade para tendências negativas (e.g. neuroticismo) pode passar facilmente da confusão para frustração ou tédio, caso se esforce muito para resolver um problema ou passar um longo tempo confuso. Assim, estudantes que possuem uma determinada personalidade e conhecimento no assunto devem evitar de permanecer por um longo tempo em estados emocionais negativos (e.g. confusão, frustração ou tédio), assim como com determinadas características podem fazer com que o estudante seja mais resiliente

emocionalmente e consiga permanecer por maior tempo em um estado emocional negativo, se motivando a resolver o problema.

Perspectiva: O experimento será executado do ponto de vista dos pesquisadores.

Foco Quantitativo e Qualitativo: Influência do conhecimento prévio em álgebra e do traço de personalidade na análise do tempo de permanência da confusão (antes de passar a experimentar frustração/tédio), que será mensurado por avaliadores por meio da observação ao utilizar um software educacional.

Contexto: Estudantes de graduação em Engenharia de Software com pouco ou nenhum conhecimento prévio de álgebra e em softwares educacionais. O experimento foi conduzido nas instalações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

O experimento pode ser sumarizado pelo esquema abaixo, seguindo (WOHLIN *et al.*, 2000):

Analisar o tempo de permanência no estado confusão antes de passar a sentir frustração/tédio

para o propósito de avaliar

com respeito à personalidade e conhecimento prévio em álgebra

do ponto de vista de pesquisadores

no contexto de estudantes de Graduação em Engenharia de Software.

As questões de pesquisa **QP_{1.1}**, **QP_{1.2}** e **QP_{1.3}** serão respondidas a partir dos resultados inferenciais de um modelo estatístico proposto na Seção 4.3.

4.2.2 Participantes

Reunimos informações de 30 estudante do ensino superior e selecionados aleatoriamente, sendo 26 estudantes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e 4 estudantes escolhidos manualmente. 13% foram mulheres (correspondentes a 4 pessoas) com idade entre 21 e 22 anos (média de 21,5 anos) e 87% foram homens (correspondendo a 26 pessoas) com idade entre 19 e 34 anos (média de 26,5 anos). Todos os participantes foram convidados por meio de contato direto e são graduados em áreas relacionadas a Ciência da Computação e Engenharia de Software, exceto 4 participantes masculinos que são graduados em Desenho Industrial (2 pessoas), Engenharia de Produção (1 pessoa) e Geografia (1 pessoa).

4.2.3 Materiais

Para a execução do experimento, foram utilizados os seguintes instrumentos: (i) questionário com questões pessoais, (ii) teste de múltipla escolha, (iii) escala de traço de personalidade e (iv) teste de resolução de equações. O questionário pessoal tem como objetivo conhecer o perfil dos participantes e contém perguntas sobre dados pessoais, como por exemplo, se os participantes

já usaram algum software educacional antes e seu conhecimento prévio sobre álgebra. O teste de álgebra cobriu cinco questões de múltipla escolha, envolvendo equações de primeiro e segundo grau, determinantes, fatoriais e logaritmos. Estas questões foram sugeridas por dois professores de matemática e foram separadas em três níveis difíceis: básico (2), intermediário (2) e difícil (1). Cada questão correta foi atribuída ao valor 0,2 pontos, então o total de pontos para cada estudante pode ser 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 ou 1.

A escala do traço de personalidade¹ avaliou a personalidade do participante quanto ao neuroticismo e aos índices de extroversão. Cada um desses índices varia de 0 a 1, onde 1 indica maior presença de característica resumida pelo índice. Este teste foi baseado no modelo de cinco fatores e está escrito em português. Finalmente, nove questões de álgebra foram propostas em um software educacional², todas no mesmo escopo previamente testado. As nove questões também envolveram equações de primeiro e segundo grau, determinantes, fatoriais e logaritmos. Eles foram sugeridos por dois professores de matemática e foram separados em três níveis difíceis: básico (3), intermediário (4) e difícil (2).

4.2.4 Procedimento

Cada participante teve uma hora e meia para realizar o experimento (Figura 13). Primeiro, os estudantes foram convidados a preencher o questionário pessoal em 10 minutos. Depois disso, os estudantes responderam o teste de múltipla escolha (teste de conhecimento) e, em seguida, a escala do traço de personalidade, que teve uma duração total de 30 minutos. Após essa fase inicial, os estudantes preencheram o formulário online com informações sobre seus dados pessoais e acessaram o sistema para resolver problemas de álgebra. Eles solucionaram nove problemas de álgebra (foram fornecidos folhas de rascunho) e digitaram sua resposta final no sistema. O rosto dos estudantes foi gravado enquanto eles estavam resolvendo as equações para análises (anotação) posteriores de suas emoções (confusão, frustração e tédio).

A análise do vídeo foi realizada por dois avaliadores, um graduado em Ciência da Computação e outro em Design Industrial. Segundo *Sebe et al. (2005)*, o reconhecimento de expressões faciais por seres humanos tem uma precisão de aproximadamente 87%, possibilitando que pessoas sem treinamento em Psicologia e sem qualquer ferramenta para medir emoções possam reconhecer diferentes tipos de emoções pelo rosto.

Os avaliadores anotaram as emoções vivenciadas pelos estudantes e o tempo de permanência em cada um deles durante a resolução de problemas. Anotaram separadamente o horário de início e término que cada estudante expressava, pela face, as emoções engajamento/fluxo, confusão, frustração ou tédio. Em seguida, eles discutiram juntos as anotações e chegaram a um acordo. A avaliação das expressões faciais foi realizada de acordo com as diretrizes sugeridas por *Lera e Garreta-Domingo (2007)*, *Rodrigues et al. (2012)*, nas quais propõem 10 heurísticas

¹ O teste foi realizado pelo endereço: <<https://personalitatem.ufs.br/inventory/home.xhtml>>

² Disponível em <<http://acubo.tecnologia.ws/aluno.html>>

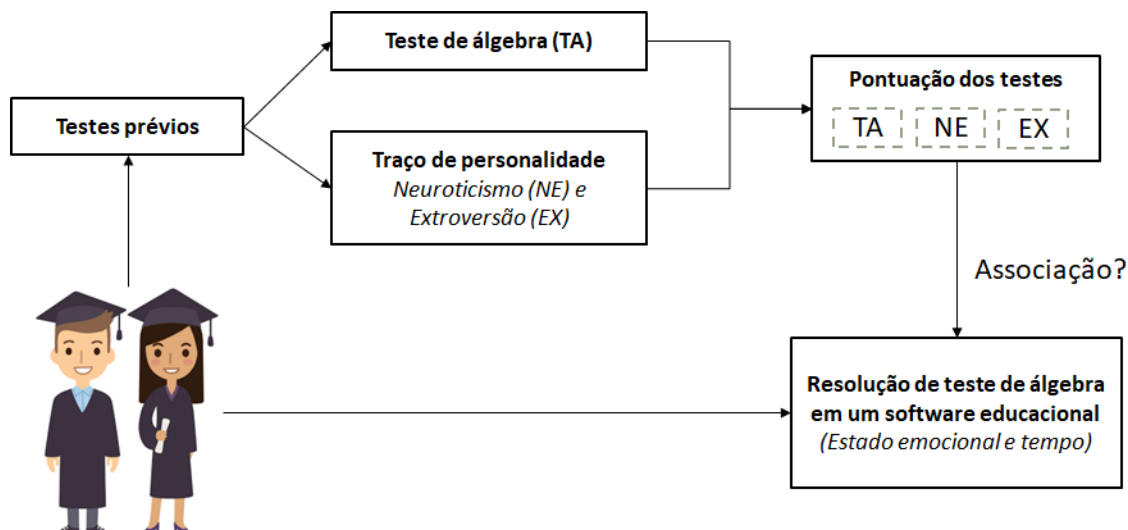


Figura 13 – Procedimento do experimento.

do comportamento humano para inferir quais emoções os humanos estão vivenciando em um dado momento.

4.3 Modelo Estatístico

Este estudo tem como objetivo determinar o tempo de permanência de um estado de confusão para um estado de frustração/tédio para cada estudante. A análise estatística e o modelo estatístico usado foi auxiliado por um doutor em estatística com experiência em estatística inferência bayesiana. Então, usamos um modelo estatístico que descreve o tempo de permanência em um estado até que um evento de interesse ocorra. Este tipo de abordagem é conhecido como análise de sobrevivência ou confiabilidade, e seu objetivo principal é conhecer o comportamento de uma dada população quanto ao tempo de ocorrência de um ou mais eventos de interesse (KLEINBAUM; KLEIN, 2012). Optamos por uma análise inferencial Bayesiana, na qual todas as quantidades desconhecidas (por exemplo, parâmetros do modelo) podem ser modeladas por meio de distribuições de probabilidade (BERNARDO; SMITH, 1994). A perspectiva Bayesiana para a análise de sobrevivência foi fundamental, uma vez que nós dispúnhamos de uma pequena base de dados e gostaríamos de interpretar quantidades derivadas baseadas nos parâmetros do modelo (questões $QP_{1.1}$, $QP_{1.2}$ e $QP_{1.3}$). A interpretação da inferência *a posteriori* é bastante clara quanto a relevância de cada parâmetro (variável). Além disso, o tempo estimado de permanência entre o estado emocional de confusão até a frustração/tédio para qualquer novo perfil de estudante é facilmente calculado, proporcionando uma rápida tomada de decisão quanto a regulação emocional.

Nossa modelagem de tempo para que um estudante i experimente o estado de interesse (I: do início do estudo até o primeiro estado emocional confusão e II: do estado emocional confusão até a frustração/tédio), para $i = 1 \dots, 30$, é descrita por meio de um modelo de riscos

proporcionais Weibull com fragilidade sahu1997, dado por

$$h_i(t \mid \boldsymbol{\theta}, w_i, x_i) = \lambda \alpha t^{\alpha-1} \exp\left(\beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i}\right) w_i, \quad (4.1)$$

onde $h_i(t \mid \cdot)$ é uma função de risco para o estudante i no tempo t . Os parâmetros β_1 , β_2 e β_3 são os coeficientes associados à pontuação do estudante i no teste preliminar de álgebra (x_{1i}), índice de neuroticismo (x_{2i}) e índice de extroversão (x_{3i}), respectivamente. λ e α são os parâmetros de escala e forma da distribuição Weibull que define a função de risco basal descrita por $\lambda \alpha t^{\alpha-1}$. A fragilidade (ou efeito aleatório) para o estudante i é descrita por $w_i \sim \text{Gamma}(\eta, \eta)$, onde sua variância é dada por $\kappa = 1/\eta$. Os vetores de parâmetros e de variáveis são definidos como $\boldsymbol{\theta} = (\beta_1, \beta_2, \beta_3, \lambda, \alpha, \eta)^\top$ e $x_i = (x_{1i}, x_{2i}, x_{3i})^\top$.

Nós assumimos independência entre as distribuições prévias marginais e, com o intuito de dar total prominência aos dados, cada uma delas é definida de forma não informativa:

$$\begin{aligned} \pi(\beta_1) = \pi(\beta_2) = \pi(\beta_3) = \pi(\log(\lambda)) &= \text{Normal}(0, 1000), \\ \pi(\alpha) = \pi(\eta) &= \text{Gamma}(0.01, 0.01). \end{aligned} \quad (4.2)$$

A distribuição posterior $\pi(\boldsymbol{\theta} \mid \text{dados})$ não é obtida analiticamente. Então, nós a aproximamos usando os métodos de Monte Carlo via Cadeias de Markov (em inglês, MCMC) (GAMERMAN; LOPES, 2006) através do software WinBUGS (LUNN *et al.*, 2000).

4.4 Discussão dos Resultados

Neste trabalho, pretendemos estudar o tempo de permanência dos estudantes na confusão para frustração/tédio, dado o seu conhecimento de álgebra e personalidade. Os resultados apresentados abaixo são do modelo (4.1) com as distribuições marginais prévias definidas como em (4.2), onde usamos a seguinte configuração MCMC: 3 cadeias de Markov com 500.000 iterações (após a queima de 50000) e armazenamos a cada 500 iterações para reduzir a autocorrelação na amostra posterior.

Tabela 7 resume as estimativas posteriores dos parâmetros β_1 , β_2 e β_3 do modelo (4.1) com prévia distribuições (4.2).

Tabela 7 – Resumo posterior dos parâmetros de interesse para o tempo desde o início do estudo até o primeiro estado emocional confusão.

| Parâmetro | Média | DP | 2.5% | 50% | 97.5% |
|-----------------|--------|-------|--------|--------|--------|
| $\beta_1^{(1)}$ | -1.378 | 0.620 | -2.605 | -1.379 | -0.151 |
| $\beta_2^{(1)}$ | 0.426 | 0.648 | -0.807 | 0.438 | 1.679 |
| $\beta_3^{(1)}$ | -0.244 | 0.707 | -1.623 | -0.236 | 1.183 |

A interpretação dos resultado a partir da abordagem Bayesiana é simples e fundamentalmente baseada em quantidades de interesse, tais como média, desvio padrão (DP) e quartis, a

partir de distribuições de probabilidade, denominadas distribuições posteriores ou *a posteriori*. Além disso, a interpretação do sinal da média de cada parâmetro é contraintuitiva, pois no caso de sinal negativo quanto maior o valor da variável referente a este parâmetro, maior o tempo até que o estudante experimente o evento de interesse.

A partir da Tabela 7 nós podemos inferir que há uma associação positiva entre tempo de permanência na emoção e o conhecimento prévio em álgebra. Portanto, quanto maior o conhecimento em álgebra, maior é o tempo até que o estudante se sinta confuso. Analogamente, mas com uma influência mais modesta, quanto maior o índice de extroversão, maior o tempo até que o estudante entre no estado emocional confusão. Por outro lado, o índice de neuroticismo apresenta uma associação negativa, onde valores mais elevados reduzem o tempo para que o estudante experimente o estado de confusão.

A Tabela 8 resume as estimativas posteriores dos parâmetros β_1 , β_2 e β_3 do modelo (4.1) com distribuições prévias (4.2) quando o objetivo é II (tempo a partir do estado emocional confusão até a frustração/tédio).

Tabela 8 – Resumo posterior dos parâmetros de interesse para o tempo desde o estado emocional confusão até frustração/tédio.

| Parâmetro | Média | DP | 2.5% | 50% | 97.5% |
|------------------|--------|-------|--------|--------|--------|
| $\beta_1^{(II)}$ | -1.970 | 0.672 | -3.334 | -1.956 | -0.725 |
| $\beta_2^{(II)}$ | 0.721 | 0.634 | -0.602 | 0.725 | 1.943 |
| $\beta_3^{(II)}$ | -0.828 | 0.710 | -2.202 | -0.835 | 0.581 |

Respondendo a questão **QP**_{1.2}, baseado nos resultados apresentados na Tabela 8, nós temos que quanto mais conhecimento em álgebra, maior o tempo até que o estudante fique frustrado/entediado do exercício estando no estado de confusão, ou seja, há uma associação positiva. A resposta de **QP**_{1.1} é dividida em duas partes, onde a primeira faz referência ao índice de extroversão e a segunda ao índice de neuroticismo. A interpretação para a extroversão é análoga ao conhecimento de álgebra, uma vez que quanto maior o índice de extroversão, maior o tempo de permanência entre confusão e frustração/tédio. Por outro lado, um aumento do índice de neuroticismo leva a uma redução no tempo de permanência do estado emocional confusão para frustração/tédio, ou seja, o estudante desiste do exercício mais rapidamente (associação negativa).

A partir da distribuição posterior dos parâmetros do modelo (4.1), nós podemos calcular quantidades derivadas que nos ajude a responder **QP**_{1.3}, tal como o tempo mediano do tempo de permanência do estado emocional confusão para frustração/tédio. Este tempo mediano T é obtido quando a função de sobrevivência $S_i(T)$, para um estudante i , toma o valor 0.5, e é dado por

$$T = \left[\frac{-\log(0.5)}{\lambda \exp(\beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i}) w_i} \right]^{1/\alpha} . \quad (4.3)$$

Em termos Bayesianos, nós podemos calcular a média posterior do tempo mediano (4.3) para um indivíduo genérico i , dadas suas variáveis, através da seguinte equação:

$$E[S_i(T | \boldsymbol{\theta}, x_i) | D] = \int S_i(T | \boldsymbol{\theta}, w_i, x_i) \pi(w_i, \boldsymbol{\theta} | D) d(w_i, \boldsymbol{\theta}) \\ \approx \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K S_i(T | \boldsymbol{\theta}^{(k)}, w_i^{(k)}, x_i), \quad (4.4)$$

onde $\boldsymbol{\theta}^{(k)}$ e $w_i^{(k)}$ são os k -ésimos valores da amostra posterior $\pi(w_i, \boldsymbol{\theta} | \text{dados})$. A aproximação em (4.4) é realizada por integração de Monte Carlo (NIEDERREITER, 2003).

Para exemplificar os resultados obtidos e responder a questão **QP**_{1,3}, a Tabela 9 mostra a média posterior do tempo mediano do tempo de permanência do estado emocional confusão para frustração/tédio (4.4) com diferentes configurações de conhecimento prévio em álgebra e pontuações dos índices de neuroticismo e extroversão.

| Variável | Perfil | | | | | | | | | |
|----------|--------|-----|-----|----|----|----|-----|----|-----|--|
| x_1 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| x_2 | 0 | 0.5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | |
| x_3 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | |
| Tempo | 34 | 76 | 159 | 19 | 64 | 90 | 313 | 37 | 175 | |

Tabela 9 – Média posterior do tempo mediano do tempo de permanência do estado emocional confusão para frustração/tédio para diferentes perfis.

A partir desta ilustração fica evidente a influência de cada variável no tempo mediano do tempo de permanência do estado emocional confusão para frustração/tédio. Por exemplo, um estudante com uma configuração “mediana” (ou seja, 0.5 para todas as variáveis), em média, levaria 76 segundos para migrar do estado emocional confusão para frustração/tédio. Também podemos notar que estudantes com a pontuação máxima (valor 1) no teste prévio de álgebra e no índice de extroversão, e pontuação mínima (valor 0) no índice de neuroticismo, em média, necessitaria 313 segundos para transitar de confusão para frustração/tédio. Por outro lado, quando o estudante tem pontuação máxima no índice de neuroticismo e mínima no teste prévio de álgebra e no índice de extroversão, em média, seu tempo é de 19 segundos.

4.5 Ameaças à validade

Uma possível ameaça à validade dos resultados é a representatividade da amostra, uma vez que todos os indivíduos que participaram do estudo são estudantes de graduação em Engenharia de Software na Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Desta forma, não se pode generalizar os resultados para toda a população de graduandos. Desde o ponto de vista da análise estatística, esse problema pode ser contornado com repetições deste estudo em diferentes amostras da população de graduandos. Outra ameaça a ser considerada é a utilização de duas

peessoas para avaliar as emoções dos estudantes por meio da observação da face, acarretando um viés interpessoal quanto à precisão no tempo de permanência.

4.6 Conclusão

Os resultados sugerem que o conhecimento prévio em álgebra e os traços de personalidade afetam o tempo de permanência entre os estados emocionais de confusão e frustração/tédio no processo de aprendizagem, respondendo a **QP₁**: Como especificamente a personalidade e o conhecimento prévio dos estudantes afetam o tempo de permanência em um estado de confusão?. É possível notar que estudantes com alto índice de neuroticismo e baixa nota de conhecimento de álgebra não conseguem lidar muito bem com a confusão, permanecendo menos tempo nesta emoção, comparado com os estudantes com alto índice de extroversão e baixo desempenho no conhecimento de álgebra. Isto significa que o estudante neurótico e iniciante em álgebra permanece menos tempo na emoção confusão e sente mais rapidamente frustração/tédio se comparado com estudantes extrovertidos com o mesmo nível de conhecimento em álgebra.

Nós acreditamos que estes resultados preliminares podem auxiliar na elaboração de modelos computacionais de regulação emocional de estudantes. O tempo de permanência na emoção confusão pode ser integrado com outras informações, como por exemplo, sensores fisiológicos ou expressões faciais. Estas informações podem contribuir no controle da emoção utilizando interfaces adaptáveis, que detectam os traços de personalidade e o tempo de permanência da emoção confusão, adaptando os elementos para os estudantes iniciantes com pouca tolerância na permanência de confusão. Além disso, os resultados podem auxiliar como trabalho futuro a investigação da auto-eficácia do estudante. Outro benefício deste experimento foi a disponibilização de um pacote de replicação³ que pode ser utilizado por outros pesquisadores com os mesmos propósitos.

As estratégias de regulação emocional são, portanto, as formas que os indivíduos utilizam para lidar com suas emoções, garantindo que o aprender se efetive. A regulação emocional refere-se à capacidade de gerenciar o estado emocional, por meio do monitoramento, avaliação e modificação das respostas emocionais (THOMPSON, 1991). Essas emoções devem ser reguladas de acordo com o traço de personalidade, com o conhecimento do estudante e devem ser sentidas com uma determinada duração de tempo (D'MELLO; PICARD; GRAESSER, 2007). Desta forma, os resultados desse capítulo auxiliarão em determinar quando a regulação emocional deve ser acionada, sendo aplicada em um algoritmo para a regulação emocional do estudante.

³ <<http://goo.gl/YtGn7H>>

ELEMENTOS DE MULTIMÍDIA COMO FERRAMENTAS COGNITIVAS

Em ambientes de aprendizagem, a multimídia vem sendo usada como uma ferramenta cognitiva capaz de apoiar e engajar os estudantes e professores em tarefas complexas. Esses elementos, tais como texto, vídeos, imagens, entre outros, podem influenciar no aprendizado (SHIMOMURA; HVANNBERG; HAFSTEINSSON, 2013), fazendo com que o entendimento das informações mais complexas seja facilitado ou dificultado. Desta forma, é preciso se preocupar tanto com os aspectos pedagógicos quanto com a elaboração dos elementos de multimídia. Quando esses elementos não são devidamente projetados, os estudantes podem sentir dificuldades, direcionando a sua atenção para o entendimento da estruturação material ao invés do seu conteúdo. Um grande número de informações podem ocultar os processos de aprendizado, requerendo que os estudantes realizem um alto esforço cognitivo (MAYER; MORENO, 2003; REIS *et al.*, 2012), podendo aumentar os sentimentos de frustração e tédio.

É comum os estudantes tomarem decisões e escolherem estratégias erradas para a resolução de problemas, quando possuem alto esforço cognitivo. Esse esforço é resultado de quando a carga cognitiva¹ é utilizada até a sua exaustão, chamada de sobrecarga cognitiva (ALVES *et al.*, 2017). A sobrecarga afeta os processos cognitivos, como memória, atenção e a percepção, resultando em erros cognitivos e sócio cognitivos (KNIPPENBERG; DIJKSTERHUIS; VERMEULEN, 1999).

Quando o elemento de multimídia não é adequadamente elaborado, apresentando elementos irrelevantes, os estudantes precisam descobrir quais informações são importantes e quais informações não são relevantes para o aprendizado, fazendo com que haja uma sobrecarga cognitiva. É indiscutível que a sobrecarga cognitiva limita os processos cognitivos dos indivíduos na realização de suas tarefas e na aprendizagem (ALVES *et al.*, 2017).

¹ A carga cognitiva refere-se à quantidade de instruções processadas pela memória de trabalho dos estudantes durante o processo de aprendizagem

Dentro do ambiente educacional, a sobrecarga cognitiva pode impactar negativamente no desempenho escolar, podendo interferir em uma avaliação e tomada de decisão de quais estratégias de aprendizagem adotar. Por exemplo, a sobrecarga contribui para a dificuldade de processamento das instruções e o entendimento do assunto, aumentando a probabilidade de cometer muitos erros e conseqüentemente sentir frustração ou tédio. Desta forma, os estudantes que estão sentindo confusão por um longo período de tempo, podem não conseguir encontrar a solução do problema e conseqüentemente desistirem facilmente quando expostos a um desafio. Para [Reis, Jaques e Isotani \(2017\)](#), os estudantes possuem características individuais, como por exemplo, o seu traço de personalidade, que pode sugerir o seu tempo de tolerância ao sentimento de confusão e a sua facilidade de desistência. Os resultados, também apresentados na Seção 4.4, do estudo apontaram que os estudantes com personalidade de neuroticismo possuem mais dificuldades em lidar com a confusão por um longo período de tempo, levando a frustração e tédio. Diante disso, temos a seguinte questionamento: Como **determinar** qual **elemento de multimídia** mais adequado a lidar com a **confusão** do estudante (QP₂)?

Para investigar quais os tipos de elementos de multimídia são mais adequados para o uso da cognição considerando as características individuais do estudante, como o traço de personalidade e o conhecimento prévio, foi desenvolvido um experimento com estudantes do ensino fundamental de um colégio particular brasileiro. Esta experiência foi realizada em três dias e envolveu 58 estudantes do 7º ano, dois instrutores e um doutor em estatística, que analisaram o conhecimento prévio em álgebra, a personalidade dos estudantes e o desempenho dos alunos ao utilizarem um Sistema Tutor Inteligente (STI) - PAT2Math com diversos elementos de multimídia para apoio. Os resultados obtidos podem ser usados para auxiliar na elaboração de materiais de apoio, com objetivo de evitar a sobrecarga cognitiva dos estudantes. Além disso, esta abordagem pode apoiar modelos de regulação emocional, gerenciando a carga cognitiva para minimizar a chance do estudante sentir confusão por longo período de tempo, antes que se torne tédio.

5.1 Elementos de multimídia e o esforço cognitivo

Segundo [Paas, Renkl e Sweller \(2004\)](#), os elementos de multimídia que foram projetados de acordo com a Teoria da Carga Cognitiva (TCC) possuem maiores chances de efetividade, pois procuram diminuir as informações irrelevantes aos estudantes. De acordo com essa teoria, os humanos têm capacidade limitada de processamento de informações, como por exemplo, uma grande quantidade de informações pode dificultar a assimilação devido à limitação da memória de trabalho. Para os autores, quando o material está alinhado com a arquitetura da cognição humana, é mais provável que o aprendizado se efetive. Ao seguir essa abordagem, [Mayer e Moreno \(2003\)](#) propôs a Teoria da Aprendizagem Multimídia (TAM), que indica que o uso de elementos verbais e visuais juntos melhoram o uso da memória de trabalho, na tentativa de aumentar a apresentação de elementos relevantes (carga cognitiva relevante) e diminuir a apresentação de elementos irrelevantes (carga cognitiva estranha).

Os resultados da pesquisa de [Mayer e Moreno \(2003\)](#) demonstraram que os estudantes que eram ensinados por meio de métodos exclusivamente verbais, como a fala e a escrita, tinham mais dificuldades de memorizar o conteúdo ensinado. Desta forma, a TAM sugere que o uso de imagens e textos de forma conjunta durante o ensino é mais efetivo e os estudantes conseguem aprofundar mais seus conhecimentos, comparado com o uso de materiais que apresentam somente texto. Para [Mayer e Moreno \(2003\)](#), “texto” não se refere somente a textos impressos, mas também a todos os recursos de conhecimento por escrito ou falado; “imagens”, abrange toda a mídia gráfica, como vídeos, animações, jogos e ilustrações. A TAM assume que os humanos possuem diferentes canais de processamento de informações (e.g. visual e auditivo), sendo que a preocupação na elaboração desses elementos de multimídia são mais centrados ao estudante, focando no que ocorre no sistema cognitivo do estudante quando ele recebe o material ao invés de como o material é apresentado.

A transmissão do material pode ocorrer por dois meios (texto e imagem) que se complementam, chamado de “canal duplo”. Esse canal duplo refere-se ao canal da visão e canal da audição, assumindo que os canais não são análogos e sim complementares, permitindo que os estudantes compreendam e construam conexões mais significativas do conhecimento quando os dois canais são empregados. Essa abordagem pode guiar na elaboração de materiais que exijam audiovisual, como vídeos.

Os elementos de multimídia podem ser apresentados de diversas maneiras aos estudantes, tais como baseado em problemas, exemplos em figuras, textos, vídeos, ou exemplos trabalhados. Pesquisadores têm descoberto que o ensino baseado em exemplos é mais efetivo nos anos iniciais e o ensino baseado em problemas é mais efetivo nos anos finais ([KALYUGA, 2009](#)). O potencial do ensino baseado em problemas é totalmente aproveitado quando os estudantes explicam as soluções para si próprios ([RENKL, 1997](#)), enquanto o sucesso do uso dos exemplos acontece quando apresentam subobjetivos explícitos ([CATRAMBONE, 1998](#)). [Trafton e Reiser \(1994\)](#) sugerem que intercalar exemplos e problemas é mais efetivo do que apresentar cada um deles isoladamente.

Além do ensino baseado em exemplos e problemas, outra abordagem sendo utilizada é o exemplo-trabalhado. Nesta abordagem, a apresentação da solução ocorre de forma completa e gradual, sendo considerada ainda mais efetiva do que apresentar exemplos e problemas em conjunto ([RENKL; ATKINSON, 2003](#)). O material é apresentado de forma segmentada, que pode ser controlado pelo estudante, em que ele pressiona o botão de continuar ou próximo ([MAYER; MORENO, 2003](#)).

Exemplos trabalhados reduzem as demandas do uso da carga cognitiva para a resolução de problemas, fornecendo soluções passo a passo e de forma gradual. Depois de um segmento de informações, o estudante é capaz de organizar de uma forma mais profunda, integrando as estruturas cognitivas entre si e o conteúdo apresentado ([MAYER; MORENO, 2003](#)). Portanto, a capacidade limitada de processamento dos estudantes (ou seja, capacidade de memória de

trabalho) pode ser direcionada a entender os princípios do domínio e sua aplicação ao problema em questão (RENKL; ATKINSON, 2003).

5.1.1 Princípios da TAM para elaboração de elementos de multimídia

Mayer e Moreno (2003) cita que os estudantes podem sofrer três tipos de processamento cognitivo durante o aprendizado. O primeiro é o processamento cognitivo estranho, também conhecido como carga cognitiva estranha, que refere-se ao uso de elementos em tela que não atende aos objetivos da instrução. O segundo é o processamento cognitivo essencial, também conhecido como carga cognitiva intrínseca, que é a complexidade intrínseca do conteúdo a ser aprendido e que não pode ser modificada pelo tutor. Uma solução seria a apresentação de palavras-chave para o estudante com objetivo de auxiliá-lo a organizar mentalmente o material, facilitando a compreensão do conteúdo.

O terceiro processamento é o processamento cognitivo generativo ou carga cognitiva persistente. Ela é dedicada aos processos que são relevantes para a aprendizagem, como a construção e automatização de esquemas. A carga cognitiva persistente contribui diretamente para a aprendizagem, auxiliando na construção das estruturas cognitivas e dos processos que melhoram o desempenho do estudante. Quando o processamento cognitivo generativo é envolvido com o essencial, aumenta as chances de uma aprendizagem significativa, ocorrendo a retenção e transferência do conhecimento. Portanto, deve-se reduzir o processamento cognitivo estranho, gerenciar o processamento cognitivo essencial e promover o processamento cognitivo generativo.

Entretanto, cada um desses processamentos possuem capacidade cognitiva limitada, reforçando a necessidade do planejamento na elaboração do elemento de multimídia. Para isso, Mayer e Moreno (2003) propõe doze princípios para elaboração de elementos de multimídia para benefício no processamento cognitivo do estudante (Figura 14).

