



*Design de Sistema Tangível para Ensino de
Matemática Básica: explorando conceitos de
emoções e enação*

Júlio Alberto Vansan Gonçalves

Julho / 2021

Dissertação de Mestrado em Ciência da
Computação

Design de Sistema Tangível para Ensino de Matemática Básica: explorando conceitos de emoções e enação

Esse documento corresponde à dissertação apresentada à Banca Examinadora no curso de Mestrado em Ciência da Computação da UNIFACCAMP – Centro Universitário Campo Limpo Paulista.

Campo Limpo Paulista, 08 de julho de 2021.

Júlio Alberto Vansan Gonçalves

Prof. Dr. Rodrigo Bonacin (Orientador)

O presente trabalho foi realizado com apoio da
Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível
Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca Central da Unifaccamp

G626d

Gonçalves, Júlio Alberto Vansan

Design de sistema tangível para ensino de matemática básica: explorando conceitos de emoções e enação / Júlio Alberto Vansan Gonçalves. Campo Limpo Paulista, SP: Unifaccamp, 2021.

Orientador: Profº. Dr. Rodrigo Bonacin

Dissertação (Programa de Mestrado Profissional em Ciência da Computação) – Centro Universitário Campo Limpo Paulista – Unifaccamp.

1. Interfaces tangíveis. 2. Interfaces enativas. 3. Aprendizado de matemática. 4. Interfaces adaptativas. 5. Emoções. I. Bonacin, Rodrigo. II. Centro Universitário Campo Limpo Paulista. III. Título.

CDD-005.43

Dedico este trabalho à minha esposa Catia e à minha filha Sofia, que, apesar das horas subtraídas de convivência, sempre me apoiaram e me incentivaram.

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus: “Pois todas as coisas vêm dele, existem por meio dele e são para ele. A ele seja toda a glória para sempre! Amém.” Romanos 11:36

Agradecimento especial ao meu orientador Prof. Dr. Rodrigo Bonacin por ter acreditado em minha pesquisa e em minhas competências acadêmicas, e por toda sua orientação, dedicação e profissionalismo. Sem sua inestimável parceria este trabalho não teria sido possível.

A todo corpo docente do mestrado em Ciência da Computação UNIFACCAMP por toda sua dedicação ao ensino, em especial ao Prof. Dr. Osvaldo Oliveira, coordenador do programa de mestrado.

Aos meus colegas de mestrado da UNIFACCAMP pela amizade e parceria no decorrer do curso

Agradeço à minha esposa Catia, sempre ao meu lado, incentivando. “Disse mais o Senhor Deus: Não é bom que o homem esteja só; far-lhe-ei uma auxiliadora que lhe seja idônea.” Gênesis 2:18; “Uma esposa exemplar; feliz quem a encontrar! É muito mais valiosa que os rubis. Seu marido tem plena confiança nela e nunca lhe falta coisa alguma. Ela só lhe faz o bem, e nunca o mal, todos os dias da sua vida.” Provérbios 31:10-12

Agradeço à minha filha Sofia pelo incentivo e diversos testes realizados no projeto. “Os filhos são herança do Senhor, uma recompensa que ele dá.” Salmos 127:3

Agradeço ao meu pai Israel e minha mãe Sueli que me apoiaram e me incentivaram de diversas formas a sempre continuar estudando, vocês são um exemplo de vida para mim. “Ensine seus filhos no caminho certo, e, mesmo quando envelhecerem, não se desviarão dele.” Provérbios 22:6

“O coração do sábio adquire o conhecimento,
e o ouvido dos sábios busca a ciência.”
Provérbios 18:15

“Como é feliz o homem que acha a sabedoria,
o homem que obtém entendimento, pois a
sabedoria é mais proveitosa do que a prata e
rende mais do que o ouro. É mais preciosa do
que rubis; nada do que você possa desejar se
compara a ela.” Provérbios 3:13-15

Resumo

A evolução da tecnologia forneceu mecanismos capazes de capturar expressões emocionais de imagens, bem como dispositivos de computação tangíveis e portáteis de baixo custo. No entanto, o projeto de soluções integradas que aplicam essas tecnologias em domínios práticos, como a educação, permanece um tópico de pesquisa aberto para a área de Interação Humano-Computador. A emoção é um aspecto fundamental da cognição e aprendizagem humanas. Ela pode ter grande influência no processo de aprendizagem da matemática na infância. Interfaces tangíveis e lúdicas podem ser usadas para apoiar os professores no desenvolvimento de atividades com foco em aumentar a motivação dos alunos, bem como melhorar os resultados de aprendizado. Neste trabalho, explora-se os conceitos de emoção e enação na concepção do sistema EMFK (*Emotion Math For Kids*), que visa apoiar professores no processo de aprendizagem de habilidades matemáticas básicas. O sistema EMFK permite o desenvolvimento de atividades de aprendizagem com objetos físicos lúdicos, bem como é capaz de adaptar sua interface e nível de dificuldade de acordo com as expressões emocionais dos alunos. Esta dissertação apresenta a concepção e desenvolvimento de componentes de *software* e *hardware* do EMFK. Um estudo online com sete professoras, uma entrevista com uma professora e uma coordenadora pedagógica após utilizarem o sistema, bem como a aplicação de testes com uma criança foram realizados com o objetivo de avaliar a viabilidade do sistema proposto. Tais avaliações indicam pontos fortes e deficiências do EMFK, bem como elencam funcionalidades para serem consideradas em versões futuras.

Palavras-chave: Interfaces Tangíveis, Interfaces Enativas, Aprendizado de Matemática, Interfaces Adaptativas, Emoções.

Abstract:

Technological evolution has provided mechanisms for capturing emotional expressions of images, as well as low-cost portable and tangible computing devices. However, the design of integrated solutions that apply these technologies in practical domains, such as education, remains an open research topic for Human-Computer Interaction field. Emotion is a key aspect of human cognition and learning. It may have great influence on math learning process in childhood. Tangible and playful interfaces can be used to support teachers to increase students' motivation and learning outcome. In this work, we explore the concepts of emotion and enaction in the design of the EMFK (Emotion Math For Kids) prototype, which focuses on supporting teachers in the basic math skills learning process. The EMFK prototype allows the development of learning activities with playful physical objects, as well as it is able to adapt its interface and difficulty level according to students' emotional expressions. This master dissertation presents both the design and development of EMFK' software and hardware components. An online user study with seven teachers, an interview with a teacher and a pedagogical coordinator after the use of the system, as well as the application of tests with a child were carried out in order to evaluate the feasibility of the proposed system. Such studies indicate EMFK's strengths and weaknesses, as well as it elicits features to be considered in the next versions.

Keywords: *Tangible Interfaces, Enactive Interfaces, Mathematics Learning, Adaptative Interfaces, Emotions*

Sumário

1.	Introdução.....	1
1.1.	Contexto e Motivação.....	1
1.2	Problemática e Justificativa	4
1.3.	Objetivos, Contribuições e Métodos.....	6
1.4.	Estrutura da Dissertação	8
2.	Referencial Teórico e Metodológico	10
2.1.	Sistemas Enativos e Reconhecimento de Emoções aplicadas à aprendizagem.....	10
2.2.	Ferramentas para Detecção de Expressões Emocionais	11
2.3.	Tecnologia no Ensino de Matemática Básica	16
2.4	Tecnologias para Construção de Sistemas Tangíveis e Embarcados	17
2.4.1	<i>Hardware</i> para Soluções Tangíveis e Embarcadas	17
2.4.2	<i>Software</i> para Soluções Tangíveis e Embarcadas.....	20
3.	Revisão da Literatura e Trabalhos Relacionados	21
3.1.	Tecnologias Tangíveis para o Ensino da Matemática	21
3.2.	Sistemas Enativos para o Ensino da Matemática.....	22
4.	<i>Design</i> do Sistema <i>Emotion Math For Kids</i>	27
4.1.	Método de <i>Design</i> e Concepção Inicial do EMFK	27
4.2.	O Projeto de <i>Hardware</i> e <i>Software</i> do Sistema EMFK	29
4.3.	Implementação do Sistema EMFK.....	36
4.3.1	Detalhamento do <i>Hardware</i> do EMFK	36
4.3.2	Detalhamento do <i>Software</i> do EMFK	41
4.3.3	Algoritmo de Decisão para Reconfiguração do Sistema	47
4.3.4	Aspectos de computação tangível e lúdica	51

4.3.5 Interfaces Gráficas da Aplicação de Ensino	52
4.3.6 Aplicação para Acompanhamento dos Resultados	60
5. Avaliação do Sistema	65
5.1. Avaliação Inicial Online	65
5.1.1. Resultados da Avaliação inicial com Professores.....	66
5.2. Avaliação presencial com professora e coordenadora pedagógica.....	71
5.2.1. Resultados da Avaliação presencial com professora e coordenadora pedagógica	71
5.3. Avaliação presencial com uma criança.....	73
5.3.1. Resultados da Avaliação com uma criança.....	73
6. Discussão	75
6.1. Discussão sobre os Resultados	75
6.2. Principais Limitações.....	76
7. Conclusão	77
7.1. Contribuições da Pesquisa	77
7.2. Trabalhos Futuros	78
7.3. Considerações Finais	79
Referências	80
Apêndice A – TCLE para pais.....	86
Apêndice B – TCLE para professores	91
Apêndice C – Formulário de pesquisa com professores.....	96
Apêndice D – Código do sistema principal em Python.....	102
Apêndice E – Códigos do sistema auxiliar em PHP.....	124
Apêndice F – Questionário satisfação criança.....	129
Anexo 1 – Parecer Consubstanciado do CEP.....	130

Anexo 2 – Artigo publicado no HCI International 2021	133
Anexo 3 – Registro do software EMFK	134

Glossário

API	Interface de Programação de Aplicativo
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
EAD	Educação à distância
EMFK	<i>Emotion Math For Kids</i>
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
Inep	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
IoT	<i>Internet of Things</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
MEC	Ministério da Educação
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
RA	Realidade Aumentada
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
Saeb	Sistema de Avaliação da Educação Básica
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
SS	<i>Slave Select</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação

Lista de Tabelas

Tabela 1.1: Médias, Intervalos de confiança e Percentis das Proficiências dos países selecionados, Matemática – Pisa 2018	3
Tabela 1.2: Médias e Medidas de Erro-Padrão por edição dos países selecionados, Matemática – Pisa 2018	4
Tabela 3.1: Comparativo entre os trabalhos relacionados	26

Lista de Quadros

Quadro 4.1: <i>Thread</i> de leitura dos botões.....	42
Quadro 4.2: Ação do botão e interfaces.....	43
Quadro 4.3: Leitura do cartão RFID.....	44
Quadro 4.4: Enviando imagem e recebendo dados da emoção	46
Quadro 4.5: Parâmetros de ajuste do sistema em relação aos valores recebidos pela Face API.....	48
Quadro 4.6: Ajuste do nível de dificuldade conforme ajuste da emoção	49
Quadro 4.7 Alteração de cores e mensagens conforme ajuste da emoção	49

Lista de Figuras

Figura 2.1: Pontos padrão de referência facial.	13
Figura 2.2: Screenshot da imagem de exemplo no site do serviço Face da Microsoft	14
Figura 2.3: Screenshot do retorno JSON da API da Microsoft	15
Figura 2.5: Raspberry Pi	18
Figura 2.6: Raspberry Pi OS	19
Figura 2.7: Cartão e leitor RFID	19
Figura 4.1: Idealização da proposta	29
Figura 4.2: Esquema de <i>hardware</i> em alto nível com os componentes	30
Figura 4.3: Esquema elétrico	31
Figura 4.4: Diagrama simplificado da arquitetura de <i>software</i>	32
Figura 4.5: Diagrama de casos de uso para o Sistema EMFK.....	33
Figura 4.6: Diagrama de estados da aplicação de ensino do sistema EMFK	35
Figura 4.7: Diagrama de estados da aplicação complementar do sistema EMFK.....	36
Figura 4.8: EMFK Finalizado.....	37
Figura 4.9: Visão interna ampla do EMFK	38
Figura 4.10: Ligações do Raspberry com os demais componentes	38
Figura 4.11: Ligação botões	39
Figura 4.12: Circuito com os módulos	40
Figura 4.13: Placa do circuito sem os módulos	40
Figura 4.14: Visão inferior do circuito	41
Figura 4.15: Interface gráfica	44
Figura 4.16: Interface exibindo os resultados e conceitos de gamificação.....	50
Figura 4.17: Cartões RFID apresentados de forma lúdica.....	51

Figura 4.18: Interface Inicial do Sistema.....	52
Figura 4.19: Interface de confirmação para desligar o sistema	53
Figura 4.20: Interface escolha da série e dificuldade das operações	53
Figura 4.21: Interface de escolha das operações	54
Figura 4.22: Interface de identificação do jogador	54
Figura 4.23: Interface para resolução de operações matemáticas.....	55
Figura 4.24: Interface caso a resposta esteja incorreta	56
Figura 4.25: Interface com a repetição da operação com valores trocados	56
Figura 4.26: Interface caso a resposta esteja correta	57
Figura 4.27: Interface mudando as cores - laranja.....	57
Figura 4.28: Interface mudando as cores – amarelo claro	58
Figura 4.29: Interface com mudança das mensagens	58
Figura 4.30: Interface do resultado final de um ciclo	59
Figura 4.31: Interface para a escolha de outro jogador.....	59
Figura 4.32: Interface do novo jogador voltando com o ajuste padrão	60
Figura 4.33: Interface inicial do sistema complementar.....	61
Figura 4.34: Interface com os detalhes do momento da captura da imagem.....	62
Figura 4.35: Interface com os detalhes de erro de captura de imagem.....	63
Figura 4.36: Interface com a visualização de vários momentos do mesmo ciclo	64

1. Introdução

A evolução da tecnologia tornou possível o uso de mecanismos computacionais que exploram expressões emocionais do usuário, bem como o uso de computação tangível de baixo custo. Entretanto, o *design* de soluções integradas que fazem uso dessas tecnologias na prática ainda é um tema em aberto para a pesquisa em Interação-Humano Computador. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema baseado em conceitos de enação (VARELA, THOMPSON, and ROSCH 2016) e (Kaipainen et al. 2011), para auxiliar o aprendizado de matemática para crianças de maneira lúdica.

Neste projeto foi criado um sistema de solução tangível para auxiliar o ensino de matemática, onde por meio de um pequeno dispositivo computacional projetado nesta dissertação, utilizando *Raspberry pi*¹ e sistemas RFID (*Radio-Frequency Identification*), são propostos exercícios sobre operações básicas de matemática. As respostas da criança se dão por meio de cartões e objetos tangíveis, e o sistema é capaz de se adaptar às expressões emocionais das crianças.

Neste processo serão feitas capturas de imagens das crianças, e a partir dessas serão analisadas expressões emocionais. Isso é utilizado para reconfiguração do sistema, tais como ajustes no nível de dificuldade dos exercícios de operações matemáticas e mudanças nas interfaces. Sendo assim, teremos um sistema com capacidade de reconfiguração, o que é desejável de acordo com o conceito de enação (VARELA, THOMPSON, and ROSCH 2016). Espera-se que isso ajude manter o interesse da criança pelas atividades de aprendizado.

1.1. Contexto e Motivação

O domínio de aplicação deste trabalho é a construção de soluções tecnológicas de aprendizagem de conceitos básicos de matemática. Segundo o Ministério da Educação (MEC), na média, alunos do ensino médio têm nível insuficiente em português e matemática (MEC 2019a). O Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB)² é um

¹ <https://www.raspberrypi.org/>

² <http://portal.inep.gov.br/educacao-basica/saeb>

sistema em larga escala que realiza avaliações periodicamente pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). O SAEB oferece subsídios para a elaboração, o monitoramento e o aprimoramento de políticas com base em evidências. Dados do SAEB 2019³ mostram que o ensino fundamental avançou em relação aos dados de 2017 e 2015, entretanto a maioria dos alunos do 9º ano do ensino fundamental ainda estão no patamar insuficiente de desempenho.

Em matemática, os alunos do 5º ano do ensino fundamental evoluíram 3,9 pontos em relação aos dados de 2017 chegando a 227,9 pontos e 5 pontos em relação a 2015, o que corresponde ao nível de conhecimento básico. Nesse contexto, é necessária a pesquisa por alternativas para melhoria da qualidade de ensino de matemática, tais como as que fazem uso de tecnologias avançadas.

Outro teste aplicado em vários países é o PISA⁴ (*Programme for International Student Assessment*), o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes. O PISA (MEC 2019b) é um estudo comparativo internacional realizado a cada três anos pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). O INEP é o órgão responsável pelo planejamento e a operacionalização da avaliação no país, o que envolve representar o Brasil perante a OCDE.

Os estudos no Brasil que utilizam o PISA têm aumentado nos últimos anos (Daniel Morin Ocampo , Eliziane da Silva Dávila 2017), incluindo artigos que mostram correspondência entre os índices PISA e SAEB (Klein 2019).