Segundo Mayer e Moreno (2003), um material multimídia deve ter os seguintes passos para a sua elaboração: (i) selecionar palavras relevantes do texto apresentado ou narração; (ii) seleção de imagens relevantes a partir das ilustrações apresentadas; (iii) organizar as palavras selecionadas em uma representação verbal coerente; (iv) organizar as imagens selecionadas em uma representação visual coerente; e (v) integrar as representações visuais e verbais ao conhecimento prévio.

5.1.2 Esforço cognitivo

De acordo com Paas e Merriënboer (1994), a carga cognitiva está diretamente relacionada com fatores casuais e fatores passíveis de avaliação (Figura 15). Os fatores casuais afetam e produzem uma determinada carga cognitiva, sendo concebidos por meio das características da tarefa a ser realizada, do ambiente e do indivíduo. Os fatores relacionados à avaliação (como medir a carga cognitiva) são afetados pela carga cognitiva e são definidos por três

| | Nº | Princípio | Descrição |
|--|----|----------------------|---|
| Redução de Processamento Estranho | 1 | Coerência | Os estímulos verbais e visuais não relevantes durante o ensino devem ser excluídos. |
| | 2 | Sinalização | Destacar os aspectos mais importante do material, funcionando como "pistas", que ajuda na organização, categorização e classificação do conteúdo. |
| | 3 | Redundância | Utilizar animação e narração em vez de animação, narração e texto escrito. |
| | 4 | Proximidade Espacial | As palavras e imagens correspondentes devem estar próximas em vez de separadas. |
| | 5 | Proximidade Temporal | As palavras e imagens correspondentes devem ser apresentadas ao mesmo tempo em vez de separadas. |
| Gerenciamento do Processamento Essencial | 6 | Segmentação | Apresentar passos ou segmentos ao usuário, em vez de forma contínua. |
| | 7 | Pré-formação | Apresentar os significados ou palavras-chaves antes de começar a lição, para a familiarização dos termos pelo estudante. |
| | 8 | Modalidade | Apresentar gráficos ou animação e narração. |
| Promover o Processamento Generativo | 9 | Multimídia | Os estudantes aprendem melhor quando é combinado estímulos verbais (palavras e texto) e estímulos visuais (imagens e vídeos). |
| | 10 | Personalização | Apresentar palavras na forma de conversação para envolver o estudante na situação. |
| | 11 | Voz | Utilizar narração com uma voz humana amigável do que uma voz de máquina. |
| | 12 | Imagem | Apresentar imagens na tela relacionadas ao conteúdo. |

Figura 14 – Princípios da TAM (adaptado de Mayer e Moreno (2003)).

diferentes dimensões: carga mental, esforço cognitivo e performance. A carga cognitiva refere-se as demandas cognitivas das atividades e do ambiente. Esta dimensão está relacionada às características da atividade, independentemente das características do indivíduo. A dimensão esforço cognitivo está relacionada à capacidade de um indivíduo controlar recursos mentais para o processamento das informações de uma determinada atividade. O esforço cognitivo considera características do ambiente, das atividades, do indivíduo e a relação entre elas. E, por fim, a performance é definida pelo desempenho do indivíduo ao realizar uma tarefa e quão bem ele a executou.

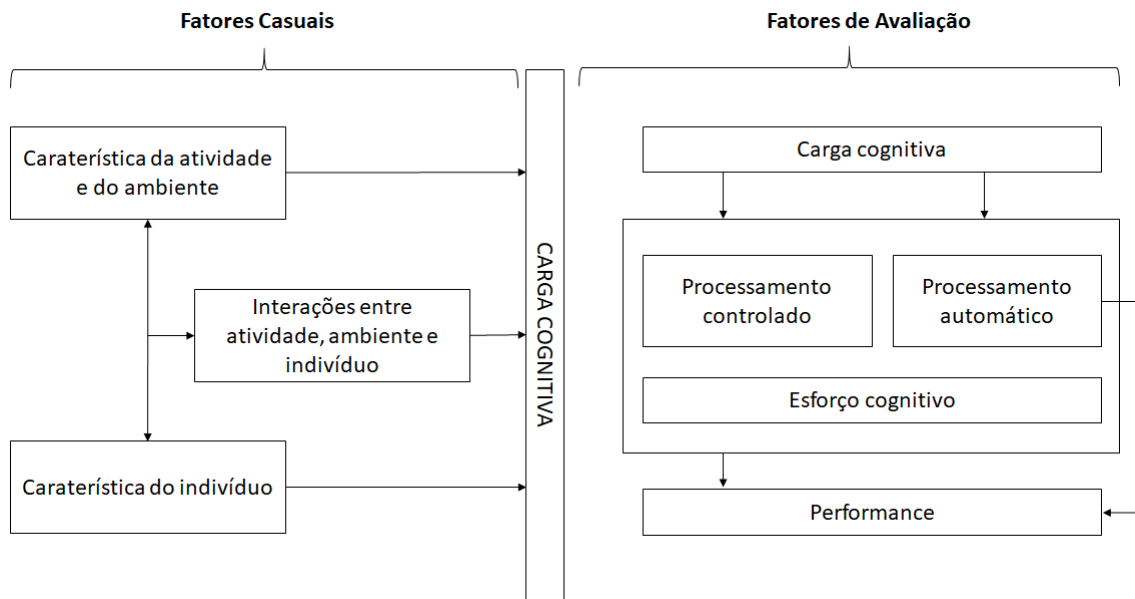


Figura 15 – Representação da carga cognitiva (adaptado de [Alves et al. \(2017\)](#)).

Segundo [Guélaud et al. \(1975\)](#) o esforço cognitivo escolar é derivado da carga de trabalho, e depende de diversos fatores, dentre eles características da tarefa, da capacidade intelectual ou nível de conhecimento, formação pessoal e experiência anterior. A Tabela 10 apresenta uma síntese dos conceitos associados ao esforço cognitivo, possibilitando maior compreensão sobre as cargas que envolvem o desgaste mental na aprendizagem.

A carga psíquica refere-se à vivência de tensões ou desequilíbrio psicológico. De acordo com [Facchini \(1994\)](#), as cargas psíquicas são derivadas dos elementos que são fonte de estresse. [Velázquez et al. \(1995\)](#) acredita que o esforço cognitivo utiliza mecanismos mentais de decisão e tratamento da informação, que são utilizados para atenção, pensamento e memorização.

Tabela 10 – Síntese de conceitos e definições do esforço cognitivo (adaptado de [ALVES et al., 2017](#))

| Conceitos | Definições |
|-------------------|--|
| Carga psíquica | Cargas que se relacionam aos aspectos afetivos presente na atividade ou significado da atividade para quem o realiza. |
| Carga de trabalho | É a carga proveniente das exigências cognitivas das atividades, tais como o uso da memória, percepção, atenção, concentração, raciocínio e tomada de decisões relacionadas com a tarefa. |
| Carga mental | Refere-se a aspectos psíquicos e cognitivos ao mesmo tempo. |

[Jorgensen et al. \(1999\)](#) e [Sanders e McCormick \(1998\)](#) classificaram os métodos de avaliação do esforço cognitivo em quatro categorias: Medida das tarefas primárias, Medidas das tarefas múltiplas, Medidas fisiológicas e Medidas subjetivas. A medição das tarefas primárias

relaciona-se diretamente com o desempenho da tarefa em si. A categoria de Medidas das tarefas múltiplas mensura o nível da carga por meio do uso de duas tarefas. As medidas fisiológicas medem as respostas fisiológicas relacionadas com as respostas às mudanças nos níveis das cargas mentais. E, por fim, as medidas subjetivas buscam experiências relacionadas com a carga mental, frequentemente realizadas por meio de questionários aplicados ao final da realização da tarefa.

As medidas subjetivas são as mais usadas para mensurar a carga mental e partem do princípio de que o nível de desgaste mental ou carga estará associado às capacidades do estudante em desempenhar a sua atividade. De modo geral, acredita-se que o estudante e a sua subjetividade seriam os indicadores mais eficientes relacionados ao nível de carga, subcarga (subuso das capacidades do estudante) ou sobrecarga (uso das capacidades além dos limites físicos e psíquicos do estudante).

O estudo de [Moray \(1988\)](#) indica que as medidas subjetivas são mais confiáveis e com melhor desempenho para mensurar a carga mental. Um dos instrumentos mais conhecidos e utilizados é o NASA TLX. Ele foi desenvolvido por [Hart e Staveland \(1988\)](#) e é um procedimento que pontua a carga de trabalho baseado em uma média ponderada de avaliações em seis subescalas (Tabela 11): demanda mental, demanda física, demanda temporal, desempenho próprio – entendam-se como Níveis de Realização, Esforço e Frustração. Dentre essas subescalas, três dimensões relacionam-se as demandas do sujeito (Mental, Física e Demanda Temporal) e três para a interação do sujeito com a tarefa (Esforço, Frustração e Realização).

Para mensurar qual das seis dimensões contribuíram para a carga de trabalho em uma atividade específica, é realizada uma comparação em dupla das seis dimensões entre si. Desta forma, as dimensões julgadas mais importantes durante o uso da carga de trabalho na atividade possuem maior peso na pontuação da carga de trabalho global, melhorando a sensibilidade da escala.

5.2 Trabalhos Relacionados

Seguindo a ideia proposta por [Mayer e Moreno \(2003\)](#), o estudo de [Lyra e Isotani \(2017\)](#) investigou se o uso de exemplos apresentados em figuras (infográficos) como materiais de aprendizagem era mais efetivo e adequado comparado aos materiais tradicionais, como gráficos e textos. Para isso, os autores desenvolveram um framework capaz de analisar e classificar a complexidade dos infográficos. Após um experimento empírico com 74 alunos de graduação sobre conteúdo do meio-ambiente, os resultados apontaram que o uso dos infográficos (imagens e texto) apresentaram benefícios comparado com os materiais tradicionais em termos de aprendizado. Ao utilizar infográficos, os estudantes demoraram menos tempo para aprender o conteúdo. Neste experimento, os estudantes foram avaliados quanto à aprendizagem imediata, retenção e perda de conhecimento, satisfação e estilos de aprendizagem.

Além de [Lyra e Isotani \(2017\)](#), o estudo de [Lee e Kim \(2016\)](#) também comparou a

Tabela 11 – Subescalas do NASA-TLX (adaptado de Moray (1988)).

| Subescala | Pontos de extremidade | Descrição |
|------------------|-----------------------|--|
| Demanda mental | Baixo/Alto | Quanta atividade mental e perceptiva foi necessária? A tarefa foi fácil ou exigente, simples ou complexa? |
| Demanda física | Baixo/Alto | Quanta atividade física era necessária? A tarefa era fácil ou exigente, leve ou cansativa? |
| Demanda temporal | Baixo/Alto | Você se sentiu pressionado em relação ao tempo e o seu ritmo em que as tarefas ou os elementos da tarefa ocorreram? O ritmo foi lento ou rápido? |
| Realização | Baixo/Alto | Quão bem-sucedido foi o seu desempenho da tarefa? Quão satisfeito você estava com o seu desempenho ? |
| Esforço | Baixo/Alto | Quão difícil foi trabalhar (mentalmente e fisicamente) para atingir seu nível de desempenho? |
| Frustração | Baixo/Alto | Quão irritado, estressado e aborrecido versus contente, relaxado e compreensivo você se sentiu durante a tarefa? |

utilização de infográficos ao formato texto. Neste estudo, os resultados demonstraram que os infográficos foram avaliados melhor pelos usuários com menor conhecimento prévio. Esses resultados corroboram com as informações coletadas pelo estudo de [Crick e Hartling \(2015\)](#). No experimento realizado pelos autores na área da saúde, os pacientes e cuidadores que possuíam menor conhecimento na área, preferiam infográficos para aprender o conteúdo. Entretanto, os profissionais preferiam o formato texto. Essa descoberta ressalta a necessidade de considerar as preferências e características do público-alvo.

O exemplo trabalhado é outro tipo de elemento de multimídia que pode ser apresentado aos estudantes além de imagens e textos. Ele é apresentado em formato passo a passo, acompanhando o estudante em uma linha de raciocínio de acordo com a TCC. Neste caso, a intenção é fazer com que o estudante use menos a sua carga cognitiva, evitando a sobrecarga cognitiva com várias informações ([SALDEN *et al.*, 2010](#); [SCHWONKE *et al.*, 2009](#)). Os estudos de [Salden *et al.* \(2010\)](#) e [Schwonke *et al.* \(2009\)](#) sugerem que o uso de exemplos trabalhados são mais eficientes em estudantes iniciantes no assunto comparado aos estudantes que possuem mais conhecimento.

5.3 Método/Planejamento

5.3.1 Objetivos

Basicamente, definir o escopo de um experimento se limita a definir seus objetivos. Para esse fim, utilizamos a organização proposta pelo modelo Goal/Question/Metric (GQM), descrevendo nossos objetivos experimentais em cinco partes: objeto de estudo, objetivo, perspectiva, foco na qualidade e contexto.

Objeto de estudo: os objetos de estudo são os tipos de elementos de multimídia (e.g. texto, exemplo trabalhado ou figura) mais propensos a fornecerem informação que causa menos esforço cognitivo aos traços de personalidade e seu conhecimento prévio.

Propósito: o propósito deste experimento é avaliar quais tipos de elementos de multimídia fornecem melhor entendimento e causam menos esforço cognitivo para cada traço de personalidade, especialmente para o traço de extroversão e neuroticismo. Especificamente, queremos identificar quais tipos de elementos de multimídia auxiliam na apresentação do conteúdo e, conseqüentemente, apoiam o aprendizado do assunto apresentado e com menor esforço cognitivo possível, considerando os níveis de conhecimento prévio dele.

Perspectiva: o experimento é executado a partir do ponto de vista do pesquisador.

Focus qualitativo: o principal efeito sob investigação é a percepção dos tipos de elementos de multimídia pelos traços de personalidade medidos pela pontuação em álgebra obtidas pelos indivíduos e a autodeclaração de esforço cognitivo fornecidos por eles.

Contexto: este experimento ocorreu usando 58 estudantes da 7ª série do ensino fundamental como sujeitos (N=65).

Analisar os tipos de elementos de multimídia

com o propósito de comparar

com respeito a percepção do aprendizado e esforço cognitivo em álgebra

do ponto de vista do pesquisador

no contexto de estudantes do ensino fundamental

5.3.2 Seleção das variáveis

Para Wohlin *et al.* (2000), o experimento controlado tem objetivo de investigar o valor de uma variável ao final do processo, a partir de uma ou mais variáveis de entrada. Para isso, existem dois tipos de variáveis, as independentes e as dependentes.

As variáveis independentes são consideradas as variáveis de entrada, e podem ser controladas pelo experimentador. No entanto, as variáveis dependentes são afetadas pelas variáveis independentes, e são consideradas variáveis de saída. A tabela 16 apresenta as variáveis indepen-

dependentes e dependentes para o experimento. Os elementos de multimídia são objeto de estudo desse experimento e são divididos em três tipos: texto, exemplo trabalhado e figura. Além dos elementos de multimídia, o traço de personalidade e o conhecimento prévio em álgebra também são variáveis independentes. As variáveis dependentes consideradas foram esforço cognitivo/mental e o desempenho em álgebra dos estudantes.

| Variáveis Independentes (afetam) | Variáveis Dependentes (são afetadas) |
|---|--|
| Traços de personalidade <ul style="list-style-type: none"> • Realização • Amabilidade • Abertura à mudanças • Neuroticismo • Extroversão | Esforço Cognitivo – NASA TLX <ul style="list-style-type: none"> • Dimensões do esforço mental |
| Recursos digitais <ul style="list-style-type: none"> • Texto • Exemplo trabalhado • Figura | Aprendizado <ul style="list-style-type: none"> • Desempenho |
| Conhecimento prévio em álgebra <ul style="list-style-type: none"> • Desempenho | Tempo <ul style="list-style-type: none"> • Tempo em segundos |

Figura 16 – Variáveis do experimento

5.3.3 Formulação das hipóteses

O objetivo geral deste capítulo é investigar o uso dos diversos tipos de elementos de multimídia e os seus benefícios para os diferentes traços de personalidade de acordo com o conhecimento prévio dos estudantes. Os tipos de elementos de multimídia que serão investigados são texto, exemplo trabalhado e figura. A partir dessa abordagem, foi formulada a questão de pesquisa principal:

QP_{2.1}: Os diferentes tipos de elementos de multimídia influenciam no aprendizado de diferentes traços de personalidade e seu conhecimento prévio?

Para a questão de pesquisa 2.1, temos formalmente as hipóteses:

- Hipótese Nula: Não existe diferença entre o aprendizado por figuras, exemplo trabalhado e texto, para cada traço de personalidade.

$$H_0 = \text{Aprendizado}_{(\text{figura})} = \text{Aprendizado}_{(\text{exemplo trabalhado})} = \text{Aprendizado}_{(\text{texto})}$$

- Hipótese Alternativa: Existe diferença entre o aprendizado por figura, exemplo trabalhado e texto, para cada traço de personalidade.

$$H_1 = \text{Aprendizado}_{(\text{figura})} \neq \text{Aprendizado}_{(\text{exemplo trabalhado})} \neq \text{Aprendizado}_{(\text{texto})}$$

A questão de pesquisa 2.2 refere-se à influência da variável de esforço cognitivo do estudante para cada tipo de elemento de multimídia e traço de personalidade. Tem como objetivo investigar qual elemento de multimídia o estudante sentiu menos esforço cognitivo ao usar (QP_{2.2}: Os diferentes tipos de elementos de multimídia influenciam no esforço cognitivo?).

- Hipótese Nula: Não existe diferença entre o esforço cognitivo dos estudantes na utilização de figura, exemplo trabalhado e texto.

$$H_0 = \text{Esforço cognitivo}_{(\text{figura})} = \text{Esforço cognitivo}_{(\text{exemplo trabalhado})} = \text{Esforço cognitivo}_{(\text{texto})}$$

- Hipótese Alternativa: Existe diferença entre o esforço cognitivo dos estudantes na utilização de figura, exemplo trabalhado e texto.

$$H_1 = \text{Esforço cognitivo}_{(\text{figura})} \neq \text{Esforço cognitivo}_{(\text{exemplo trabalhado})} \neq \text{Esforço cognitivo}_{(\text{texto})}$$

5.3.4 Seleção dos sujeitos

Os participantes foram estudantes de um colégio particular na cidade de Araraquara, no estado de São Paulo, Brasil. No total, estudantes de três turmas (SD = 58 participantes) do 7º ano, com noções básicas sobre equações do primeiro grau, participaram do experimento.

5.3.5 Materiais

Para a execução do experimento, os seguintes materiais (Tabela 12) foram usados:

Tabela 12 – Materiais do experimento

| | Formulário | Objetivo |
|-----|---|---|
| i | Questionário do traço de personalidade | Identificar o traço de personalidade do estudante |
| ii | Questionário com questões pessoais | Conhecer o perfil do estudante |
| iii | Teste sobre conhecimento de álgebra (pré-teste e pós-teste) | Identificar o nível de conhecimento em álgebra |
| iv | Teste de álgebra para diferentes tipos de elementos de multimídia | Exercícios em álgebra com material de apoio em diferentes tipos de elementos de multimídia |
| v | Teste de esforço cognitivo | Identificar o esforço cognitivo do estudante ao utilizar os diferentes tipos de elementos de multimídia |

5.3.6 Questionário do traço de personalidade

O questionário usado para identificar o traço de personalidade foi baseado no estudo de (BARBOSA, 2009). Nele, o autor propõe 20 questões que podem ser respondidas na escala de 1 (Discordo totalmente) a 5 (Concordo totalmente). Cada pergunta pode ser categorizada em um dos cinco grupos: amabilidade, extroversão, realização, abertura à mudanças e neuroticismo. No final, as respostas foram somadas, e foi verificado qual grupo foi mais pontuado.

5.3.7 Questionário com questões pessoais

O questionário pessoal tem objetivo de identificar o perfil do estudante. Nesse questionário foi solicitado a idade, série e gênero do estudante. Além disso, questões sobre álgebra também foram apresentadas, como por exemplo, qual o nível de conhecimento sobre álgebra o estudante acredita possuir, o que ele sente durante as aulas e como ele poderia se sentir mais motivado a aprender o conteúdo. Também foi perguntado qual a frequência de uso e o seu conhecimento sobre computadores e acesso à internet, pois isso poderia interferir no resultado das resoluções dos exercícios propostos neste experimento.

5.3.8 Teste sobre conhecimento de álgebra pré e pós-teste

O teste de conhecimento de álgebra tem como objetivo identificar o nível de conhecimento que o estudante possui em álgebra, sem o uso do computador. Desta maneira, os resultados não foram impactados por alguma eventual falta de habilidade ou conhecimento computacional. Além disso, se o estudante possuir alto nível de conhecimento em álgebra por esse teste e baixo nível no conhecimento em álgebra usando os elementos de multimídia, poderia indicar que os elementos de multimídia não foram elaborados de forma adequada. Os estudantes responderam por meio da caneta e papel 20 questões de álgebra, divididas em níveis fáceis (3), intermediários (4), avançados (6) e experts (7).

5.3.9 Teste de álgebra para diferentes tipos de elementos de multimídia

Os resultados do teste de álgebra disponível em diferentes tipos de elementos de multimídia foram comparados com o teste de conhecimento de álgebra. Esse teste foi disponibilizado eletronicamente pelo sistema PAT2Math², em que as respostas são verificadas por um tutor virtual. A cada resposta (passo da resolução), o tutor virtual fornece *feedback* mínimo (certo ou errado) ao estudante de forma imediata. De acordo com os resultados de estudos anteriores, acredita-se que o uso de elementos visuais em conjunto com elementos textuais pode ser benéfico para o aprendizado. Segundo Mayer e Moreno (2003), essa premissa pode ser aplicada tanto para materiais impressos quanto para materiais digitais, além de ser independente do conteúdo lecionado. Entretanto, não foram encontrados estudos que investigam se esses princípios são eficazes para diferentes tipos de personalidade e conhecimento prévio de álgebra. Devido a isso, para esse experimento, foram escolhidos os seguintes tipos de elementos de multimídia:

- **Texto:** o conteúdo é explicado somente com palavras;

² Sistema Tutor Inteligente para o ensino de álgebra. Disponível em: <<http://pat2math.unisinos.br/pat2math/login>>

Tabela 13 – Sumarização dos erros e dificuldades dos estudantes em álgebra

| Erro/Dificuldade | Exemplo |
|---|--|
| Adição de termos que não são semelhantes | $3 + 4n = 7n$ |
| Interpretação dos sinais “+” e “=” como indicadores de uma ação | $2a + 5b = 7ab$ |
| Interpretação incorreta de monómios de 1º grau | Interpretação de $4y$ como quatro “y’s”; <ul style="list-style-type: none"> um número com quatro dezenas e um número desconhecido de unidades $4 + y$ por analogia com $3\frac{1}{2} = 3 + \frac{1}{2}$ |
| Uso de parêntesis | $3(x + 2) = 7x$ $3x + 2 = 7x$ |
| Não saber como começar a resolver uma equação | - |
| Não respeitar a convenção de que várias ocorrências da mesma incógnita representam o mesmo número | - |
| Adição incorreta de termos semelhantes | $-2x + 5x = 8$ $-7x = 8$ |
| Adição incorreta de termos não semelhantes | $2x + 5 = x + 8$ $7x = 9$ |
| Transposição incorreta de termos | $16x - 215 = 265$ $16x = 265 - 215$ $30 = x + 7$ $30 + 7 = x$ $3x + 5 = 2x$ $3x = 2x + 5$ $7x = x + 8$ $7 - 8 = x + x$ |
| Redistribuição (Redistribution) | $-2x + 5 = 8$ $-2x + 5 - 5 = 8 + 5$ |
| Eliminação | $3x - 3 = 2x - 4$ $x = 2x - 4$ |

- **Figura:** o conteúdo é explicado por meio de texto e imagens, sem qualquer animação. Algumas figuras explicativas foram adicionadas e;
- **Exemplo trabalhado:** o exercício é explicado e apresentado passo a passo com o auxílio do tutor virtual.

Cada material apresentou a resolução de um exercício como exemplo. Para determinar o nível de complexidade do conteúdo, foi adotado que para cada exercício seria mostrado a sua resolução passo a passo, além de relembrar os conceitos estudados em sala de aula com os professores. Esses conceitos (Tabela 13) foram baseados na sistematização proposta por [Ponte, Branco e Matos \(2009\)](#), em que investiga os erros e as dificuldades dos estudantes na simplificação de expressões algébricas e na resolução de equações do 1º grau.

A seleção dos exercícios foi baseada nos exercícios propostos no sistema PAT2Math, sendo divididos em níveis básico (4 exercícios), intermediário (4 exercícios), avançado (4

exercícios) e expert (3 exercícios). Após a seleção dos exercícios e quais conceitos deveriam ser discutidos de acordo com os erros e dificuldades mais encontradas, cada elemento de multimídia acima foi elaborado de acordo com os doze princípios descritos na seção 5.1.1.

5.3.10 Teste de Esforço Cognitivo

Ao término de cada nível (i.e. básico, intermediário, avançado e expert), era apresentado o formulário para identificar o esforço cognitivo do estudante. Nele, o estudante precisava indicar a frequência de cada subescala do NASA TLX (instrumento descrito na seção 5.1.2.) e o seu peso.

5.4 Procedimento

Os sujeitos participantes do experimento foram separados aleatoriamente em três grupos de aproximadamente 65 alunos entre as três turmas para utilizarem texto, exemplo trabalhado e figuras. O experimento consistiu em três fases (Figura 17): Fase A (Pré-teste), Fase B (Intervenção) e Fase C (Pós-teste).

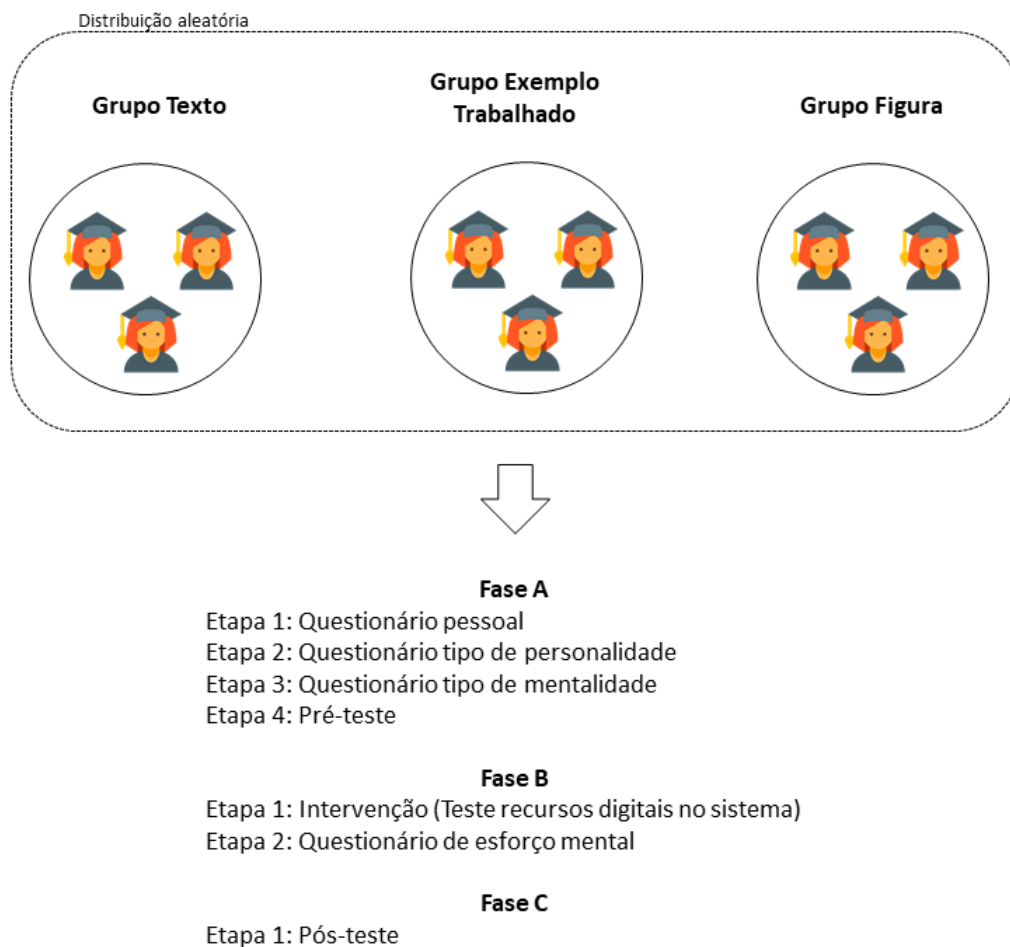


Figura 17 – Procedimento do experimento

- **Fase A (Pré-teste):** Primeiramente, os sujeitos receberam orientações oralmente sobre os objetivos da atividade. Em seguida, foi solicitado que os sujeitos respondessem os questionários em papel, como o questionário pessoal e o questionário do traço de personalidade. Posteriormente, os sujeitos realizaram o teste de conhecimento prévio, que consistiu em 20 questões de álgebra, divididas em níveis fáceis (3), intermediários (4), avançados (6) e experts (7). Cada uma dessas questões deveria ser respondida de forma discursiva. Esse teste tinha o objetivo de mensurar o conhecimento em álgebra dos sujeitos, para ser posteriormente comparado com os resultados obtidos com o teste de álgebra usando diferentes elementos de multimídia.
- **Fase B (Intervenção):** Após o preenchimento e a correção de todos os questionários da Fase A, os sujeitos foram distribuídos aleatoriamente para resolver os exercícios em álgebra. As três turmas resultaram em 22 sujeitos para cada tipo de elemento de multimídia. Antes de cada exercício, foi apresentada uma explicação de 15 exercícios em três diferentes elementos de multimídia: texto, exemplo trabalhado e figura. Os sujeitos foram responsáveis por responder 15 exercícios de níveis fáceis, intermediário, avançado, e expert usando um tipo de elemento de multimídia. Ao término de cada nível, foi solicitado que o sujeito autodeclarasse o seu esforço cognitivo com a atividade proposta com o determinado elemento de multimídia.
- **Fase C (Pós-teste):** Por fim, os sujeitos realizaram o teste de retenção que consistiu em 20 questões de álgebra semelhante ao teste de conhecimento prévio do pré-teste, divididas em níveis fáceis (3), intermediários (4), avançados (6) e experts (7). Cada uma dessas questões deveria ser respondida de forma discursiva.

5.5 Execução do experimento

A execução do experimento ocorreu em três dias, distribuídos em 1 dia para cada semana. A Fase A (pré-teste) foi realizada em sala de aula, utilizando o papel e lápis. Houve uma explicação sobre o experimento, como objetivos e sigilo dos dados. Posteriormente, os estudantes resolveram os 20 exercícios de álgebra e no final foi aplicado o questionário pessoal, e os questionários para identificar o traço de personalidade.

Depois de uma semana, os estudantes realizaram as atividades da Fase B (intervenção). Nela, os sujeitos executaram todas as atividades individualmente em um laboratório de informática, com apoio do lápis e papel para rascunho.

Por fim, após uma semana, a Fase C (pós-teste) consistiu em solicitar aos estudantes que resolvessem 20 questões de álgebra, semelhantes aos exercícios do pré-teste, com auxílio do lápis e papel.