O documento PISA 2018 *Assessment and Analytical Framework* (OCDE, 2019) apresenta definições e descrições mais detalhadas dos domínios avaliados no PISA 2018: letramento em leitura, letramento científico e o letramento em matemática: “Letramento matemático é a capacidade de formular, empregar e interpretar a matemática em uma série de contextos, o que inclui raciocinar matematicamente e utilizar conceitos, procedimentos, fatos e ferramentas matemáticos para descrever, explicar e prever fenômenos. Isso ajuda os indivíduos a reconhecer o papel que a matemática desempenha no mundo e faz com que cidadãos construtivos, engajados e

³<https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/saeb/resultados>

⁴ <https://www.oecd.org/pisa/>

reflexivos possam fazer julgamentos bem fundamentados e tomar as decisões necessárias.” (MEC 2019b)

Como pode ser visto na Tabela 1.1, nosso país está em um nível muito abaixo nesses índices em relação aos países desenvolvidos. Tais resultados motivam, do ponto de vista do domínio, a busca por novas soluções tecnológicas que visam apoiar os professores no ensino de conceitos de matemática.

Tabela 1.1: Médias, Intervalos de confiança e Percentis das Proficiências dos países selecionados, Matemática – Pisa 2018

País	RANKING ¹	MÉDIA	EP ²	IC ³	INTERDECIL ⁴
Coreia	5-9	526	3,1	520-532	393-651
Canadá	10-16	512	2,4	507-517	392-629
Finlândia	12-18	507	2,0	503-511	399-612
Portugal	23-31	492	2,7	487-498	362-614
Média OCDE	-	489	0,4	489-490	370-605
Espanha	32-37	481	1,5	479-484	365-593
Estados Unidos	32-39	478	3,2	472-485	357-598
Uruguai	54-60	418	2,6	413-423	307-529
Chile	55-60	417	2,4	413-422	311-528
México	60-63	409	2,5	404-414	311-510
Costa Rica	61-66	402	3,3	396-409	308-499
Peru	62-67	400	2,6	395-405	293-511
Colômbia	66-70	391	3,0	385-397	290-499
Brasil	69-72	384	2,0	380-388	277-501
Argentina	70-73	379	2,8	374-385	272-489
Panamá	76-77	353	2,7	348-358	255-454
República Dominicana	78-78	325	2,6	320-330	236-417

Notas: 1. Ranking: intervalo no ranking considerando todos os países/economias participantes.

2. EP: estimativa de erro-padrão da média.

3. IC: intervalo de confiança da média.

4. Intervalo interdecil: intervalo em que o limite inferior é o percentil 10, e o superior, o percentil 90.

Fonte: O Autor (Adaptado de INEP, com base em OCDE, 2018)

Na Tabela 1.2 temos as médias entre países selecionados desde as edições de 2003, onde podemos observar a variação a cada edição. Acredita-se que o estímulo precoce de interesse pela matemática, e o uso de novas tecnologias podem apoiar a busca por melhores indicadores.

Tabela 1.2: Médias e Medidas de Erro-Padrão por edição dos países selecionados, Matemática – Pisa 2018

País	2003			2006			2009			2012			2015			2018	
	Média	EP ¹	EP ²	Média	EP ¹												
Coreia	542	3,2	4,3	547	3,8	5,0	546	4,0	5,3	554	4,6	5,7	524	3,7	4,4	526	3,1
Canadá	532	1,8	3,3	527	2,0	3,8	527	1,6	3,9	518	1,8	3,8	516	2,3	3,3	512	2,4
Finlândia	544	1,9	3,4	548	2,3	3,9	541	2,2	4,2	519	1,9	3,8	511	2,3	3,3	507	2,0
Portugal	466	3,4	4,4	466	3,1	4,4	487	2,9	4,6	487	3,8	5,1	492	2,5	3,4	492	2,7
Espanha	485	2,4	3,7	480	2,3	3,9	483	2,1	4,1	484	1,9	3,8	486	2,2	3,2	481	1,5
Estados Unidos	483	2,9	4,0	474	4,0	5,1	487	3,6	5,0	481	3,6	4,9	470	3,2	4,0	478	3,2
Uruguai	422	3,3	4,3	427	2,6	4,1	427	2,6	4,4	409	2,8	4,4	418	2,5	3,4	418	2,6
Chile	-	-	-	411	4,6	5,6	421	3,1	4,7	423	3,1	4,6	423	2,5	3,4	417	2,4
México	385	3,6	4,6	406	2,9	4,3	419	1,8	4,0	413	1,4	3,6	408	2,2	3,2	409	2,5
Costa Rica	-	-	-	-	-	-	409	3,0	4,6	407	3,0	4,5	400	2,5	3,4	402	3,3
Peru	-	-	-	-	-	-	365	4,0	5,3	368	3,7	5,0	387	2,7	3,6	400	2,6
Colômbia	-	-	-	370	3,8	5,0	381	3,2	4,8	376	2,9	4,4	390	2,3	3,3	391	3,0
Brasil	356	4,8	5,6	370	2,9	4,3	386	2,4	4,3	389	1,9	3,8	377	2,9	3,7	384	2,0
Argentina	-	-	-	381	6,2	7,0	388	4,1	5,4	388	3,5	4,8	-	-	-	379	2,8
Panamá	-	-	-	-	-	-	360	5,2	6,3	-	-	-	-	-	-	353	2,7
República Dominicana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	328	2,7	3,6	325	2,6

Notas: 1. EP1: estimativa de erro-padrão da média na edição avaliada.

2. EP2: estimativa de erro-padrão da média considerando os [linking errors](#) do PISA 2018.

3. Para manter a comparabilidade entre os ciclos, foram incluídos os resultados das escolas rurais do PISA 2012.

Fonte: O Autor (Adaptado de Inep, com base em OCDE, 2018)

1.2 Problemática e Justificativa

O Aprendizado lúdico é uma das melhores maneiras para estimular a fixação de conceitos (Santos, 2011), pois em forma de brincadeira o cérebro pode aprender mais. Com novas tecnologias pode-se detectar expressões emocionais, e dessa maneira ter *feedback* para tornar o aprendizado mais prazeroso e divertido. Ainda, ao utilizar a

computação tangível novos artefatos podem ser construídos para deixar a interação mais interessante para a criança, quando comparamos ao uso de *mouse* e teclado.

O *design* de sistemas que se ajustem ao avaliar o estado emocional dos usuários esbarra em vários empecilhos técnicos, como por exemplo: posição da câmera, qualidade da câmera, poder computacional (se esta análise for realizada localmente) e velocidade de internet (se a análise for realizada *online*). Tais dificuldades são ainda maiores quando são considerados aspectos como custo e robustez dos equipamentos para serem utilizados por crianças em escolas brasileiras.

Do lado do usuário, tem-se o receio constante de invasões de privacidade, ou de proteção de privacidade, já que estas imagens têm que ser armazenadas por um tempo, e muitos usuários não têm a certeza absoluta de que serão apagadas posteriormente. Do ponto de vista da ética em pesquisa, os termos de uso destes sistemas precisam ser claros quanto à proteção das imagens e o não uso destas imagens por terceiros. No contexto desta dissertação, trata-se o assunto no anexo I, tendo o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido conforme Apêndice A para os pais e Apêndice B para os professores, sido apresentados ao Comitê de Ética em Pesquisa da UNIFACCAMP sob CAAE (Certificado de Apresentação de Apreciação Ética) número: 16228619.2.0000.5397 aprovados com o número do parecer consubstanciado: 3.918.815

Com o advento da Internet e a popularização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), surgem novas formas de acesso à educação, a chamada educação à distância (EAD) (Porciúncula, Oliveira, and Cruz 2011). Desta maneira, é possível difundir o conhecimento de forma mais ampla, entretanto a percepção da expressão emocional dos alunos pelos professores é prejudicada. Em uma aula presencial os professores conseguem perceber quando olha para seus alunos, mas no EaD este *feedback* é limitado. Assim, sistemas capazes de trabalhar com emoções se tornam desejáveis. Outro aspecto importante, que é o principal foco desta dissertação, diz respeito aos sistemas se ajustarem em relação à resposta de emoção.

Existem diversos trabalhos realizados no ensino da matemática para crianças, cujo foco estão em jogos (Hartono et al. 2017), bem como estudos sobre gamificação em aulas de matemática (Cunha, Barraqui, and De Freitas 2019). Também existem estudos usando componentes físicos, tais como bolas e outros artefatos (Ueno 2017).

Esses estudos reforçam a importância de termos componentes físicos e não apenas digitais (Nagaraju and Jain 2016).

Vários trabalhos encontrados na literatura (*cf.* Capítulo 3) estão relacionados ao uso de artefatos computacionais tangíveis na educação de crianças, bem como estudos sobre sistemas enativos em aprendizagem. Entretanto, o *design* de soluções integradas que exploram aspectos tangíveis, gamificação (computação lúdica) e principalmente adaptação automática do sistema às expressões emocionais dos estudantes ainda permanecem como uma questão aberta de pesquisa. Por esse motivo, a presente dissertação é um trabalho diferenciado no que se refere aos aspectos tecnológicos de *design*, bem como o domínio de aplicação (ensino da matemática). O principal desafio é o *design* de soluções ainda inexploradas nesse contexto, que faz uso de tecnologias ainda não utilizadas de maneira conjunta. Como benefício prático, esperamos que o sistema traga *feedback* adequado e soluções lúdicas para que os alunos se interessem mais pelo estudo da matemática.

1.3. Objetivos, Contribuições e Métodos

A seguinte questão de pesquisa norteia este trabalho: “Como realizar o *design* e qual o impacto de um sistema tangível que considera aspectos ligados às emoções para o auxílio do aprendizado lúdico da matemática?” Assim, o principal objetivo deste trabalho é propor o *design*, desenvolver e avaliar um sistema (de *software* e *hardware*) tangível lúdico para apoiar as crianças na aprendizagem de conceitos e competências básicas de matemática, sistema esse baseado nos conceitos de emoções e enação. Portanto, ele foi projetado para mudar a estratégia de aprendizagem e suas interfaces de usuário com base na expressão emocional das crianças durante a execução de atividades.

A hipótese é que o *design* proposto auxilie os professores a melhorar a motivação dos alunos, para que tenham mais interesse no aprendizado da matemática e sendo o aprendizado divertido, manterá a atenção das crianças por mais tempo.

Para atingir tal objetivo foram utilizadas as seguintes tecnologias e métodos:

- Serviços de reconhecimento e interpretações de expressão de emoções com base em imagens.
- Tecnologias tangíveis de baixo custo tais como RFID.

- Tecnologias móveis com processadores de baixo custo.
- Métodos para adaptação de interfaces.
- Métodos para adaptar atividades de aprendizagem.
- Tecnologias de interfaces e objetos tangíveis lúdicos.
- Métodos avaliativos e atividades com professores e alunos para verificar a adequação do sistema.

Espera-se que os resultados desse trabalho contribuam para a área de ciência da computação, em especial para a IHC (Interação Humano-Computador) no entendimento sobre o *design* da interação de crianças com as tecnologias tangíveis que considerem expressões emocionais. Essa investigação contribui para o avanço do conhecimento de como funciona um sistema tangível interativo considerando aspectos relacionados às expressões emocionais na aprendizagem lúdica de conceitos e habilidades básicas de matemática. São apresentados detalhes do projeto, protótipo, desenvolvimento, avaliação de um dispositivo computacional especialmente construído para este fim, bem como a análise dos resultados por meio de uma aplicação auxiliar. Este estudo descreve e discute, com professores e cenários com crianças usando essa tecnologia.

Neste trabalho, atividades baseadas em jogos sobre operações matemáticas básicas foram criadas usando práticas educacionais para crianças. Com o sistema EMFK (*Emotion Math For Kids*) desenvolvido nesta pesquisa, os alunos executam um conjunto de exercícios matemáticos, que são selecionados de acordo com o perfil informado, a pontuação dos alunos e o *feedback* emocional. As respostas dos alunos são dadas por meio de cartões e objetos lúdicos contendo sensores RFID.

Espera-se ainda que esta dissertação contribua para a área da educação, ao disponibilizar mecanismos para que os profissionais desenvolvam situações lúdicas para o aprendizado. Embora o foco principal seja a matemática, o sistema pode ser adaptado para outros domínios. O EMFK pode ser replicado e dessa maneira contribuir em longo prazo para lidar com problemas educacionais, tais como os baixos índices de desempenho das crianças nas escolas públicas.

Esta dissertação também apresenta a avaliação do EMFK em um estudo inicial *online* com professoras que trabalham com crianças de 5 a 8 anos. Esse estudo analisou situações de uso prospectivo e a percepção de sete professoras em seu primeiro contato

com o sistema. As participantes indicam o potencial uso do EMFK para crianças de segunda e terceira séries e avaliam sua facilidade de uso. Posteriormente foi realizado estudo com uma coordenadora pedagógica e uma professora de matemática, em que elas puderam usar e avaliar o sistema. O EMFK também foi utilizado por uma criança para verificar a usabilidade e eventuais dificuldades.

1.4. Estrutura da Dissertação

O restante desta dissertação está organizado da seguinte maneira:

- **O capítulo 2** aborda o referencial teórico e metodológico que fundamenta este trabalho, incluindo conceitos de sistemas nativos, conceitos ligados à ferramenta de detecção de expressões faciais e os dispositivos e tecnologias associadas que são utilizados nesta dissertação.
- **O capítulo 3** tem como objetivo apresentar trabalhos anteriores relacionados à linha de pesquisa proposta para a presente dissertação.
- **O capítulo 4** descreve em detalhes da solução para o problema inicial levantado, incluindo *design* e características do sistema produzido.
- **O capítulo 5** detalha avaliação inicial realizada com professoras do ensino fundamental, detalha também a avaliação com uma coordenadora pedagógica e professora de matemática e o uso (teste) por uma criança.
- **O capítulo 6** apresenta discussões sobre os resultados obtidos e limitações.
- **O capítulo 7** apresenta a contribuições, trabalhos futuros e considerações finais.
- **Apêndice A** – contém o TCLE para pais.
- **Apêndice B** – contém o TCLE para professores.
- **Apêndice C** – contém o formulário de pesquisa com professores.
- **Apêndice D** – contém o código Python do sistema.
- **Apêndice E** – contém o código PHP do sistema complementar para avaliação dos resultados.
- **Apêndice F** – contém o Questionário de satisfação da criança.

- **Anexo 1** – Parecer Consubstanciado do CEP (Comitê de Ética em Pesquisa).
- **Anexo 2** – Artigo publicado na *23RD International Conference On Human-Computer Interaction - HCI International 2021* - 24-29 de julho de 2021
- **Anexo 3** – Registro do software EMFK

2. Referencial Teórico e Metodológico

Este capítulo aborda o referencial teórico e metodológico que fundamenta este trabalho. Primeiramente, a seção 2.1 descreve o conceito de sistemas enativos, que serve de inspiração e base teórica para o desenvolvimento deste trabalho. A seção 2.2 detalha conceitos ligados às ferramentas para detecção de expressões emocionais, com foco principal na tecnologia da Microsoft para reconhecimento facial, que foi adotada neste trabalho. Já a seção 2.3 apresenta conceitos e histórico sobre o uso de tecnologias para o ensino de matemática. Por fim, a seção 2.4 descreve os dispositivos e tecnologias utilizadas nesta dissertação.

2.1. Sistemas Enativos e Reconhecimento de Emoções aplicadas à aprendizagem

Sistemas enativos (*Enactive Systems*) podem ser definidos como sistemas computacionais que ligam dinamicamente processos do homem e tecnologia (Review 2019). Eles possuem ciclos de *feedback* usando sensores e análise de dados, permitindo uma interação de maneira fluída entre humanos e computadores, ou seja, devem ser capazes de detectar aspectos humanos, tais como emoções e reagir em relação a estas emoções (Kaipainen et al. 2011). Essa tecnologia pode, por exemplo, promover avanços na aprendizagem com o uso de técnicas lúdicas.

Existem várias áreas de aplicações inovadoras de sistemas enativos, como vídeos musicais generativos e aplicativos de saúde adaptáveis aos estados fisiológicos (Tikka 2010). Também é possível explorar essa tecnologia em cenários educacionais como pode ser observado em alguns trabalhos existentes na literatura, *e.g.* (Caceffo et al. 2019; Valente et al. 2020; Mendoza and Baranauskas 2019).

A emoção é um elemento fundamental dos processos humanos, bem como desempenha um papel fundamental nos sistemas enativos. Esta pesquisa enfatiza os aspectos emocionais e como um sistema computacional pode considerá-los para apoiar os processos de ensino. Processos cognitivos básicos como atenção e memória estão ligados à capacidade neurológica do sujeito no processo de aprendizagem, assim como o ensino e a aprendizagem estão ligados a fatores emocionais e afetivos (Ciconi, Oliveira, and Kottel 2016). Na verdade, a emoção impacta a cognição dos alunos, afetando vários processos, como memória, atenção e criatividade (Jarvela 2011). Estudos têm

demonstrado que as emoções têm impacto substancial em vários aspectos da aprendizagem, tais como: realização, motivação, interesse, objetivos e metacognição (Jarvela 2011).

As emoções podem levar a impactos positivos e negativos na aprendizagem (Pekrun and Linnenbrink-Garcia 2014). Estudos mostram que a indução de humor positivo em crianças pode melhorar sua eficácia em medidas clássicas de inteligência, como na tarefa de *design* de blocos (Jarvela 2011). Enquanto as emoções negativas (por exemplo, medo, raiva, nojo, tédio, tristeza) podem estar associadas a um desempenho inferior e ao abandono da atividade. Em particular, os estudos existentes destacam a importância das emoções no ensino da matemática e seus impactos na solução de problemas matemáticos (McLeod 1989), apontando a necessidade de lidar com as emoções e a motivação nas salas de aula (Schukajlow, Rakoczy, and Pekrun 2017).

Este trabalho assume a relevância das emoções na cognição humana, e a necessidade de ferramentas tecnológicas interativas modernas para apoiar os aspectos emocionais na aprendizagem da matemática. Para tal, propomos uma solução lúdica tangível.

2.2. Ferramentas para Detecção de Expressões Emocionais

Um *software* de reconhecimento facial é um sistema que identifica uma pessoa ou sua expressão por meio de imagem ou vídeo. Essa tecnologia já existe há décadas, mas recentemente seu uso se tornou mais perceptível e acessível, pois agora ela está presente em soluções em aplicativos pessoais de fotos e autenticação de dispositivos móveis (Azimi 2018).

O reconhecimento de rosto é um problema muito comum na área de visão computacional. No entanto, a maturidade da tecnologia de reconhecimento facial ainda demanda muito progresso, uma vez que seu desempenho depende de vários fatores variáveis, como iluminação facial, expressão e pose (Young and Rhee 2008).

O estudo e reconhecimento de um rosto ou de uma expressão facial pode ser dividido em 2 etapas: detectar a imagem de um rosto e depois classificar (Yang et al. 2019).

Atualmente existem alguns serviços na web disponíveis para se realizar a detecção de rostos, pessoas e expressões faciais, entre eles o Amazon Rekognition⁵, Mobile Vision⁶ do Google e a API Microsoft Face⁷ na plataforma Azure.

O Amazon Rekognition faz a análise em imagens e vídeos, sendo possível identificar objetos, pessoas, textos e outras opções. Ele pode ser usado para a verificação de usuários, contagem de pessoas e na área da segurança pública.

O Mobile Vision faz parte do *Machine learning for mobile developers*⁸ para desenvolvedores do Google e é otimizado para dispositivos móveis. Por meio dele é possível realizar a leitura de *QR Code*, ler textos das imagens e detectar rostos, e é possível detectar o ângulo dos rostos e classificar se a boca e olhos estão abertos ou fechados

O Microsoft Face na plataforma Azure faz uma detecção facial de atributos em uma imagem ou pode pesquisar e comparar um indivíduo em seu repositório privado. Ele é capaz de fazer o reconhecimento e agrupamento de rostos semelhantes em imagens, e também faz o reconhecimento de expressões emocionais. Segundo a documentação oficial da Microsoft⁹, por padrão há 27 pontos de referência facial predefinidos, conforme pode ser observado na Figura 2.1.

A partir destes pontos é possível extrair algumas informações de um rosto em uma imagem: idade estimada, desfoque, expressão emocional, cabelo facial ou barba, gênero masculino ou feminino, óculos entre outros.

⁵ <https://aws.amazon.com/pt/rekognition/>

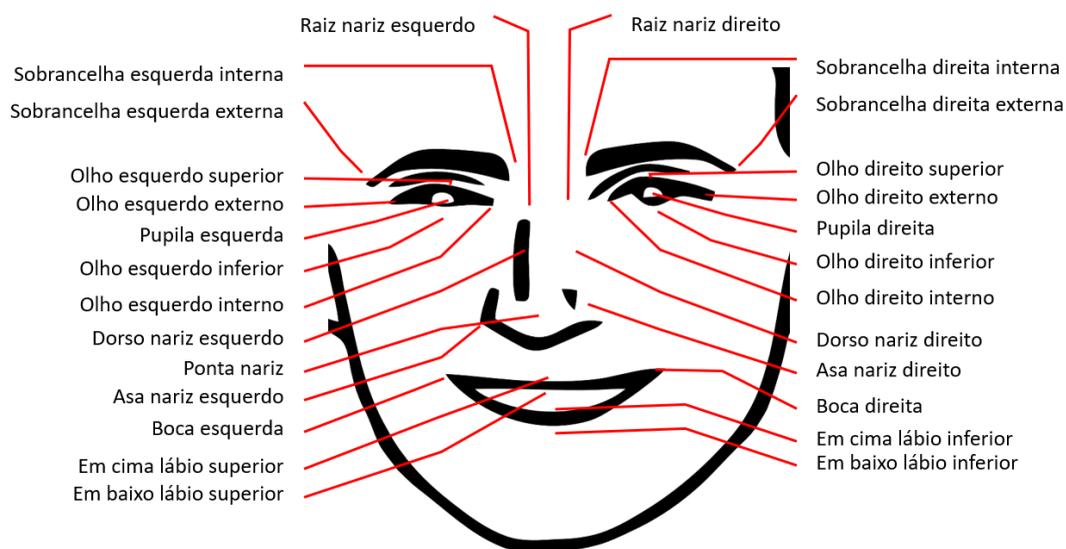
⁶ <https://developers.google.com/vision>

⁷ <https://azure.microsoft.com/pt-br/services/cognitive-services/face/#overview>

⁸ <https://developers.google.com/ml-kit>

⁹ <https://docs.microsoft.com/pt-br/azure/cognitive-services/face/concepts/face-detection>

Figura 2.1: Pontos padrão de referência facial.



Fonte: O Autor (adaptado de Microsoft)

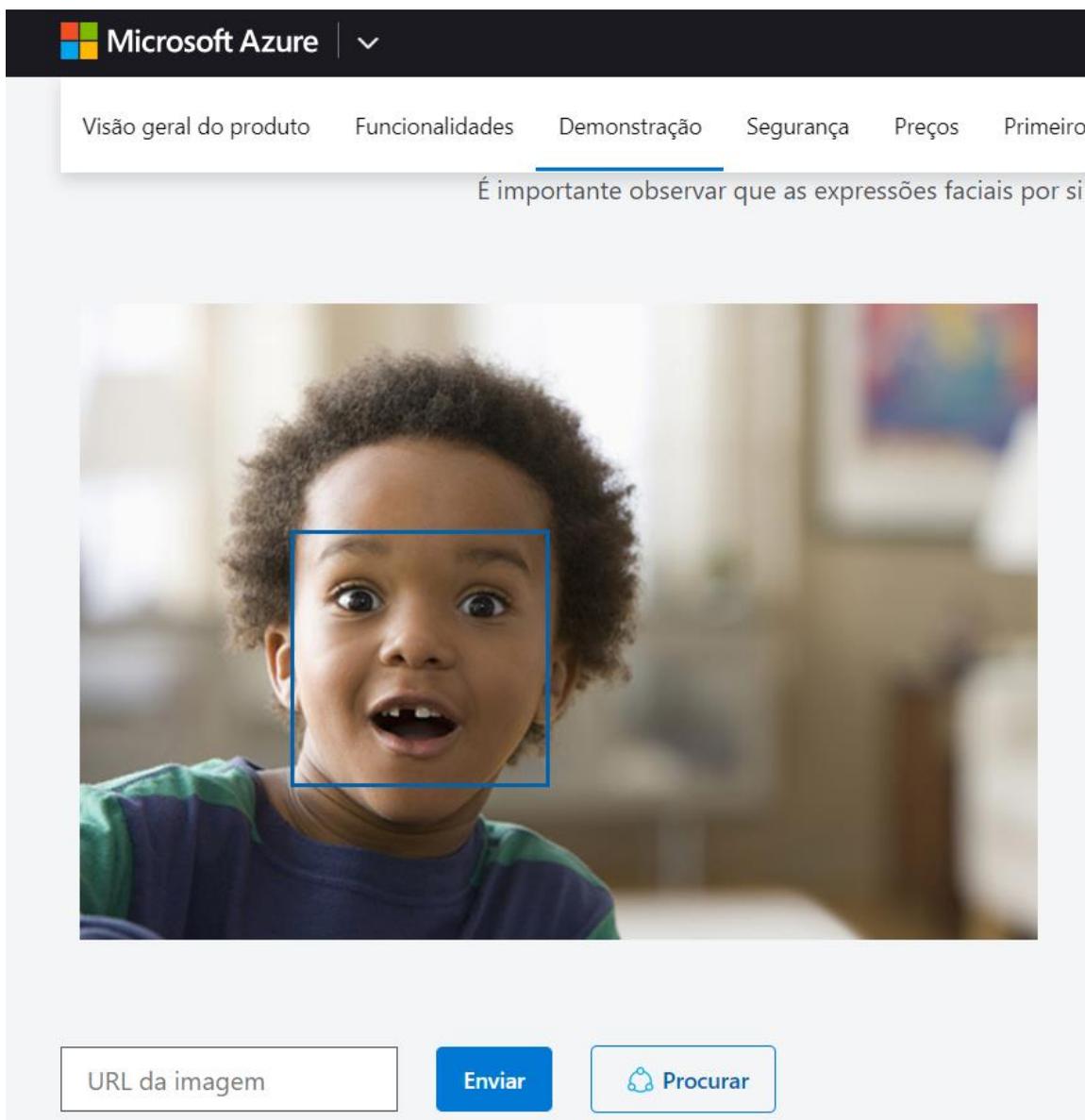
Foi utilizada a API da Microsoft na plataforma Azure¹⁰, e em cada envio há um conjunto de emoções para cada expressão na imagem, como raiva, desprezo, repulsa, medo, felicidade, indiferença, tristeza e surpresa. A imagem mostrada na Figura 2.2 apresenta um exemplo extraído do próprio site da API¹¹.

No serviço utilizado neste trabalho, há a opção de detectar rostos em uma imagem. Nas características dos atributos faciais disponíveis foram utilizadas apenas as emoções e para complementar idade e gênero.

¹⁰ <https://azure.microsoft.com/pt-br/services/cognitive-services/face/>

¹¹ <https://azure.microsoft.com/pt-br/services/cognitive-services/face/#demo>

Figura 2.2: Screenshot da imagem de exemplo no site do serviço Face da Microsoft



Fonte: Microsoft <https://azure.microsoft.com/pt-br/services/cognitive-services/face/>

Como pode ser observado na Figura 2.3, a API¹² produz um retorno em JSON¹³ para cada imagem enviada. Sendo possível usar apenas os itens relevantes ao projeto.

¹² <https://azure.microsoft.com/pt-br/services/cognitive-services/face/#demo>

¹³ <https://www.json.org/json-pt.html>

Figura 2.3: Screenshot do retorno JSON da API da Microsoft

```
Resultado da detecção:
1 faces detectadas

JSON:
[
  {
    "faceRectangle": {
      "top": 105,
      "left": 97,
      "width": 129,
      "height": 129
    },
    "faceAttributes": {
      "emotion": {
        "anger": 0.0,
        "contempt": 0.0,
        "disgust": 0.0,
        "fear": 0.0,
        "happiness": 0.093,
        "neutral": 0.0,
        "sadness": 0.0,
        "surprise": 0.907
      }
    }
  }
]
```



Fonte: Microsoft <https://azure.microsoft.com/pt-br/services/cognitive-services/face/>

No item *faceRectangle* temos o retângulo onde está o rosto a ser analisado, e no item *faceAttributes* e *emotion* temos o índice de emoção em percentual, onde a soma será sempre 100% ou 1.0. Na Figura 2.3 o item *surprise* tem o valor de 0.907 ou seja isso representa que a API considera a imagem como 90,7% relacionada à surpresa.

Usando a API Face Microsoft, ao se enviar uma imagem, receberemos uma *string* em JSON e assim podemos separar os dados de forma organizada. Como exemplo em uma aplicação Python usando a função “*CF.face.detect*” um arquivo é enviado junto com os parâmetros indicando o que deverá ser analisado na imagem, como idade, gênero

e emoção. Os atributos solicitados e a separação dos dados de retorno são processados por meio da função `“json.dumps`. Pode-se solicitar também outros parâmetros bem como armazenar em variáveis para uso posterior que pode ser observado no Apêndice D.

2.3. Tecnologia no Ensino de Matemática Básica

Conforme destacado anteriormente (seção 1.2), existem trabalhos realizados no ensino da matemática para crianças com o foco em atividades lúdicas, tais como jogos (Hartono et al. 2017) e estudos sobre a gamificação para construção de jogos para as aulas de matemática (Cunha, Barraqui, and De Freitas 2019)

Existem estudos usando componentes físicos como bolas de feltros (Ueno 2017) que reforçam a importância de termos componentes físicos, e não apenas digitais. Existem estudos sobre a criação de vídeos animados e interativos para auxiliar os professores durante as aulas (Nagaraju and Jain 2016).

Muitos estudos estão relacionados a como criar jogos para auxiliar no aprendizado da matemática (Lewis Presser, Vahey, and Zanchi 2013) e apresentam evidências de como a tecnologia pode apoiar as salas de aula de educação infantil (Yip and Hiniker 2019).

Outros estudos focam no uso da computação tangível no ensino da matemática para crianças em fase pré-escolar. Tais como Khandelwal e Mazalek (2007), que criaram um sistema de tecnologia de rastreamento de objetos sem fio com um *display* gráfico, dando *feedback* visual e som. Principal objetivo é empregar os recursos interativos do sistema de uma forma informativa e divertida para a criança. Ao mesmo tempo, esse sistema promove a compreensão de conceitos matemáticos e envolve a criança, fornecendo *feedback* de voz amigável e dicas, juntamente com *feedback* visual na superfície de uma mesa. Desta maneira, a criança responde colocando os objetos marcados na forma de blocos numerados, formas geométricas, etc. em locais apropriados da mesa.

2.4 Tecnologias para Construção de Sistemas Tangíveis e Embarcados

Esta seção foca em detalhar a tecnologia empregada neste trabalho, incluindo dispositivos, protocolos e linguagens de programação.

2.4.1 *Hardware* para Soluções Tangíveis e Embarcadas

Em 2012 foi lançado na Inglaterra um pequeno computador de baixíssimo custo chamado de Raspberry Pi. Ele foi projetado para ser uma ferramenta de inclusão digital, pois usa diversos *softwares* livres e gratuitos, o que permite que as pessoas possam ter contato com conceitos de computação e aprendam lógica de programação ou outros conteúdos educacionais (Yamanoor and Yamanoor 2017).

Existem vários modelos vendidos atualmente, entre eles o Raspberry Pi 2 Model B que faz parte da segunda geração¹⁴ e foi lançado fevereiro de 2015. Esse modelo tem um processador A 900MHz quad-core ARM Cortex-A7 CPU, 1GB de memória RAM e para comunicação apenas uma porta de rede 100 Base Ethernet. Já o Raspberry Pi 3 Model B faz parte da terceira geração¹⁵, foi lançado em fevereiro de 2016 e tem um processador Quad Core 1.2GHz Broadcom BCM2837 64bit CPU, 1GB de memória RAM e para comunicação além da porta de rede Base 100, e possui conexão através do *chip* BCM43438 *wireless* LAN e Bluetooth Low Energy (BLE) on board. O Raspberry Pi 3 Model B+ que é a última revisão da terceira geração¹⁶ possui um processador Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz, 1GB LPDDR2 de memória SDRAM, porta de rede Base Gigabit Ethernet, possui 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac *wireless* LAN, Bluetooth 4.2, BLE.

Já o modelo Raspberry Pi 4 Model B, que é a geração mais atual¹⁷, possui um processador Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz e 3 opções de memória, sendo 2GB, 4GB ou 8GB LPDDR4-3200 SDRAM, mantendo as conexões da versão anterior e como saída de vídeo 2 portas micro-HDMI. Esses modelos permanecerão em produção pelo menos até 2026, o que possibilita usá-los em projetos atuais.

¹⁴ <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>

¹⁵ <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>

¹⁶ <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>

¹⁷ <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>

O Raspberry Pi permite um fácil acesso ao seu sistema de entradas e saídas, possibilitando assim a ligação de circuitos eletrônicos, podendo também ser usado para pequenos e grandes projetos de IoT (*Internet of Things*).

A Figura 2.5 apresenta uma imagem de um Raspberry Pi 3 modelo B utilizado neste trabalho. O sistema de entradas e saídas do Raspberry Pi, pode ser chamado de GPIO, e podem receber dados de um sensor digital, por exemplo para a leitura de RFID e botões de pressão. Todos os modelos descritos acima têm o mesmo padrão de pinos de GPIO, o que garante que em caso de necessidade de troca do Raspberry Pi, esses modelos funcionarão da mesma maneira, como uma atualização do Raspberry Pi 3 modelo B para o Raspberry Pi 4 Model B.

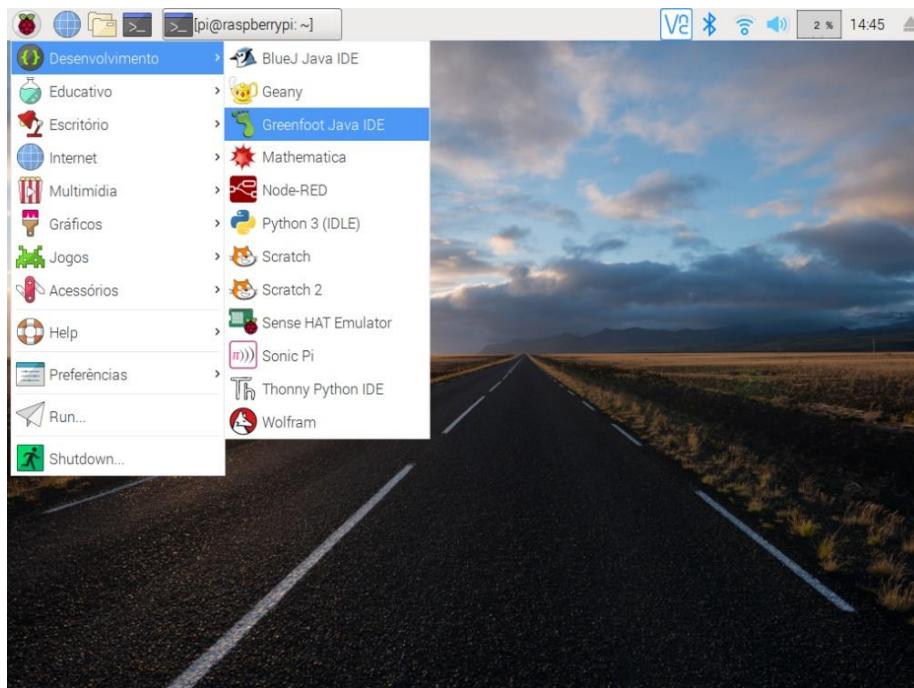
Figura 2.5: Raspberry Pi



Fonte: O Autor

Vários sistemas operacionais são compatíveis com o Raspberry Pi, tais como o Raspberry Pi OS, que antigamente foi chamado de Raspbian. Esse sistema é baseado na distribuição Debian Linux. O Raspberry Pi OS é o sistema operacional oficial e possui suporte da fundação Raspberry Pi Foundation. A Figura 2.6 apresenta a tela inicial do sistema operacional, acessando os menus com os programas já instalados, com destaque às várias ferramentas e IDE's de desenvolvimento.