Ao fim da execução, os dados coletados foram tabulados e analisados. Dentre os 65 alunos participantes, os dados de 53 sujeitos puderam ser considerados; os outros não cumpriram as três fases do experimento. Os dados tabulados podem ser encontrados no endereço: <<https://goo.gl/DG9rwG>>. Os 53 sujeitos têm, em média 13 anos, sendo 28 do sexo feminino e 25 do sexo masculino.

5.6 Análise e Discussão dos Resultados

Para investigar as hipóteses foi realizado um teste de normalidade utilizando o teste Shapiro-Wilk para determinar se o conjunto de dados de uma dada variável é considerada uma distribuição normal ou não. Posteriormente, para analisar a primeira questão de pesquisa (QP_{2.1}: Os diferentes tipos de elementos de multimídia influenciam diferentemente no aprendizado dos estudantes com diferentes traços de personalidade?) foi aplicado o teste-t comparando a diferença entre as notas do pré-teste e do pós-teste. O teste-t não mostrou diferença estatística significativa para nenhum dos elementos de multimídia para o traço de personalidade neuroticismo, sendo Figura com p-value=0.707, Exemplo-trabalhado com p-value=0.561 e Texto com p-value=0.304. Também não foi encontrada diferença significativa com o traço de personalidade extroversão, sendo p-value=0.470 (Figura), p-value=0.553 (Exemplo-trabalhado) e p-value=0.783 (Texto). Desta forma, os resultados sugeriram que a hipótese nula (*Hipótese Nula: Não existe diferença entre o aprendizado por figuras, exemplo trabalhado e texto, para cada traço de personalidade*) não deve ser rejeitada.

Para a segunda questão de pesquisa (QP_{2.2}). *Os diferentes tipos de elementos de multimídia influenciam no esforço cognitivo* foram utilizados os testes One-way Anova e o teste Tukey. Uma análise de variância simples (One-way Anova) tem como objetivo rejeitar ou não a hipótese de igualdade de médias populacionais de diversos grupos, porém não determina quais grupos têm médias estatisticamente diferentes. O teste de Tukey compara médias duas a duas.

No teste One-way Anova mostra que não houve significância estatística (p-value= 0,214). No teste de Tukey tivemos os resultados: Figura-Exemplo Trabalho (p-value= 0,2038), Texto-Exemplo Trabalho (p-value= 0,4063) e Texto-Figura (p-value= 0,8831).

Os resultados podem ser visualizados na Figura 18, que demonstra que esforço cognitivo de quem teve contato com figuras foi menor do que aqueles que tiveram contato com exemplo trabalhado e texto. Entretanto, não houve diferença estatística do esforço cognitivo e o aprendizado por personalidade. Assim, a hipótese nula (*Hipótese Nula: Não existe diferença entre o esforço cognitivo dos estudantes na utilização de figura, exemplo trabalhado e texto.*) não deve ser rejeitada.

Os elementos de multimídia também foram analisados em relação a frustração (Figura 19). O teste One-way Anova demonstra que não houve significância estatística (p-value=0,179). Além disso, o teste de Tukey demonstra que não há diferenças entre os três elementos de

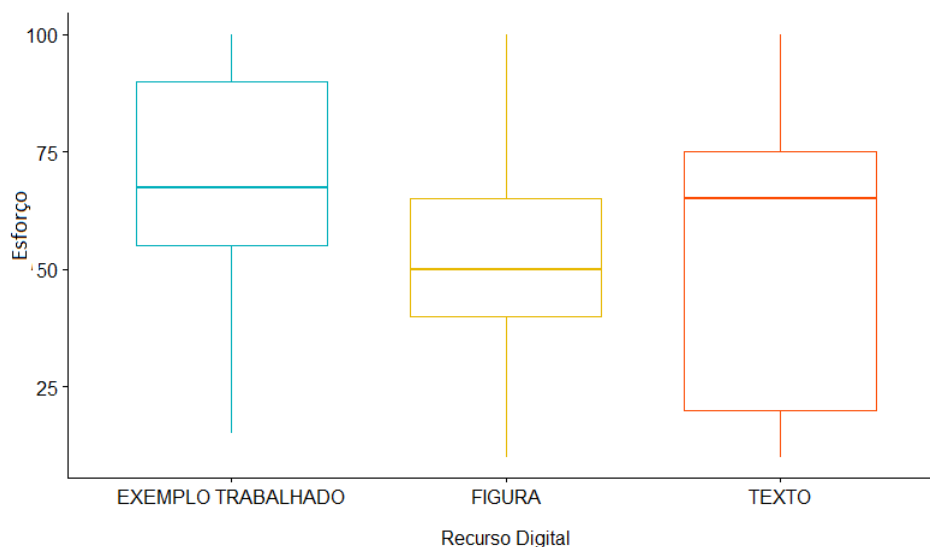


Figura 18 – Relação entre elementos de multimídia e esforço cognitivo

multimídia, Figura-Exemplo trabalhado (p-value= 0,220), Texto-Exemplo trabalhado (p-value= 0,981) e Figura-Texto (p-value= 0,267)

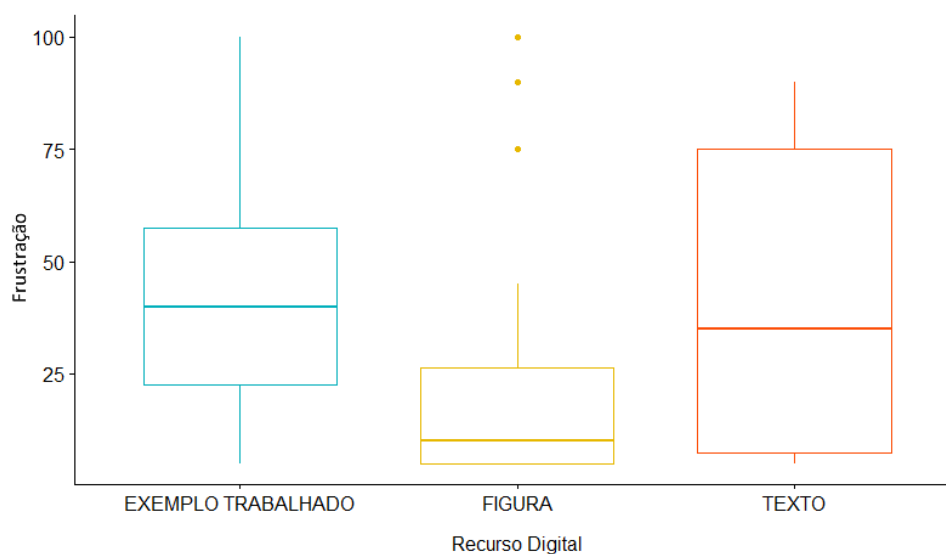


Figura 19 – Relação entre elementos de multimídia e a frustração

Apesar de não haver diferenças estatísticas quanto ao aprendizado e esforço cognitivo utilizando diferentes tipos de elementos de multimídia para cada traço de personalidade, houve um ganho geral de aprendizado depois da intervenção, sendo que no pré-teste a média foi de 3,40 e no pós-teste foi de 5,10.

Acredita-se que os resultados encontrados deve-se ao fato de não haver diferenças significativas de conhecimento prévio dos estudantes, sendo que todos possuíam baixo conhecimento em álgebra. Além disso, por serem crianças do 7º ano, as equações de primeiro grau estão sendo introduzidas no conteúdo escolar, não tendo tempo suficiente para poderem aprender mais profundamente sobre conceitos do assunto tratado.

Porém, durante a execução do experimento, foi observado que apesar da literatura acreditar que o uso dos exemplos trabalhados seja benéfico para o uso da carga cognitiva, os estudantes que utilizaram esse tipo de elemento de multimídia não terminavam de ler o exemplo. Os estudantes apresentaram ser agitados e ansiosos, não concluindo toda a leitura requisitada e clicavam rapidamente para o próximo passo do exemplo trabalhado.

Desta maneira, acreditamos que a execução do experimento em crianças com conhecimento um pouco mais elevado em álgebra, redução de questões para evitar o desgaste e o aumento no número de participantes, possa fornecer dados mais significativos ao experimento.

5.7 Ameaças a validade

Uma possível ameaça à validade dos resultados é a representatividade da amostra, uma vez que indivíduos que participaram do estudo são estudantes do 7º ano do ensino fundamental de uma única escola. Desta forma, não é possível generalizar os resultados para toda a população estudantil. Do ponto de vista estatístico, este problema pode ser contornado com a repetição com maiores número de participantes. Outra ameaça a ser considerada é a utilização do PAT2Math, pois os estudantes não possuíam tempo hábil para se adaptarem ao sistema, podendo impedir que alguns alunos completassem os exercícios. Embora a escolha dos exercícios se baseou nas versões estáveis do PAT2Math, elas podem não sido adequadas ao perfil dos participantes.

5.8 Conclusão

Pelos resultados obtidos no experimento, constatou-se que os tipos de elementos de multimídia não estão relacionados com o traço de personalidade do estudante ou o esforço cognitivo. O conhecimento em álgebra da maioria dos sujeitos estava abaixo da média das amostras, tendo vários sujeitos recebendo a nota mínima no pré-teste. Por outro lado, constatou-se que após a intervenção, houve uma melhora de desempenho dos estudantes no pós-teste.

Os testes estatísticos mostraram-se inconclusivos, não sendo possível rejeitar nenhuma das hipóteses nulas formuladas devido aos altos valores de p obtidos (todos próximos a 1). É possível inferir que o número pequeno de sujeitos presentes na amostra e o conhecimento prévio do estudante, pode ter influenciado nestes resultados.

Desta maneira, a elaboração dos elementos de multimídia que serão aplicados para a regulação emocional nesta tese, será baseada nos princípios propostos por Mayer e Moreno (2003) na seção 5.1.1 e no conhecimento prévio dos estudantes. Para Crick e Hartling (2015), os materiais mais efetivos para estudantes iniciantes apresentam mais imagens ou conteúdos divididos, como exemplos trabalhados.

IMPLEMENTAÇÃO DO ALGORITMO DE REGULAÇÃO EMOCIONAL EM UM STI

Como apresentado nos capítulos anteriores, a confusão é uma emoção que não deve ser evitada no contexto de aprendizagem (CRAIG *et al.*, 2004; D'MELLO; PICARD; GRAESSER, 2007), pois pode incentivar os estudantes a buscarem o seu próprio conhecimento, a manterem o foco e a atenção na atividade (D'MELLO; CALVO, 2013). Quando a confusão é detectada e experimentada, os estudantes precisam se envolver em atividades cognitivas para regulá-la, com objetivo de errarem menos e sentirem menos frustração e tédio. Essa regulação deve considerar as características pessoais do estudante, como a personalidade e o conhecimento prévio, para determinar o tempo que esse estudante consegue tolerar a confusão, antes que torne-se uma emoção que impacte negativamente no aprendizado, além apresentar o elemento de multimídia mais adequado que irá auxiliar na sua cognição.

Dessa maneira, este Capítulo descreve a implementação do algoritmo para regulação emocional em um STI chamado PAT2Math. O algoritmo considera o tempo de tolerância do estudante, para então adaptar automaticamente os elementos de multimídia de acordo com o seu histórico de resolução.

6.1 Escolha e apresentação dos elementos de multimídia

Um estudante que está sentindo confusão e cometendo vários erros durante a resolução de um problema, possui grandes chances de sentir frustração ou tédio. Portanto, a cada erro cometido pelo estudante, a intervenção deve ser mais informativa (por exemplo, intervenção vídeo que faz o uso de áudio e imagem), com o intuito de evitar que o estudante siga confuso e que ele consiga resolver o exercício proposto. Desta forma, é preciso entender em como escolher o elemento multimídia de acordo com o histórico do estudante e qual item desse histórico influencia na escolha do elemento.

Por meio dos itens de histórico do estudante (emoção, nível da questão, número de erros em um mesmo exercício, número de dicas solicitadas, abandono do exercício anterior e número de exercícios abandonados), cada item deve possuir uma ordem de "prioridade" para determinar quais componentes influenciam na escolha do elemento de multimídia. Quanto maior a prioridade do item, mais ele impacta na escolha. Nós consideramos quatro tipos de elementos de multimídia ordenados por grau de informação: 1-Texto, 2-Figura, 3-Vídeo e 4-Troca de exercício do mesmo nível. Cada elemento de multimídia possui a estratégia de regulação emocional por meio da reavaliação cognitiva. O funcionamento da proposta de intervenção é apresentada na Figura 20.

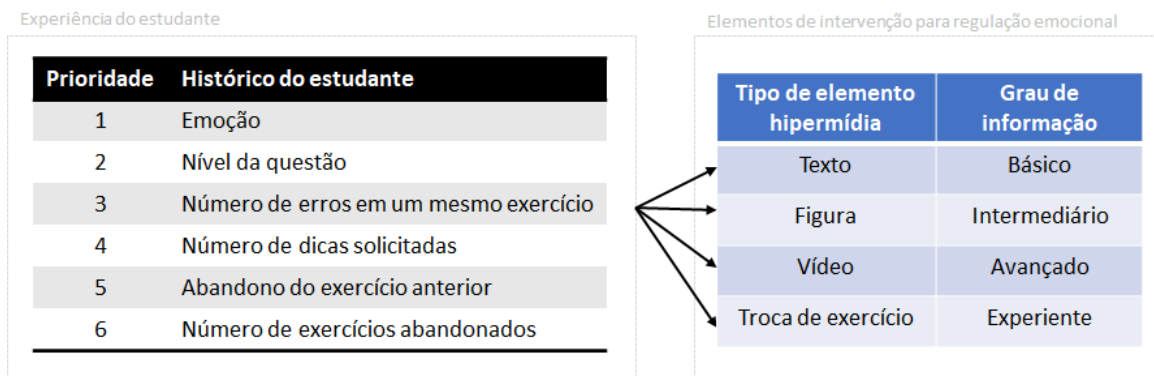


Figura 20 – Proposta de intervenção de acordo com o histórico do estudante.

Devido aos valores de intervenção serem ordinais (texto, figura, vídeo ou troca de exercício) e pelas intervenções serem ordenadas (e.g. de pouca informação até muita informação), foi identificada a possibilidade de utilizar uma regressão logística ordinal (AGRESTI, 2010), o modelo de chances proporcionais (*proportional odds model*), também conhecido como modelo logístico cumulativo (*cumulative logit model*). A partir da característica de ordem dos quatro possíveis elementos de multimídia, o valor da intervenção (y^*) pode ser expressada por:

$$y^* = \text{logit}[\text{P}(Y \leq v | \mathbf{x})] = \alpha_v + \boldsymbol{\beta}^\top \mathbf{x}, \quad v = 1, 2, 3. \quad (6.1)$$

Com $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_6)^\top$ e $\boldsymbol{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_6)^\top$.

Assim, foi necessário encontrar os valores de α 's e β 's com objetivo de encontrar qual o valor (ou peso) do histórico do estudante que influencia na escolha do elemento e em qual grupo ele pertence. Para isso, foi utilizada uma simulação que tem o objetivo de escolher o elemento de multimídia (i.e. texto, vídeo, figura ou troca de exercício) mais adequado ao perfil do estudante. A simulação computacional é uma técnica que envolve a criação de um algoritmo ou sistema computacional que represente uma parte do mundo real e permite que os resultados dos seus experimentos sejam uma previsão do que acontecerá na realidade. No contexto educacional, a simulação pode auxiliar na previsão de padrões de comportamento dos estudantes antes que seja colocado em prática, ajudando a não interromper as atividades curriculares. O uso das simulações permite testar uma grande quantidade de variáveis sem perturbar o aprendizado

do estudante, além de ser capaz de simular grande quantidades de estudantes que não sejam possíveis utilizá-los no mundo real.

A primeira etapa consistiu na geração dos dados dos estudantes de forma aleatória para 50000 indivíduos e de acordo com características relevantes registradas pelo Sistema Tutor Inteligente PAT2Math¹ (JAQUES; NUNES, 2013; MORAIS *et al.*, 2017). Posteriormente, foi determinado pesos (ou β 's) de cada item do histórico de informação do indivíduo, onde valores mais elevados, em geral, tem uma maior influência na escolha da intervenção. Esses valores foram usados para identificar qual elemento de multimídia que será escolhido, por meio da simulação. Desta maneira, foi determinado os pesos da emoção (peso 10), nível da questão (peso 7), número de erros no mesmo exercício (peso 6), número de dicas solicitadas (peso 5), abandono do exercício anterior (peso 10) e número de exercícios abandonados (peso 2), sendo esses valores escolhidos de acordo com que melhor refletem a realidade.

O segundo passo foi determinar quais grupos seriam referências para a escolha do elemento de multimídia (α 's ou também interceptos) e ajudam a diferenciar cada um dos elementos de multimídia escolhidos, sendo necessário apenas três valores, pois um elemento é tido como grupo de referência. No caso dos interceptos, há a necessidade prévia de saber quantos elementos de multimídia serão possíveis. Nesta tese, é assumido quatro opções de elementos de multimídia (texto, figura, vídeo e troca de exercício). Desta forma, tomando como grupo de referência o elemento de troca de exercício, foi definido os interceptos com os valores -71, -55 e -40. A escolha dos valores para os pesos e interceptos foi baseada em uma série de testes prévios comparando resultados que melhor descrevem a realidade.

O terceiro passo foi calibrar os α 's e β 's por meio de uma base de treinamento. Assim, foi realizada 1000 simulações para cada configuração de 50000 indivíduos, com objetivo de encontrar os α 's e β 's estimados por meio do modelo de chances proporcionais. Assim, os valores calibrados retornados foram os mesmos α 's e β 's aplicados durante a simulação, ainda que os dados simulados foram por meio de uma estratégia intuitiva. Além disso, a estratégia de simulação também se mostrou coerente, ainda que não haja estudos prévios que garantam a semelhança com os dados reais.

6.2 Algoritmo em Java

O algoritmo para a escolha e apresentação dos elementos de multimídia, envolve duas partes: a primeira parte consiste em identificar o momento mais adequado em apresentar o elemento de multimídia (apresentado no Capítulo 4) e a segunda parte consiste em selecionar o elemento mais adequado de acordo com o histórico de resolução do estudante na plataforma

¹ PAT2Math é um sistema tutor web que assiste os alunos de forma inteligente (através de *feedback* mínimo, *feedback* de erro, e dicas) enquanto resolvem equações de primeiro grau passo-a-passo. Disponível em <<http://pat2math.unisinos.br>>.

(apresentado na Seção 6.1). A Figura 21 apresenta o funcionamento interno do algoritmo.

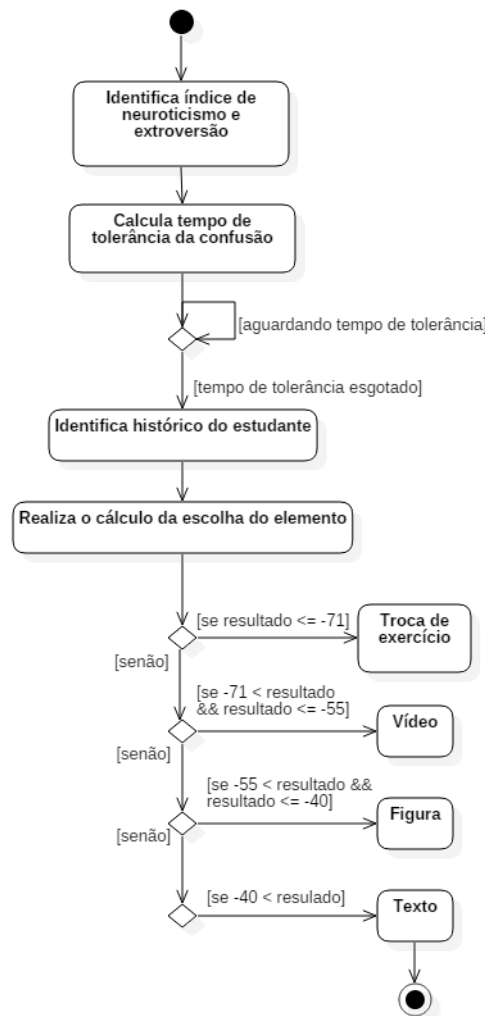


Figura 21 – Funcionamento interno do algoritmo.

O algoritmo 1 apresenta o código para o cálculo do tempo que um estudante com um determinado perfil consegue tolerar sentir a confusão (descrito no Capítulo 4).

O algoritmo 2 apresenta o cálculo do tipo de elemento de multimídia que será apresentado ao estudante. Esse cálculo foi descrito na Seção 6.1, e utiliza as informações sobre a emoção atual do estudante (x_7), nível do exercício atual (x_2), quantidade de erros no mesmo exercício (x_3), quantidade de vezes que a dica foi acessada (x_4), verifica se o exercício anterior foi abandonado (x_5) e, a quantidade de exercícios abandonados (x_6). Ao final, essas variáveis são multiplicadas pelos seus coeficientes e somadas, para determinar qual a intervenção (i.e. figura, texto ou vídeo) é melhor a apresentar ao estudante.

Após o cálculo da intervenção, o algoritmo 3 mostra qual elemento é escolhido para ser apresentado na interface. A partir da linha 19, o cálculo de qual elemento deve aparecer é comparado com os interceptos definidos na Seção 6.1.

Algoritmo 1 – Algoritmo em Java para cálculo do tempo de tolerância da confusão.

```
1 public double calculoTempo(double algebraTest , double neuroticism , double
2     extroversion){
3     // Scores (from 0 to 1)
4     double x1 = (algebraTest/100); //# algebra test
5     double x2 = (neuroticism/100); //# neuroticism index
6     double x3 = (extroversion/100); //# extroversion index
7
8     //# Estimated parameters
9     double beta1 = -1.970;
10    double beta2 = 0.721;
11    double beta3 = -0.828;
12    double alpha = 1.258;
13    double lambda = 0.010;
14    double eta = 2.747;
15
16    // create random object
17    Random randomno = new Random();
18
19    // setting seed
20    randomno.setSeed(123);
21
22    GammaDistribution g = new GammaDistribution(eta , 1/eta , 100000);
23
24    double w[] = g.sample(100000);
25    double val[];
26    val = new double[w.length];
27    for (int i = 0; i < w.length; i++) {
28        val[i] = Math.pow(( (Math.log(0.5)*-1)/(lambda*Math.exp(beta1*x1+
29        beta2*x2+beta3*x3)*w[i])) , (1/alpha));
30    }
31    Arrays.sort(val);
32
33    double median;
34
35    if (val.length % 2 == 0)
36        median = ((double)val[val.length/2] + (double)val[val.length/2 -
37        1])/2;
38    else
39        median = (double) val[val.length/2];
40
41    return median;
42 }
```

Algoritmo 2 – Algoritmo em Java para cálculo do elemento multimídia mais adequado.

```
1 public String calculaIntervencao(Long idEmotion) {
2     long intervencao;
3
4     //Recupera a emoção
5     Emotion emotion = emotionrepo.get(idEmotion);
6     long x1 = 1;
7
8     //Recupera o nível do exercício
9     Exercise e = (Exercise)contentrepo.get(emotion.getExercise().getId());
10    long x2;
11    try {
12        x2 = Long.parseLong(e.getnivelDificuldade());
13    } catch (NumberFormatException exception) {
14        x2 = 1;
15    }
16
17    //Recupera a quantidade de erros no mesmo exercício
18    long x3 = 0;
19    if(emotion.getNumerros() != null) x3 = emotion.getNumerros();
20
21    //Recupera a quantidade de vezes que as dicas foram acessadas
22    long x4 = 0;
23    if (emotion.getNumhints() != null){
24        x4 = emotion.getNumhints();
25    }
26
27    //Recupera a informação se o exercício anterior foi abandonado
28    long x5 = 0;
29    if(emotion.getPreviousabandon()=="T"){
30        x5 = 1;
31    }
32
33    //Recupera a quantidade de exercícios abandonados
34    long x6 = 0;
35    if (emotion.getNumcontentabandon() != null){
36        x6 = emotion.getNumcontentabandon();
37    }
38
39    //se não incremeu o contador de abandono, então não teve abandono no
ultimo exercicio
40    if(x6 == 0 ){
41        x5 = 0;
42    }
43
44    //Calculo para a escolha da intervenção
45    intervencao = x1 * 10 + x2 * 7 + x3 * 6 + x4 * 5 + x5 * 20 + x6 * 2;
46    return "" + intervencao;
47 }
48 }
```


Algoritmo 3 – Algoritmo em Java para grupo do elemento multimídia.

```
1 function calculaIntervencao () {
2
3     // Chamadas em Ajax anteriores
4     // ...
5
6     var intervencao = parseInt(data);
7
8     intervencao = intervencao * (-1);
9
10    var idIntervencao = "";
11
12    // sugere a troca do exercício
13    if(intervencao <= -71){
14        idIntervencao = "4";
15        getAcao4 ();
16
17        // apresenta um vídeo
18    } else if(-71 < intervencao && intervencao <= -55){
19        idIntervencao = "3";
20        getAcao3 ();
21
22        // apresenta uma figura
23    } else if(-55 < intervencao && intervencao <= -40){
24        idIntervencao = "2";
25        getAcao2 ();
26
27        // apresenta um texto
28    } else if(-40 < intervencao){
29        idIntervencao = "1";
30        getAcao1 ();
31    }
32
33    // Chamadas em Ajax posteriores
34    // ...
35
36 }
```

6.3 Funcionamento do módulo

A implementação do algoritmo (apresentado na Seção 6.1) foi realizado em um módulo separado no PAT2Math. Esse software educacional foi apresentado na Seção 2.4, sendo um sistema tutor inteligente que assiste estudantes na resolução de equações de 1^o e 2^o grau.

A Figura 22 apresenta o funcionamento interno do módulo de regulação emocional dentro do STI de maneira mais resumida. Na iteração *outer loop*, o tutor virtual propõe uma tarefa (evento EV01). Enquanto a tarefa não é concluída, a iteração *inner loop* irá verificar se a emoção (evento EV02) é diferente de confuso, ou caso seja confuso, se o seu tempo de duração é inferior ao tempo que o seu traço de personalidade é capaz de tolerar. Caso essa condição seja verdadeira, o aluno poderá realizar o passo (EV03) do exercício, posteriormente o tutor irá corrigir (EV04) e irá fornecer *feedback* da correção (EV05).

Caso o estudante esteja sentindo confusão e o seu tempo de tolerância para senti-lá se esgotou, será apresentado um elemento de multimídia para ajudar na sua reavaliação cognitiva de acordo com o seu histórico de resolução. Os elementos podem ser texto, figura, vídeo ou troca de exercício. Na hipótese do algoritmo apresentar a troca de exercício, o tutor irá propor uma nova tarefa (EV01).

Desta maneira, estamos propondo a alteração da iteração *inner loop* apresentada na Figura 5 do Capítulo 2, em que as dicas são fornecidas ao estudante somente quando possui confusão, oferecendo uma tutoria mais personalizada e evitando o *gaming the system*².

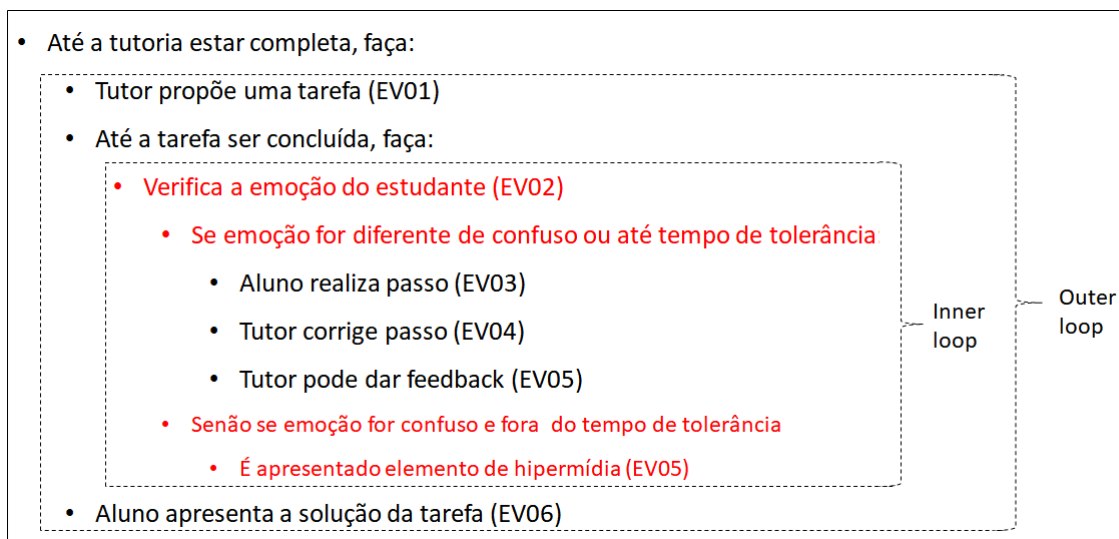


Figura 22 – Funcionamento dentro do STI

A Figura 23 apresenta o funcionamento do módulo de regulação emocional. Primeiro, é necessária a autenticação do estudante no PAT2Math. Posteriormente, é verificado se o seu traço de personalidade foi identificado. Caso ainda não tenha sido, é solicitado ao estudante que preencha o questionário de traços de personalidade. Esse questionário é composto por 20 questões de múltipla escolha e que pode ser visualizado no Apêndice A.

Após a identificação do traço de personalidade dominante, o estudante é direcionado a resolver os exercícios de álgebra. Enquanto o estudante insere os passos de cada exercício e interage com o sistema, seu comportamento é analisado e sua confusão pode ser autorrelatada por meio de um botão disponível ao lado da caixa de inserção do passo ou resposta a uma mensagem de alerta questionando se possui conhecimentos para resolução do passo. Ao identificar a confusão do estudante, o sistema irá aguardar o tempo que o seu traço de personalidade consegue tolerar essa emoção (descrito no Capítulo 4). Após este tempo, caso o estudante não insira uma nova resposta, é apresentado um elemento de multimídia para auxiliar na sua cognição, escolhido por meio do seu histórico (apresentado no Capítulo 5).

² Baker (2005) define *Gaming the System* como na "tentativa de ter sucesso em um ambiente educacional explorando as propriedades do sistema, em vez de aprender o conteúdo e tentar usar esse conhecimento para obter a resposta correta."