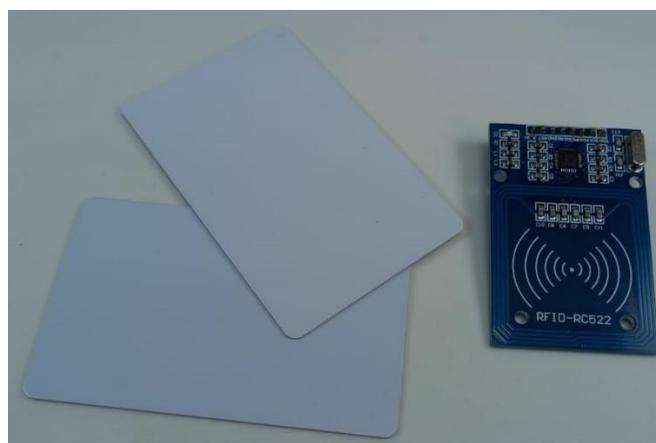
Figura 2.6: Raspberry Pi OS



Fonte: O Autor

RFID é outra tecnologia amplamente utilizada em soluções tangíveis. RFID é uma abreviação para Identificação por Rádio Frequência. É uma tecnologia de comunicação de curto alcance e pode ler uma etiqueta ou cartão ao se aproximar de um sensor (Mihal'ov and Hulič 2018). Para o desenvolvimento do projeto foram utilizadas etiquetas passivas que estão armazenadas dentro de cartões de plástico do tamanho de um cartão de crédito, conforme mostra a Figura 2.7, os Sensores RFID que serão utilizados para a leitura dos cartões.

Figura 2.7: Cartão e leitor RFID



Fonte: O Autor

2.4.2 *Software* para Soluções Tangíveis e Embarcadas

Python é uma linguagem de programação de alto nível e interpretada. É uma linguagem muito utilizada para sistemas embarcados. Foi criada em 1991 por Guido van Rossum e apresenta um modelo de desenvolvimento aberto e gerenciado pela Python Software Foundation¹⁸, que é uma organização sem fins lucrativos. Usa uma estrutura sintática bastante simples e minimalista, desta maneira seu aprendizado se torna mais fácil.

Além de uma boa linguagem de programação, soluções tangíveis também fazem uso de APIs, uma abreviação para Interface de Programação de Aplicativos. Elas são partes de uma programação que permite que 2 componentes diferentes de *software* interajam entre si; essa interação acontece no ambiente de *back-end* e de forma automatizada, sem a necessidade do usuário solicitar algo (Isha, Sharma, and Revathi 2018).

Os protocolos de comunicação também são elementos importantes quando consideramos as tecnologias de *software* para soluções tangíveis e embarcadas. O primeiro a ser destacado é o FTP (*File Transfer Protocol*, ou, traduzido para o português, significa Protocolo de Transferência de Arquivos) (Shengrong Mao 2016). É um protocolo de comunicação na internet usado para a transferência de arquivos usando a arquitetura cliente/servidor¹⁹.

Já o JSON²⁰ é a sigla para *JavaScript Object Notation*, ou traduzindo, Notação de Objetos JavaScript. Este é um formato de troca de dados leves e é baseado na linguagem de programação JavaScript, conforme pode ser visto na Figura 2.3.

Além disso, é importante termos soluções de bancos de dados leves e passíveis de serem executadas em sistemas embarcados. O SQLite²¹ é uma biblioteca de código aberto para implementar um banco de dados leve, baseado na linguagem SQL. As tecnologias de *software* supracitadas foram adotadas neste trabalho.

¹⁸ <https://www.python.org/>

¹⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/File_Transfer_Protocol

²⁰ <https://www.json.org/json-pt.html>

²¹ <https://www.sqlite.org/index.html>

3. Revisão da Literatura e Trabalhos Relacionados

Este capítulo apresenta um estudo exploratório da literatura sobre trabalhos relacionados à esta pesquisa. Vários trabalhos encontrados estão relacionados à área da robótica ou multimídia, aplicados à educação, mas nenhum relacionado ao uso da emoção e computação tangível; então foi realizada uma pesquisa exploratória na Seção 3.1 com foco em tecnologias tangíveis para o ensino da matemática e na Seção 3.2 com foco em sistemas enativos para o ensino da matemática.

3.1. Tecnologias Tangíveis para o Ensino da Matemática

Interfaces tangíveis podem ser usadas para melhorar a solução de problemas e auxiliar no ensino e processo de aprendizagem. Schneider et al. (2011), por exemplo, destacaram o papel que a tangibilidade desempenha nas tarefas de resolução de problemas, comparando os alunos usando interfaces multitoque e tangíveis. Segundo os autores, as tarefas foram realizadas de forma mais eficaz por aqueles que utilizaram interfaces tangíveis, obtendo-se um maior ganho no resultado da aprendizagem em relação ao multitoque. O estudo mostrou que interfaces tangíveis podem ser usadas para promover habilidades construtivas, melhorando os aspectos de exploração, colaboração e ludicidade.

Vários estudos enfatizaram o potencial do uso de artefatos tangíveis no ensino da matemática. De acordo com Ueno (Ueno 2017), é difícil para os alunos aprenderem conceitos matemáticos abstratos usando apenas números e símbolos. O estudo mostra possibilidades de melhorar o processo de aprendizagem com o uso de objetos tangíveis (bola de feltro), o que dá aos alunos intuição matemática. Outros estudos reforçam a relevância de se ter componentes físicos e digitais (Nagaraju and Jain 2016), nos quais vídeos animados e interativos auxiliam os professores a promover o interesse das crianças durante as aulas.

Bujak et al. (2013) investigaram as possibilidades de uso de objetos físicos e informações virtuais nas aulas de matemática. Eles apresentaram uma estrutura para entender como a aprendizagem com o uso de Realidade Aumentada (RA) ocorre em matemática a partir de três perspectivas: a dimensão física, onde a manipulação física

permite interações naturais, encorajando assim a criação de representações corporificadas; a dimensão cognitiva, onde o alinhamento espaço-temporal da informação por meio de experiências de RA pode apoiar a compreensão do aluno de conceitos abstratos; e a dimensão contextual, onde a RA cria possibilidades de aprendizagem colaborativa em torno de conteúdos virtuais.

Existem vários outros estudos enfatizando o uso de tecnologia tangível na educação infantil. González-González, Guzmán-Franco e Infante-Moro (2019) apresentaram uma revisão sistemática sobre o uso dessa tecnologia na educação de crianças de até seis anos. Alguns dos estudos revisados enfocam o uso de computação tangível no ensino de matemática na infância, como a utilização de *tablets* de manejo compartilhado (Reeves, Gunter, and Lacey 2017), bem como o uso de *tablets* para auxiliar o desenvolvimento da escrita (Patchan and Puranik 2016) e o uso de aplicativos em *tablets* para um nivelamento e melhora do desempenho em matemática (Schacter et al. 2016).

Khandelwal and Mazalek (2007) criaram um sistema de rastreamento de objetos sem fio integrado com um *display* gráfico, fornecendo *feedback* visual e sonoro. O objetivo era promover uma melhor compreensão dos conceitos matemáticos e aumentar o interesse da criança pela matemática, fornecendo *feedback* e dicas amigáveis, juntamente com *feedback* visual na superfície da mesa. Conforme alinhado com a dissertação aqui desenvolvida, a criança executa atividades colocando sobre uma mesa os objetos marcados na forma de blocos numerados, formas geométricas etc.

Embora os estudos existentes, conforme apresentados nesta seção, façam uso de tecnologia tangível para a aprendizagem de matemática para crianças, o estudo apresentado nesta dissertação difere ao considerar os aspectos emocionais na aprendizagem de matemática infantil, em um artefato digital originalmente projetado para esse fim.

3.2. Sistemas Enativos para o Ensino da Matemática

A tecnologia enativa pode trazer novas perspectivas para o uso da tecnologia na educação. Por exemplo, Caceffo et al. (2019) propõem um ambiente educacional para crianças por volta dos 5 anos. Tal ambiente é apoiado por robôs educacionais

programados para realizar um conjunto de ações que imitam as expressões emocionais humanas. O sistema foi projetado para moldar o comportamento dos robôs de acordo com o *feedback* emocional e respostas das crianças em sessões iterativas, envolvendo assim um ciclo completo, onde o robô impacta as crianças e é afetado por suas experiências. Já Valente et al. (2020) apresentam um trabalho onde crianças do jardim de infância podem interagir entre elas e com o robô em um contexto educacional construtivista.

Assim como robôs, a tecnologia tangível pode ser usada para promover cenários educacionais enativos. Mendoza e Baranauskas (2019) desenvolveram um ambiente de exposição de museu em que uma mesa de superfície tangível é transformada em interfaces enativas, tornando a informação digital diretamente manipulável na tela da mesa. O foco desse estudo era explorar o conceito de tempo profundo de diferentes eras geológicas (Arqueano, Proterozóico, Paleozóico, Mesozóico e Cenozóico).

Apresentamos nesta seção estudos por meio da compreensão de uma revisão exploratória da literatura sobre sistemas enativos (e emoções) para a aprendizagem da matemática. Esta revisão exploratória foi complementada por artigos analisados por Gonçalves et al. (2021). Os autores apresentam uma extensa revisão sistemática sobre sistemas sociais e enativos de contextos educacionais, ou seja, um escopo mais abrangente. Ao todo 104 estudos foram selecionados e analisados, sendo que 9 trabalhos fazem menção explícita à educação de matemática. Desses, 4 trabalhos já faziam parte da revisão exploratória (Casano et al. 2016; Arroyo et al. 2017; Trninic and Abrahamson 2013; Khoo 2016) e 3 trabalhos não estão relacionados com o foco desta dissertação e embora citem matemática, os assuntos principais são: desenvolver pensamento computacional pela criação de jogos, desenvolver pensamento espacial e explorar mecanismos de aprendizagem ubíqua e situada. Ao todo foi considerado um conjunto de 8 trabalhos relacionados, sendo: 2 exclusivamente da revisão exploratória, 4 aparecem em ambas revisões e 2 exclusivamente da revisão sistemática (Gonçalves et al. 2021). Os próximos parágrafos analisam estes trabalhos em face ao foco desta dissertação.

Khoo (2016) apresentou um estudo para identificar como ocorre a enação nas crianças ao visualizar e representar habilidades usando aplicativos durante a aprendizagem de adição e subtração. O estudo envolveu quatro alunos de 5 anos em

atividades lúdicas e mostrou que a tecnologia digital auxiliou os participantes a realizar tarefas autônomas de construção de seus próprios significados.

Embodiment, algumas vezes traduzido como incorporação ou personificação, é um conceito chave dos sistemas enativos. Arroyo et al. (2017) apresentaram um estudo sobre jogos matemáticos educacionais que trabalham com o conceito de *embodiment*. Eles propuseram o uso de SmartPhones e SmartWatches em atividades baseadas em equipes de matemática que requerem envolvimento físico com o ambiente. Foram analisados os resultados cognitivos e afetivos de treze estudantes de 9 a 10 anos. Os alunos estavam envolvidos na criação de jogos (por si próprios) para outros alunos. Segundo os autores, isso resultou no desenvolvimento do pensamento computacional e na aquisição de atitudes e percepções mais positivas da matemática.

Casano et al. (2016) apresentaram a concepção e implementação da cognição incorporada (*embodied cognition*) em sistemas de ensino de matemática. Os alunos usaram dispositivos vestíveis de pulso, pelos quais receberam pistas para ajudá-los na tarefa de encontrar objetos geométricos ocultos. Um estudo com sete participantes do 4º ao 6º ano apontou questões de usabilidade. Os professores em seu estudo apontam a natureza colaborativa das atividades e pareciam abertos à ideia de adotar um reforço baseado em jogos em suas aulas de matemática.

Trninic e Abrahamson (2013) investigaram a constituição/emergência mediada de noções de matemática a partir de atividades instrucionais de interação corporificada (*embodied interaction*). Um estudo com vinte e dois alunos de uma escola particular de ensino fundamental e médio indicou a importância dos movimentos e interações com objetos físicos para a educação de matemática. Alinhado a isso, King e Smith (2018) demonstraram avanços de tecnologias controladas pelo movimento corporal, como as relacionadas à realidade mista. Os autores argumentam que essas tecnologias avançadas possibilitaram novas possibilidades para o aprendizado da matemática, como incorporar (*embody*) um conceito matemático enquanto um *feedback* visual é fornecido. Além disso, Price e Duffy (2018) abordaram a tecnologia baseada em sensores para o envolvimento sensorio-motor na aprendizagem matemática. O objetivo foi analisar e compreender como as crianças usam seus corpos para aprender conceitos geométricos.

Flood, Harrer & Abrahamson (2016) apresentaram a análise de uma sequência produtiva de interação entre uma criança e um professor enquanto eles usavam um ambiente de aprendizagem incorporada para o ensino de matemática básica. Ambos faziam uso de um objeto matemático compartilhado em um processo interativo recíproco onde um chamava a atenção do outro por meio de movimentos. Ao analisar o mesmo sistema, Abrahamson (2016) destaca que a teoria da dinâmica ecológica é relevante para o estudo e a prática da educação de matemática, e com a incorporação, os alunos constroem novas “âncoras” e em seguida identificam (por meio da interação multimodal) e apropriam-se de conceitos introduzidos pelos professores.

Os estudos apresentados revelam a relevância de considerar artefatos físicos no *design* de soluções interativas para apoiar as crianças no aprendizado de habilidades matemáticas básicas. Para efeito de comparação, foram incluídos apenas os trabalhos relacionados com o processo de ensino, presentes na revisão sistemática citada e na revisão exploratória. Este trabalho, conforme pode ser observado na Tabela 3.1, considera o uso de objetos físicos/tangíveis, o que permite atividades baseadas na incorporação. Aliado a isso, esta solução considera aspectos relacionados às expressões emocionais dos alunos, incluindo mudanças no estado interno do sistema computacional de acordo com essas expressões. O sistema funciona como um “*kit*” de apoio aos professores, permitindo o desenvolvimento de cenários educacionais mais ricos ao explorar de maneira integrada computação tangível, gamificação e detecção de expressões emocionais em direção a um dispositivo educacional enativo.

Tabela 3.1: Comparativo entre os trabalhos relacionados

Referência	Computação Tangível	Enação	Emoção	Gamificação ou Jogos
Arroyo et al. 2017	x	x		x
Bujak et al. (2013)	x			
Caceffo et al. 2019	x	x	x	
Casano et al. 2016	x			x
Cunha, Barraqui, and De Freitas 2019				x
Flood, Harrer & Abrahamson 2016	x			
Hartono et al. 2017				x
Khandelwal e Mazalek (2007)	x			
Khoo 2016		x		
Mendoza and Baranauskas 2019	x	x		
Patchan and Puranik 2016				x
Price e Duffy 2018	x			
Schacter et al. 2016	x			x
Trninic and Abrahamson 2013	x			
Ueno 2017	x			
Valente et al. (2020)	x	x		x
<i>Este trabalho</i>	x	x	x	x

Fonte: O Autor

4. Design do Sistema *Emotion Math For Kids*

O sistema EMFK foi desenvolvido com o objetivo de propor o *design* de um sistema tangível interativo que considera aspectos relacionados às expressões emocionais para ajuste da interface na aprendizagem lúdica de habilidades matemáticas básicas. A Seção 4.1 apresenta o método de *design* empregado, bem como a concepção inicial do EMFK; a Seção 4.2 detalha o projeto do EMFK, incluindo seus componentes de *hardware* e *software*; por fim, a Seção 4.3 apresenta o sistema EMFK implementado incluindo suas funcionalidades e interfaces de usuário.

4.1. Método de *Design* e Concepção Inicial do EMFK

O *design* do EMFK foi fundamentado em experiências prévias do pesquisador, consultas a educadores, análise da literatura, prototipação e experimentação empírica com professores. O método de *design* empregado inclui as seguintes etapas principais:

- (1) *Identificação e caracterização do problema.* O problema foi inicialmente identificado com base em interação com educadora de uma instituição em Jundiá realizada inicialmente pelo pesquisador. Na sequência foi realizada revisão exploratória da literatura para identificar o referencial e tecnologia a ser empregada na solução (cf., Capítulo 2), bem como soluções utilizadas pelos principais trabalhos relacionados (cf., Capítulo 3).
- (2) *Proposta de um conjunto inicial de funcionalidades e tecnologias.* Com base nos resultados da etapa 1, foi proposto um conjunto de funcionalidades, características e tecnologias a serem utilizadas. O resultado é uma concepção inicial baseada nesta proposta e é apresentada nesta seção.
- (3) *Desenvolvimento do sistema.* Desenvolvimento do *hardware* e *software* iterativo do sistema do EMFK. É apresentado no Capítulo 4.
- (4) *Avaliação inicial com base em oficinas com professores, avaliação com coordenadora pedagógica e avaliação com uma criança, detalhadas no* Capítulo 5.

Nos próximos parágrafos é sintetizado um conjunto básico de funcionalidades e tecnologias envolvidas na solução com base nos resultados das etapas 1 e 2.

Conforme destacado anteriormente, as atividades sobre operações matemáticas básicas foram definidas considerando as práticas educacionais para o ensino fundamental e *gamificação*. Nesta proposta de sistema, os alunos executam um conjunto de exercícios de matemática, que são selecionados de acordo com o perfil informado, a pontuação dos alunos e o *feedback* emocional. As respostas dos alunos são dadas por meio de cartões e objetos lúdicos contendo sensores RFID.

Com base nessa análise inicial, foi definido que as expressões emocionais das crianças devem ser analisadas continuamente, e o sistema deve ser reconfigurado em tempo de execução de acordo com as expressões emocionais detectadas em atividades anteriores. A expressão emocional é usada para reconfigurar o sistema de várias maneiras, que incluem:

- (1) ajustes na interface;
- (2) mudanças no nível de dificuldade das atividades;
- (3) fornecer elementos lúdicos sobre o conteúdo (para mudar o clima).

Por exemplo, se um aluno erra um exercício e expressa tristeza ou desinteresse, o fundo da interface do sistema pode ser alterado para incluir um personagem animado e um exercício mais fácil pode ser selecionado para motivá-lo novamente. Ainda neste contexto, mensagens motivacionais devem ser utilizadas para estimular os alunos e a melhorar a interação com sistema. O sistema é então modificado até que um novo *feedback* emocional seja obtido. Portanto, nessa concepção, cada aluno tem uma experiência única de interação de acordo com suas expressões emocionais. A capacidade de reconfiguração do sistema é baseada no conceito de enação.

Em resumo, foram definidos os seguintes métodos e técnicas para implementar as características elencadas para o sistema:

- Uso de objetos tangíveis com RFID com formato lúdico ou imagem relacionada com conceitos básicos de matemática (por exemplo, o número de manchas em uma joaninha). O sistema proposto usa a tecnologia Raspberry Pi para executar atividades baseadas em jogos com os objetos tangíveis em um dispositivo lúdico.
- O sistema acessa serviços (Microsoft Azure Face API) para reconhecer as expressões emocionais dos alunos. Os resultados da API do Microsoft

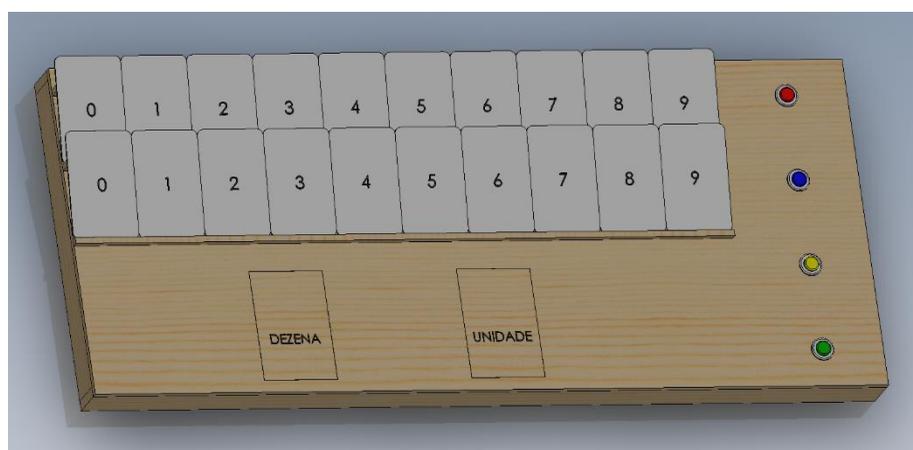
Azure Face são interpretados pelo sistema para promover mudanças no conteúdo e na interface.

- Um algoritmo de decisão seleciona a próxima atividade a ser executada de acordo com o estado emocional do aluno. Um conjunto de exercícios e mídia anotada é usado nesta etapa.
- Um algoritmo de decisão muda as interfaces do usuário de acordo com o estado emocional do aluno.

4.2. O Projeto de *Hardware* e *Software* do Sistema EMFK

A proposta de *design* inicial do *hardware* do EMFK pode ser visualizada na Figura 4.1. Ele foi idealizado para ter uma base onde ficam apoiados os cartões (ou objetos), uma área para respostas das atividades por meio de aproximação de cartões e objetos tangíveis com RFID (identificada com dezena e unidade na Figura 4.1) e um conjunto de botões coloridos na lateral, para interação com menus de interface.

Figura 4.1: Idealização da proposta

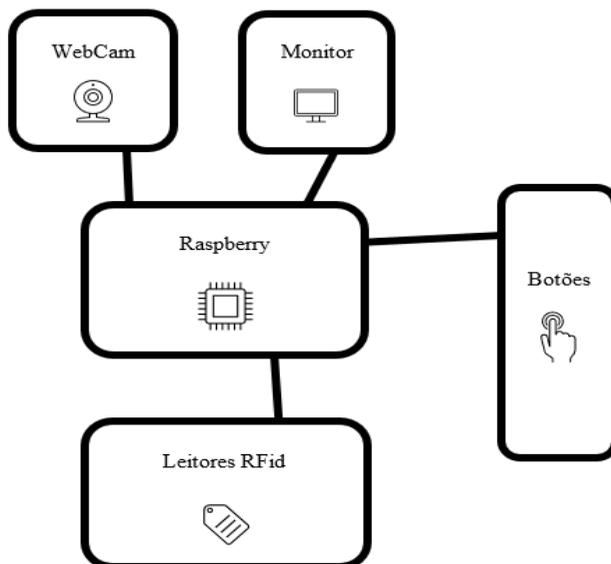


Fonte: O Autor

A partir dessa concepção inicial, foi projetada uma arquitetura de alto nível de um protótipo do sistema proposto conforme Figura 4.2. O EMFK é implementado como um dispositivo de computação embarcada, cujos principais componentes são: uma *Webcam* para capturar expressões emocionais; um monitor para visualização das atividades; sensores RFID para receber as respostas da criança por meio de cartões RFID

e objetos tangíveis lúdicos; botões para auxiliar os alunos a confirmar as respostas e interagir com o sistema (além do RFID); e um Raspberry Pi para executar o programa e comunicar com a API do Microsoft Azure Face.

Figura 4.2: Esquema de *hardware* em alto nível com os componentes



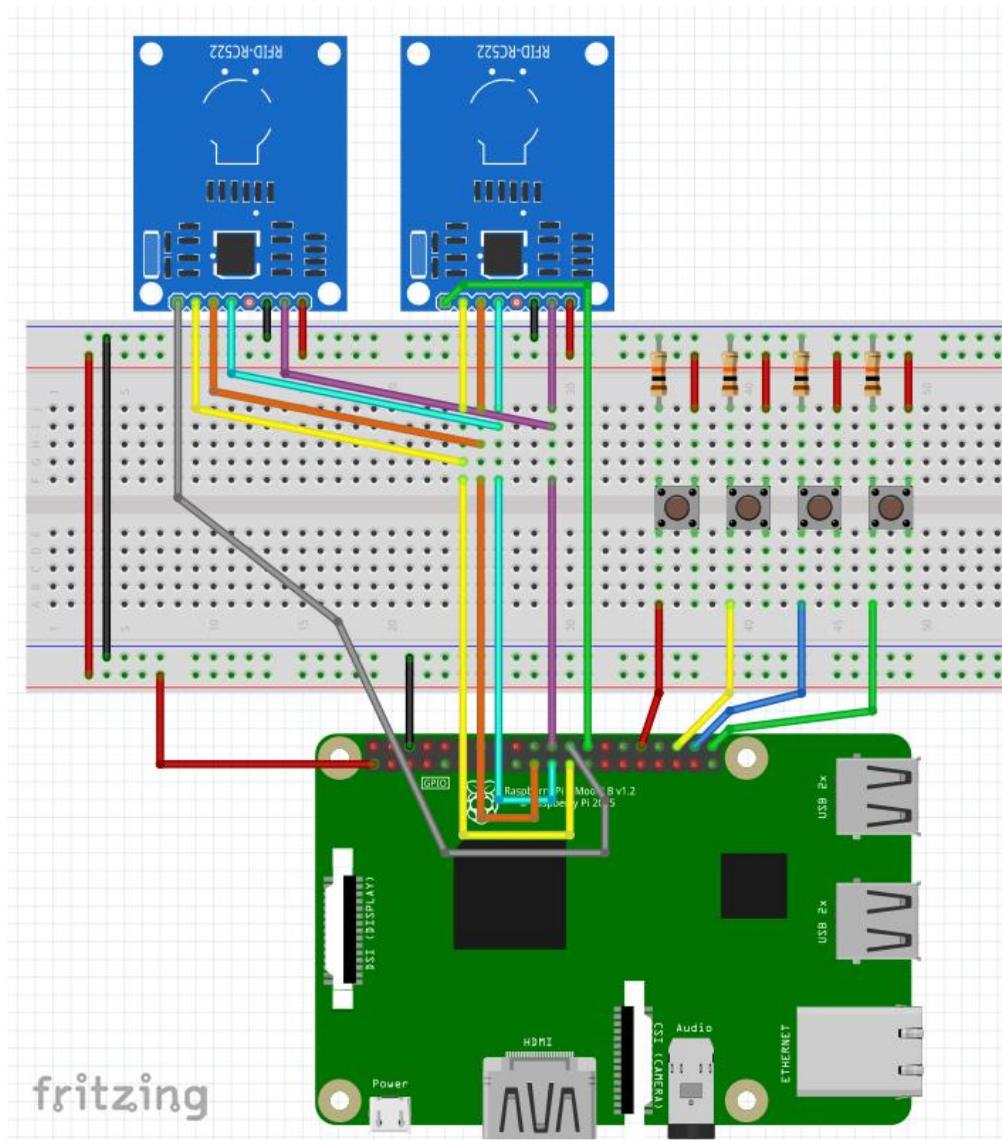
Fonte: O Autor

A Figura 4.3 apresenta projeto do circuito em *protoboard*. Nela é possível observar o esquema elétrico desenvolvido usando o *software fritzing*²², um *software* aberto para facilitar o *design* e visualização de projetos *hardware*.

Toda alimentação do circuito é feita usando a tensão elétrica de 3.3v que o Raspberry Pi nos fornece no pino 1. Conforme apresenta a Figura 4.3, as ligações dos 2 módulos de RFID-RC522 são quase todas em paralelo, a exceção são os pinos de SS (*Slave Select*) dos módulos que no Raspberry Pi são ligados nas portas GPIO 08 e GPIO 07; que são portas que podem selecionar em qual dos módulos a leitura será feita; para isso é utilizado o protocolo de comunicação SPI (*Serial Peripheral Interface*), que é um protocolo de comunicação síncrona.

²² <https://fritzing.org/>

Figura 4.3: Esquema elétrico

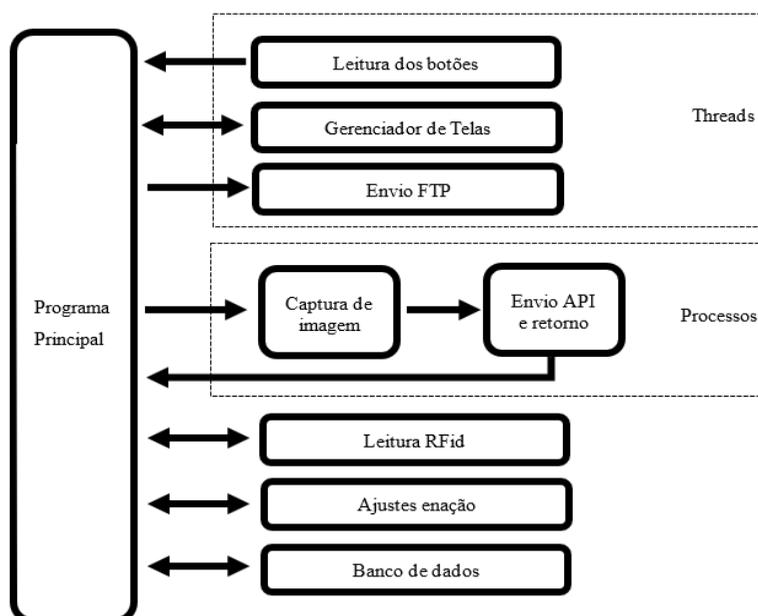


Fonte: O Autor

Cada botão também é alimentado com 3.3v e ao ser pressionado faz uma divisão da corrente elétrica. Uma parte dessa divisão vai para uma porta do Raspberry Pi enviando o sinal de acionamento e outra parte é ligada ao GND por meio de um resistor de $10k \Omega$. A extensão do GPIO segue a mesma sequência em ambas as pontas. Para facilitar a montagem do circuito foram escolhidas as seguintes portas para a ligação dos botões: GPIO12, GPIO16, GPIO20 e GPIO21.

Na Figura 4.4 temos um diagrama simplificado da arquitetura de *software*. Esse *Software* foi desenvolvido em Python com banco de dados SQLite para armazenar os resultados. A linguagem Python foi escolhida por oferecer acesso a serviços na *Web*, bem como transparência na leitura e controle do *hardware*. O código completo do sistema está nos Apêndices D e E, incluindo o código de aplicação de ensino e o código de aplicação Web complementar para o acompanhamento dos resultados, respectivamente. Ambos podem ser acessados no Github pelo link: <https://github.com/juliovansan/EMFK.git>

Figura 4.4: Diagrama simplificado da arquitetura de *software*



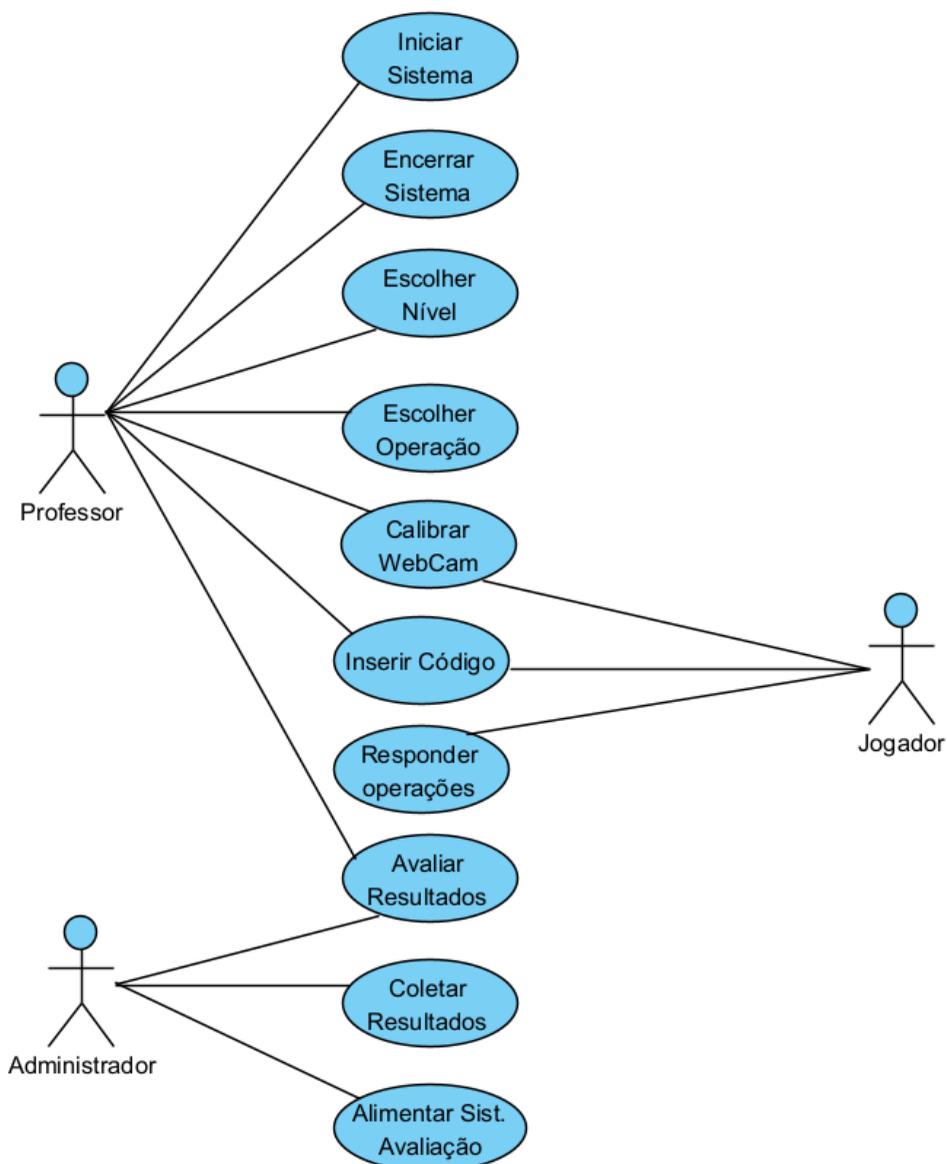
Fonte: O Autor

Por motivo de desempenho e para prover uma melhor fluidez para o aluno/jogador, foram criadas 2 *threads* que rodam durante todo tempo de execução da aplicação. Conforme apresenta a Figura 4.4, a *thread* “MicroControlador” faz a leitura dos botões e a *thread* “gerenciador_de_Telas” é a encarregada de navegar nas interfaces quando necessário.