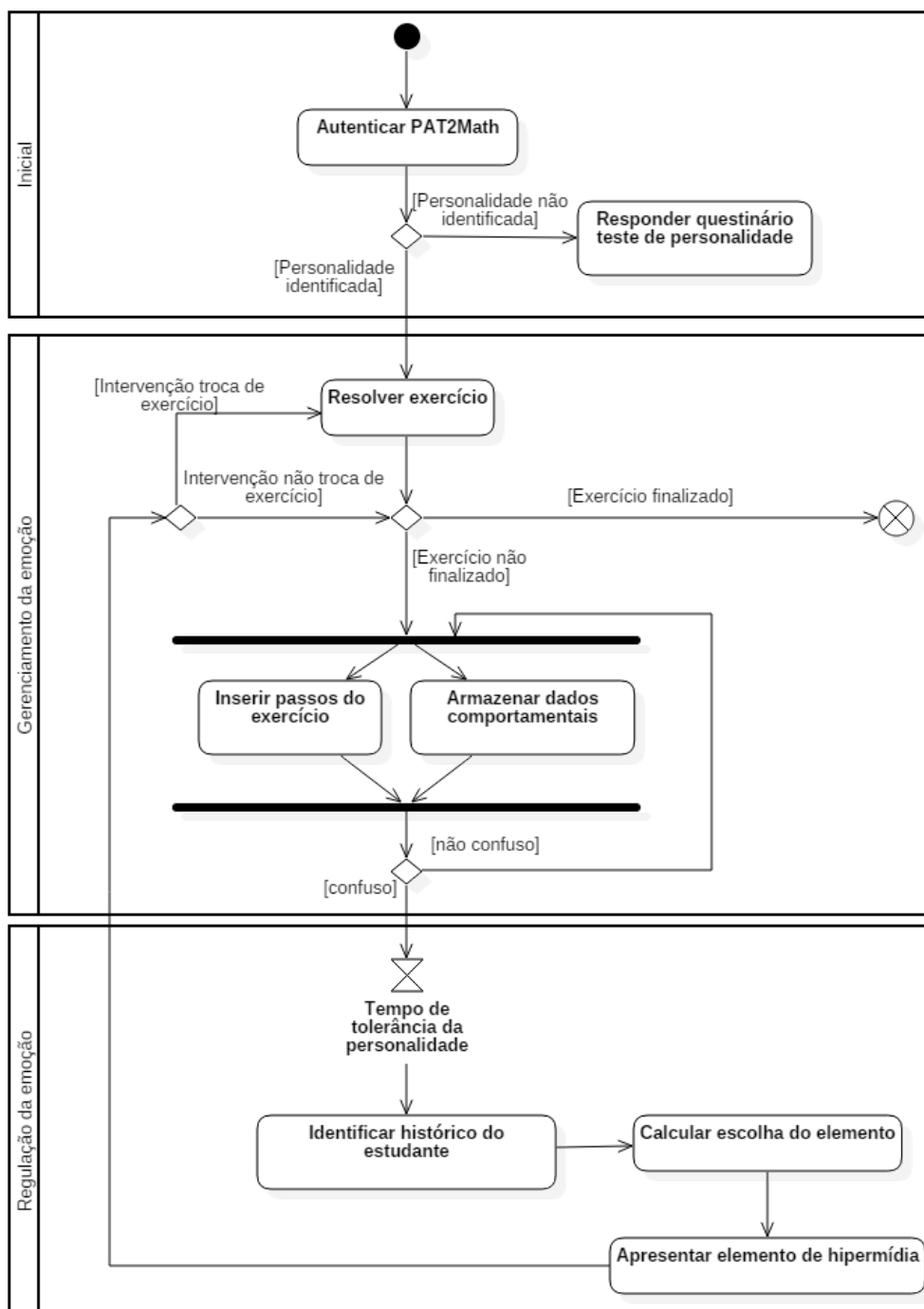


Figura 23 – Fluxo de interações no sistema

Se o estudante estiver sentindo confusão por muito tempo e nenhuma das intervenções foram suficientes para cessar essa emoção, é sugerida a troca do exercício para um do mesmo nível. Acreditamos que depois de todas as tentativas de regulação emocional por meio dos elementos não forem satisfatórias, a probabilidade do estudante sentir frustração e tédio aumentam consideravelmente e por isso é proposta a troca do exercício.

6.4 Protótipo

O módulo para regulação emocional foi desenvolvido em JavaScript, para ser executado no cliente e em Java com *framework* Spring, para ser executado no servidor. É possível utilizar o PAT2Math e o módulo para regulação emocional em qualquer navegador de web, desde que haja suporte para JavaScript. A Figura 24.a apresenta a tela de cadastro do estudante pelo professor ou responsável pelo sistema, com campos de usuário, senha e a nota do teste de conhecimento prévio em álgebra aplicado anteriormente em lápis e papel em sala de aula. A nota desse teste auxiliará no cálculo do tempo que o estudante consegue tolerar o sentimento de confusão do estudante (descrito no Capítulo 4).

A Figura 24.b apresenta a tela de cadastro/alteração do exercício. Para o cadastro/alteração do exercício, é necessário informar a questão, o nível da questão e os tipos de elementos de multimídia usados para a intervenção. Nesta tese, o texto, a figura e o vídeo serão utilizados como elementos de intervenção.

(a)

(b)

Figura 24 – Tela para cadastro do exercício e os tipos de intervenção

Ao estudante acessar pela primeira vez o PAT2Math, é exibido um formulário de múltipla escolha para identificar o traço de personalidade do estudante (Figura 25). O resultado deste formulário irá auxiliar em determinar o tempo de tolerância que o estudante consegue lidar ao sentir a confusão. Depois de respondido, o formulário não será exibido nos acessos futuros, pois a personalidade é considerada relativamente estável, sendo uma medida consistente para reconhecer o comportamento do indivíduo (FEIST; FEIST, 2006).

A Figura 26 apresenta as duas maneiras que o estudante pode autorrelatar a sua emoção. Na linha de inserção da resposta, um botão vermelho com ícone de interrogação (?) é disponibilizado. Quando clicado, o estudante autorrelata a sua confusão, e então começa a contabilizar o

Questionário de Personalidade

INSTRUÇÕES. A seguir encontram-se algumas características (afirmações) que podem ou não lhe dizer respeito. Por favor, escolha uma das opções que melhor expresse sua opinião em relação a você mesmo. Vales ressaltar que não existem respostas certas ou erradas.

1) É conversador, comunicativo.

Discordo Totalmente Discordo Nem concordo nem discordo Concordo Concordo Totalmente

2) É minucioso, detalhista no trabalho, no que faz.

Discordo Totalmente Discordo Nem concordo nem discordo Concordo Concordo Totalmente

3) Insiste até concluir a tarefa ou o trabalho.

Discordo Totalmente Discordo Nem concordo nem discordo Concordo Concordo Totalmente

4) Gosta de cooperar com os outros.

Discordo Totalmente Discordo Nem concordo nem discordo Concordo Concordo Totalmente

5) É original, tem sempre novas idéias.

Discordo Totalmente Discordo Nem concordo nem discordo Concordo Concordo Totalmente

Figura 25 – Formulário para identificar o traço de personalidade

seu tempo de tolerância para sentir a confusão. A segunda maneira é por meio de uma mensagem de alerta em tela, em que questiona se o estudante possui conhecimento para resolver o passo.



Figura 26 – Autorrelato

A Figura 27.a e 27.b apresenta os elementos de multimídia texto e figura, respectivamente, como elementos de intervenção para a regulação emocional. É possível observar que ambos elementos possuem explicações de resolução do exercício, porém a figura apresenta os passos mais detalhados e fáceis de entender visualmente.

A Figura 28.c e 28.d apresenta os elementos de multimídia vídeo e troca de exercício, respectivamente. Foi priorizado vídeos de curta duração, com animações e áudio explicativo. Na troca de exercício, é exibida uma mensagem questionando se o estudante deseja tentar outra equação, seguindo a heurística "Controle e liberdade para o usuário" proposta por Nielsen (1995).

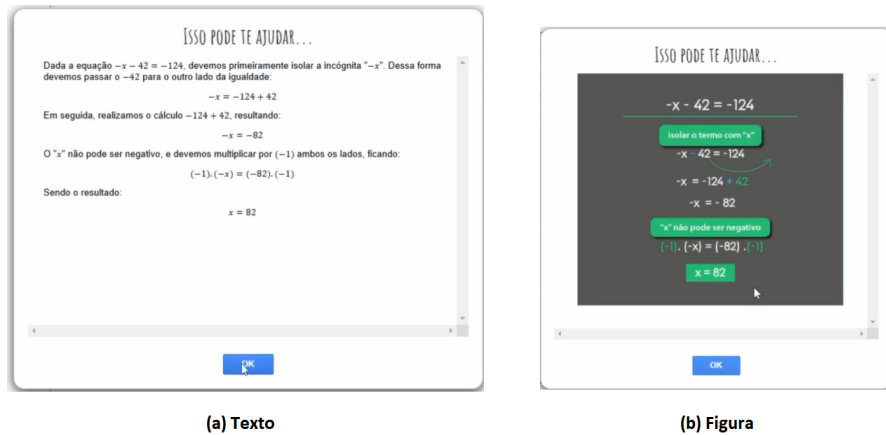


Figura 27 – Tela dos elementos de texto e figura para a intervenção de regulação emocional

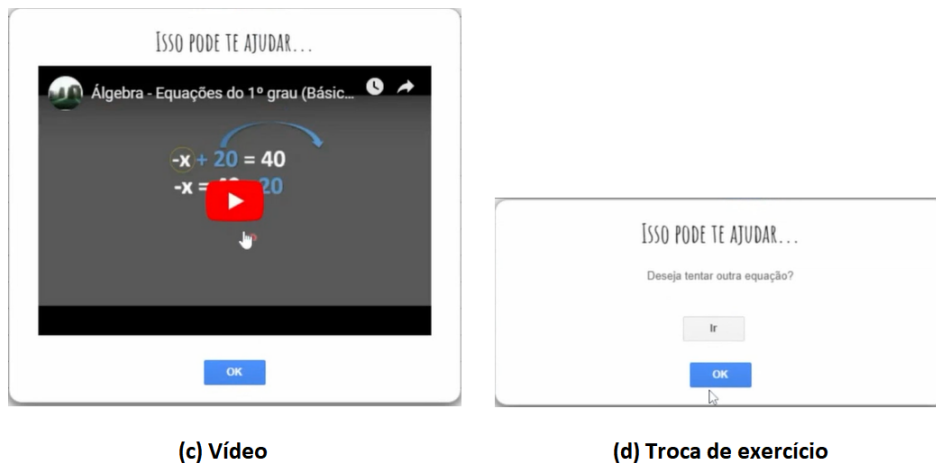


Figura 28 – Tela elementos de vídeo e troca de exercício para a intervenção de regulação emocional

6.4.1 Arquitetura

A Figura 29 apresenta a arquitetura proposta para o sistema. Para o funcionamento do módulo de regulação emocional, é necessário o envolvimento dos módulos da interface, o módulo de detecção da emoção e o módulo do estudante. Esses módulos são descritos na seção 2.

O módulo da interface é responsável por receber e armazenar as informações do estudante, como seus dados pessoais, os passos resolvidos dos exercícios e o seu comportamento no sistema. O seu comportamento é analisado em um módulo separado para a detecção da emoção.

No módulo do estudante, informações da atividade do estudante já existentes são recuperadas, como número de dicas, número de erros no mesmo exercício, abandono do exercício anterior, número de exercícios abandonados e nível da questão. Porém, esse módulo sofre uma pequena alteração, para conter também informações do perfil do estudante, como a sua emoção e o seu traço de personalidade dominante.

Esses dados recuperados do módulo do estudante serão utilizados no módulo de regulação

emocional, com objetivo de calcular o tempo que o estudante consegue tolerar a confusão e disparar a intervenção. A intervenção é realizada por meio de figuras, texto e exemplo trabalhado, seguindo a estratégia de regulação emocional de Gross (1998), a reavaliação cognitiva.

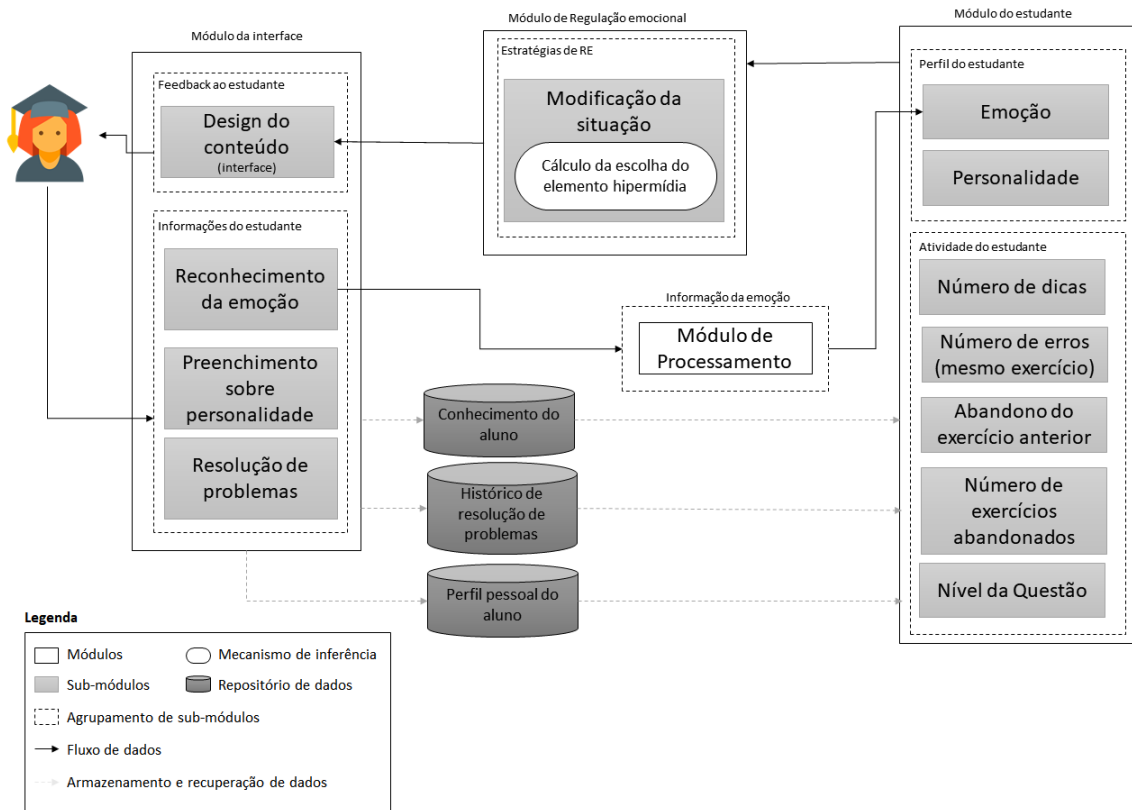


Figura 29 – Arquitetura do sistema

Durante a implementação, houve a alteração e a criação de classes em quatro pacotes: Action, Service, Repository e DAO. As modificações podem ser vistas mais detalhadamente no Apêndice D. A Tabela 14 apresenta a descrição de cada pacote.

Tabela 14 – Pacotes do sistema PAT2Math

| Pacote | Descrição |
|----------------------------|---|
| br.com.pat2math.action | Contém classes que comunicam a interface com o serviço |
| br.com.pat2math.service | Contém classes que implementam o serviço |
| br.com.pat2math.dao | Contém classes que comunicam com o banco de dados |
| br.com.pat2math.repository | Contém as interfaces que possuem os métodos obrigatórios a serem implementados no DAO |

As entidades Personality, PersonalityAnswer e Emotion foram criadas para atender os requisitos para a regulação emocional. Detalhes de cada entidade pode ser visto no Apêndice E.

6.4.2 Implementação

O módulo de regulação emocional foi implementado no PAT2Math com objetivo de avaliar o modelo proposto, entretanto, ele pode ser incorporado a qualquer outro STI baseado em passos, *step-based*, que tenha as informações sobre os passos do estudante no exercício, se o último exercício foi abandonado, o número de dicas acessadas, e que seja capaz de detectar a emoção do estudante.

Como o módulo de regulação emocional não foi implementado como um módulo totalmente independente, foi utilizado os mesmos recursos de *hardware*, serviço de aplicações web e o banco de dados do STI. Desta forma, foi possível reutilizar parte do código existente do PAT2Math, assim como não foi necessário implementar mecanismos intermediários de comunicação entre os sistemas (e.g. *web services*).

A Figura 30 apresenta a arquitetura de implementação do módulo de regulação emocional integrado ao PAT2Math. O PAT2Math é um sistema que é acessado via internet, disponível pelo endereço <http://pat2math.unisinos.br>. O servidor de aplicações que disponibiliza o sistema é o Jetty, e foi desenvolvido em Java EE.

O módulo PATEquation é executado no cliente por meio do navegador da internet. Ele foi implementado com as tecnologias HTML5, CSS e o *framework* JavaScript JQuery. Todas as requisições deste módulo ao servidor é de forma assíncrona, por meio de técnica do AJAX (*Asynchronous JavaScript and XML*). Os outros módulos são executados no servidor, sendo: módulo de domínio (chamado de Sistema Especialista), modelo de aluno (chamado de inferência do conhecimento do aluno) e o módulo tutor.

Além dos módulos padrão de um STI, o PAT2Math possui outros três módulos: controlador, serviços e repositório. O módulo controlador é responsável por receber as requisições HTTP realizadas pelo PATEquation e pelo navegador *web* e encaminhá-las a um determinado serviço. O módulo de serviço expõe funcionalidades do PAT2Math para acesso aos clientes, que podem ser tanto externos (e.g. como o PATEquation) quanto internos (código interno da aplicação). Esse módulo pode acessar outros componentes do sistema, como os módulos do STI e os repositórios de dados. O módulo repositório é responsável por fazer requisições aos repositórios do PAT2Math, que foram implementados como tabelas de um banco relacional. Esses três módulos foram implementados com o *framework* Java Spring.

O módulo de regulação emocional foi desenvolvido com uma estrutura similar implementada no PAT2Math, com as camadas de controlador, serviço e repositório. O controlador recebe e responde às requisições HTTP do cliente e encaminha a requisição a algum serviço. A camada de serviço é responsável por identificar a personalidade do estudante, calcular o tempo de tolerância da confusão para aquele determinado estudante e identificar qual melhor elemento de multimídia que será apresentado ao estudante. Essa camada pode acessar a camada repositório, caso seja necessário recuperar ou armazenar alguma informação no banco de dados.

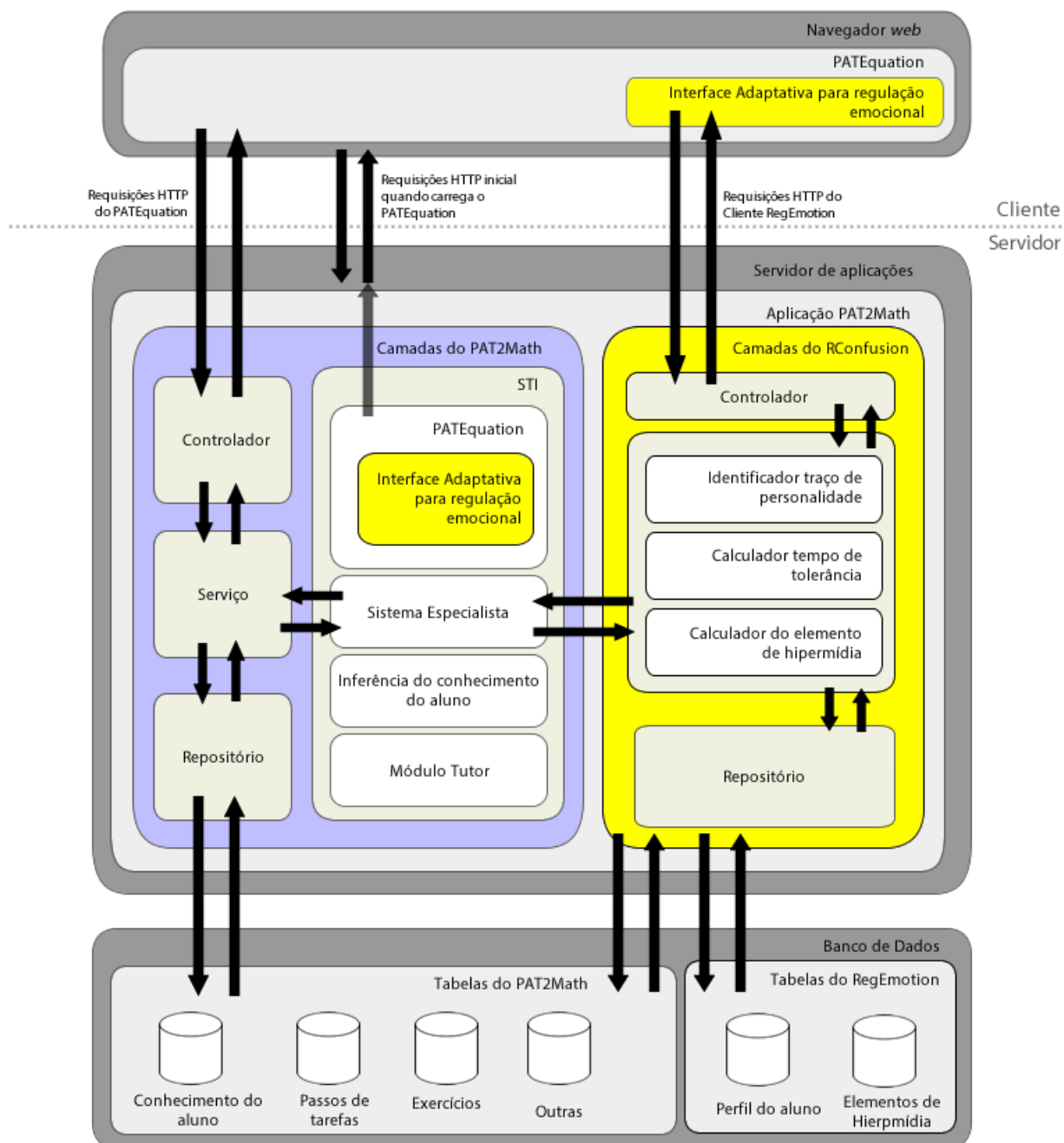


Figura 30 – Arquitetura de implementação

Os repositórios de dados foram implementados como tabelas no mesmo banco de dados do PAT2Math, com o gerenciador de banco de dados MySQL. A tabela "user" armazena o traço de personalidade do estudante, seu conhecimento prévio, e os dados de acesso ao sistema, como usuário, senha e perfil de permissão. A Figura 31 apresenta a estrutura de tabelas de banco de dados (modelo lógico relacional).

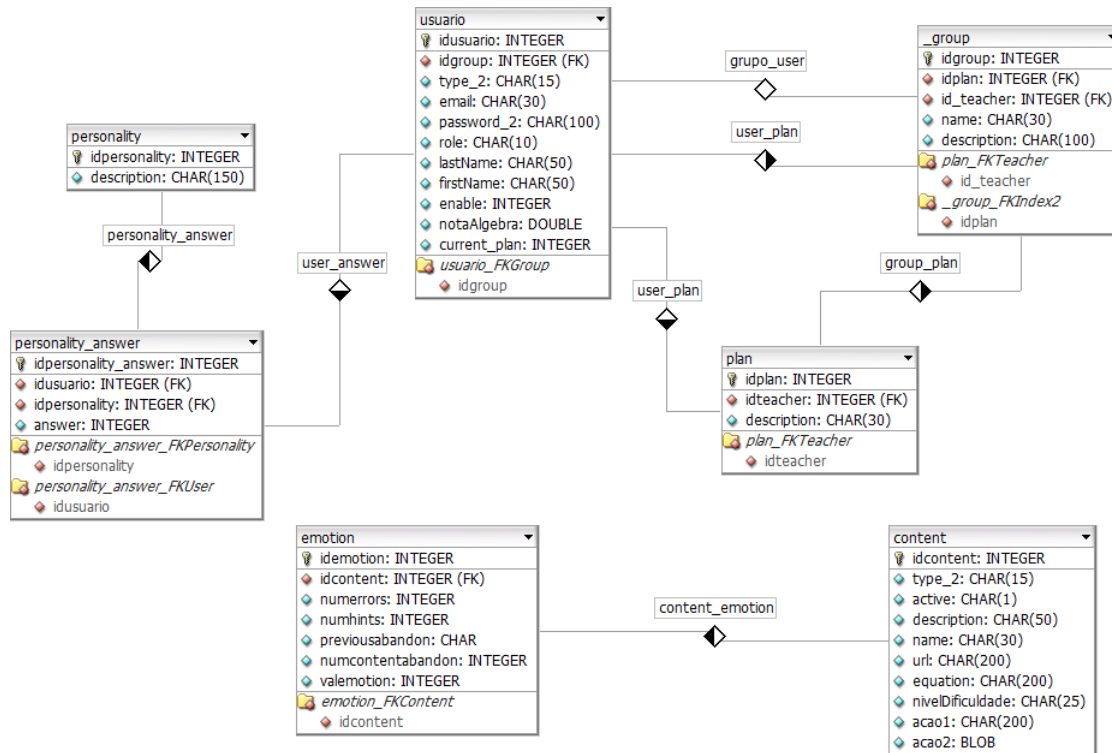


Figura 31 – Estrutura das tabelas do banco de dados

6.5 Considerações Finais

Este capítulo apresentou a implementação do algoritmo no STI PAT2Math, que auxilia no ensino de equações de 1º e 2º grau, em que os estudantes insere cada passo correto das equações para resolver os exercícios. A implementação foi feita na linguagem Java e utilizou recursos do HTML5 e do framework Spring, além da criação e alteração das tabelas do banco de dados existentes. Vale lembrar que a implementação pode ser feita em qualquer linguagem de programação e em qualquer STI que utiliza do recurso de inserção das resposta passo-a-passo.

AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

Neste capítulo é apresentado os resultados de um estudo projetado para validar o algoritmo de regulação da confusão no PAT2Math. Projetamos um experimento para investigar se a versão do STI com regulação da confusão (i.e. o algoritmo implementado) diminui a quantidade de erros e melhora na performance de tempo da resolução de problemas. Acredita-se que quanto menor erros cometidos, menos frustração ou tédio é sentido pelos estudantes. Além disso, é verificado se houve diminuição na frequência de abandono comparado com a versão sem o algoritmo de regulação emocional implementado.

7.1 Planejamento da Avaliação

7.1.1 *Objetivos*

Os objetivos definidos neste experimento seguiu a mesma proposta do modelo *Goal/Question/Metric (GQM)* descrita na Seção 5.3.1, em que os objetivos experimentais são descritos em cinco partes: objeto de estudo, objetivo, perspectiva, foco na qualidade e contexto.

Objeto de estudo: o objeto de estudo é regulação da confusão do estudante durante o uso do STI com o algoritmo proposto neste trabalho. A regulação da confusão será analisada considerando as medidas de quantidade de erros durante o exercício, tempo de resolução e abandono.

Propósito: o propósito deste experimento é avaliar se a regulação da confusão foi efetiva. Especificamente, queremos avaliar se o nosso algoritmo para a regulação emocional que considera os traços de personalidade do estudante e o seu conhecimento prévio consegue apoiar na regulação da confusão evitando que o estudante cometas muitos erros, resultando em menos sentimentos de frustração ou tédio. Além disso, queremos avaliar se há menos probabilidade de abandono ou pedido de dicas. Acredita-se que a regulação da emoção possibilita evitar emoções negativas (e.g. frustração ou tédio) que poderiam levar a comportamentos indesejáveis

a aprendizagem, como o abandono.

Perspectiva: o experimento é executado a partir do ponto de vista do pesquisador.

Focus qualitativo: o principal efeito sob investigação é confusão sentida pelos estudantes durante a resolução de problemas de álgebra no sistema PAT2Math, sendo que toda vez que sentirem confusão, um elemento de hipermídia/interface é apresentado automaticamente.

Contexto: estudantes do ensino fundamental e estudantes do primeiro semestre de uma faculdade serão utilizados.

De forma resumida, temos:

Analisar quantidade de erros, de abandono e tempo gasto pelos estudantes

com o propósito de observar

com respeito a regulação emocional do estudante durante a resolução de exercícios em álgebra em um STI

do ponto de vista do pesquisador

no contexto de estudantes do 7º e 8º do ensino fundamental e estudantes do primeiro semestre de graduação

7.1.2 Seleção das variáveis

A Tabela 15 apresenta as variáveis independentes e dependentes para o experimento. O traço de personalidade, os tipos de recursos digitais e o conhecimento prévio em álgebra são as variáveis independentes. Os traços de personalidade a serem considerados serão o neuroticismo e a extroversão, pois são traços com maiores porcentagens de domínio dos estudantes e que foram analisados no Capítulo 4.

A regulação da confusão, que é objeto de estudo desse experimento, será observada por meio da sua frequência obtida por meio quantidade de erros cometidos durante a resolução do exercício. A variável dependente sobre a quantidade de abandonos do exercício também foi considerada.

7.1.3 Formulação das hipóteses

O objetivo geral deste capítulo é investigar se o algoritmo proposto para a regulação da confusão do estudante é efetivo. Para a regulação, este algoritmo considera os diferentes traços de personalidade e o conhecimento prévio do estudante em álgebra. A partir dessa abordagem, foi formulada a questão de pesquisa principal:

QP₃: O algoritmo de regulação emocional apoia o estudante a lidar com a confusão, diminuindo a frequência do abandono e erros cometidos, minimizando o sentimento de frustração e tédio?

Tabela 15 – Variáveis do experimento

| Variáveis Independentes (afetam) | Variáveis Dependentes (são afetadas) |
|---|--|
| Traço de personalidade <ul style="list-style-type: none"> ● Neuroticismo ● Extroversão Elementos de hipermídia <ul style="list-style-type: none"> ● Texto ● Figura ● Vídeo ● Troca de exercício | Emoção <ul style="list-style-type: none"> ● Confusão Aprendizado <ul style="list-style-type: none"> ● Desempenho ● Quantidade de erros cometidos ● Tempo ● Quantidade de abandono |

Assim, duas questões de pesquisa foram formuladas a partir da questão de pesquisa principal. A primeira refere-se ao a frequência de erros cometidos pelos estudantes durante as resoluções dos exercícios (*QP_{3.1}: O algoritmo de regulação emocional afeta na quantidade de erros cometidos pelo do estudante?*). Acredita-se que os estudantes que utilizaram o STI com regulação da confusão **cometeram menos erros** e desta forma sentiram menos **frustração ou tédio** comparado aos estudantes que não possuíram auxílio da regulação emocional. Formalmente, tem-se:

- Hipótese Nula: Não há diferenças na **quantidade de erros** dos estudantes em ambos grupos.

$$H_0: \text{Quantidade de erros}_{(\text{grupo experimental})} = \text{Quantidade de erros}_{(\text{grupo controle})}$$

- Hipótese Alternativa: Os estudantes que utilizaram o STI com regulação emocional **cometeram menos erros** comparado aos estudantes que não possuíram auxílio da regulação emocional.

$$H_1: \text{Quantidade de erros}_{(\text{grupo experimental})} \neq \text{Quantidade de erros}_{(\text{grupo controle})}$$

Também foi investigado o tempo usado pelos estudantes durante a resolução dos exercícios (*QP_{3.2}: o algoritmo de regulação emocional afetou no tempo de resolução dos exercícios?*). Acredita-se que o grupo que utilizou a versão do STI com suporte de regulação da confusão (grupo experimental), além de errarem menos, também resolveriam os exercícios mais rapidamente comparado com o grupo que não utilizou o sistema com apoio a regulação da confusão (grupo controle). Formalmente, tem-se:

- Hipótese Nula: Não há diferenças de **tempo** de resolução entre grupo dos estudantes que utilizaram o STI com regulação emocional comparado com os estudantes que utilizaram o sistema sem regulação emocional.

$$H_0: \text{Tempo}_{(\text{grupo experimental})} = \text{Tempo}_{(\text{grupo controle})}$$

- Hipótese Alternativa: Há diferenças de **tempo** de resolução entre grupo dos estudantes que utilizaram o STI com regulação emocional comparado com os estudantes que utilizaram o sistema sem regulação emocional.

$$H_1: \text{Tempo}_{(\text{grupo experimental})} \neq \text{Tempo}_{(\text{grupo controle})}.$$

Além do relato da confusão, também foi verificado quanto a aprendizagem do estudante ($QP_{3,3}$: *O aprendizado imediato (diferença entre as notas do pré-teste e pós-teste) do grupo experimental foi superior ao grupo de controle?*). Acredita-se que respeitando o tempo de tolerância da confusão que o estudante sente e intervindo antes de haver uma sobrecarga cognitiva, menos impacto há na aprendizagem, levando o estudante a melhorar o seu desempenho. Desta maneira, temos a segunda hipótese:

- Hipótese Nula: Não há diferenças nas **notas** dos estudantes em ambos grupos.

$$H_0: \text{Aprendizado}_{(\text{grupo experimental})} = \text{Aprendizado}_{(\text{grupo controle})}.$$

- Hipótese Alternativa: Os estudantes que utilizaram o STI com regulação emocional apresentaram **melhores notas** comparado aos estudantes que não possuíram auxílio da regulação emocional.

$$H_1: \text{Aprendizado}_{(\text{grupo experimental})} \neq \text{Aprendizado}_{(\text{grupo controle})}.$$

Também foi verificado o abandono dos estudantes do exercício ($QP_{3,4}$: *O algoritmo de regulação emocional afeta na quantidade de abandono do estudante?*). É suposto que os estudantes que tiverem apoio da regulação emocional, sentiriam menos tédio ou frustração e, conseqüentemente abandonariam menos os exercícios. A partir desse contexto, temos a terceira hipótese:

- Hipótese Nula: Não há diferenças no **abandono** dos estudantes em ambos grupos.

$$H_0: \text{Abandono}_{(\text{grupo experimental})} = \text{Abandono}_{(\text{grupo controle})}.$$

- Hipótese Alternativa: Os estudantes que utilizaram o STI com regulação emocional **abandonaram menos exercícios** comparado aos estudantes que não possuíram auxílio da regulação emocional.

$$H_1: \text{Abandono}_{(\text{grupo experimental})} \neq \text{Abandono}_{(\text{grupo controle})}.$$

7.1.4 Participantes

Os resultados de um experimento está diretamente relacionado com a escolha dos sujeitos. Tendo em vista que o PAT2Math é um STI que auxilia na fixação dos conceitos sobre equações algébricas de primeiro grau, a população alvo foi definida como estudantes que já tiveram contato e aprenderam em sala de aula sobre o assunto. A escolha da amostra de sujeitos para o piloto do experimento foi baseada em conveniência, caracterizando uma amostra não-probabilística, em

que a probabilidade de se selecionar cada sujeito da amostra não é conhecida. Foi aproveitada a proximidade com estudantes do primeiro semestre do curso de Produção Industrial, Gestão Comercial da Faculdade de Tecnologia (FATEC).

Além disso, participantes do ensino fundamental (7^o e 8^o ano) de dois colégios particulares, uma em Araraquara e uma em São Leopoldo, foram utilizados. As características de cada turma estão descritas nas seções que detalham as execuções de cada experimento (Seções 7.2 e 7.3).

7.1.5 Materiais

Os materiais utilizados para ao experimento foram: (i) teste de álgebra para o conhecimento prévio (pré-teste) em papel, (ii) questionário para identificar o traço de personalidade do estudante e questões de álgebra no PAT2Math e (iii) teste para verificar o conhecimento pós intervenção (pós-teste) em papel. O pré-teste cobriu 20 questões abertas, envolvendo equações de primeiro grau. Estas questões foram baseadas nas questões disponíveis no PAT2Math e sugeridas por um professor de matemática. Elas foram separadas em cinco níveis: básico (3), intermediário (3), avançado (7), expert (5) e *season finale* (2). Cada questão correta foi atribuída ao valor de 0,05 pontos, tendo como total de pontos para cada estudante podendo atingir até 1.

O questionário para identificar o traço de personalidade do estudante foi o mesmo utilizado no experimento de recursos digitais, apresentado na Seção 5.3.6, mas disponibilizado no PAT2Math. Os traços de personalidade considerados neste experimento foram os índices de neuroticismo e extroversão.

A intervenção cobriu 20 questões de álgebra propostas no PAT2Math. Um grupo de estudantes utilizou uma versão sem o módulo de regulação emocional, porém com auto-relato da confusão. Outro grupo utilizou a versão do sistema com a regulação emocional, exibindo os elementos de hipermídia automaticamente de acordo com o histórico do estudante quando ele/ela auto-relatavam a sua confusão. Os elementos de hipermídia foram elaborados de acordo com os doze princípios propostos por Mayer e Moreno (2003) e apresentados na Seção 5.1.1. As 20 questões envolveram equações de primeiro grau e foram separadas em cinco níveis: básico (3), intermediário (3), avançado (7), expert (5) e *season finale* (2). Assim como no pré-teste, cada questão correta foi atribuída ao valor de 0,05 pontos, tendo como total de pontos para cada estudante podendo atingir até 1.

E, por fim, o pós-teste envolveu dez questões sobre equações de primeiro grau, divididas em: básico (3), intermediário (3), avançado (7), expert (5) e *season finale* (2). Para cada questão correta, foi dado 0,05 pontos, sendo o máximo até 1.

7.1.6 Procedimento

Os sujeitos participantes do experimento foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos (i.e. grupo experimental e grupo de controle), sendo que um grupo utilizou o PAT2Math com regulação emocional e outro grupo utilizou o sistema sem apoio da regulação emocional. Ficou disponibilizado em ambos o auto-relato da confusão. A configuração do experimento conta com três fases distribuídas ao longo de três ou mais semanas (Figura 32): Fase A (Pré-teste), Fase B (Intervenção) e Fase C (Pós-teste). O tempo entre uma fase e outra depende da execução, visto que este procedimento foi executado cinco vezes, sendo uma execução piloto e quatro execuções finais.

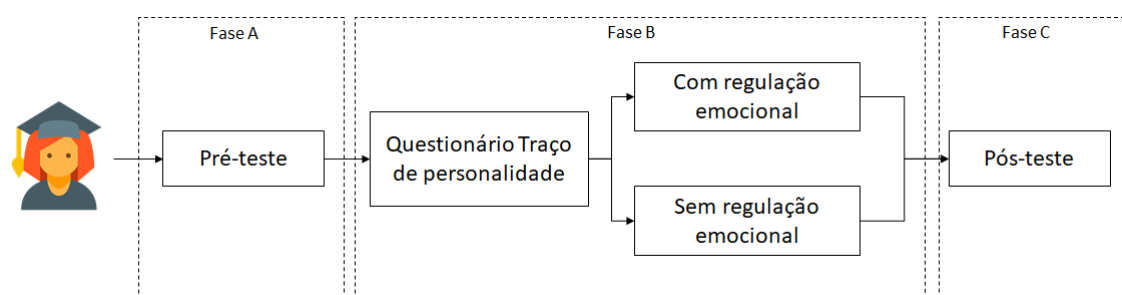


Figura 32 – Procedimento do experimento

- Fase A (Pré-teste):** Primeiro, os sujeitos receberam orientações oralmente sobre os objetivos e uma visão geral sobre as atividades. Posteriormente, foi solicitado que os sujeitos resolvessem o teste de conhecimento em álgebra, que consistiu em 20 questões sobre equações de primeiro grau. As questões deveriam ser respondidas de forma discursiva e foram divididas entre os níveis básico (3), intermediário (3), avançado (7), expert (5) e *season finale* (2).
- Fase B (Intervenção):** Após responder aos exercícios da Fase A, os sujeitos foram distribuídos aleatoriamente entre o grupo experimental e o grupo de controle de forma balanceada (quantidades de amostras semelhantes para cada grupo). No laboratório de informática, os estudantes foram solicitados a preencherem o questionário de traço de personalidade e resolver exercícios de álgebra no PAT2Math. Ao se autenticar no sistema, foi solicitado que os estudantes respondessem ao questionário para identificar o traço de personalidade e consistiu em vinte questões propostas por [Barbosa \(2009\)](#) e apresentadas na Seção 5.3.6. Ao término do preenchimento do questionário para traço de personalidade, o sistema apresentou 20 questões de equação de primeiro grau divididas entre os níveis básico (3), intermediário (3), avançado (7), expert (5) e *season finale* (2) para ambos os grupos. Além disso, foi disponibilizado um botão e uma mensagem que era apresentada depois de um tempo, para os estudantes auto-relatarem a sua confusão nos dois grupos. Entretanto, no grupo experimental, quando o estudante relatasse a sua confusão, o ele-

mento de hipermídia (e.g. texto, figura ou vídeo) era apresentado. No grupo de controle, os estudantes poderiam somente relatar a sua confusão, sem nenhuma adaptação da interface.

- **Fase C (Pós-teste):** Por fim, os sujeitos realizaram o pós-teste que consistiu em 20 questões de álgebra similares ao teste de conhecimento prévio do pré-teste, divididas em níveis básico (3), intermediário (3), avançado (7), expert (5) e *season finale* (2). Cada uma dessas questões deveria ser respondida de forma discursiva.

7.2 Piloto

A execuções piloto validam que o experimento seja viável, identificando problemas e ocorrências que não foram previstas durante o planejamento. O experimento piloto foi planejado de forma a ser mais próximo possível da configuração real do experimento final, com objetivo de identificar ameaças reais e aplicar melhorias no experimento final.

O principal objetivo do piloto foi validar o procedimento proposto e testar a versão online do PAT2Math. O piloto foi realizado em maio de 2019 e as três fases foram distribuídas ao longo de dois dias, tendo como participantes 20 estudantes do 3º semestre do curso de Tecnologia em Produção Industrial da Fatec Taquaritinga. Dessa turma, apenas 11 alunos cumpriram todas as fases do piloto. Eles têm idades entre 20 a 23 anos, sendo todos do sexo masculino. Durante a Fase B (Intervenção), 3 estudantes participaram do grupo de controle e 7 alunos participaram do grupo experimental.

Inicialmente, a versão do PAT2Math com suporte de regulação emocional foi planejado a ser hospedado em um servidor contratado. No entanto, durante o experimento, o servidor não suportou o número de acessos simultâneos, resultando no reagendamento da Fase A. Posteriormente, a versão do sistema foi hospedada em um servidor disponibilizado na Universidade do Vale dos Sinos, campus São Leopoldo.

Também houve mudança nos materiais de pré e pós-teste. Por ser realizado em um único dia, foi notado que os estudantes ficavam exaustos ao resolverem 20 exercícios de equações de primeiro grau em 50 minutos. Para a execução final, foi decidido que seria solicitado somente 14 exercícios em cada um dos testes.

7.3 Execução do experimento

A partir dos problemas identificados na execução do piloto, foram implementadas melhorias no servidor e nos pré e pós-testes, descritas na Seção 7.2. Após as correções implementadas, um novo experimento com mais participantes foi realizado. O planejamento (escopo, contexto, variáveis, sujeitos e hipóteses) não sofreu alterações do piloto para a execução final. Uma das mudanças ocorreu na quantidade de questões dos pré e pós-teste, sendo alterados de 20 para 14 questões e com os mesmos níveis (básico (2), intermediário (3), avançado (4), expert (3) e

season finale (2)). Uma faculdade e uma turma do 8º ano de uma escola do ensino fundamental realizaram o pré e o pós-teste em papel. Outra turma do 7º ano realizou o pré-teste em uma plataforma digital, com a mesma quantidade de exercícios. Nessa plataforma, o estudante é capaz de inserir as respostas passo-a-passo, porém sem *feedback* de correção.

É necessário um número maior em cada um dos grupos (controle e experimental) do experimento para atingir maior relevância estatística. Para isso, o experimento foi realizado em uma faculdade no curso superior de Gestão Comercial em Araraquara e, em dois colégios particulares, nas cidades de Araraquara e São Leopoldo, respectivamente. Em cada uma das escolas/faculdade, o experimento foi executado em 1 dia em 4 semanas: 1 dia de pré-teste, 2 dias no laboratório durante a intervenção e 1 dia de pós-teste.

Ao fim da execução de todas as sessões, os dados coletados foram tabulados e analisados. Dentre os 144 estudantes participantes, os dados de 111 sujeitos puderam ser considerados por cumprir todas as fases do experimento. Os sujeitos do 7º e 8º ano do ensino fundamental têm, em média 13,5 anos. No ensino superior, os 17 sujeitos participantes têm em média 23 anos. O questionário dos traços de personalidade identificou 69 estudantes com a personalidade extrovertida como dominante e 42 com personalidade neurótica. A Tabela 16 mostra a distribuição entre os grupos experimental e de controle entre os traços de personalidade. Vale destacar que não foi considerada os traços de personalidade durante a distribuição aleatória dos grupos experimental e de controle.

Tabela 16 – Distribuição dos sujeitos nos grupos de experimento e traços de personalidade

| | Experimental | Controle | Total |
|---------------------|---------------------|-----------------|--------------|
| Neurótico | 20 | 22 | 42 |
| Extrovertido | 44 | 25 | 69 |
| Total | 64 | 47 | |

7.4 Análise dos resultados

Esta seção analisa que há diferenças com significância estatística entre as versões do PAT2Math com e sem o módulo de regulação emocional. A análise estatística foi calculada usando o software SPSS v.20, Minitab 16 e Excel Office 2016.

Foram utilizados testes estatísticos paramétricos, pois foi identificada a normalidade das variáveis quantitativas de desfecho principal através do teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) e foi concluído que existe distribuição de normalidade. Testes paramétricos são mais poderosos na detecção de significâncias.

Os primeiros resultados investigam a comparação dos da quantidade de erros dos grupos controle e experimental, dentro do PAT2Math. Essa comparação é feita em cada um dos grupos como um todo, mas também segmentado por personalidade. Foi utilizado o teste T-Student

Pareado, pois os dados são pareados (quando o mesmo sujeito é pesquisa e controle dele mesmo). A Tabela 17 apresenta a quantidade de **erros** cometidos por ambos grupos. Foi constatada significância entre os grupos para os traços de extrovertidos com média de 0,57 do controle e 0,44 do experimental (p-valor = 0,017). Também há significância no grupo como um todo onde o controle teve média de 0,56 contra 0,45 do experimental (p-valor = 0,007).

Tabela 17 – Comparação de erros entre os grupos

| Erro | | Média | Med. | DP | CV | Min | Max | N | P-valor |
|--------------|--------------|--------------|-------------|-----------|-----------|------------|------------|----------|----------------|
| Extrovertido | Controle | 0,57 | 0,66 | 0,24 | 42% | 0,00 | 0,93 | 25 | 0,017 |
| | Experimental | 0,44 | 0,41 | 0,20 | 45% | 0,00 | 0,83 | 44 | |
| Neurótico | Controle | 0,55 | 0,56 | 0,21 | 39% | 0,00 | 0,87 | 22 | 0,278 |
| | Experimental | 0,48 | 0,46 | 0,16 | 33% | 0,20 | 0,75 | 20 | |
| Todos | Controle | 0,56 | 0,58 | 0,22 | 40% | 0,00 | 0,93 | 47 | 0,007 |
| | Experimental | 0,45 | 0,42 | 0,19 | 41% | 0,00 | 0,83 | 64 | |

A Figura 33 apresenta a frequência de erros de ambos grupos. Nota-se que o grupo controle em ambas personalidades possui maior frequência de erros comparado com o grupo experimental. O traço de personalidade de extroversão para o grupo controle houve significância estatística.

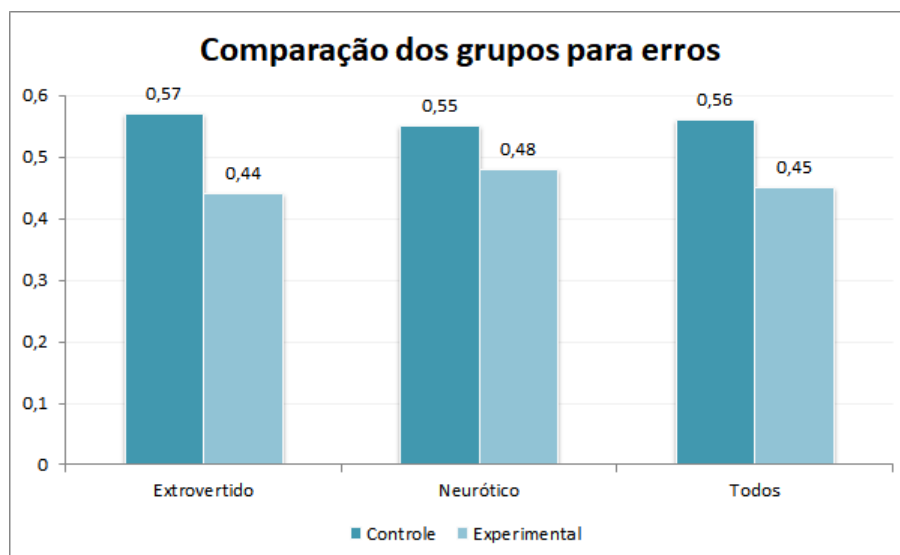


Figura 33 – Comparação de erros dos grupos

Além dos erros, também foi verificado o **tempo** que os estudantes demoraram para realizar as atividades dentro do PAT2Math, em ambas versões. A Tabela 18 apresenta a quantidade de tempo usado pelos estudantes para a realização das atividades. Foi concluído que existe diferença média do tempo estatisticamente significativa entre os grupos tanto entre os traços de extrovertidos quanto entre os neuróticos e logicamente na amostra total. Foi notado que nas três comparações a medida de tempo foi menor no grupo experimental em comparação ao controle,

Tabela 18 – Comparação do tempo entre os grupos

| Grupos | | Média | Med. | DP | CV | Min | Max | P-valor |
|---------|--------------|----------|----------|----------|-----|----------|----------|---------|
| Extrov. | Controle | 01:17:40 | 01:22:04 | 00:17:55 | 23% | 00:41:26 | 01:39:45 | <0,001 |
| | Experimental | 00:54:38 | 00:58:37 | 00:14:00 | 26% | 00:01:29 | 01:18:50 | |
| Neur. | Controle | 01:13:02 | 01:11:47 | 00:15:18 | 21% | 00:37:25 | 01:39:05 | 0,002 |
| | Experimental | 01:00:33 | 01:00:55 | 00:07:49 | 13% | 00:41:23 | 01:20:45 | |
| Todos | Controle | 01:15:30 | 01:18:34 | 00:16:44 | 22% | 00:37:25 | 01:39:45 | <0,001 |
| | Experimental | 00:56:29 | 00:59:03 | 00:12:38 | 22% | 00:01:29 | 01:20:45 | |

como na amostra total onde as médias foram de 56 minutos e 29 segundos e 1 hora e 15 minutos e 30 segundos, respectivamente (p-valor <0,001).

A Figura 34 apresenta o tempo usado por ambos grupos. Nota-se que o grupo controle em ambas personalidades possui maior tempo usado comparado com o grupo experimental. O traço de personalidade de extroversão para o grupo controle houve significância estatística.

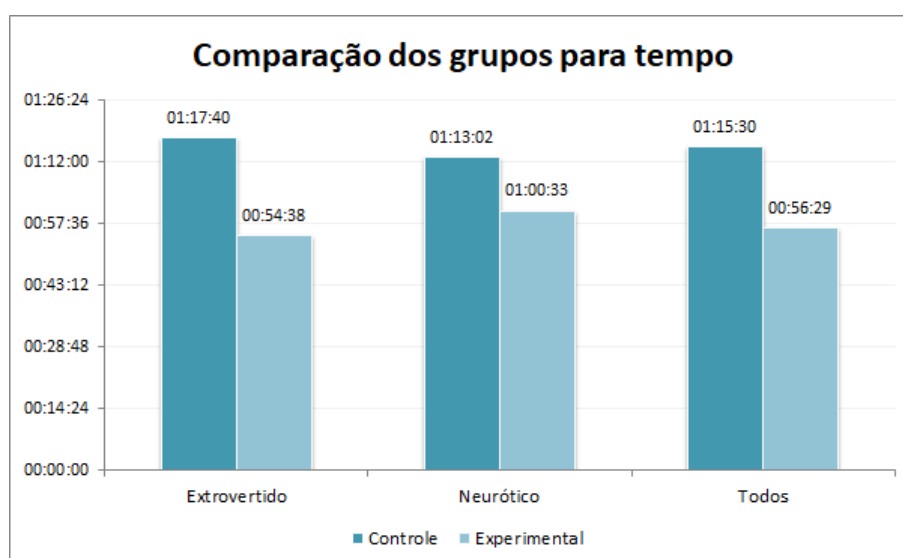


Figura 34 – Comparação de tempo dos grupos

Além disso, a variável **abandono** que foi registrada durante a intervenção (execução das versões do PAT2Math em laboratório) também foi analisada. Na variável abandono, não foi encontrada significância estatística para os diferentes grupos, como apresenta a Tabela 19.

Tabela 19 – Comparação de abandono entre os grupos

| Grupos | | Média | Med. | DP | CV | Min | Max | N | P-valor |
|--------------|--------------|-------|------|------|-----|------|------|----|---------|
| Extrovertido | Controle | 2,13 | 2,17 | 0,36 | 17% | 0,61 | 2,58 | 25 | 0,859 |
| | Experimental | 2,16 | 2,13 | 0,71 | 33% | 1,02 | 5,22 | 44 | |
| Neurótico | Controle | 2,34 | 2,14 | 0,58 | 25% | 1,58 | 4,18 | 22 | 0,328 |
| | Experimental | 2,18 | 2,15 | 0,44 | 20% | 1,04 | 3,50 | 20 | |
| Todos | Controle | 2,23 | 2,17 | 0,48 | 22% | 0,61 | 4,18 | 47 | 0,568 |
| | Experimental | 2,17 | 2,14 | 0,63 | 29% | 1,02 | 5,22 | 64 | |

A Figura 35 apresenta um gráfico com a comparação de abandono dos grupos experimental e controle por traços de personalidade. É possível verificar que o grupo controle neurótico possui um leve índice de abandono comparado com o grupo de neurótico. Entretanto, não há diferenças significativas entre os grupos e personalidades.

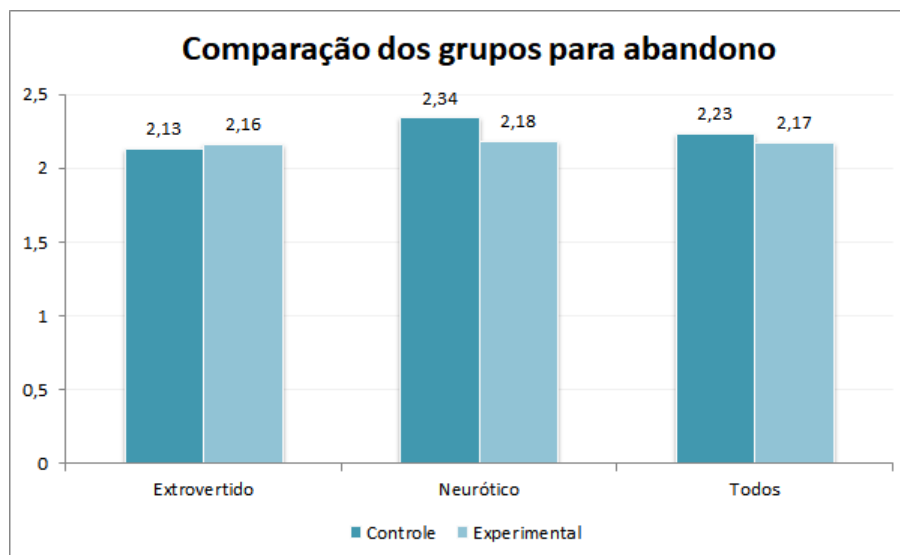


Figura 35 – Comparação de abandono dos grupos

A diferença entre as notas do pré-teste e do pós-teste para cada grupo e personalidade também foi analisada (Tabela 20). Foi averiguado que existe diferença média entre os grupos para: extrovertido, neurótico e também para os dois grupos (Todos), porém as diferenças não são consideradas estatisticamente significantes. Foi notado que a diferença no grupo experimental foi sempre maior do que no grupo controle, mas não considerada significativa, como no grupo como um todo onde o ganho médio no controle foi de 1,18 contra 1,54 o experimental (p-valor = 0,512).

Tabela 20 – Comparação das diferenças das notas do pré-teste e pós-teste

| Diferença | | Média | Med. | DP | CV | Min | Max | N | P-valor |
|--------------|--------------|-------|------|------|------|-------|------|----|---------|
| Extrovertido | Controle | 1,35 | 1,78 | 3,41 | 252% | -8,93 | 5,89 | 25 | 0,876 |
| | Experimental | 1,47 | 1,61 | 2,73 | 186% | -5,50 | 7,86 | 44 | |
| Neurótico | Controle | 0,99 | 2,14 | 2,80 | 282% | -6,07 | 5,00 | 22 | 0,381 |
| | Experimental | 1,69 | 2,14 | 2,25 | 133% | -3,64 | 4,29 | 20 | |
| Todos | Controle | 1,18 | 2,14 | 3,11 | 263% | -8,93 | 5,89 | 47 | 0,512 |
| | Experimental | 1,54 | 1,96 | 2,57 | 167% | -5,50 | 7,86 | 64 | |

Apesar de não haver relevância estatística das diferenças entre as notas do pré e pós-teste dos dois grupos, nota-se que o grupo experimental neurótico possui uma leve tendência de ganho maior de aprendizado em comparação com o grupo experimental e extrovertido (Figura 36). Além disso, o ganho do experimental neurótico é muito superior ao grupo de controle neurótico.

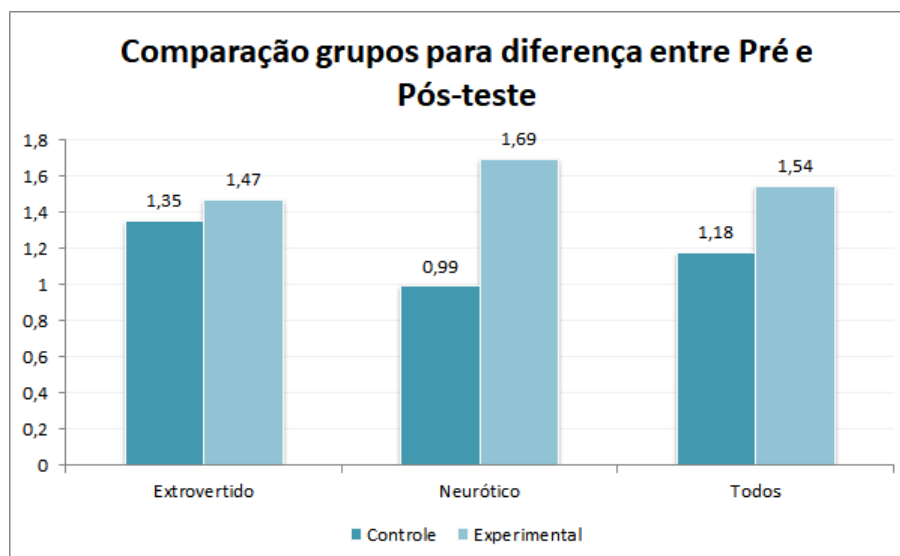


Figura 36 – Comparação da diferença das notas do pré e pós-teste dos grupos

7.5 Discussão dos resultados

Diante da análise estatística apresentada na Seção 7.4, as questões de pesquisas podem ser respondidas por meio da verificação das hipóteses. A primeira hipótese a ser testada refere-se a frequência de erros relatados pelos estudantes: $QP_{3.1}$: *O algoritmo de regulação emocional afeta na quantidade de erros cometidos pelo do estudante?*. A Tabela 17 indicou que o grupo de controle apresentou maior frequência de erros comparado com o grupo experimental, em comparação com ambas personalidades. Desta maneira, considerando as hipóteses formais da $QP_{3.1}$ é possível rejeitar a hipótese nula que afirma existir diferenças entre as médias de erros para os grupos controle e experimental.

Em resposta formal à $QP_{3.1}$: Sim, o grupo experimental apresentou menos frequência de erros comparado com o grupo controle. Foi notado que o grupo experimental extrovertido apresentou uma leve frequência menor de erros do que o neurótico.

A $QP_{3.2}$: refere-se ao tempo usado pelos ambos grupos e traços de personalidade ($QP_{3.2}$: *o algoritmo de regulação emocional afetou no tempo de resolução dos exercícios?*). Os resultados apresentados na Tabela 18 sugerem que houve uma diferença média entre os grupos e traços de personalidade, em que o grupo experimental com traços de personalidade de extroversão realizaram os exercícios em menos tempo. Além deste grupo errar menos, o tempo usado também foi menor para a resolução. Desta maneira, considerando as hipóteses formais da $QP_{3.2}$ é possível rejeitar a hipótese nula que afirma existir diferenças entre as médias de tempo para os grupos controle e experimental.

Em resposta formal à $QP_{3.2}$: Sim, o grupo experimental usou menos tempo para a resolução dos exercícios comparado com o grupo controle.

A $QP_{3.3}$ refere-se ao aprendizado imediato (diferença entre as notas do pré-teste e do

pós-teste). Os resultados apresentados na Tabela 20 sugerem que existe uma diferença média entre os grupos e personalidades, porém elas não foram consideradas estatisticamente relevantes. Entretanto, foi observado que existe uma tendência de ganho de aprendizado para o grupo experimental, particularmente para a personalidade neurótico. Desta maneira, não é possível refutar a hipótese nula que afirma que o aprendizado imediato de ambos grupos foram iguais.

Em resposta à $QP_{3,3}$: *O aprendizado imediato (diferença entre as notas do pré-teste e pós-teste) do grupo experimental foi superior ao grupo de controle?* Podemos afirmar que o algoritmo de regulação emocional não influenciou no ganho de aprendizagem imediata para ambos grupos e personalidades.

Além de observar o aprendizado, também foi analisada a quantidade de abandono dos estudantes do PAT2Math durante a resolução dos exercícios ($QP_{3,4}$: *O algoritmo de regulação emocional afeta na quantidade de abandono do estudante?*). De acordo com os resultados (Tabela 19), não houve foi encontrada significância estatística para os diferentes grupos e personalidades. Desta forma, não é possível refutar a hipótese nula. Assim, em resposta formal à $QP_{3,4}$: Não, a quantidade de abandono do grupo experimental foi muito semelhante a quantidade de abandono do grupo de controle. Ou seja, o algoritmo não influenciou os estudantes a permanecerem no PAT2Math.

Com todas as análises descritas a cima, é possível responder a pergunta de pesquisa geral QP_3 : *O algoritmo de regulação emocional apoia o estudante a lidar com a confusão, aumentando o seu aprendizado, diminuindo a frequência do abandono, erros cometidos e tempo de resolução, minimizando o sentimento de frustração e tédio?* Os resultados indicam os estudantes que utilizaram a versão do PAT2Math com o algoritmo implementado cometeram menos erros e realizaram os exercícios em menos tempo, porém não afetando na frequência de abandono.

7.6 Ameças à validade

A quantidade de sujeitos (N=111) da amostra para a análise final pode não ter sido a ideal, sendo necessário aumentar a quantidade de participantes para obter resultados estatisticamente significantes para o aprendizado imediato e quantidade de abandono.

Outra ameaça observada é o questionário de autorrelato da confusão. O estudante pode não ter relatado sua confusão sempre quando ela ocorreu. Além disso, o estudante pode ter relatado a sua confusão quando o tempo de tolerância dessa emoção já estava terminando, o que pode implicar nos resultados do experimento.

Uma das turmas utilizadas para o experimento foi do ensino superior, o que pode ter influenciado no desempenho geral (i.e. frequência da confusão e dicas, quantidade de abandono e aprendizado imediato). Além disso, a idade desses participantes podem ter interferido em como

toleram a confusão, podendo ser diferente dos estudantes do ensino fundamental.