Na Figura 4.5 é apresentado o diagrama de casos de uso, onde ficou definido qual será o papel de cada ator no uso do sistema, incluindo o professor, administrador e

jogador/aluno. O professor deverá iniciar o sistema, e no final do teste encerrar o sistema, escolher o nível de dificuldade conforme o ano em que o aluno está, depois escolher qual operação entre adição, subtração e multiplicação. Poderá também calibrar a *Webcam* a cada rodada e avaliar os resultados no sistema complementar. O jogador poderá calibrar a *Webcam* para conferir o enquadramento, e deverá colocar o número antes de iniciar a rodada e responder às questões das operações. O administrador deverá realizar a coleta dos dados do EMFK e alimentar o sistema complementar de avaliação e também poderá avaliar os resultados.

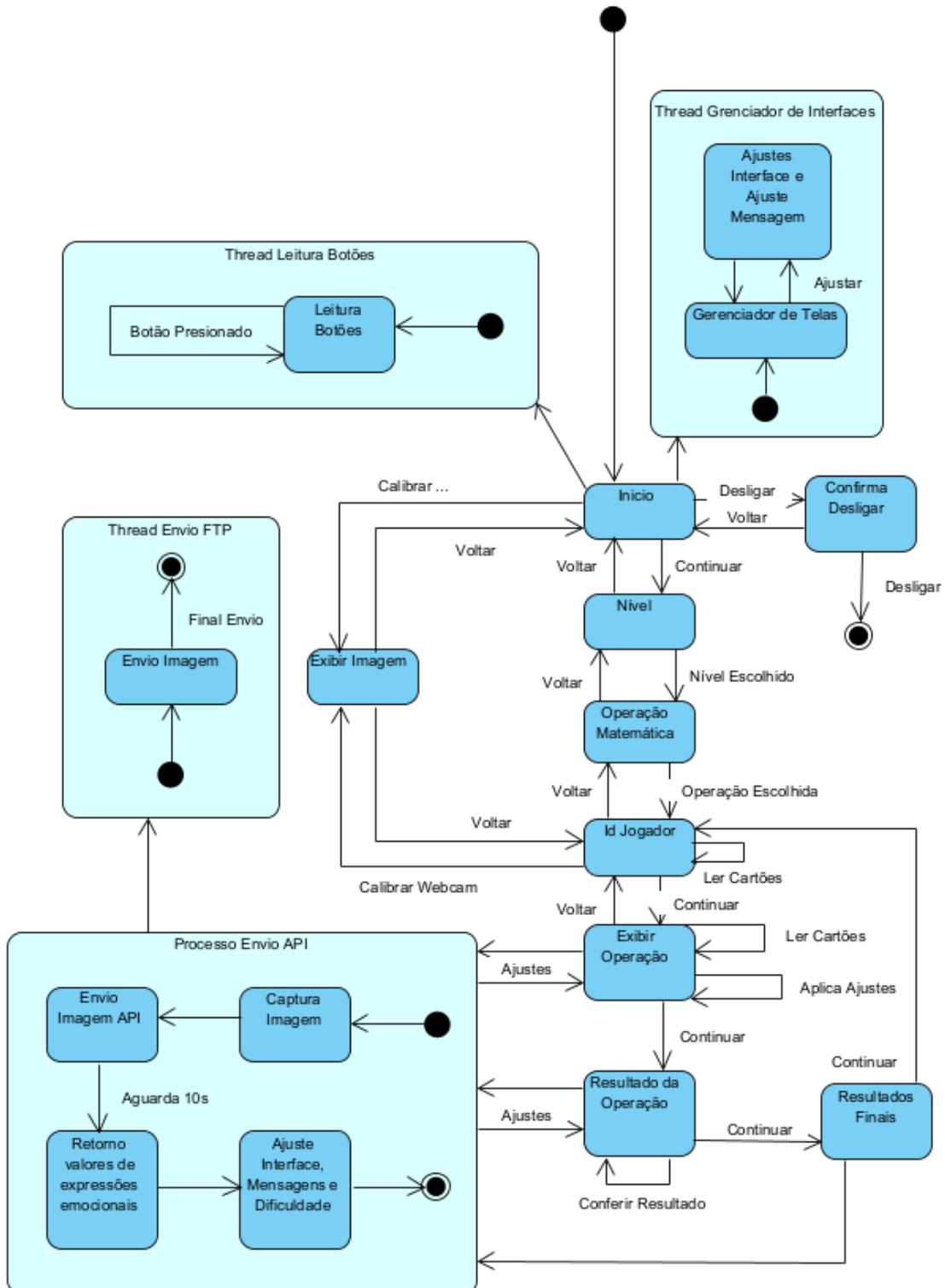
Figura 4.5: Diagrama de casos de uso para o Sistema EMFK



Fonte: O Autor

Na Figura 4.6 é apresentado o diagrama de estados da aplicação do sistema EMFK, onde é possível observar as etapas e o fluxo durante o uso do sistema. Ao iniciar as duas *threads* são iniciadas e ficarão em execução durante todo o tempo que o sistema estiver ativo, uma que faz a leitura dos botões e outra que faz o gerenciamento das interfaces/telas. Estando na interface inicial é possível desligar o sistema após uma confirmação e calibrar a *Webcam* onde uma imagem é exibida e na sequência retorna para a interface inicial, ao pressionar para continuar será a vez de escolher o nível de dificuldade das operações matemáticas que será escolhido na sequência. Após a escolha da operação o jogador poderá também calibrar a *Webcam* e deverá colocar seu número de identificação antes de continuar. Ao iniciar a interface de exibir a operação o processo de envio para a API é invocado, é capturada uma imagem, enviada para a API, aguarda-se por até 10 segundos pelo retorno das informações e ajusta-se a interface, se necessário, mensagens e nível de dificuldade; este processo também invoca a *thread* para o envio da imagem capturada para um servidor na *web* que será usado no sistema complementar. Quando o jogador coloca os cartões no local indicado e pressiona para continuar, os cartões são lidos. Na sequência uma interface com o resultado da operação é exibida indicando se o jogador respondeu corretamente ou se errou, nesse momento novamente o processo de envio para a API é invocado e aplica-se os ajustes necessários. Após 5 operações respondidas são exibidos os resultados finais da rodada com quantos acertos e erros ocorreram na rodada; neste momento o processo de envio é invocado novamente apenas para controle. Após ser pressionado para continuar, retornará para a interface de identificação do jogador, onde o próximo jogador deverá calibrar a *Webcam* e iniciar sua vez. Para o desligamento do EMFK deverá ser pressionado o botão voltar até estar na interface inicial e selecionar o botão desligar.

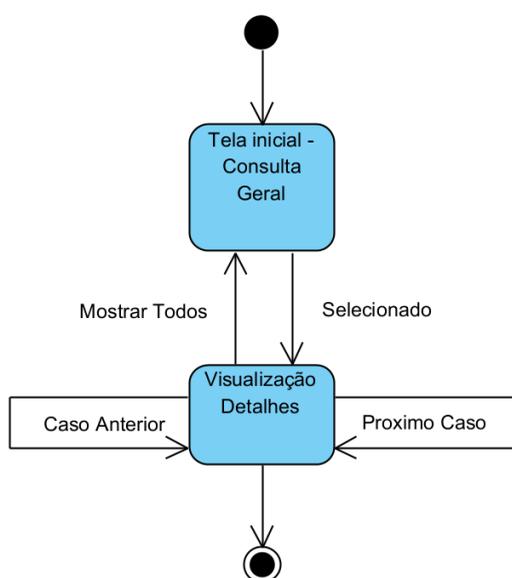
Figura 4.6: Diagrama de estados da aplicação de ensino do sistema EMFK



Fonte: O Autor

Na Figura 4.7 mostra o diagrama de estado de uma aplicação complementar para acompanhamento dos resultados após a aplicação dos testes. Na interface inicial será exibida uma lista com todos os ciclos realizados, ao clicar sobre uma imagem irá para a interface de visualização dos detalhes, onde todas as capturas poderão ser analisadas, e também é possível ir para o próximo ciclo ou para o ciclo anterior, além de poder voltar para a interface anterior que mostra todos.

Figura 4.7: Diagrama de estados da aplicação complementar do sistema EMFK



Fonte: O Autor

4.3. Implementação do Sistema EMFK

Esta seção apresenta o sistema implementado, incluindo detalhes sobre o *hardware* (subseção 4.3.1) e *software* desenvolvido (subseção 4.3.2).

4.3.1 Detalhamento do *Hardware* do EMFK

A Figura 4.8 mostra o dispositivo desenvolvido em funcionamento. Ele possui uma caixa com espaço para posicionar cartões, e uma demarcação indicando onde estão os sensores para a leitura dos cartões e respostas das operações, botões na lateral. O EMFK

possui um monitor de vídeo para exibição das opções, mensagens e atividades. Na parte superior do monitor tem uma *Webcam*, para capturar as imagens com expressões faciais dos alunos.

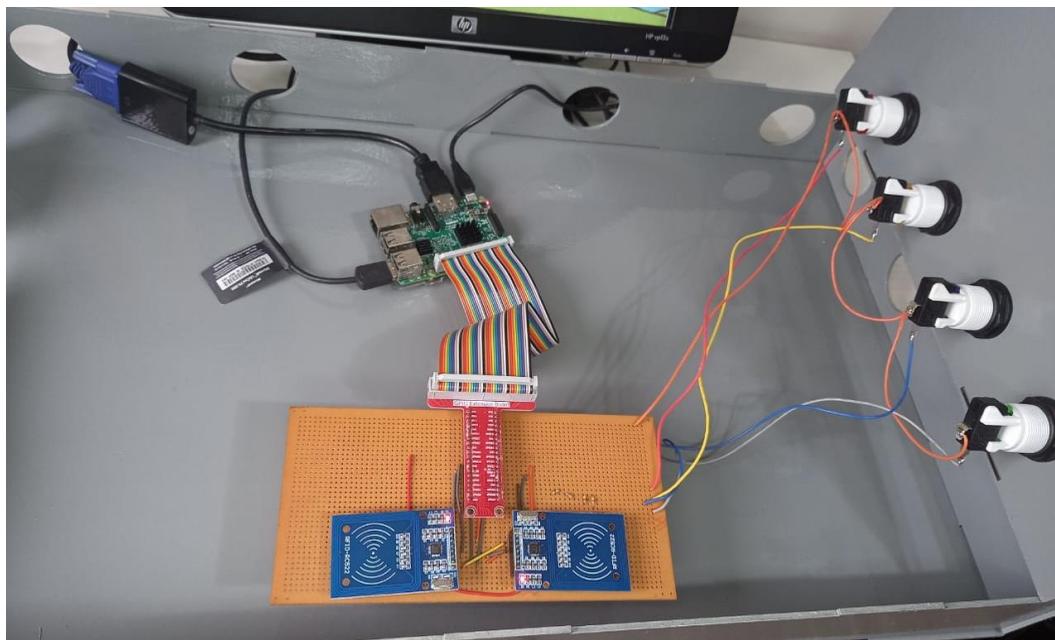
Figura 4.8: EMFK Finalizado



Fonte: O Autor

A Figura 4.9 apresenta uma visão geral dos componentes internos do EMFK, com destaque no Raspberry Pi com suas ligações, um circuito construído para este dispositivo, sensores e os botões posicionados na lateral do EMFK. O Raspberry Pi foi escolhido por ser portátil, relativamente barato, possuir as interfaces necessárias para conexão com os demais dispositivos (monitor, sensores, *Webcam*, etc), bem como capacidade de processamento necessária para execução das interfaces gráficas das atividades propostas, acesso ao serviço de reconhecimento de expressões emocionais, linguagem de programação adequada (Python) e banco de dados (SQLite).

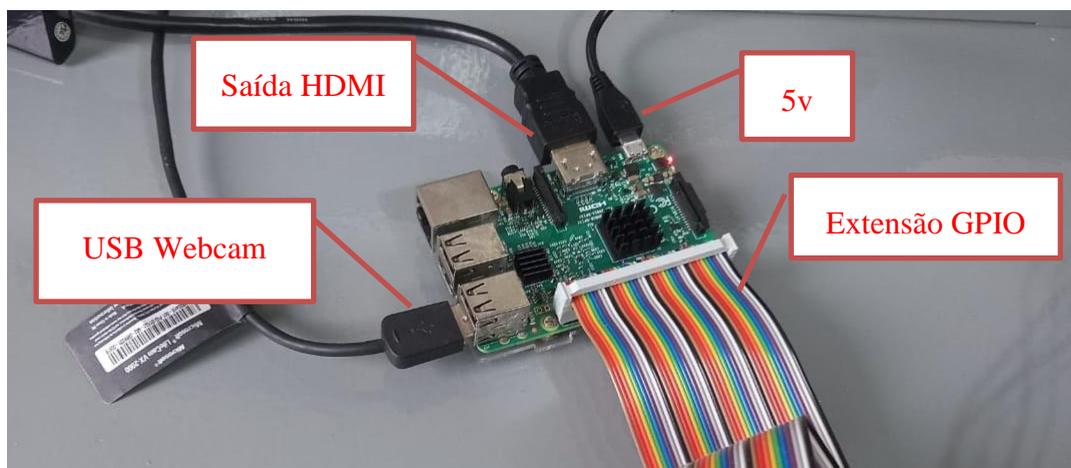
Figura 4.9: Visão interna ampla do EMFK



Fonte: O Autor

Na Figura 4.10 é possível observar com mais detalhes as conexões com o Raspberry Pi. Essas conexões incluem a entrada de alimentação 5v, saída HDMI para o monitor de vídeo, ligação USB da *Webcam* e a saída da Extensão de GPIO que interliga o Raspberry ao circuito construído.

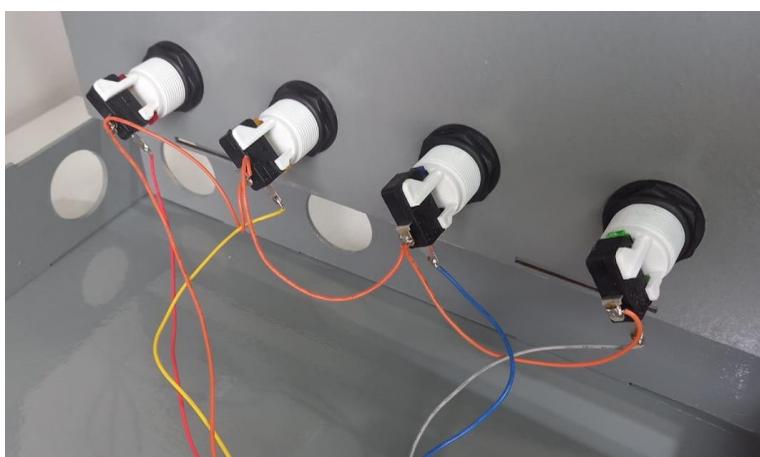
Figura 4.10: Ligações do Raspberry com os demais componentes



Fonte: O Autor

Os botões laterais do EMFK podem ser observados com detalhes na Figura 4.11, onde o fio de cor laranja é o fio comum entre eles. Estes botões são utilizados em fliperamas e outros jogos eletrônicos. Eles foram escolhidos por oferecerem ótima durabilidade, e em caso de manutenção a troca pode ser feita apenas internamente. Tal robustez é necessária devido ao uso por crianças, assim como o aspecto visual (colorido) que favorece a interação.

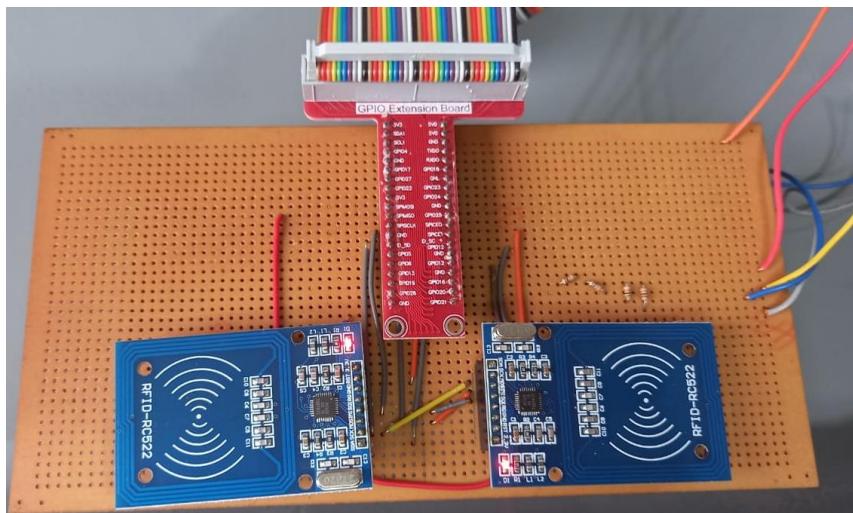
Figura 4.11: Ligação botões



Fonte: O Autor

O circuito construído pode ser observado na Figura 4.12. A construção desse circuito foi necessária para possibilitar a ligação e comunicação entre os sensores, botões e o Raspberry Pi. Conforme destaca a Figura 4.12, o conector da extensão de GPIO e os módulos de RFID-RC522 estão posicionados visando uma melhor leitura dos cartões. Este circuito também possui conexão (por fios) com os botões (lado direito da Figura 4.9).