Os materiais usados no pré-teste e no pós-teste também podem ser considerados uma ameaça. Uma faculdade e uma escola particular de crianças do 8º ano realizaram os testes em papel, enquanto os estudantes do 7º ano utilizaram os testes eletronicamente. Desta maneira, as notas podem ter sido influenciadas pelo material utilizado, afetando no aprendizado imediato. Além disso, os exercícios escolhidos podem não ter sido adequados para cada turma, sendo muito complexos ou causando muita fadiga.

7.7 Conclusão

Escolher estratégias para regular a confusão considerando os traços de personalidade e conhecimento prévio do estudante é difícil. A maior parte dessa complexidade está relacionada à tarefa de selecionar estratégias apropriadas que estimulem o estudante a se atentarem aos elementos de hipermídia disponíveis como materiais de apoio. Como discutido, os estudantes foram divididos em duas equipes: grupo experimental que possuiu o módulo de regulação emocional e o grupo de controle que usou o PAT2Math sem o módulo de regulação emocional. Observamos que os estudantes do grupo experimental e personalidade neurótico cometeram menos erros e realizaram os exercícios em menos tempo, porém não resultou em menos abandono do sistema ou maior aprendizado. Acreditamos que o algoritmo pode ajudar designers e profissionais a implementarem a regulação da confusão para as personalidades extrovertida e neurótica. Entretanto, é recomendado que seja aplicado mais experimentos com o algoritmo com diversos públicos. Dado o foco da pesquisa aqui descrita, no presente capítulo, apesar do tamanho e das características da amostra investigada, as informações extraídas do estudo foram significativas e nos deu evidências de que o nosso algoritmo é viável e propício.

CONCLUSÃO

Neste capítulo, revisamos o problema de pesquisa e as QPs (Seção 8.1). Delineando as descobertas de nossa pesquisa, detalhamos as vantagens e desvantagens da regulação emocional nos STIs considerando o traço de personalidade e conhecimento anterior do estudante (Seção 8.2). Este capítulo também reafirma as contribuições (Seção 8.3), discute as limitações atuais do nosso algoritmo, instrumentos e o módulo desenvolvido, sugere direções futuras de pesquisa (Seção 8.5) e parcerias em andamento (Seção 8.6). Concluimos o capítulo com a discussão sobre a relevância desta pesquisa (Seção 8.7).

8.1 Problema de pesquisa e QPs Revisadas

Nossas pesquisas da literatura, juntamente com nossas próprias experiências, nos levaram a acreditar que a maioria das investigações sobre emoções no ambiente educacional é focada em emoções primárias (e.g. alegria, tristeza, raiva), embora aconteçam com menos frequência no ambiente acadêmico, em comparação com as emoções secundárias (confusão, frustração e tédio), que ocorrem mais frequentemente. Também é possível observar que há poucos esforços em tentar implementar a regulação emocional com apoio das teorias da psicologia comportamental. Evidências sugerem que considerar características individuais dos estudantes, como personalidade e conhecimento prévio pode oferecer várias vantagens. Primeiro, abriria possibilidades para melhorar ainda mais as abordagens de regulação emocional em ambientes educacionais. Em outras palavras, o software educacional com regulação emocional motivaria melhor os estudantes quando personalizados e respaldados pelas teorias da psicologia comportamental, evitando assim a implementação de abordagens de regulação emocional superficiais.

Em segundo lugar, seria possível aumentar a eficácia das intervenções de regulação, evitando que o estudante vivencie emoções que impactam negativamente o aprendizado, que diminuem o desempenho do estudante, desmotiva o aprendizado e aumenta a probabilidade de abandono do exercício. Assim, esta tese abordou o problema de pesquisa de investigar em como

desenvolver um algoritmo de regulação emocional em ambiente educacional, especialmente regular a confusão, a fim de evitar que o estudante sinta emoções negativas, como frustração e tédio. Com base neste problema de pesquisa, quatro QPs foram formuladas. Considerando nossas descobertas, esses QPs são respondidas da seguinte forma:

- **QP₁**: Como especificamente a **personalidade** e o **conhecimento prévio** dos estudantes afetam o **tempo** de permanência em um estado de confusão?
 - Dado os resultados da análise do tempo de permanência das emoções de confusão, frustração e tédio (apresentado no Capítulo 4), o estudante com traço de personalidade neurótico mais dominante e com baixo conhecimento em álgebra tolera menos tempo na confusão, comparado com o estudante com personalidade de extrovertido e com baixo conhecimento em álgebra. Quanto maior o conhecimento no assunto, ambas personalidades aumentam o tempo de tolerância, entretanto, ainda o estudante neurótico consegue tolerar menos tempo que o extrovertido.
- **QP₂**: Como **determinar** qual **elemento de multimídia** mais adequado a lidar com a **confusão** do estudante?
 - Quando os elementos de multimídia usados para a regulação emocional não são elaborados ou escolhidos de forma adequada, podem levar os estudantes a terem que decidir quais informações são importantes e quais não são relevantes para o seu aprendizado. Isto faz com que os estudantes sobrecarreguem a sua carga cognitiva, e direcionem a sua atenção para o entendimento do material ao invés do conteúdo a ser aprendido. Desta forma, os elementos multimídia devem ser elaborados adequadamente, para fornecer informações necessárias para regular a sua confusão. Assim, os elementos de multimídia escolhidos para cada nível de detalhamento da intervenção foram baseados na Teoria de Aprendizagem Multimídia, proposta por [Mayer e Moreno \(2003\)](#). Essa teoria assume que os humanos possuem os canais visual e auditivo para o processamento de informação. Cada um desses canais devem ser explorados de forma diferente e complementares, para não sobrecarregar somente um. À vista disso, assumimos que o nível de detalhe de elemento de texto oferece menos apoio ao estudante do que uma figura ou um vídeo. O vídeo é um elemento de multimídia que pode explorar tanto os canais auditivos e visuais e portanto apresentar um conteúdo mais detalhado.
- **QP₃**: O algoritmo de regulação emocional apoia o estudante a lidar com a confusão, aumentando o seu **aprendizado**, diminuindo a frequência do **abandono**, **erros** cometidos e **tempo** de resolução, minimizando o sentimento de frustração e tédio?
 - Os resultados sugerem que os benefícios proporcionados pela regulação emocional em ambientes educacionais podem considerar as características individuais cada

estudante. O algoritmo proposto para integrar o módulo de regulação emocional no PAT2Math, mostrou-se capaz de auxiliar os estudantes a errarem menos e realizarem a resolução dos exercícios em menos tempo, especialmente para os estudantes extrovertidos. Porém, não foi capaz de diminuir a quantidade de abandono ou aumentar o aprendizado.

8.2 Regulação emocional: quais são as vantagens em considerar o uso dos traços de personalidade e conhecimento prévio do estudante?

Basicamente, uma investigação mais aprofundada é necessária, mas as evidências sugerem que a regulação emocional é vantajosa principalmente para estudantes com personalidade de neuroticismo. Uma das possíveis razões para isso acontecer, é que os estudantes neuróticos são mais ansiosos e quando sentem confusão por um longo período de tempo em conjunto com a falta de conhecimento sobre o assunto, possuem maior probabilidade de sobrecarregarem sua carga cognitiva e não escolherem estratégias de resolução adequadas. Já, os estudantes com personalidade de extroversão podem sentir confusão por mais tempo, podendo essa emoção ajudar na construção do seu saber. Para entender melhor sobre o tempo de permanência que cada personalidade lida com a confusão, antes de iniciar frustração e tédio, um experimento foi realizado e apresentado no Capítulo 4. Os resultados demonstraram que ambas personalidades possuem tempos diferentes que conseguem tolerar a confusão, em que o neuroticismo possui mais probabilidade de sentir frustração e tédio em um período menor de confusão comparado com os indivíduos que possuem personalidade de extroversão.

Analisar e saber o tempo de quanto o indivíduo consegue lidar com a confusão pode ajudar os pesquisadores e profissionais a elaborarem de maneira mais adequada sistemas educacionais, sendo que esse tempo pode ser indicativo para apresentar os elementos de multimídia em tela ao estudante. Ou seja, a confusão é trabalhada de modo que não seja totalmente interrompida no início, dando oportunidade para o estudante pensar e elaborar a resposta de maneira individual. Além disso, as soluções de regulação emocional também são beneficiadas quando consideramos o histórico de desenvolvimento do estudante no sistema, como a sua taxa de erros. Isso possibilita que a escolha do elemento de multimídia como material de apoio seja mais adequada a dúvida do estudante, não oferecendo respostas ou ajuda desnecessárias.

Como há todo o tipo de custos envolvidos na concepção e desenvolvimento de um sistema de aprendizagem personalizado completo, a compreensão prévia do grupo-alvo e a experiência sentida no momento da sua utilização pode ser útil para talvez eliminar personalizações supérfluas ou desnecessárias. Os resultados dessa tese sugerem que a regulação emocional em ambientes educacionais pode se beneficiar do uso das características individuais de cada estudante para

melhorar a personalização significativa.

8.3 Sumário das Contribuições

Foi identificado na literatura, que as emoções que ocorrem mais frequentemente durante o aprendizado são as emoções secundárias, como confusão, frustração e tédio. Dentre essas emoções, a frustração e tédio são consideradas emoções negativas, que podem impactar negativamente no aprendizado. A confusão pode ser considerada uma emoção tanto negativa quanto positiva, dependendo da forma como é trabalhada. Diante disso, um experimento foi realizado com objetivo de identificar qual o tempo de tolerância que um estudante possui ao sentir a confusão, antes que essa emoção passe a ser frustração e tédio. Os resultados apresentaram que os estudantes que possuem traço de personalidade de neuroticismo, conseguem lidar menos tempo com a confusão, passando rapidamente para frustração e tédio, ao contrário dos estudantes com traço de personalidade de extroversão. Assim, é necessário que os estudantes regulem a sua emoção a fim de evitar que sintam emoções negativas durante o aprendizado.

Para isso, uma pesquisa sistemática da literatura foi realizada com a finalidade de identificar os estudos sobre regulação emocional nos ambientes educacionais. Foi descoberto que um número significativo dos estudos não aplicam estratégias de regulação baseadas nas teorias da psicologia comportamental validadas, podendo comprometer os resultados. Além disso, os resultados desse mapeamento sistemático sugere que fatores importantes para a regulação emocional, como características individuais de cada estudante, não são considerados. Essas descobertas se somam as investigações sobre o entendimento da afetividade e a regulação emocional nos sistemas educacionais. Os resultados podem ser usados para auxiliar na análise e compreensão das abordagens de regulação emocional, além de ser útil para apoiar o planejamento de novas ferramentas.

Diante da importância das características individuais para a regulação emocional, um algoritmo foi proposto. Nele, todo o histórico de interação do estudante no sistema é considerado, como o nível da questão atual, número de acertos e abandonos, além do traço de personalidade. Com esses dados, o algoritmo determina qual é o melhor elemento multimídia que deve ser apresentado ao estudante. Os elementos de multimídia são divididos de acordo com os níveis de detalhamento, sendo eles texto, figura, vídeo e a troca do exercício. Por exemplo, o elemento de vídeo tem como objetivo ser material de apoio de mais fácil entendimento e detalhado, pois contém uma explicação escrita e falada, em comparação com um elemento somente textual. Esse algoritmo pode ser facilmente adaptado para outros STIs que tenham a capacidade de recuperar as variáveis descritas no Capítulo 6.

Conhecendo o tempo de tolerância que um indivíduo possui ao sentir a confusão e qual elemento de multimídia como intervenção apresentar ao estudante, foi criado de maneira sistemática, um algoritmo para a regulação da confusão que considera as características individuais

do estudante. Neste algoritmo, quando a confusão do estudante é detectada (e.g. por meio de detectores ou autorrelato), o elemento de multimídia é apresentado ao estudante ao fim do seu tempo de tolerância em sentir a emoção. Assim, é possível permitir que o estudante consiga buscar o seu conhecimento durante a sua confusão por meio da construção de mapas cognitivos, entretanto dificultando que ele sinta emoções que impactam negativamente no seu aprendizado, como frustração e tédio. Esse algoritmo pode guiar desenvolvedores e pesquisadores de STIs na elaboração e desenvolvimento de sistemas educacionais com regulação emocional personalizada, com objetivo de ganhos na aprendizagem e uma possibilidade de evitar o "*Gaming the System*".

8.4 Limitações

Embora as estruturas conceituais, modelos e prova de conceito apoiem a hipótese de que a regulação emocional pode ser apoiada pelas características individuais do estudante, porém seu *design* tem algumas limitações:

- Limitação do tempo de permanência/tolerância na confusão
 - O tempo de permanência foi julgado por duas pessoas por meio da observação da face, que pode acarretar um viés interpessoal quanto a precisão no período de permanência do estudante na confusão.
 - Outro fator limitante foi que a amostra dos indivíduos que participaram do estudo foram estudantes de graduação em Engenharia de Software, e os resultados não podem ser generalizados para os demais níveis educacionais.
 - A anotação das emoções não seguiu um protocolo bem definido e validado pela comunidade científica.
 - O software educacional utilizado não foi um Sistema Tutor Inteligente, sendo que o comportamento do estudante pode ser diferente.
 - O teste de conhecimento prévio foi realizado com lápis e papel, não garantindo que os resultados sejam os mesmos se o teste fosse feito por meio digital.
- Limitação na escolha dos elementos de multimídia
 - Apesar dos resultados do experimento apresentado no Capítulo 5 não possuem significância estatística sobre o uso dos diferentes elementos entre os traços de personalidade, pode ser que haja diferença no uso da cognição do modo que cada material é apresentado ao estudante.
 - A elaboração dos materiais baseados de acordo com os doze princípios propostos por (MAYER; MORENO, 2003), podem não ser adequados a cada traço de personalidade.
- Limitação na validação do algoritmo

- A amostra do experimento pode não ter sido adequada, pois duas turmas foram do ensino fundamental e uma da faculdade, podendo o tempo de tolerância da confusão serem diferentes para cada faixa etária.
- O questionário de autorrelato pode dificultar na detecção do melhor momento para a apresentação do elemento de multimídia, pois o estudante pode relatar a confusão somente quando somente no final da sua tolerância.
- O estudante pode não ter relatado a sua confusão sempre que a sentia.

8.5 Direções para Pesquisas Futuras

As diretrizes e o algoritmo resultante desse trabalho pode ser visto como uma contribuição para facilitar a elaboração de versões com regulação emocional personalizados em STIs. Assim, a pesquisa descrita neste trabalho pode ser continuada em várias direções:

- O experimento realizado no Capítulo 5 pode ser novamente executado com um número significativo de estudantes, resultando em evidências que há diferenças do uso da cognição pelos traços de personalidade para os diferentes elementos de multimídia.
- Outro modo de realizar a regulação emocional, poderia ser por meio da PNL (Programação Neurolinguística), em que o estudante tenta autorregular a sua emoção.
- Também, na regulação emocional, pode-se encontrar meios de detectar o estímulo que está causando a confusão do estudante, fazendo com que a regulação emocional seja ainda mais personalizada.
- O algoritmo apresentado no Capítulo 6 pode ser aperfeiçoado depois dos resultados do experimento descrito no Capítulo 7.
- Atualmente, o algoritmo trabalha com a detecção por meio da análise de *logs* na interação do sistema. Seria interessante o uso de dispositivos físicos para auxiliarem na acurácia da detecção da emoção.
- Propor intervenções para outras emoções negativas, como frustração e tédio.
- Aplicar experimentos e validar o algoritmo em outras disciplinas, além da álgebra.
- Investigar se o uso desse modelo pode impedir o "*Gaming the System*".
- O tempo de permanência apresentado no Capítulo 4 pode ser novamente analisado, utilizando um teste de forma eletrônica para identificar o conhecimento prévio em álgebra.
- Reaplicar o experimento apresentado no Capítulo 7 com uma amostra do mesmo nível educacional.

8.6 Publicações e Trabalhos relacionados

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, diversos artigos foram publicados com diferentes relevâncias para a tese. Outras contribuições científicas foram realizadas, por meio da participação da autora desta tese como colaboradora.

8.6.1 *Minhas publicações*

8.6.1.1 *Periódicos*

1. **REIS, H. M.**; FRADE, V. O.; REIS FILHO, R. R.. Análise do impacto das Interface Gestuais em Softwares de Geometria Interativa no desempenho dos alunos. *RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 13, p. 1-10, 2016.
2. **REIS, H. M.**; BRANDAO, A. A. F.; BRANDAO, L. O.; ISOTANI, S.. Interaction Interfaces in Interactive Geometry Software: Are we Exploring New Devices and Possibilities?. *International Journal of Learning Technology*, v. 11, p. 285-301, 2016.
3. **REIS, H. M.**; ISOTANI, S.; BRANDAO, L. O.; REIS FILHO, R. R.; CRUZ, W. M.; BRANDAO, A. A. F.. Concepção de uma Família de Gestos para Construção de Objetos Geométricos e sua Utilização em um Sistema de Geometria Interativa para Dispositivos Móveis: GeoTouch. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 23, p. 206, 2015.

8.6.1.2 *Capítulo de livro*

1. **REIS, H. M.**; MAILLARD, P. A. J. ; ISOTANI, S. . Sistemas Tutores Inteligentes que reconhecem o estado emocional do estudante: Um mapeamento sistemático. *Research and Innovation in Brazilian Education.. 2ed.*Palo Alto: Lemann Center, 2017, v. 1, p. 101-104.
2. **REIS, H. M.**; ALVARES, D. ; MAILLARD, P. A. J. ; ISOTANI, S. . Analysis of Permanence Time in Emotional States: A Case Study Using Educational Software. *Intelligent Tutoring Systems. 1ed.*Nkambou R., Azevedo R., Vassil: ITS 2018. *Lecture Notes in Computer Science*, 2018, v. 10858, p. 180-190.

8.6.1.3 *Conferências*

1. **REIS, H.** ; KASSA, R. ; JAQUES, P. A. ; ISOTANI, S. . Regulação emocional em ambientes educacionais: um mapeamento sistemático. In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 2018, Fortaleza. *Anais do ...*, 2018. (*Artigo aceito recentemente*)
2. **REIS, H. M.**; ALVARES, D. ; MAILLARD, P. A. J. ; ISOTANI, S. . Analysis of permanence time in emotional states: A case study using educational software. In: *International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, 2018, Montreal. *International Conference on Intelligent Tutoring Systems*. New York: Springer, 2018.

3. **REIS, H. M.**; WIECHMANN, L.; BORGES, S.S.; Gasparini, I.; Tsutsumi, M.; BRANDAO, A. F.; VASILCEAC, F.; GONCALVES, A. G.; REIS FILHO, R. R.; ISOTANI, SEIJI . Rehabilitation Using Kinect and an Outlook on Its Educational Applications: A Review of the State of the Art. In: Congresso Brasileiro de Informática na Educação, 2015, Maceió. Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2015.
4. **REIS, H. M.**; ISOTANI, S.. Concepção de uma Família de Gestos para Construção de Objetos Geométricos e sua Utilização em um Sistema de Geometria Interativa para Dispositivos Móveis: GeoTouch. In: Congresso Brasileiro de Informática na Educação, 2015, Maceió. Anais do Concurso de Teses Dissertações e Trabalhos de Conclusão de Curso (CTD-IE), 2015. p. 1-10.

8.6.1.4 Resumos expandidos em anais de congressos

1. **REIS, H. M.**; ISOTANI, S.; Gasparini, I.; MIZOGUCHI, R.. A Dictionary of Gestures for Multitouch-based Interactive Geometry Software. In: IEEE International Conference on Advanced learning Technologies, 2015, Taipei. Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced learning Technologies, 2015. p. 1-3.

8.6.2 Colaborações com outras publicações

8.6.2.1 Periódicos

1. SASS, J.; GUILHERME, I.; **REIS, H. M.**; BORGES, S. S.; REIS FILHO, R.R.. Softwares de Geometria Interativa para Deficientes Físicos e Intelectuais: Um Mapeamento Sistemático. *RENTE. REVISTA NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO*, v. 14, p. 1-10, 2017.
2. ISOTANI, SEIJI ; **REIS, H. M.**; ALVARES, D. ; BRANDAO, A. A. F. ; BRANDAO, L. O.. A DGS gesture dictionary for modelling on mobile devices.. *INTERACTIVE LEARNING ENVIRONMENTS*, v. 25, p. 1-17, 2017.
3. BORGES, S. S.; **REIS, H. M.**; MARQUES, L. B.; DURELLI, VINICIUS H. S.; BITTENCOURT, I. I.; MAILLARD, P. A. J.; ISOTANI, S.. Reduced GUI for Interactive Geometry Software: Does It Affect Students' Performance?. *Computers in Human Behavior*, v. 54, p. 124-133, 2015.

8.6.2.2 Conferências

1. MORAIS, F.; SILVA, J.; **REIS, H. M.**; ISOTANI, S.; MAILLARD, P. A. J.. Computação Afetiva aplicada à Educação: uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil. In: XXVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação SBIE, 2017, Recife. Brazilian Symposium on Computers in Education, 2017. p. 163.

2. BORGES, S. S.; DURELLI, VINICIUS H. S.; **REIS, H. M.**; BITTENCOURT, I. I.; MIZOGUCHI, R.; ISOTANI, SEIJI. Selecting Effective Influence Principles for Tailoring Gamification-Based Strategies to Player Roles. In: XXVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação SBIE (Brazilian Symposium on Computers in Education), 2017, Recife. XXVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação SBIE (Brazilian Symposium on Computers in Education), 2017. p. 857-866.

8.6.2.3 Resumos em anais de congressos

1. BORGES, S. S.; DURELLI, V. H. S.; **REIS, H. M.**; BITTENCOURT, I. I.; MIZOGUCHI, R.; ISOTANI, S.. Brazilian Portuguese Cross-Cultural Adaptation and Validation of the Susceptibility to Persuasion Scale (Br-STPS). In: IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2017, Timisoara. The 17th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies - ICALT2017, 2017. p. 1-2.
2. WIECHMANN, L.; **REIS, H. M.**; CRUZ, W. M.; Tsutsumi, M.; ISOTANI, S.. Ferramenta de apoio à inclusão digital da pessoa idosa. In: Congresso Brasileiro de Gerontecologia, 2016, Ribeirão Preto. Revista do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo-Brasil, 2016. v. 49. p. 1-50.

8.7 Conclusões gerais

Esta pesquisa forneceu conhecimento sobre a importância da regulação emocional em ambientes educacionais considerando aspectos individuais de cada estudante. Também forneceu conhecimentos sobre como a regulação emocional vem sendo desenvolvida nos ambientes educacionais. Embora estudos já tenham aplicado a regulação emocional em diferentes casos, a maioria deles não se baseiam em teorias da psicologia comportamental, confiando em apenas em escolhas *ad hoc* de estratégias para regulação emocional.

Projetar sistemas para regulação emocional personalizados no ambiente educacional é desafiador. A maior parte dessa complexidade pode ser associada ao design de modelos que considerem todo o histórico do estudante, além de suas características pessoais. Além disso, a seleção de estratégias de regulação emocional para impedir que o estudante sinta emoções que impactam negativamente é feita geralmente de maneira intuitiva e depende de deficiências de abstrações de traços de personalidade. Neste estudo, fornecemos maneiras sólidas de associar estratégias de regulação de emocional baseadas nas características individuais dos estudantes. Foi delineado maneiras de relacionar o histórico de conhecimento do estudante e os traços de personalidade a estratégias de regulação emocional de maneira sistemática. Foi proposto uma maneira do estudante reduzir a experiência de emoções negativas por um longo período de confusão, fornecendo situações personalizadas de regulação emocional, contribuindo para minimizar os aspectos potencialmente prejudiciais a aprendizagem, como erros consecutivos do

exercício. Ao identificar o traço de personalidade do estudante e o seu conhecimento em álgebra, podemos escolher o elemento de multimídia apropriado para cada estudante, de acordo com sua confusão. Além disso, em vez de fornecer o elemento de multimídia como material de apoio de maneira superficial, é analisado o tempo que o estudante consegue permanecer na confusão, antes que ele sinta frustração ou tédio, mas também dando a oportunidade para o estudante buscar pelo seu conhecimento.

Assim, este estudo também apresentou um experimento que investiga o tempo de tolerância na confusão. Os resultados apresentaram que estudantes com traço de personalidade de neuroticismo possuem menos tempo para tolerar a confusão, sendo transformada em frustração e tédio, quando comparado com estudantes com traço de personalidade de extroversão. Para essa pesquisa, o tempo descoberto foi um passo vital para apresentação do elemento de multimídia ao estudante. Para a comunidade, os resultados podem auxiliar na personalização mais adequada de um sistema, ou ser mais um indicativo para o aperfeiçoamento da detecção da emoção.

Além disso, também fornecemos evidências que os estudantes com traços de personalidade de extroversão, quando estão em um ambiente educacional que disponibiliza a regulação emocional personalizada tendem a errarem menos os exercícios e resolverem em menos tempo os exercícios. Também observamos que no experimento, os estudantes com traço de personalidade de neuroticismo também podem ser beneficiados com a regulação emocional. No entanto, nem todos os alunos tiveram uma reação positiva. A taxa de abandono e o ganho de aprendizado não foram afetados pelo o algoritmo e nem a quantidade de confusão relatada. Desta forma, o algoritmo necessita ser aprimorado e os elementos de multimídia como materiais de apoio devem ser revisados.

Podemos pressupor que, a maioria dos estudantes serão beneficiados com a regulação emocional, porém alguns deles podem sentir-se desmotivados. Por outro lado, quando os estudantes apresentam características de desistência fácil, os elementos de multimídia como material de apoio e adaptados automaticamente podem impedi-los de cometerem muitos erros, e deste modo minimizam a possibilidade deles sentirem frustração e tédio.

Portanto, designers e profissionais podem promover a regulação emocional dos estudantes, evitando elementos que os façam vivenciar emoções negativas ou criando intervenções desnecessárias, por meio da adaptação de estratégias de regulação emocional para os estudantes que necessitam.

REFERÊNCIAS

- AGRESTI, A. **Analysis of ordinal categorical data**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2010. v. 656. Citado na página [98](#).
- ALLEN, L. K.; MILLS, C.; JACOVINA, M. E.; CROSSLEY, S.; D'MELLO, S.; MCNAMARA, D. S. Investigating boredom and engagement during writing using multiple sources of information: the essay, the writer, and keystrokes. In: ACM. **Proceedings of the Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge**. [S.l.], 2016. p. 114–123. Citado na página [37](#).
- ALLPORT, G. W.; LEITE, D. M. **Personalidade: padrões e desenvolvimento**. [S.l.]: Editora Herder, 1966. Citado nas páginas [25](#), [26](#) e [48](#).
- ALVES, M. V. C.; MODESTO, J. G.; LIMA-ROSSETTI, D.; LANINI, J.; BUENO, O. F. A. As dimensões da carga cognitiva e o esforço mental. **Revista Brasileira de Psicologia**, v. 1, n. 4, 2017. Citado nas páginas [13](#), [19](#), [79](#) e [84](#).
- AMMAR, M. B.; NEJI, M.; ALIMI, A. M.; GOUARDÈRES, G. The affective tutoring system. **Expert Systems with Applications**, Elsevier, v. 37, n. 4, p. 3013–3023, 2010. Citado na página [37](#).
- ARGUEDAS, M.; DARADOUMIS, T.; XHAFI, F. Analyzing the effects of emotion management on time and self-management in computer-based learning. **Computers in Human Behavior**, Elsevier, v. 63, p. 517–529, 2016. Citado nas páginas [26](#) e [53](#).
- AZEVEDO, B. F.; TAVARES, O. L. Um sistema tutor inteligente para suporte à aprendizagem de 'conceitos de orientação à objetos. **Revista Engenharia, UFES, Espírito Santo, Novembro**, 1998. Citado na página [38](#).
- BAKER, R. S. **Designing intelligent tutors that adapt to when students game the system**. Tese (Doutorado) — Carnegie Mellon University Pittsburgh, 2005. Citado na página [104](#).
- BAKHTIAR, A.; WEBSTER, E. A.; HADWIN, A. F. Regulation and socio-emotional interactions in a positive and a negative group climate. **Metacognition and Learning**, Springer, v. 13, n. 1, p. 57–90, 2018. Citado nas páginas [29](#) e [66](#).
- BARBOSA, A. **Modelo hierárquico de fobias infanto-juvenis: testagem e relação com os estilos maternos**. Tese (Doutorado) — Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Programa Integrado de Doutorado em Psicologia Social (UFPB/UFRN)), 2009. Citado nas páginas [89](#) e [118](#).
- BARRETT, L. F.; LEWIS, M.; HAVILAND-JONES, J. M. **Handbook of emotions**. [S.l.]: Guilford Publications, 2016. Citado nas páginas [46](#) e [47](#).
- BARRETT, L. F.; MESQUITA, B.; OCHSNER, K. N.; GROSS, J. J. The experience of emotion. **Annu. Rev. Psychol.**, Annual Reviews, v. 58, p. 373–403, 2007. Citado na página [43](#).

- BENET-MARTINEZ, V.; JOHN, O. P. Los cinco grandes across cultures and ethnic groups: Multitrait-multimethod analyses of the big five in spanish and english. **Journal of personality and social psychology**, American Psychological Association, v. 75, n. 3, p. 729, 1998. Citado na página 50.
- BERNARDO, J. M.; SMITH, A. F. M. **Bayesian theory**. 1st. ed. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1994. Citado na página 74.
- BLOOM, B. S. The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. **Educational researcher**, Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, v. 13, n. 6, p. 4–16, 1984. Citado nas páginas 35 e 36.
- BOEKAERTS, M. Anger in relation to school learning. **Learning and instruction**, Elsevier, v. 3, n. 4, p. 269–280, 1994. Citado na página 47.
- BOSSE, T.; GERRITSEN, C.; MAN, J. D.; TREUR, J. Measuring stress-reducing effects of virtual training based on subjective response. In: SPRINGER. **International Conference on Neural Information Processing**. [S.l.], 2012. p. 322–330. Citado nas páginas 29 e 66.
- CALVO, R. A.; D'MELLO, S. Frontiers of affect-aware learning technologies. **IEEE Intelligent Systems**, IEEE, v. 27, n. 6, p. 86–89, 2012. Citado na página 37.
- CALVO, R. A.; D'MELLO, S. K. Affect Detection: An Interdisciplinary Review of Models, Methods, and Their Applications. **IEEE Trans. on Affec. Comp.**, v. 1, n. 1, p. 18–37, jan 2010. ISSN 1949-3045. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5520655>>. Citado na página 53.
- CARBONELL, J. R. Ai in cai: An artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction. **IEEE transactions on man-machine systems**, IEEE, v. 11, n. 4, p. 190–202, 1970. Citado na página 40.
- CATRAMBONE, R. The subgoal learning model: Creating better examples so that students can solve novel problems. **Journal of Experimental Psychology: General**, American Psychological Association, v. 127, n. 4, p. 355, 1998. Citado na página 81.
- CATTELL, R. B.; CATTELL, H. E. P. Personality structure and the new fifth edition of the 16pf. **Educational and Psychological Measurement**, Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, v. 55, n. 6, p. 926–937, 1995. Citado nas páginas 25 e 48.
- CEZAR, A. T.; JUCÁ-VASCONCELOS, H. P. Sensações, sentimentos e emoções: uma articulação com a gestalt-terapia. **Revista Presença**, v. 2, n. 7, p. 54–64, 2017. Citado na página 43.
- COLE, P. M.; MARTIN, S. E.; DENNIS, T. A. Emotion regulation as a scientific construct: Methodological challenges and directions for child development research. **Child development**, Wiley Online Library, v. 75, n. 2, p. 317–333, 2004. Citado nas páginas 44 e 55.
- CRAIG, S.; GRAESSER, A.; SULLINS, J.; GHOLSON, B. Affect and learning: an exploratory look into the role of affect in learning with autotutor. **Journal of educational media**, Taylor & Francis, v. 29, n. 3, p. 241–250, 2004. Citado nas páginas 26, 27 e 97.
- CRICK, K.; HARTLING, L. Preferences of knowledge users for two formats of summarizing results from systematic reviews: Infographics and critical appraisals. **PloS one**, Public Library of Science, v. 10, n. 10, p. e0140029, 2015. Citado nas páginas 86 e 96.

DAMÁSIO, A. **O mistério da consciência: do corpo e das emoções ao conhecimento de si**. [S.l.]: Editora Companhia das Letras, 2015. Citado na página 43.

DANDOY, A. C.; GOLDSTEIN, A. G. The use of cognitive appraisal to reduce stress reactions: A replication. **Journal of Social Behavior and Personality**, Select Press, v. 5, n. 4, p. 275, 1990. Citado na página 57.

DESSEILLES, M. Perspectives on games, computers, and mental health: Questions about paradoxes, evidences, and challenges. **Frontiers in psychiatry**, Frontiers, v. 7, p. 122, 2016. Citado nas páginas 29 e 66.

D'MELLO, S. Encyclopedia of the sciences of learning. In: _____. [S.l.]: Springer, 2012. cap. Monitoring affective trajectories during complex learning, p. 2325–2328. Citado nas páginas 27 e 30.

D'MELLO, S.; CALVO, R. A. Beyond the basic emotions: what should affective computing compute? In: ACM. **CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems**. [S.l.], 2013. p. 2287–2294. Citado nas páginas 25, 26, 35, 37 e 97.

D'MELLO, S.; GRAESSER, A. Autotutor and affective autotutor: Learning by talking with cognitively and emotionally intelligent computers that talk back. **ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems (TiIS)**, ACM, v. 2, n. 4, p. 23, 2012. Citado nas páginas 19, 51 e 70.

D'MELLO, S.; OLNEY, A.; WILLIAMS, C.; HAYS, P. Gaze tutor: A gaze-reactive intelligent tutoring system. **International Journal of human-computer studies**, Elsevier, v. 70, n. 5, p. 377–398, 2012. Citado nas páginas 47 e 48.

D'MELLO, S.; PICARD, R. W.; GRAESSER, A. Toward an affect-sensitive AutoTutor. **IEEE Intelligent Systems**, v. 22, n. 4, p. 53–61, 2007. Citado nas páginas 26, 27, 30, 48, 53, 69, 78 e 97.

D'MELLO, S. K.; PERSON, N. K.; LEHMAN, B. Antecedent-consequent relationships and cyclical patterns between affective states and problem solving outcomes. In: **AIED**. [S.l.: s.n.], 2009. p. 57–64. Citado na página 26.

DWECK, C. S. **Self-theories: Their role in motivation, personality, and development**. [S.l.]: Psychology press, 2013. Citado nas páginas 46, 47 e 48.

ESTRADA, C. A.; ISEN, A. M.; YOUNG, M. J. Positive affect improves creative problem solving and influences reported source of practice satisfaction in physicians. **Motivation and emotion**, Springer, v. 18, n. 4, p. 285–299, 1994. Citado na página 25.

EVERSON, H. T. Modeling the student in intelligent tutoring systems: the promise of a new psychometrics. **Instructional Science**, Springer, v. 23, n. 5–6, p. 433–452, 1995. Citado na página 40.

EYSENCK, S. B.; LONG, F. A cross-cultural comparison of personality in adults and children: Singapore and England. **Journal of Personality and Social Psychology**, American Psychological Association, v. 50, n. 1, p. 124, 1986. Citado na página 71.

FACCHINI, L. A. Uma contribuição da epidemiologia: o modelo da determinação social aplicado à saúde do trabalhador. **Isto é trabalho de gente**, p. 178–86, 1994. Citado na página 84.

- FEIST, J.; FEIST, G. J. Theories of personality (six editions). In: _____. [S.l.]: New York: McGraw Hill, 2006. Citado nas páginas 49 e 106.
- FLETCHER, J. Evidence for learning from technology-assisted instruction. **Technology applications in education: A learning view**, p. 79–99, 2003. Citado na página 36.
- FOLKMAN, S.; LAZARUS, R. S. An analysis of coping in a middle-aged community sample. **Journal of health and social behavior**, JSTOR, p. 219–239, 1980. Citado na página 62.
- FOX, N. A.; CALKINS, S. D. The development of self-control of emotion: Intrinsic and extrinsic influences. **Motivation and emotion**, Springer, v. 27, n. 1, p. 7–26, 2003. Citado na página 55.
- FREUD, S. Inhibitions, symptoms and anxiety. **The Psychoanalytic Quarterly**, Taylor & Francis, v. 5, n. 1, p. 1–28, 1936. Citado na página 55.
- FRIEDMAN, H. S. **Teorias da personalidade: da teoria clássica à pesquisa moderna**. [S.l.]: Pearson Education do Brasil, 2004. Citado na página 50.
- FRIJDA, N. H. The emotions. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. Citado na página 45.
- FURTADO, O.; BOCK, A. M. B.; TEIXEIRA, M. L. Psicologias: uma introdução ao estudo de psicologia. **São Paulo: Saraiva**, 1999. Citado na página 43.
- GAGGIOLI, A.; RASPELLI, S.; GRASSI, A.; PALLAVICINI, F.; CIPRESSO, P.; WIEDERHOLD, B. K.; RIVA, G. Ubiquitous health in practice: the interreality paradigm. In: **MMVR**. [S.l.: s.n.], 2011. p. 185–191. Citado nas páginas 29 e 66.
- GAMERMAN, D.; LOPES, H. F. **Markov chain Monte Carlo: Stochastic simulation for Bayesian inference**. 2nd. ed. [S.l.]: Chapman & Hall/CRC, 2006. Citado na página 75.
- GORLICK, M. A.; MADDOX, W. T. Social incentives improve deliberative but not procedural learning in older adults. **Frontiers in psychology**, Frontiers, v. 6, p. 430, 2015. Citado na página 65.
- GRAESSER, A. C.; CHIPMAN, P.; HAYNES, B. C.; OLNEY, A. AutoTutor: An intelligent tutoring system with mixed-initiative dialogue. **IEEE Transactions on Education**, v. 48, n. 4, p. 612–618, 2005. Citado na página 26.
- GRAESSER, A. C.; PERSON, N. K. Question asking during tutoring. **American educational research journal**, Sage Publications, v. 31, n. 1, p. 104–137, 1994. Citado na página 35.
- GRAHAM, S.; PERIN, D. A meta-analysis of writing instruction for adolescent students. **Journal of educational psychology**, American Psychological Association, v. 99, n. 3, p. 445, 2007. Citado na página 36.
- GREENLEAF, R. The adolescent brain: Still ready to learn. **Principal Leadership**, v. 2, n. 8, p. 24–28, 2002. Citado na página 25.
- GROSS, J. J. Antecedent-and response-focused emotion regulation: divergent consequences for experience, expression, and physiology. **Journal of personality and social psychology**, American Psychological Association, v. 74, n. 1, p. 224, 1998. Citado nas páginas 29, 43, 54, 55, 56, 57, 58, 61, 66 e 109.

_____. Emotion regulation: Affective, cognitive, and social consequences. **Psychophysiology**, Cambridge University Press, v. 39, n. 3, p. 281–291, 2002. Citado nas páginas 57 e 58.

_____. Emotion regulation. **Handbook of emotions**, v. 3, p. 497–513, 2008. Citado nas páginas 13, 44, 55 e 57.

_____. Emotion regulation: Current status and future prospects. **Psychological Inquiry**, Taylor & Francis, v. 26, n. 1, p. 1–26, 2015. Citado nas páginas 13, 54, 55 e 57.

GROSS, J. J.; JOHN, O. P. Individual differences in two emotion regulation processes: implications for affect, relationships, and well-being. **Journal of personality and social psychology**, American Psychological Association, v. 85, n. 2, p. 348, 2003. Citado na página 57.

GROSS, J. J.; LEVENSON, R. W. Emotional suppression: physiology, self-report, and expressive behavior. **Journal of personality and social psychology**, American Psychological Association, v. 64, n. 6, p. 970, 1993. Citado na página 58.

GROSS, J. J.; RICHARDS, J. M.; JOHN, O. P. Emotion regulation in everyday life. **Emotion regulation in couples and families: Pathways to dysfunction and health**, v. 2006, p. 13–35, 2006. Citado na página 58.

GROSS, J. J.; THOMPSON, R. A. Emotion regulation: Conceptual foundations. Guilford Press, 2007. Citado nas páginas 13, 25, 43, 44, 55, 56, 57, 58 e 61.

GUÉLAUD, F.; BEAUCHESNE, N.; GAUTRAT, J.; ROUSTANG, G. pour une analyse des conditions dn travail ouvrier dans tentreprise. 1975. Citado na página 84.

HART, S. G.; STAVELAND, L. E. Development of nasa-tlx (task load index): Results of empirical and theoretical research. In: **Advances in psychology**. [S.l.]: Elsevier, 1988. v. 52, p. 139–183. Citado na página 85.

HMELO-SILVER, C. E. Collaborative ways of knowing: Issues in facilitation. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF THE LEARNING SCIENCES. **Proceedings of the Conference on Computer Support for Collaborative Learning: Foundations for a CSCL Community**. [S.l.], 2002. p. 199–208. Citado na página 35.

HONE, K.; AXELROD, L.; PAKEKH, B. Development and evaluation of an empathic tutoring agent. **Virtual Social Agents**, p. 103, 2005. Citado na página 65.

JAQUES, P. A.; NUNES, M. A. S. Ambientes inteligentes de aprendizagem que inferem, expressam e possuem emoções e personalidade. **Jornada de Atualização em Informática na Educação**, v. 1, n. 1, p. 30–81, 2013. Citado nas páginas 49 e 99.

JAQUES, P. A.; SEFFRIN, H.; RUBI, G.; MORAIS, F. de; GHILARDI, C.; BITTENCOURT, I. I.; ISOTANI, S. Rule-based expert systems to support step-by-step guidance in algebraic problem solving: The case of the tutor pat2math. **Expert Systems with Applications**, Elsevier, v. 40, n. 14, p. 5456–5465, 2013. Citado na página 42.

JOHN, O. P.; GROSS, J. J. Healthy and unhealthy emotion regulation: Personality processes, individual differences, and life span development. **Journal of personality**, Wiley Online Library, v. 72, n. 6, p. 1301–1334, 2004. Citado na página 57.

- JORGENSEN, A.; GARDE, A.; LAURSEN, B.; JENSEN, B. Applying the concept of mental workload to it-work. In: **CD-ROM Proceedings of CybErg**. [S.l.: s.n.], 1999. p. 223–235. Citado na página 84.
- KAGAN, J. On the nature of emotion. **Monographs of the Society for Research in Child Development**, Wiley Online Library, v. 59, n. 2-3, p. 7–24, 1994. Citado na página 44.
- KALYUGA, S. The expertise reversal effect. In: **Managing Cognitive Load in Adaptive Multimedia Learning**. [S.l.]: IGI Global, 2009. p. 58–80. Citado na página 81.
- KELLOGG, R. T.; RAULERSON, B. A. Improving the writing skills of college students. **Psychonomic bulletin & review**, Springer, v. 14, n. 2, p. 237–242, 2007. Citado na página 36.
- KLEINBAUM, D.; KLEIN, M. **Survival analysis: A self-learning text**. 3th. ed. [S.l.]: Springer-Verlag, 2012. Citado na página 74.
- KNIPPENBERG, A. V.; DIJKSTERHUIS, A.; VERMEULEN, D. Judgement and memory of a criminal act: The effects of stereotypes and cognitive load. **European Journal of Social Psychology**, Wiley Online Library, v. 29, n. 2-3, p. 191–201, 1999. Citado na página 79.
- KOOLE, S. L. The psychology of emotion regulation: An integrative review. **Cognition and emotion**, Taylor & Francis, v. 23, n. 1, p. 4–41, 2009. Citado na página 54.
- KOPP, C. B. Regulation of distress and negative emotions: A developmental view. **Developmental psychology**, American Psychological Association, v. 25, n. 3, p. 343, 1989. Citado na página 55.
- LANE, H. C. Intelligent tutoring systems: Prospects for guided practice and efficient learning. Citeseer, 2006. Citado na página 35.
- LAZARUS, R. S. Psychological stress and the coping process. McGraw-Hill, 1966. Citado nas páginas 44, 61 e 62.
- _____. From psychological stress to the emotions: A history of changing outlooks. **Annual review of psychology**, Annual Reviews 4139 El Camino Way, PO Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA, v. 44, n. 1, p. 1–22, 1993. Citado nas páginas 29, 55, 57 e 66.
- LEE, E.-J.; KIM, Y. W. Effects of infographics on news elaboration, acquisition, and evaluation: Prior knowledge and issue involvement as moderators. **new media & society**, Sage Publications Sage UK: London, England, v. 18, n. 8, p. 1579–1598, 2016. Citado na página 85.
- LERA, E.; GARRETA-DOMINGO, M. Ten emotion heuristics: Guidelines for assessing the user's affective dimension easily and cost-effectively. In: **Proceedings of the 21st BCS HCI Group Conference**. [S.l.: s.n.], 2007. v. 2, p. 163–166. Citado na página 73.
- LEVENSON, R. W.; EKMAN, P.; HEIDER, K.; FRIESEN, W. V. Emotion and autonomic nervous system activity in the minangkabau of west sumatra. **Journal of personality and social psychology**, American Psychological Association, v. 62, n. 6, p. 972, 1992. Citado na página 55.
- LEVENTHAL, H.; SCHERER, K. The relationship of emotion to cognition: A functional approach to a semantic controversy. **Cognition and emotion**, Taylor & Francis, v. 1, n. 1, p. 3–28, 1987. Citado na página 45.

LINNENBRINK, E. A. The role of affect in student learning: A multi-dimensional approach to considering the interaction of affect, motivation, and engagement. In: **Emotion in education**. [S.l.]: Elsevier, 2007. p. 107–124. Citado na página 47.

LINNENBRINK, E. A.; PINTRICH, P. R. Multiple pathways to learning and achievement: The role of goal orientation in fostering adaptive motivation, affect, and cognition. **Intrinsic and extrinsic motivation: The search for optimal motivation and performance**, p. 195–227, 2000. Citado na página 25.

LUNN, D. J.; THOMAS, A.; BEST, N.; SPIEGELHALTER, D. Winbugs - A Bayesian modelling framework: concepts, structure, and extensibility. **Statistics and Computing**, v. 10, n. 4, p. 325–337, 2000. Citado na página 75.

LYRA, K.; ISOTANI, S. Impacto do uso de infográficos como materiais de aprendizagem e suas correlações com satisfação, estilos de aprendizagem e complexidade visual. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. [S.l.: s.n.], 2017. v. 6, n. 1, p. 46. Citado na página 85.

MALEKZADEH, M.; MUSTAFA, M. B.; LAHSASNA, A. A review of emotion regulation in intelligent tutoring systems. **Journal of Educational Technology & Society**, JSTOR, v. 18, n. 4, p. 435, 2015. Citado nas páginas 26 e 53.

MANCERA, L.; BALDIRIS, S.; FABREGAT, R.; VINAS, F.; CAPARROS, B. Adapting suitable spaces in learning management systems to support distance learning in adults with adhd. In: **IEEE Advanced Learning Technologies (ICALT), 2011 11th IEEE International Conference on**. [S.l.], 2011. p. 105–109. Citado na página 65.

MAO, X.; LI, Z. Agent based affective tutoring systems: A pilot study. **Computers & Education**, Elsevier, v. 55, n. 1, p. 202–208, 2010. Citado na página 37.

MAUSS, I. B.; LEVENSON, R. W.; MCCARTER, L.; WILHELM, F. H.; GROSS, J. J. The tie that binds? coherence among emotion experience, behavior, and physiology. **Emotion**, American Psychological Association, v. 5, n. 2, p. 175, 2005. Citado na página 44.

MAYER, R.; MORENO, R. Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. In: _____. **Educational Psychologist**. [S.l.: s.n.], 2003. v. 38, p. 43–52. ISBN 0046-1520. Citado nas páginas 13, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 90, 96, 117, 128 e 131.

MCCRAE, R. R. 11. o que é personalidade? In: **Introdução à psicologia das diferenças individuais**. [S.l.: s.n.], 2006. p. 203–218. Citado na página 50.

MCCRAE, R. R.; JOHN, O. P. An introduction to the five-factor model and its applications. **Journal of Personality**, Blackwell Publishing Ltd, v. 60, n. 2, p. 175–215, 1992. ISSN 1467-6494. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-6494.1992.tb00970.x>>. Citado na página 49.

MCTAGGART, J. Intelligent tutoring systems and education for the future. **512X Literature Review April**, v. 30, n. 2, 2001. Citado nas páginas 13, 38 e 39.

MORAIS, F.; SILVA, J. da; REIS, H.; ISOTANI, S.; JAQUES, P. Computação afetiva aplicada à educação: uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no brasil. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. [S.l.: s.n.], 2017. v. 28, n. 1, p. 163. Citado na página 99.

- MORAY, N. Mental workload since 1979. **International Review of Ergonomics**, v. 2, p. 123–150, 1988. Citado nas páginas 19, 85 e 86.
- NARARRO-HARO, M. V.; HOFFMAN, H. G.; GARCIA-PALACIOS, A.; SAMPAIO, M.; ALHALABI, W.; HALL, K.; LINEHAN, M. The use of virtual reality to facilitate mindfulness skills training in dialectical behavioral therapy for borderline personality disorder: a case study. **Frontiers in psychology**, Frontiers, v. 7, p. 1573, 2016. Citado nas páginas 29 e 66.
- NIEDERREITER, H. Some current issues in quasi-Monte Carlo methods. **Journal of Complexity**, v. 19, n. 3, p. 428–433, 2003. Citado na página 77.
- NIELSEN, J. 10 usability heuristics for user interface design. **Nielsen Norman Group**, v. 1, n. 1, 1995. Citado na página 107.
- NKAMBOU, R.; MIZOGUCHI, R.; BOURDEAU, J. **Advances in intelligent tutoring systems**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2010. v. 308. Citado na página 39.
- NUNES, C. H. S. d. S.; HUTZ, C. S. Construção e validação da escala fatorial de socialização no modelo dos cinco grandes fatores de personalidade. **Psicologia: reflexão e crítica. Porto Alegre. Vol. 20, n. 1 (jan./abr. 2007), p. 20-25**, SciELO Brasil, 2007. Citado na página 49.
- NUNES, M. Computação afetiva personalizando interfaces, interações e recomendações de produtos, serviços e pessoas em ambientes computacionais. **DCOMP e PROCC: Pesquisas e Editora UFS: São Cristóvão**, p. 115–151, 2012. Citado nas páginas 19, 50 e 51.
- OXFORD, R. L.; BOLAÑOS-SÁNCHEZ, D. A tale of two learners: Discovering mentoring, motivation, emotions, engagement, and perseverance. In: **New directions in language learning psychology**. [S.l.]: Springer, 2016. p. 113–134. Citado na página 25.
- PAAS, F.; RENKL, A.; SWELLER, J. Cognitive load theory: Instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture. **Instructional science**, Springer, v. 32, n. 1-2, p. 1–8, 2004. Citado na página 80.
- PAAS, F. G.; MERRIËNBOER, J. J. V. Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. **Educational psychology review**, Springer, v. 6, n. 4, p. 351–371, 1994. Citado na página 82.
- PALLAVICINI, F.; GAGGIOLI, A.; RASPELLI, S.; CIPRESSO, P.; SERINO, S.; VIGNA, C.; GRASSI, A.; MORGANTI, L.; BARUFFI, M.; WIEDERHOLD, B. *et al.* Interreality for the management and training of psychological stress: study protocol for a randomized controlled trial. **Trials**, BioMed Central, v. 14, n. 1, p. 191, 2013. Citado nas páginas 29 e 66.
- PEKRUN, R.; GOETZ, T.; TITZ, W.; PERRY, R. P. Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research. **Educational psychologist**, Taylor & Francis, v. 37, n. 2, p. 91–105, 2002. Citado na página 47.
- PEKRUN, R.; LINNENBRINK-GARCIA, L. Academic emotions and student engagement. In: **Handbook of research on student engagement**. [S.l.]: Springer, 2012. p. 259–282. Citado na página 46.
- PERLS, F. S. **Ego, Fome E Agressao Uma Revisao Da Teoria E Do Metodo de Freud**. [S.l.]: Summus Editorial, 2002. Citado na página 43.

PERVIN, L. A.; JOHN, O. P. **Handbook of personality: Theory and research**. [S.l.]: Elsevier, 1999. Citado na página 49.

_____. **Personalidade: teoria e pesquisa**. [S.l.]: Artmed Editora, 2009. Citado na página 49.

PESSOA, L. On the relationship between emotion and cognition. **Nature reviews neuroscience**, Nature Publishing Group, v. 9, n. 2, p. 148, 2008. Citado na página 25.

PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. Systematic mapping studies in software engineering. In: **EASE**. [S.l.: s.n.], 2008. v. 8, p. 68–77. Citado nas páginas 54 e 58.

PONTE, J. P. d.; BRANCO, N.; MATOS, A. Álgebra no ensino básico. In: _____. [S.l.]: MEDGIDC, 2009. Citado na página 91.

PRETORIUS, R.; BUDGEN, D. A mapping study on empirical evidence related to the models and forms used in the uml. In: **ACM-IEEE ESEM**. [S.l.: s.n.], 2008. p. 342–344. Citado na página 67.

QIAO, X.; WANG, Z. Emotional regulation modeling in an e-learning system. In: IEEE. **Information Science and Engineering (ICISE), 2009 1st International Conference on**. [S.l.], 2009. p. 3315–3318. Citado na página 65.

REEKUM, C. M. V.; SCHERER, K. R. Levels of processing in emotion-antecedent appraisal. **Advances in Psychology**, Elsevier, v. 124, p. 259–300, 1997. Citado na página 45.

REEVE, J. **Motivação E Emoção**. [S.l.]: Grupo Gen-LTC, 2000. Citado na página 43.

REIS, H.; ALVARES, D.; JAQUES, P.; ISOTANI, S. Analysis of permanence time in emotional states: A case study using educational software. In: SPRINGER. **International Conference on Intelligent Tutoring Systems**. [S.l.], 2018. p. 180–190. Citado na página 30.

REIS, H.; KASSA, R.; JAQUES, P.; ISOTANI, S. *et al.* Regulação emocional em ambientes educacionais: um mapeamento sistemático. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. [S.l.: s.n.], 2018. v. 29, n. 1, p. 903. Citado nas páginas 28 e 31.

REIS, H. M.; BORGES, S. S.; DURELLI, V. H.; MORO, L. F. d. S.; BRANDAO, A. A.; BARBOSA, E. F.; BRANDAO, L. O.; ISOTANI, S.; JAQUES, P. A.; BITTENCOURT, I. I. Towards reducing cognitive load and enhancing usability through a reduced graphical user interface for a dynamic geometry system: An experimental study. In: IEEE. **Multimedia (ISM), 2012 IEEE International Symposium on**. [S.l.], 2012. p. 445–450. Citado na página 79.

REIS, H. M.; JAQUES, P. A.; ISOTANI, S. Sistemas tutores inteligentes que reconhecem o estado emocional do estudante: Um mapeamento sistemático intelligent tutors systems that recognize the student's emotional state: A systematic mapping. 2017. Citado nas páginas 27, 30, 51, 64, 69 e 80.

RENKL, A. Learning from worked-out examples: A study on individual differences. **Cognitive science**, Wiley Online Library, v. 21, n. 1, p. 1–29, 1997. Citado na página 81.

RENKL, A.; ATKINSON, R. K. Structuring the transition from example study to problem solving in cognitive skill acquisition: A cognitive load perspective. **Educational psychologist**, Taylor & Francis, v. 38, n. 1, p. 15–22, 2003. Citado nas páginas 81 e 82.

- RODRIGO, M. M. T.; BAKER, R. S.; NABOS, J. Q. The relationships between sequences of affective states and learner achievement. In: **Proceedings of the 18th International Conference on Computers in Education**. [S.l.: s.n.], 2010. p. 56–60. Citado na página 26.
- RODRIGUES, A. P. G.; GONDIM, S. G. Expressão e regulação emocional no contexto de trabalho: um estudo com servidores públicos. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, Universidade Presbiteriana Mackenzie, v. 15, n. 2, 2014. Citado nas páginas 53 e 55.
- RODRIGUES, K. R. H.; CANAL, M. C.; XAVIER, R. A. C.; ALENCAR, T. S.; NERIS, V. P. A. Avaliando aspectos de privacidade no Facebook pelas lentes de usabilidade, acessibilidade e fatores emocionais. In: **Companion Proceedings of the 11th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**. [S.l.: s.n.], 2012. p. 75–76. Citado na página 73.
- RODRÍGUEZ1A, A.; REYA, B.; ALCANIZ, M.; BAÑOSB, R.; GUIXERESA, J.; WRZESIENA, M.; GÓMEZA, M.; PÉREZA, D.; RASALB, P.; PARRAA, E. Gameteen: new tools for evaluating and training emotional regulation strategies. **Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine 2012**, p. 334, 2012. Citado na página 65.
- ROZIN, P.; COHEN, A. B. Reply to commentaries: Confusion infusions, suggestives, correctives, and other medicines. American Psychological Association, 2003. Citado na página 26.
- SALDEN, R. J.; ALEVEN, V.; SCHWONKE, R.; RENKL, A. The expertise reversal effect and worked examples in tutored problem solving. **Instructional Science**, Springer, v. 38, n. 3, p. 289–307, 2010. Citado na página 86.
- SANDERS, M. S.; MCCORMICK, E. J. Human factors in engineering and design. **Industrial Robot: An International Journal**, Emerald Group Publishing Limited, 1998. Citado na página 84.
- SARRAFZADEH, A.; ALEXANDER, S.; DADGOSTAR, F.; FAN, C.; BIGDELI, A. “how do you know that i don’t understand?” a look at the future of intelligent tutoring systems. **Computers in Human Behavior**, Elsevier, v. 24, n. 4, p. 1342–1363, 2008. Citado na página 37.
- SARRAFZADEH, A.; SHANBEHZADEH, J.; OVERMYER, S. E-learning with affective tutoring systems. **Intelligent Tutoring Systems in E-learning Environments**, p. 129–140, 2010. Citado na página 37.
- SCHERER, K. R. On the nature and function of emotion: A component process approach. **Approaches to emotion**, v. 2293, p. 317, 1984. Citado na página 45.
- _____. Appraisal theory. In: DALGLEISH, T.; POWER, M. (Ed.). **Handbook of Cognition and Emotion**. John Wiley & Sons Ltd., 1999. v. 19, n. 4, cap. 30, p. 637–663. ISBN 9780470013496. Disponível em: <<http://psycnet.apa.org/psycinfo/2001-06810-001>>. Citado na página 44.
- _____. Appraisal considered as a process of multilevel sequential checking. **Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research**, New York, NY, v. 92, n. 120, p. 57, 2001. Citado na página 44.
- _____. What are emotions? and how can they be measured? **Social Science Information**, v. 44, n. 4, p. 695–729, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0539018405058216>>. Citado nas páginas 43 e 45.

SCHMEICHEL, B. J.; VOLOKHOV, R. N.; DEMAREE, H. A. Working memory capacity and the self-regulation of emotional expression and experience. **Journal of personality and social psychology**, American Psychological Association, v. 95, n. 6, p. 1526, 2008. Citado nas páginas 31 e 51.

SCHUTZ, P. A.; LANEHART, S. L. Introduction: Emotions in education. **Educational Psychologist**, Taylor & Francis, v. 37, n. 2, p. 67–68, 2002. Citado na página 25.

SCHWONKE, R.; RENKL, A.; KRIEG, C.; WITTEWER, J.; ALEVEN, V.; SALDEN, R. The worked-example effect: Not an artefact of lousy control conditions. **Computers in Human Behavior**, Elsevier, v. 25, n. 2, p. 258–266, 2009. Citado na página 86.

SEBE, N.; COHEN, I.; GEVERS, T.; HUANG, T. S. Multimodal approaches for emotion recognition: A survey. In: **Proceedings of the SPIE**. [S.l.: s.n.], 2005. v. 5670, p. 56–67. Citado na página 73.

SEFFRIN, H.; BITTENCOURT, I. I.; ISOTANI, S.; JAQUES, P. A. Modelling students' algebraic knowledge with dynamic bayesian networks. In: IEEE. **Advanced Learning Technologies (ICALT), 2016 IEEE 16th International Conference on**. [S.l.], 2016. p. 44–48. Citado na página 42.

SELF, J. The defining characteristics of intelligent tutoring systems research: Itss care, precisely. **International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)**, v. 10, p. 350–364, 1998. Citado na página 40.

SHANABROOK, D.; ARROYO, I.; WOOLF, B. Using touch as a predictor of effort: what the ipad can tell us about user affective state. **User Modeling, Adaptation, and Personalization**, Springer, p. 322–327, 2012. Citado nas páginas 52 e 69.

SHIMOMURA, Y.; HVANNBERG, E. T.; HAFSTEINSSON, H. Haptic cues as a utility to perceive and recognise geometry. **Universal Access in the Information Society**, Springer, v. 12, n. 2, p. 125–142, 2013. Citado na página 79.

SORIC, I.; PENEZIC, Z.; BURIC, I. Big five personality traits, cognitive appraisals and emotion regulation strategies as predictors of achievement emotions. **Psychological Topics**, Department of Psychology, Faculty of Arts and Sciences, v. 22, n. 2, p. 325, 2013. Citado na página 50.

STANSBURY, K.; GUNNAR, M. R. Adrenocortical activity and emotion regulation. **Monographs of the Society for Research in Child Development**, Wiley Online Library, v. 59, n. 2-3, p. 108–134, 1994. Citado na página 44.

SUTTON, R. E.; WHEATLEY, K. F. Teachers' emotions and teaching: A review of the literature and directions for future research. **Educational psychology review**, Springer, v. 15, n. 4, p. 327–358, 2003. Citado na página 25.

THOMPSON, R. A. Emotional regulation and emotional development. **Educational Psychology Review**, Springer, v. 3, n. 4, p. 269–307, 1991. Citado nas páginas 26 e 78.

_____. Emotion regulation: A theme in search of definition. **Monographs of the society for research in child development**, Wiley Online Library, v. 59, n. 2-3, p. 25–52, 1994. Citado na página 44.

TIAN, F.; GAO, P.; LI, L.; ZHANG, W.; LIANG, H.; QIAN, Y.; ZHAO, R. Recognizing and regulating e-learners' emotions based on interactive chinese texts in e-learning systems. **Knowledge-Based Systems**, Elsevier, v. 55, p. 148–164, 2014. Citado nas páginas 29 e 66.