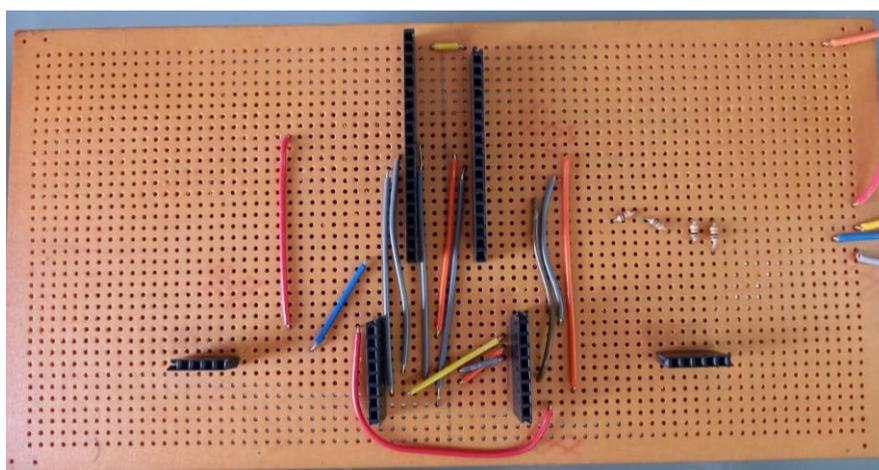
Figura 4.12: Circuito com os módulos



Fonte: O Autor

Conforme apresenta a Figura 4.13, a construção deste circuito foi planejada para que fosse modular e de fácil manutenção. Portanto, foram planejados componentes que podem ser retirados, pois não são soldados diretamente na placa, o que está soldado são apenas os conectores para que os módulos possam ser encaixados depois, dado que cada módulo tem uma conexão própria.

Figura 4.13: Placa do circuito sem os módulos

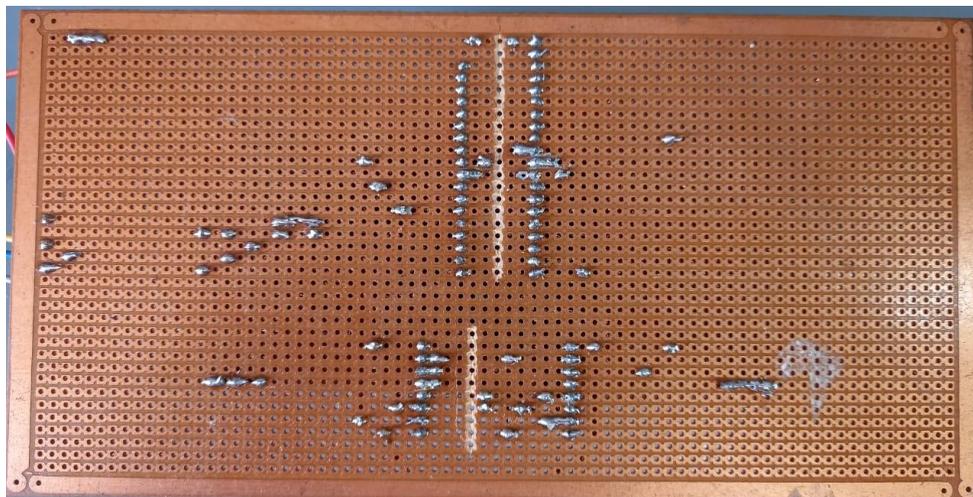


Fonte: O Autor

Para a confecção do circuito foi utilizada uma placa de circuito impresso universal com trilhas, dado seu baixo custo e facilidade de configuração. Na Figura 4.14

podem ser observadas as trilhas e algumas interrupções para realizar as conexões corretamente.

Figura 4.14: Visão inferior do circuito



Fonte: O Autor

4.3.2 Detalhamento do Software do EMFK

Logo ao carregar a programação, 2 *threads* são iniciadas e rodam o tempo todo; para leitura dos botões foi definida a numeração utilizando a sequência dos pinos do Raspberry Pi e outra para o gerenciamento de tela que será responsável por exibir as informações de interface.

Depois de inicializada, a *thread* “MicroControlador” continua em execução durante o funcionamento do sistema. Conforme detalha nas linhas 10 e 15 do Quadro 4.1, quando algum dos botões é pressionado a variável de estado é alterada.

Quadro 4.1: Thread de leitura dos botões

```
1. def MicroControlador(mensagem) :
2.     global tela
3.     global estadoBotaoVerde
4.     global estadoBotaoAzul
5.     global estadoBotaoAmarelo
6.     global estadoBotaoVermelho
7.     while (True) :
8.         time.sleep(0.1)
9.         if GPIO.input(botaoVerde) == True:
10.            estadoBotaoVerde=1
11.            time.sleep(1)
12.        else:
13.            estadoBotaoVerde=0
14.        if GPIO.input(botaoAzul) == True:
15.            estadoBotaoAzul=1
16.            time.sleep(1)
17.        else:
18.            estadoBotaoAzul=0
19.        if GPIO.input(botaoAmarelo) == True:
```

Fonte: O Autor

A *Thread* que gerencia as interfaces faz a leitura dos estados dos botões e controla as opções disponíveis nas diferentes interfaces do sistema. O Quadro 4.2 apresenta ações possíveis em duas interfaces “tela nível” (onde é realizada a escolha do nível) e “tela operação” (onde é realizada a escolha da operação). Ao pressionar um botão na “tela nível” a interface é alterada e a variável nível será definida. Na interface “tela operação”, o botão vermelho volta para a interface inicial e os demais definem a variável operação (ex: adição, multiplicação e subtração).

Quadro 4.2: Ação do botão e interfaces

```
1.  ### Tela Nível
2.      if (telaEstado=='nivel' and estadoBotaoVermelho==1):
3.          tela='inicial'
4.      if (telaEstado=='nivel' and estadoBotaoAmarelo==1):
5.          tela='operacao'
6.          nivel=31
7.      if (telaEstado=='nivel' and estadoBotaoAzul==1):
8.          tela='operacao'
9.          nivel=22
10.     if (telaEstado=='nivel' and estadoBotaoVerde==1):
11.         tela='operacao'
12.         nivel=21
13.
14.     ### Tela Selecionar Operação
15.     if (telaEstado=='operacao' and estadoBotaoVermelho==1):
16.         tela='nivel'
17.     if (telaEstado=='operacao' and estadoBotaoAmarelo==1):
18.         tela='codigo'
19.         operacao='+'
20.     if (telaEstado=='operacao' and estadoBotaoAzul==1):
21.         tela='codigo'
22.         operacao='- '
23.     if (telaEstado=='operacao' and estadoBotaoVerde==1):
24.         tela='codigo'
25.         operacao='x'
```

Fonte: O Autor

As bibliotecas *tkinter*²³ foram utilizadas para construção das interfaces. Entre elas, as 3 áreas principais de mensagens informativas e os campos de vermelho, amarelo, azul e verde que ficam na lateral da interface, indicando as ações de cada botão.

A Figura 4.15 apresenta o *software* em funcionamento. Na interface para escolher o nível de dificuldade pode-se observar as 3 áreas principais de mensagens e as 4 áreas laterais para indicar qual botão deve ser pressionado. O *design* desta interface foi pensado para prover um ambiente lúdico e agradável para as crianças. Isso inclui um fundo remetendo a um desenho de uma paisagem, bem como o uso de letras grandes e coloridas. A linguagem foi pensada para ser adequada ao público, bem como remeter a aspectos de gamificação, tal como “nível de dificuldade”. As cores remetem aos componentes físicos das interfaces, como os botões laterais.

²³ <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>

Figura 4.15: Interface gráfica



Fonte: O Autor

Conforme pode ser visto no código do Quadro 4.3, para a leitura dos cartões RFID foi usada uma biblioteca chamada *SimpleMFRC522*²⁴. Nela são criadas 2 instâncias: uma para o cartão da unidade e outra para o cartão referente a dezena.

Quadro 4.3: Leitura do cartão RFID

```
1. def lerCartao_Dez():
2.     global RespUsuarioDez
3.     valor_Dez, texto_lixo = Rfid_2.read()
4.     index=pesquisa(valor_Dez) # faz a pesquisa na matriz de cartões
5.     if (index>=0):
6.         RespUsuarioDez=cadCartao[index][1]
7.         RespUsuarioDez=RespUsuarioDez*10 #Multiplicando por 10
8. def lerCartao_Uni():
9.     global RespUsuarioUni
10.    valor_Uni, texto_lixo = Rfid_1.read()
11.    index=pesquisa(valor_Uni) # faz a pesquisa na matriz de cartões
12.    if (index>=0):
13.        RespUsuarioUni=cadCartao[index][1]
14.
```

Fonte: O Autor

Após esta leitura é invocada a função que faz a pesquisa do valor do cartão, e retorna o valor decimal de 0 até 9 correspondente. Caso não encontre nada

²⁴ <https://github.com/pimylifeup/MFRC522-python>

correspondente o valor -1 é retornado. Esta função foi pensada para facilitar a inclusão de cartões adicionais, por exemplo, cartões e objetos com incentivos visuais extras. Tais objetos são importantes para explorar o aspecto lúdico o aprendizado. Para tanto, basta adicionar o código do cartão e o valor decimal correspondente.

O principal diferencial deste projeto é o reconhecimento e ajuste do sistema de acordo com as expressões emocionais do aluno. Para tanto, é utilizado um serviço de reconhecimento de expressões emocionais da Microsoft. Foram importadas as seguintes bibliotecas: “*cognitive_face*”, “*requests*” e “*json*”.

As fotos são capturadas em 4 momentos, sendo:

- (1) quando o exercício a ser resolvido é apresentado;
- (2) quando o aluno erra e o resultado é apresentado;
- (3) quando o aluno acerta e o resultado é apresentado;
- (4) quando o resultado final de acertos e erros são apresentados.

Esta última captura já não influencia nos ajustes, mas serve como controle da pesquisa e análise posterior pelo professor. Uma função, chamada “foto”, executa os comandos no Raspberry Pi para a captura desta imagem. O comando “*fswebcam*” é executado com os parâmetros de resolução e a *string* contendo data e hora, aluno/jogador e o momento da foto.

Após a captura da imagem, esta é enviada para a API por meio de um processo separado. Foi escolhido o uso de processo separado pois é possível determinar um tempo máximo de execução caso ele não termine. Tal situação pode acontecer por exemplo em conexões lentas ou quedas de conexões de internet, onde a API demora para retornar um erro. Foi definido um tempo de 10 segundos, para que as possíveis lentidões não gerassem desinteresse do aluno.

Conforme apresenta o Quadro 4.4, quando o processo é iniciado o sistema envia o arquivo da captura da imagem junto com os parâmetros que informam a idade, o gênero e emoção. Para tanto é utilizada a função “*CF.face.detect*”. O retorno é uma mensagem em *json*, que na sequência é separada em valores distintos em algumas variáveis que serão utilizadas para registro e ajuste do sistema, sendo: felicidade, raiva, neutralidade, surpresa, tristeza, desprezo, medo, desgosto, gênero e idade.

Quadro 4.4: Enviando imagem e recebendo dados da emoção

```
1.  try:
2.      img_url=arquivo
3.      attributes = ('age,gender,emotion')
4.      print("enviando o arquivo para API " +arquivo)
5.      resultadoEmocao = json.dumps(CF.face.detect(img_url, False, False,
attributes))
6.      resultadoEmocao = json.loads(str(resultadoEmocao))[0]
7.      felicidade=resultadoEmocao['faceAttributes']['emotion']['happiness']
8.      raiva=resultadoEmocao['faceAttributes']['emotion']['anger']
9.      neutro=resultadoEmocao['faceAttributes']['emotion']['neutral']
10.     surpresa=resultadoEmocao['faceAttributes']['emotion']['surprise']
11.     tristeza= resultadoEmocao['faceAttributes']['emotion']['sadness']
12.     desprezo= resultadoEmocao['faceAttributes']['emotion']['contempt']
13.     medo= resultadoEmocao['faceAttributes']['emotion']['fear']
14.     desgosto= resultadoEmocao['faceAttributes']['emotion']['disgust']
15.     genero=resultadoEmocao['faceAttributes']['gender']
16.     idade=resultadoEmocao['faceAttributes']['age']
```

Fonte: O Autor

De posse das informações de retorno da Face API e das operações matemáticas envolvidas, esses dados são armazenados em banco de dados SQLite, para análise posterior no sistema complementar para análise dos resultados. Na sequência, a mesma imagem que foi enviada para a API é enviada por FTP para a realização de um *backup*, para análise no contexto desta pesquisa e pelo professor.

A função “*mandaFTP*” é invocada e o arquivo de imagem é enviado para um servidor na *WEB*. Foi escolhido o uso de uma *thread* pois não há a necessidade de encerrar precocemente as tarefas que estão sendo executadas, mesmo que o *upload* da imagem demore o sistema continuará sua execução de forma independente.

Além das rotinas apresentadas nesta seção, algumas rotinas auxiliares foram programadas para deixar o sistema mais simples de usar. Essas rotinas estão no código completo no Apêndice D e inclui também a implementação de rotinas para: realizar o teste de *Webcam* com início na linha 936, desligar o sistema com início na linha 83, realizar *backup* do banco de dados e enviá-lo por FTP com início na linha 91, bem como 2 rotinas que podem ser acionadas pelos botões em caso de travamento da interface gráfica com início na linha 518.

4.3.3 Algoritmo de Decisão para Reconfiguração do Sistema

Após o envio da imagem e a recepção dos valores descritos (Quadro 4.4), o sistema tomará algumas decisões de ajuste para manter o interesse do aluno e promover a motivação pelo aprendizado. A solução utilizada no EMFK é limitada, pois o objetivo é investigar a ideia e o impacto na prática, estando fora do escopo algoritmos inteligentes de reconfiguração do sistema, bem como alterações complexas na interface que podem ser explorados em pesquisas futuras. Em função disso, as emoções utilizadas são: felicidade, surpresa, neutralidade, tristeza e raiva, e não são utilizadas as emoções de medo, desprezo e nojo. Por meio de uma variável, temos um parâmetro de ajuste, que conforme o uso do sistema será alterado.

No início da sequência de um aluno, este ajuste é atribuído o valor de 5 e o valor é alterado a cada imagem capturada, podendo variar de 0 até 10. O valor de 0 significa que o aluno está menos motivado (associado a emoções negativas) e o valor de 10 significa que o aluno está totalmente motivado (associado a emoções positivas).

Conforme Quadro 4.5, ao analisar os valores²⁵ retornados pela Face API, se o valor da emoção felicidade for igual ou maior que 0,1 ou a emoção de surpresa for maior ou igual a 0,2 a variável de ajuste é incrementada em 1, respeitando o limite superior de 10. Se o valor da emoção neutra for maior ou igual que 0,7 a variável de ajuste é decrementada em -1 respeitando o limite inferior de 1. Caso a emoção detectada seja de tristeza com valor maior ou igual a 0,1 ou a emoção de raiva com valor maior ou igual a 0,1 a variável é decrementada em -2, até o limite inferior de 0. Os valores adotados foram definidos em um processo iterativo, com base no referencial teórico sobre emoções positivas e negativas, bem como nas dimensões que refletem a experiência emocional (cf. Capítulo 2). Os valores-limite foram definidos de acordo com os testes preliminares para melhor expressar emoções positivas e negativas. Tais valores são configuráveis e podem sofrer alterações de acordo com resultados empíricos obtidos em análises futuras.

²⁵ A Face API retorna um vetor com números reais positivos ($0,0 \leq \text{valor} \leq 1,0$) vinculados a emoções; valores mais altos significam uma probabilidade maior dessa emoção.

Quadro 4.5: Parâmetros de ajuste do sistema em relação aos valores recebidos pela Face API

```
1.  if (felicidade >=0.1 or surpreso >=0.2):
2.    if (varRecebeAjuste<10):
3.      varRecebeAjuste=varRecebeAjuste+1
4.    else:
5.      varRecebeAjuste=10
6.  if (neutro>= 0.7):
7.    if (varRecebeAjuste>=1):
8.      varRecebeAjuste=varRecebeAjuste-1
9.    else:
10.     varRecebeAjuste=1
11. if (tristeza>= 0.1 or raiva>=0.1):
12.   if (varRecebeAjuste>=2):
13.     varRecebeAjuste=varRecebeAjuste-2
14.   else:
15.     varRecebeAjuste=0
```

Fonte: O Autor

Duas funções utilizam os valores de ajustes para a adequação do sistema: para o ajuste do nível de dificuldade das operações matemáticas e para o ajuste da interface, incluindo cores e mensagens que aparecerão na interface.