TRAFTON, J. G.; REISER, B. J. **The contributions of studying examples and solving problems to skill acquisition**. Tese (Doutorado) — Citeseer, 1994. Citado na página 81.

TURLIUC, M. N.; BUJOR, L. Emotion regulation between determinants and consequences. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 76, p. 848 – 852, 2013. ISSN 1877-0428. 5th International Conference EDU-WORLD 2012 - Education Facing Contemporary World Issues. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042813007611>>. Citado nas páginas 31 e 51.

TURNER, J. E.; SCHALLERT, D. L. Expectancy–value relationships of shame reactions and shame resiliency. **Journal of Educational Psychology**, American Psychological Association, v. 93, n. 2, p. 320, 2001. Citado nas páginas 47 e 48.

VANLEHN, K. The behavior of tutoring systems. **International journal of artificial intelligence in education**, IOS Press, v. 16, n. 3, p. 227–265, 2006. Citado nas páginas 13, 36, 38, 40 e 41.

_____. The behavior of tutoring systems. **International journal of artificial intelligence in education**, IOS Press, v. 16, n. 3, p. 227–265, 2006. Citado na página 37.

VELÁZQUEZ, F. F.; LOZANO, G. M.; ESCALANTE, J. N.; RIPOLLÉS, M. R. **Manual de ergonomía**. [S.l.]: Fundación MAPFRE, 1995. Citado na página 84.

WATERMAN, M.; STANLEY, E. Case based learning in your classes. In: _____. [S.l.: s.n.], 1998. Citado na página 36.

WEINER, B. Examining emotional diversity in the classroom: An attribution theorist considers the moral emotions. In: **Emotion in education**. [S.l.]: Elsevier, 2007. p. 75–88. Citado na página 46.

WENGER, E. **Artificial intelligence and tutoring systems: computational and cognitive approaches to the communication of knowledge**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2014. Citado nas páginas 37 e 38.

WERNER, K.; GROSS, J. J. Emotion regulation and psychopathology: A conceptual framework. Guilford Press, 2010. Citado nas páginas 44, 57 e 58.

WOHLIN, C.; RUNESON, P.; HöST, M.; OHLSSON, M. C.; REGNELL, B.; WESSLÉN, A. **Experimentation in Software Engineering: An Introduction**. Norwell, MA, USA: Kluwer Academic Publishers, 2000. ISBN 0-7923-8682-5. Citado nas páginas 71, 72 e 87.

WOOLF, B. Ai in education. encyclopedia of artificial intelligence. In: _____. [S.l.]: John Wiley, 1992. Citado nas páginas 38 e 39.

WOOLF, B. P. **Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2010. Citado na página 35.

_____. **Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning**. [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2010. Citado nas páginas 37 e 40.

XU, J.; DU, J.; FAN, X. Individual and group-level factors for students' emotion management in online collaborative groupwork. **The internet and higher education**, Elsevier, v. 19, p. 1–9, 2013. Citado nas páginas 29 e 66.

YEH, Y.-c.; LAI, S. C.; LIN, C.-W. The dynamic influence of emotions on game-based creativity: An integrated analysis of emotional valence, activation strength, and regulation focus. **Computers in Human Behavior**, Elsevier, v. 55, p. 817–825, 2016. Citado na página 66.

ZEIDNER, M. **Test anxiety: The state of the art**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 1998. Citado nas páginas 47 e 48.

MODELO ESTATÍSTICO - SCRIPT

Código-fonte 1 – Pacotes

```

1: list.of.packages <- c("SimCorMultRes", "MASS")
2: new.packages <- list.of.packages[!(list.of.packages %in%
   installed.packages()[,"Package"])]
3: if(length(new.packages)) install.packages(new.packages)
4: require("SimCorMultRes"); require("MASS")
5: remove(list.of.packages,new.packages)

```

Código-fonte 2 – Funcoes

```

1: GERANDO_COVARIAVEIS <- function(N,n.ex,n.st,emotion,level){
2:
3:   data <- NULL
4:   max.erros <- 3           # numero maximo de erros
5:   max.dicas <- 3          # numero máximo de dicas
6:   max.abandono <- n.ex/2-1 # número máximo de abandonos
7:   p3 <- 0.7 # probabilidade de Não ter um erro dentro do mesmo
   exercício
8:   p4 <- 0.7 # probabilidade de Não solicitar uma dica
9:   p5 <- 0.7 # probabilidade de Não ter abandonado o exercício
   anterior
10:
11:  for(i in 1:N){ # N: número de indivíduos
12:    x5 <- 0 # abandono do exercício anterior
13:    x6 <- 0 # número de exercícios abandonados
14:    x2 <- sample(level,size=1) # nível da questão (1-básico, 2-
   intermediário, 3-avançado, 4-expert, 5-season finale)

```

```

15:
16:   for(k in 1:n.ex){ # n.ex: número de exercícios
17:     if(x6 < (n.ex/2-1)){ x6 <- x6 + x5 }
18:     x3 <- 0 # número de erros dentro do mesmo exercício
19:     x4 <- 0 # quantidade de dicas já solicitadas
20:
21:     for(j in 1:n.st){ # n.st: número de etapas para a resolução de um mesmo exercício
22:       x1 <- sample(emotion,size=1) # emoção (0-positiva, 1-confusão, 2-frustração, 3-tédio)
23:       if(runif(1)>p3 & x3 < max.erros){ x3 <- x3+1 }
24:       if(runif(1)>p4 & x4 < max.dicas){ x4 <- x4+1 }
25:
26:       if(x1>0){ # se emoção for negativa, então armazenamos
27:         data <- rbind(data,rbind(c(x1,x2,x3,x4,x5,x6,i),c(x1,x2,x3,x4,x5,x6,i),c(x1,x2,x3,x4,x5,x6,i)))
28:       }
29:     }
30:     x5 <- ifelse(runif(1)>p5 & x6 < max.abandono,1,0)
31:   }
32: }
33:
34: return(data) # retorna os dados armazenados (covariáveis e id
   )
35:
36: }
37:
38:
39: GERANDO_INTERVENCOES <- function(data,intercepts,beta1,beta2,
   beta3,beta4,beta5,beta6){
40:
41:   # número de intervenções - 1 (grupos de referência
42:   clsize <- 3
43:   # organizando os beta's no formato requerido pela função "
   rmult.clm"
44:   betas <- matrix(c(rep(beta1,clsize), rep(beta2,clsize), rep(
   beta3,clsize), rep(beta4,clsize), rep(beta5,clsize), rep(
   beta6,clsize)), clsize, 6)
45:
46:   # gerando as intervenções
47:   intervention <- rmult.clm(clsize=clsize, intercepts=
   intercepts, betas=betas,

```

```

48:     xformula=~data[,-7], cor.matrix=toeplitz(c(1,0.99,0.99))
      , link="logit")
49:
50: # organizando os valores obtidos no formato matricial
51: aux <- as.matrix(cbind(data[,7],intervention\${simdata[-c(3,4)
      ]}))
52:
53: sim.data <- matrix(NA,nrow=dim(aux)[1]/clsize,ncol=dim(aux)
      [2])
54: for(i in 1:dim(aux)[1]/clsize){
55:   sim.data[i,] <- aux[clsize*(i-1)+1,]
56: }
57:
58: # renomeando as colunas do banco de dados completo (id,
      intervenção e covariáveis)
59: colnames(sim.data) <- c("id","y","x1","x2","x3","x4","x5","x6
      ")
60:
61: # definindo "sim.data" como um banco de dados
62: sim.data <- data.frame(sim.data)
63:
64: # definindo as intervenções de forma ordenada/crescente
65: sim.data\${y} <- factor(sim.data\${y}, levels=c(1,2,3,4), ordered
      =TRUE)
66:
67: return(sim.data) # retorna o banco de dados completos
68: }

```

Código-fonte 3 – Simulacao

```

1: N <- 50 # número de indivíduos
2: n.ex <- 10 # número de exercícios
3: n.st <- 5 # número de etapas para a resolução de um mesmo
      exercício
4: emotion <- c(rep(0,2),1:3)
5: level <- 1:5
6:
7: # coeficientes (beta's)
8: beta1 <- 10 # emoção
9: beta2 <- 7 # nível da questão
10: beta3 <- 6 # número de erros dentro do mesmo exercício
11: beta4 <- 5 # quantidade de dicas já solicitadas

```

```
12: beta5 <- 20 # abandono do exercício anterior
13: beta6 <- 2 # número de exercícios abandonados
14: # interceptos (alpha's)
15: intercepts <- -c(71,55,40)
16:
17: set.seed(4321) # definido um valor de referência (seed) para
    reproduzir os mesmos resultados
18: covariates <- GERANDO_COVARIAVEIS(N,n.ex,n.st,emotion,level)
19: head(covariates) # visualizar as informações iniciais
20:
21: data <- GERANDO_INTERVENCOES(covariates,intercepts,beta1,beta2,
    beta3,beta4,beta5,beta6)
22: head(data) # visualizar as informações iniciais
```

Código-fonte 4 – Modelo

```
1: # selecionando aleatoriamente 70% do banco de dados para
    treinamento e 30% para teste
2: set.seed(100) # definido um valor de referência (seed) para
    reproduzir os mesmos resultados
3: trainingRows <- sample(1:nrow(data), 0.7*nrow(data))
4:
5: # banco de dados para treinamento
6: trainingData <- data[trainingRows, ]
7: # banco de dados para teste
8: testData <- data[-trainingRows, ]
9:
10: # ajustando o modelo
11: options(contrasts = c("contr.treatment", "contr.poly"))
12: # É normal aparecer um "warning"
13: fit.model <- polr(y ~ x1+x2+x3+x4+x5+x6, data=trainingData)
14:
15: # escolha das intervenções baseada no modelo ajustado
16: predictedY <- predict(fit.model, testData)
17:
18: # probabilidade de cada classificação (no item anterior a
    escolha é feita automaticamente pegando a maior
    probabilidade)
19: # predictedScores <- predict(fit.model, testData, type="p")
20: # head(predictedScores)
21:
22: # matrix de "confusão" (número de acertos na diagonal)
```

```
23: table(testData$y, predictedY)
24:
25: # porcentagem de acertos
26: 1-mean(as.character(testData$y) != as.character(predictedY))
```

LISTA DOS ESTUDOS PRIMÁRIOS

Tabela 21 – Lista dos estudos primários do mapeamento sistemático

| Tipo | Id | Regulagem |
|----------------------------|----|--|
| VR | 29 | Em emoções negativas, induzido um ambiente de relaxamento por meio da imersão com a visualização de imagens e áudio que orientam a execução de uma série de exercícios de relaxamento. O protocolo baseia-se na CBT (cognitive behavioral therapy) em geral, e especificamente no programa de gerenciamento de estresse de Kaluza e no treinamento de inoculação de estresse de Meichenbaum |
| | 35 | Os participantes foram convidados a ver fotos e imagens com conteúdo forte enquanto reduziam ativamente sua resposta emocional até sentirem-se vontade para olhar a imagem (por exemplo, assegurando-se de que as fotos não eram reais). |
| Agente pedagógico (modelo) | 23 | * Seleção da situação e modificação da situação: o estado externo alterado (por exemplo, evitando um estímulo). * Desenvolvimento atencional: o estado de observação alterado (por exemplo, desviando o estímulo) ou o foco interno de atenção regulado (por exemplo, pensando em algo mais). * Mudança cognitiva: a crença regulada (por exemplo, reavaliação da situação: dizer a si mesmo que a situação não é ruim). Mas também possível regular o desejo ajustando os objetivos. * Supressão: regulação focada na resposta aplicada ao sentimento (por exemplo, supressão de sentimentos experimentados), resposta fisiológica (por exemplo, mostrando uma superfície de poker) e preparação / ação (por exemplo, ficar em um local em vez de fugir). |

Table 21 continued from previous page

| Tipo | Id | Regulagem |
|-------------------|----|--|
| Agente pedagógico | 13 | Regula por meio de mensagens para reduzir as emoções negativas |
| | 30 | * Desenvolvimento da atenção (utiliza agente pedagógico): agente pedagógico pede para prestar atenção em outro elemento da interface * Avaliação cognitiva: mostra para o estudante que mesmo errando, está aprendendo. A regulação feita por meio de quanto tempo o eye tracking capturou onde o aluno estava olhando |
| | 33 | A partir do algoritmo de classificação, comportamento do usuário e o tipo de estímulo externo realizado, o agente pedagógico demonstra por meio de expressões faciais para a regulação da emoção (medo, raiva, felicidade, surpresa e nojo) |
| | 34 | O agente pedagógico orienta o aluno de acordo com cada estratégia. Reavaliação: propõe atividades quando o aluno está entediado, como postar algo no fórum e interagir com os outros. Desenvolvimento da atenção: propõe outro material de apoio e supressão: mostra frases para a pessoa se sentir menos mal |
| | 16 | Frases e emoções de face do agente, considera a personalidade do estudante (quando o estudante preguiçoso, o agente mais rigoroso) |
| Algoritmo | 4 | Considera o desejo de um objetivo e calcula o impacto que ele causa caso não seja alcançado |
| | 12 | Reavaliação cognitiva por meio da avaliação do "valor" da tarefa e desenvolvimento da atenção por meio do redirecionamento da informação |
| | 11 | Por meio da intensidade da emoção calculada, escolhida entre reavaliação ou supressão |
| Forum, wiki | 5 | Por meio dos objetivos do estudante, se foram alcançados; colaborativo: por meio de chat, fóruns, rede de troca de documentos |
| | 8 | Gerenciamento do tempo e auto-gerenciamento |
| | 13 | A cada resposta correta do participante, o software mostrava rostos cada vez mais felizes (imagens estáticas), ou ao evitar irritar o avatar, com cada resposta correta, o rosto irritado iria se alterando para neutro. |
| | 14 | Regula por meio de mudança dos elementos da interface |

Table 21 continued from previous page

| Tipo | Id | Regulagem |
|------------------------------|----|--|
| Interface | 40 | O resultado do mundo real do participante fraco (por exemplo, ela no pode fazer uma tarefa sem se sentir irritada e impaciente quando com sua me) ela experimentar novamente uma experiencia similar em o ambiente virtual e ser ajudado no desenvolvimento de estrategias especificas de enfrentamento com isso. Mais tarde, nas reas de relaxamento, ela vai desfrutar de um ambiente relaxante e aprender alguns procedimentos de relaxamento |
| | 15 | feedback do professor, objetivo orientado a aprendizagem, mudana do ambiente, monitorao da motivao e ajuda solicitada |
| | 19 | Mindfulness |
| | 25 | Customizao realizada pelo prprio usuario quanto ao acesso das informaes/navegao, cores e composio das informaes |
| Luz LED e um moinho de vento | 6 | primeiro momento: respirar fundo e fazer algo divertido. segundo momento: tocar uma msica calma, mostrar sua cor favorita ou apresentar uma comdia automaticamente. |
| | 36 | modificao do cenrio, de msica, controles, cores, personagens, direes, formas) |
| | 18 | o jogo induz emoes como alegria e outro jogo induz a frustrao |
| | 26 | modificao do cenrio, de msica, controles, cores, personagens, direes, formas) |
| | 17 | o jogo vai para o proximo nvel caso a criana consiga regular a emoo como desejado |
| | 3 | Relembra as tarefas que precisam ser terminadas (principal); Apresenta as tarefas completas, Apresenta as tarefas ainda no realizadas, barra de progresso |
| | 38 | O jogo tem tarefas onde o jogador deve apresentar reas mais relaxadas e auto-controladas para a realizao das tarefas, tornando as situaes mais fceis de manusear e os objetivos finais mais fceis de alcanar. |

Table 21 continued from previous page

| Tipo | Id | Regulagem |
|---------------|--|--|
| Serious Games | 24 | (1) uma escolha ou uma inteno de colocar-se em uma determinada situao; (2) a direo da ateno ou a implantao atencional (o que estou fazendo, o que o outro est fazendo); (3) reavaliacao cognitiva quando surgem dvidas ou quando o jogo muda medida que outros jogadores progridem; e (4) modulao de respostas emocionais, alm de aprender sobre as reaes dos outros quando esto tristes ou felizes para voc ou para si. |
| | 2 | De acordo com a regulao emocional (detectado pela frequencia dos batimentos cardiacos), o cenrio do jogo muda para mais ou menos dificuldade |
| | 27 | A colaborao realizada dentro do sistema por outros membros, ajudam a regular a emoo |
| | 22 | feedback, regulamentao do ambiente de estudo, regulao do tempo, controle de motivao e busca de ajuda (os instrutores e colegas podem ajudar a lidar com seus sentimentos de solidao, estresse e ansiedade) |
| | 7 | Procurar por erros gramaticais na constituio para conseguir um emprego. A possibilidade de emprego seria um fator de engajamento |
| | 10 | Seleo da situao (Entrar no seu grupo favorito, conversar com seus bons amigos/professor), Modificao da situao (troca os tpicos, quando conversa conversa com amigos e professores), modificao cognitiva recomendar histria de encorajamento, comunicao de estudante-estudante, comunicao com professor), desenvolvimento da ateno (ver uma animao, escutar uma msica) |
| 37 | Outros estudantes tentam dar feedback positivo. Um algoritmo verifica se o feedback relevante e livre de cyber bullying. Posteriormente, o estudante que recebeu o feedback avalia o feedback dado. Essa avaliao usado para classificar a confiana dos alunos para estimar interaes futuras. | |

Table 21 continued from previous page

| Tipo | Id | Regulagem |
|---------|----|--|
| Textual | 21 | Recomenda o usuário fazer algo (Frustração: sugere que o estudante comunique com o professor, caso seja criticado por eles), (Frustração e ansiedade: diga alguma coisa que o estudante fez o seu melhor e não se culpe, caso seja julgado pelos professores), (Frustração: diga a experiência a me da sabedoria e que faça melhor trabalho da próxima vez, caso o professor grite com ele) |
| | 9 | O sistema dá um tempo para o estudante responder de acordo com a sua emoção; O sistema dá um exemplo caso o estudante esteja em um nível abaixo, Se o estudante estiver em um nível acima, o sistema fornece material mais avançado, Se o estudante estiver estressado, o sistema toca uma música para acalmar, Se o estudante estiver com tédio, um áudio apresentado, O sistema repete o material até o estudante conseguir chegar ao nível esperado |

RECURSOS DIGITAIS - PRÉ-TESTE

A seguir são apresentados o pré-teste e o pós-teste do experimento para a escolha de recursos digitais para os diferentes traços de personalidade.

Teste de Álgebra – Pré-teste

Nome: _____ Série: _____

1. (Nível: Fácil) Encontre o x:

$$x = \frac{8}{10} * 25$$

2. (Nível: Fácil) Encontre o x:

$$x = 20 - ((4 * 1) + 2 + 3)$$

3. (Nível: Fácil) Encontre o x:

$$x = 8 + (6 * 4^2 + 7)$$

4. (Nível: Médio) Encontre o x:

$$x = \frac{2 * 100}{24} + 20 * 0$$

5. (Nível: Médio) Encontre o x:

$$x = 522 * 720 - 17 * 8$$

6. (Nível: Médio) Encontre o x:

$$9 + \frac{5x}{2} = 4$$

7. (Nível: Médio) Encontre o x:

$$14x + 20 + 26x - 12 = 15x - 42 - 5x + 8$$

8. (Nível: Avançado) Encontre o x:

$$\frac{2x - 1}{6} = \frac{x + 1}{6}$$

9. (Nível: Avançado) Encontre o x:

$$2 * (2x + 7) + 3 * (3x - 5) = 3 * (4x + 5) - 1$$

10. (Nível: Avançado) Encontre o x:

$$-10 * (8x + 2) - 7 = 2 * (-10x - 8) + 20$$

11. (Nível: Avançado) Encontre o x:

$$-2 * (2x + 1) - 3 * (x - 5) = 8$$

12. (Nível: Avançado) Encontre o x:

$$-\frac{2x}{7} = 40 + 6x$$

13. (Nível: Avançado) Encontre o x:

$$2ab - 3x + 30 * 2 = 2ab$$

14. (Nível: Expert) Encontre o x:

$$2x - [3 - x - (1 - 5x)] = 6$$

15. (Nível: Expert) Encontre o x:

$$x - \{2 - [x - (4 - x)]\} = 3$$

16. (Nível: Expert) Encontre o x:

$$x = \frac{3 * (-4 - x)}{2} + \frac{4 * (2 - x)}{2}$$

17. (Nível: Expert) Encontre o x:

$$-\frac{2x}{5} = 3 * (x - 1)$$

18. (Nível: Expert) Encontre o x:

$$11x - 3x - 8 = 5(x - 2) + 3x$$

19. (Nível: Expert) Encontre o x:

$$\frac{200}{x} = \frac{240}{x + 20}$$

20. (Nível: Expert) Encontre o x:

$$\frac{9x + 7}{2} = -36$$

Teste de Álgebra – Pós-teste

Nome: _____ Série: _____

1. (Nível: Fácil) Encontre o x:

$$x = \frac{4}{5} * 10$$

2. (Nível: Fácil) Encontre o x:

$$x = 50 - ((3 * 2) + 1)$$

3. (Nível: Fácil) Encontre o x:

$$x = 2 + (6 * 2^2 + 10)$$

4. (Nível: Médio) Encontre o x:

$$x = \frac{2 * 50}{2} + 0 * 10$$

5. (Nível: Médio) Encontre o x:

$$x = 64 * 82 - 16 * 8$$

6. (Nível: Médio) Encontre o x:

$$4 + \frac{5x}{2} = 40$$

7. (Nível: Médio) Encontre o x:

$$10x + 5 + 30x - 15 = 15x - 50 - 6x + 8$$

8. (Nível: Avançado) Encontre o x:

$$\frac{15x - 1}{3} - 10 = \frac{5x + 1}{2}$$

9. (Nível: Avançado) Encontre o x:

$$4 * (4x + 14) + 5 * (3x - 3) = 5 * (4x + 3) - 4$$

10. (Nível: Avançado) Encontre o x:

$$-1 * (2x + 2) - 3 = 2 * (-5x - 2) + 10$$

11. (Nível: Avançado) Encontre o x:

$$-4 * (3x - 5) - 6 * (x + 5) = 10$$

12. (Nível: Avançado) Encontre o x:

$$-\frac{2x}{5} = 20 + 4x$$

13. (Nível: Avançado) Encontre o x:

$$5ab - 7x + 35 * 2 = 5ab$$

14. (Nível: Expert) Encontre o x:

$$20x - [4 - 10x - (1 - 5x)] = 15$$

15. (Nível: Expert) Encontre o x:

$$3x - \{4 - [5x - (4 - x)]\} = 10$$

16. (Nível: Expert) Encontre o x:

$$x = \frac{5 * (-5 - 2x)}{3} + \frac{8 * (2 - 2x)}{3}$$

17. (Nível: Expert) Encontre o x:

$$10 * (x - 2) = \frac{3 * (x - 2)}{6}$$

18. (Nível: Expert) Encontre o x:

$$15x - 14x - 2 = 5(x - 4) + 3x$$

19. (Nível: Expert) Encontre o x:

$$\frac{100}{2x} = \frac{140}{x + 10}$$

20. (Nível: Expert) Encontre o x:

$$\frac{3x + 7}{2} = -18$$

DIAGRAMA DE CLASSES PACOTES ACTION, SERVICE, REPOSITORY E DAO

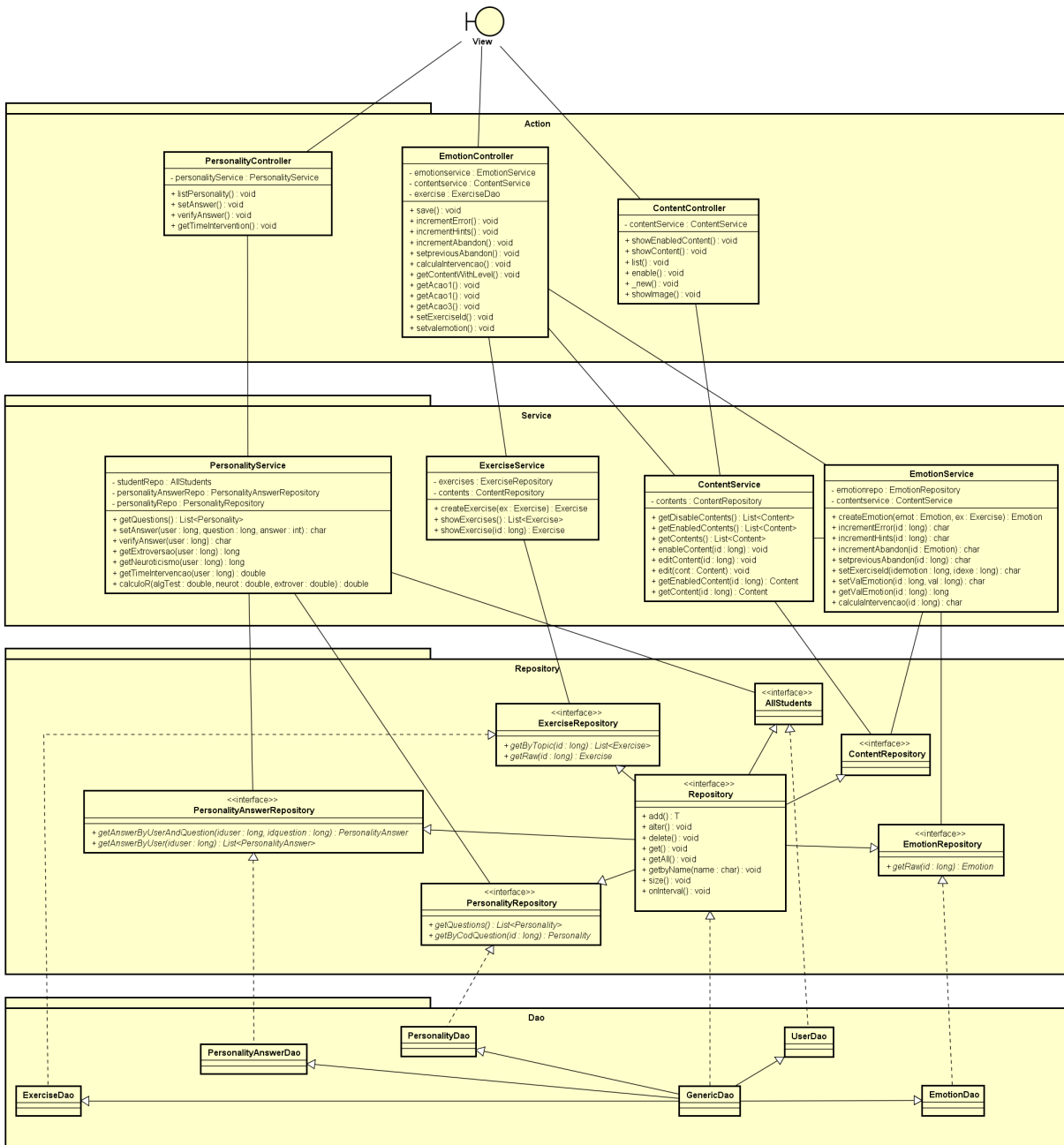


Figura 37 – Diagrama de classes do módulo

DIAGRAMA DE CLASSES PACOTE ENTIDADES

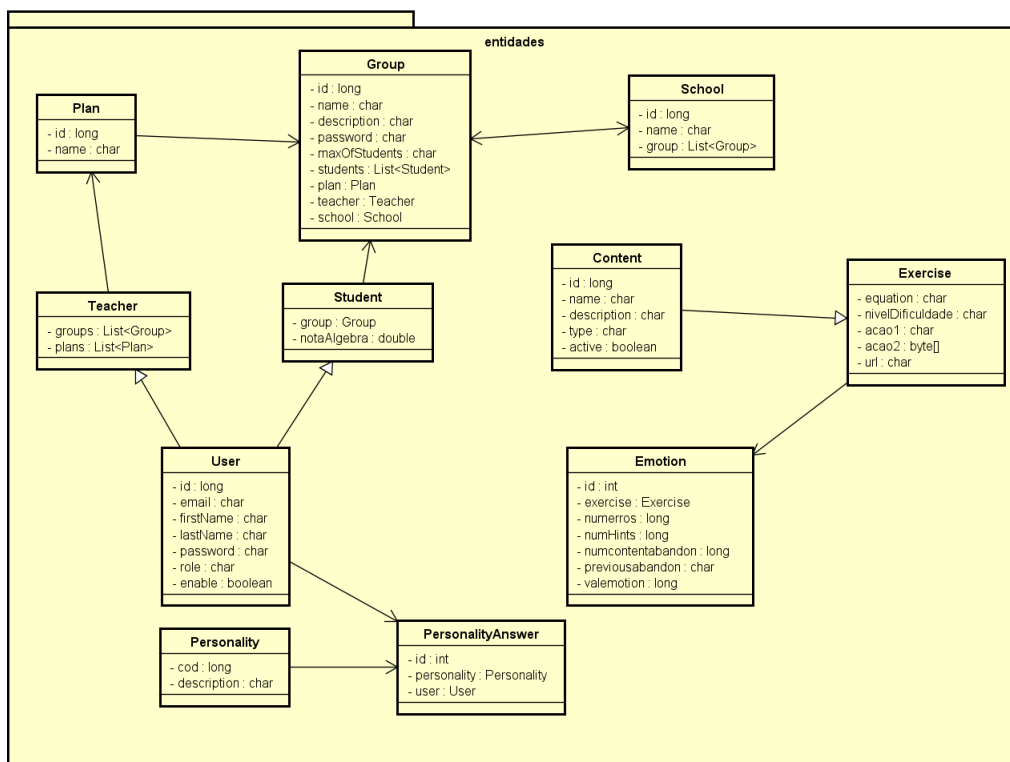


Figura 38 – Diagrama de classes das entidades do módulo

ANEXO

A

QUESTIONÁRIO TRAÇO DE PERSONALIDADE

Questionário de Personalidade

INSTRUÇÕES. A seguir encontram-se algumas características (afirmações) que podem ou não lhe dizer respeito. Por favor, escolha um dos números na escala abaixo que melhor expresse sua opinião em relação a você mesmo e anote no espaço ao lado de cada afirmação. Vales ressaltar que não existem respostas certas ou erradas. Utilize a seguinte escala de resposta:

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------|
| Discordo totalmente | Discordo | Nem concordo nem discordo | Concordo | Concordo Totalmente |

Eu me vejo como alguém que....

01. ___ É conversador, comunicativo.
02. ___ É minucioso, detalhista no trabalho, no que faz.
03. ___ Insiste até concluir a tarefa ou o trabalho.
04. ___ Gosta de cooperar com os outros.
05. ___ É original, tem sempre novas idéias.
06. ___ É temperamental, muda de humor facilmente.
07. ___ É inventivo, criativo.
08. ___ É prestativo e ajuda os outros.
09. ___ É amável, tem consideração pelos outros.
10. ___ Faz as coisas com eficiência.
11. ___ É sociável, extrovertido.
12. ___ É cheio de energia.
13. ___ É um trabalhador de confiança.
14. ___ Tem uma imaginação fértil.
15. ___ Fica tenso com frequência.
16. ___ Fica nervoso facilmente.
17. ___ Gera muito entusiasmo.
18. ___ Gosta de refletir, brincar com as idéias.
19. ___ Tem capacidade de perdoar, perdoa fácil.
20. ___ Preocupa-se muito com tudo.