Na interface de ajuste do nível escolar do aluno, conforme ilustra a Figura 4.20, pode ser escolhido um entre 3 níveis: 2º ano nível 1 que contempla a dificuldade do 1º semestre, 2º ano nível 2 que contempla a dificuldade do 2º semestre e 3º ano nível 1 que contempla a dificuldade do 1º semestre. Estes níveis são identificados no programa como 21, 22 e 31, respectivamente e foram baseados nas habilidades de matemática segundo a BNCC²⁶ (Base Nacional Comum Curricular) que foi criada com a lei de diretrizes e bases da educação nacional²⁷ (Lei nº 9.394/96). Conforme pode ser observado no Quadro 4.6, quanto maior o nível de emoções negativas que o aluno apresentar, mais fácil será a operação a ser realizada. Ao acertar uma atividade mais fácil temos maior probabilidade de despertar emoções positivas. Na sequência, o nível de dificuldade é aumentado gradativamente conforme forem realizados acertos.

²⁶ <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#fundamental/matematica-no-ensino-fundamental-anos-iniciais-unidades-tematicas-objetos-de-conhecimento-e-habilidades>

²⁷ http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9394.htm

Quadro 4.6: Ajuste do nível de dificuldade conforme ajuste da emoção

```

1.     if (precisaInverter=='S' and jaInverteu==None and operacao!='-'):
2.         X=N1
3.         N1=N2
4.         N2=X
5.         precisaInverter='N'
6.         jaInverteu='S'
7.     else:
8.         if (nivel==21):
9.             if (operacao=='+'):
10.                if (ajuste>=5):
11.                    N1 = randint(1,8)
12.                    N2 = randint(0,abs(N1-9))
13.                elif (ajuste>=3 and ajuste <5):
14.                    N1 = randint(1,6)
15.                    N2 = randint(1,abs(N1-9))
16.                else:
17.                    N1 = randint(1,3)
18.                    N2 = randint(1,3)
19.
20.         ResultadoEsperado=N1+N2

```

Fonte: O Autor

Também é possível observar no Quadro 4.6 a variável “precisaInverter”, que em caso de erro do aluno nas operações de adição e multiplicação, a próxima operação será com os mesmos números, mas apresentado de ordem inversa. Esse é um recurso para que o aluno possa visualizar a mesma conta de formas diferentes.

A interface também é alterada em função da expressão emocional do aluno. São adaptadas as cores e mensagens que aparecem para o aluno durante o uso do sistema. Conforme pode ser visualizado no Quadro 4.7, os textos são alterados para tentar melhorar a motivação do aluno e associá-las com emoções positivas, e são escolhidas cores para chamar a atenção do aluno e deixar a interface mais lúdica.

Quadro 4.7 Alteração de cores e mensagens conforme ajuste da emoção

Ajuste	Cor Fundo	Texto Erro	Texto Acerto
<=2	Amarelo Claro	Que pena, está errado. Você consegue!	Parabéns, você acertou! Continue assim
<=4	Laranja Claro	Que pena, está errado. Continue tentando	Muito bom, está correto! Vamos que vamos!
<=5	Cinza Claro	Que pena, está errado, da próxima vez dará certo!	Parabéns, você acertou! Continue assim.
<=7	Azul Claro	Que pena, está errado, vamos tentar novamente?	Muito bom, está correto!
<=10	Verde Claro	Que pena, está errado, não foi dessa vez.	Parabéns, você acertou!

Fonte: O Autor

Inicialmente é utilizada a cor cinza como cor de fundo das mensagens (Tabela 4.1, pois é neutra. Se o valor da variável de ajuste estiver entre 8 e 10 a cor de fundo será verde claro, proporcionando uma maior tranquilidade. Se o valor da variável de ajuste estiver entre 6 e 7 a cor azul claro é utilizada, pois proporciona calma e confiança. Se o valor da variável for 5, que é o estado inicial, a cor será cinza claro é utilizada, não influenciando. Se o valor da variável de ajuste estiver entre 3 e 4 a cor será laranja, que é uma cor amigável e animada, e se o valor estiver entre de 0 até 2, a cor amarela com intensidade clara será utilizada, pois que proporciona um maior otimismo e energia (tentando reverter emoções negativas).

Para reforçar o conceito de gamificação é exibido ao final de cada de cada ciclo, quantos acertos/pontos e quantos erros o aluno teve. O termo “Jogador” também é utilizado nas interfaces com este propósito. Conforme a Figura 4.16, pelas cores pode-se perceber que o jogador terminou seu ciclo feliz.

Figura 4.16: Interface exibindo os resultados e conceitos de gamificação



Fonte: O Autor

4.3.4 Aspectos de computação tangível e lúdica

Em todo o *design* e desenvolvimento do sistema foi planejado para que seu uso e o aprendizado da matemática ocorram de maneira lúdica, isto inclui a utilização de imagem de fundo, alteração das cores e textos e objetos lúdicos.

A computação tangível pode ser apresentada aqui pela forma como as respostas são informadas usando os cartões e objetos com RFID. A Figura 4.17 apresenta exemplos de figuras nos cartões e outros cartões como das joaninhas, em que cada uma tem o número de pintas correspondentes aos dígitos, ou seja, de 0 até 9 pintas. Essa é uma forma lúdica e tangível de apresentar os cartões e os números, que pode ser mais interessante para os alunos com menor idade. Outra opção explorada é a confecção de cartões com outras figuras para deixar a interação mais interessante e lúdica.

Estes objetos são determinados pela narrativa construída por professores, e podem, por exemplo, estar atrelados a uma história infantil que trabalha conceitos de matemática. A ideia é que essas narrativas explorem aspectos de cognição e aprendizagem incorporadas. Narrativas envolvendo movimentos corporais e interação entre crianças podem ser definidas, desde que os objetos (com RFID) sejam colocados para responder aos exercícios; e o rosto da criança fique ao alcance da câmera (que pode ser posicionada em lugares diferentes) antes e depois da atividade.

Figura 4.17: Cartões RFID apresentados de forma lúdica



Fonte: O Autor

4.3.5 Interfaces Gráficas da Aplicação de Ensino

Nesta seção são apresentadas as interfaces gráficas do sistema. Na Figura 4.18 pode ser vista a interface inicial. Quando o Raspberry Pi é ligado, ele entra automaticamente no sistema. Se botão azul for pressionado, o usuário (professor) entrará em uma interface de configuração da *Webcam*.

Figura 4.18: Interface Inicial do Sistema



Fonte: O Autor

Se o botão vermelho (Figura 4.18) for pressionado o sistema entra na tela de desligamento. Conforme Figura 4.19, se o botão verde for pressionado nesta tela a rotina de desligamento é invocada, se o botão vermelho for pressionado voltará para a interface inicial.

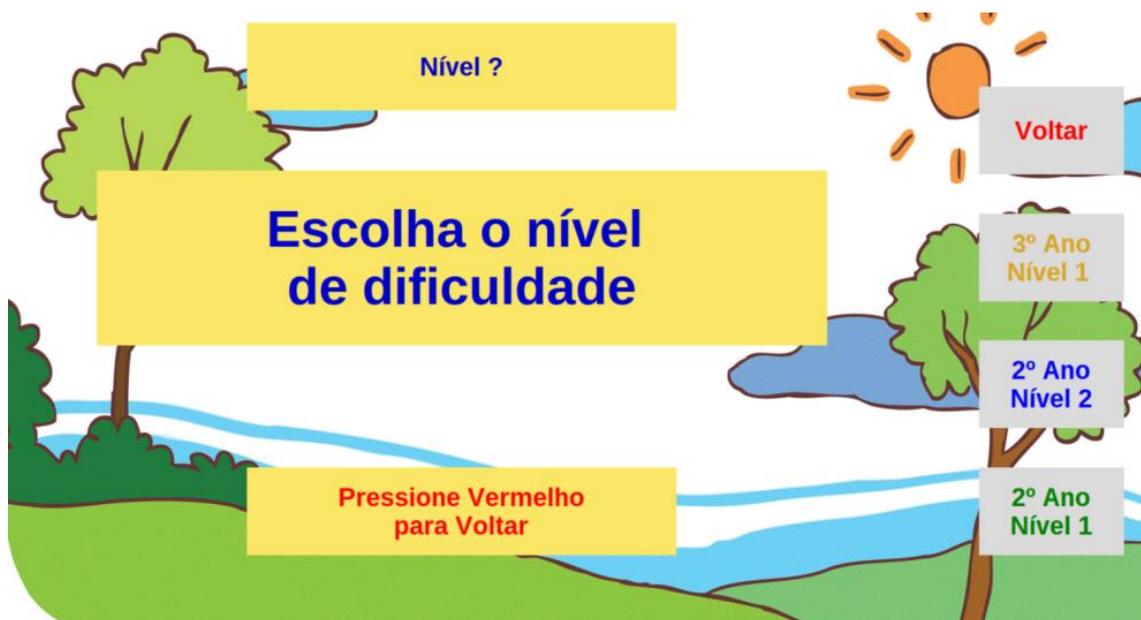
Figura 4.19: Interface de confirmação para desligar o sistema



Fonte: O Autor

A partir da interface inicial (Figura 4.18), ao se pressionar o botão verde, a interface para escolha do nível de dificuldade será exibida conforme Figura 4.20.

Figura 4.20: Interface escolha da série e dificuldade das operações



Fonte: O Autor

Na sequência é solicitada a escolha do tipo de conceito a ser trabalhado, no caso, operações de matemática básica. Conforme Figura 4.21, nesta versão inicial as operações podem ser Adição, Subtração ou Multiplicação.

Figura 4.21: Interface de escolha das operações



Fonte: O Autor

Após a escolha do nível de dificuldade e da operação, é solicitada uma identificação do jogador (aluno). Conforme Figura 4.22, nesta etapa cada aluno recebe um número para controle.

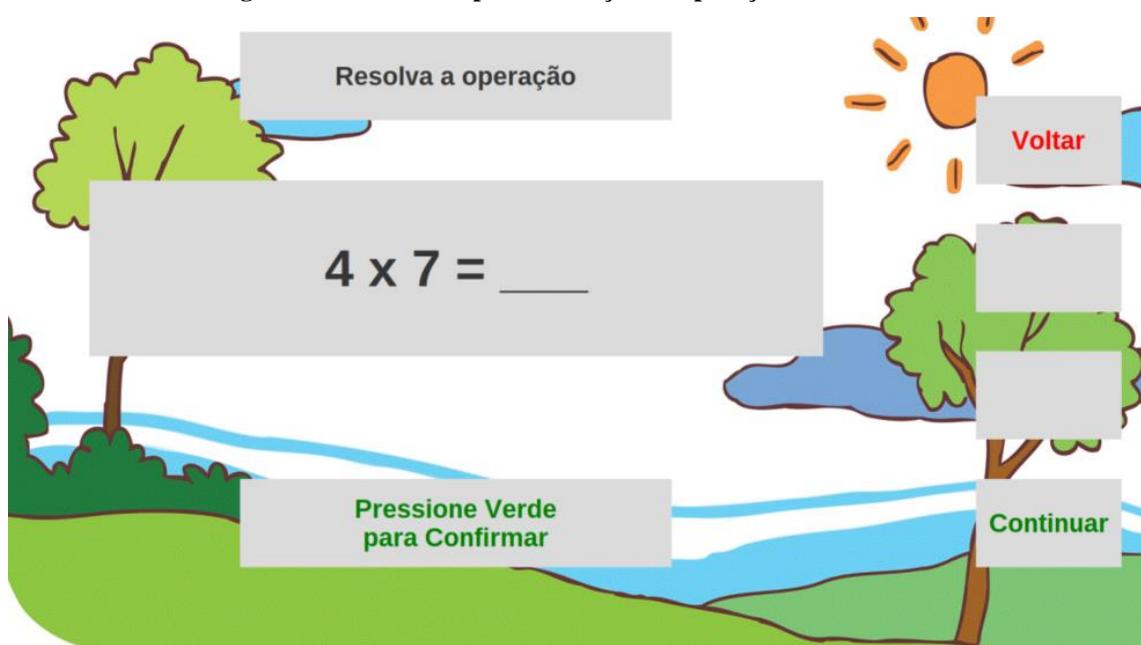
Figura 4.22: Interface de identificação do jogador



Fonte: O Autor

Na sequência é iniciada a atividade propriamente dita, onde uma operação matemática será realizada. Conforme a Figura 4.23, nesta interface o ajuste baseado nas expressões emocionais está em seu estado inicial, então não existe alteração de cor, permanecendo em uma cor neutra. As cores até antes desta interface são todas padronizadas, sendo amarela para o fundo e azul para o texto superior e do meio, o texto inferior sempre mostra da cor da sugestão do botão para ser pressionado.

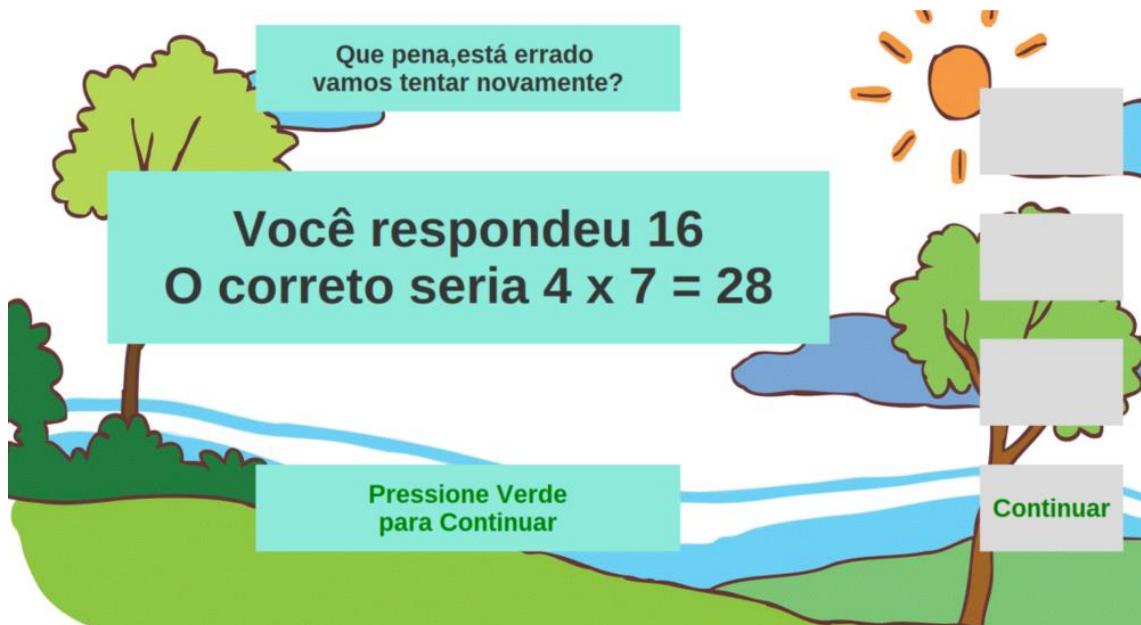
Figura 4.23: Interface para resolução de operações matemáticas



Fonte: O Autor

A Figura 4.24 mostra a interface caso a resposta esteja errada, onde as cores são ajustadas conforme a expressão emocional. Na parte de cima é colocado uma mensagem de incentivo, desafiando-o a continuar e no meio é colocado a resposta correta para que o aluno possa perceber seu erro.

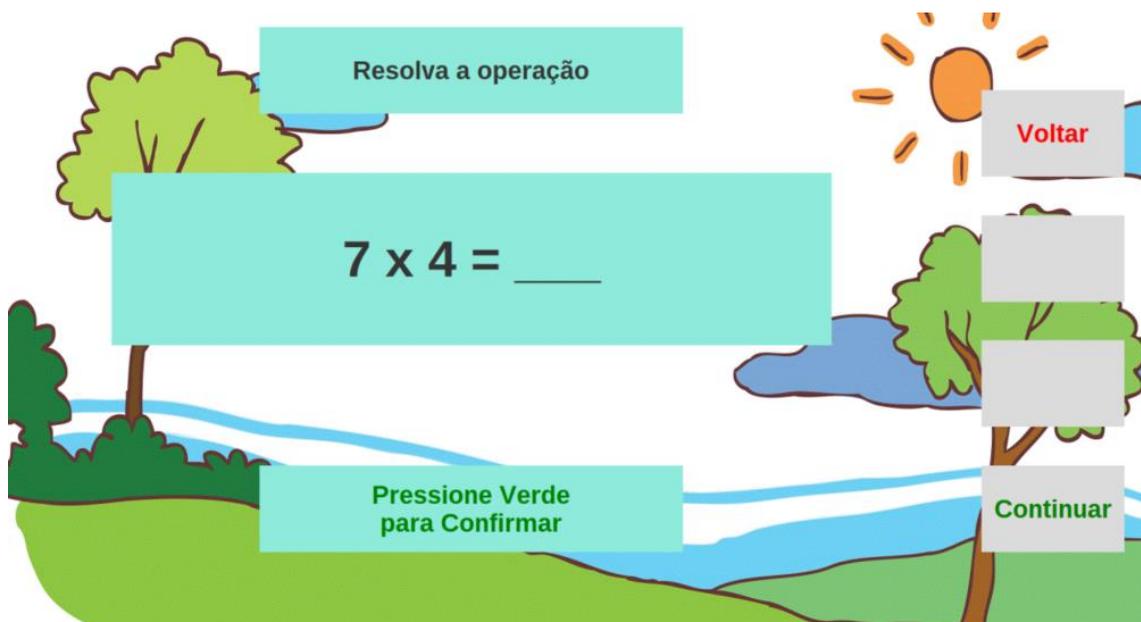
Figura 4.24: Interface caso a resposta esteja incorreta



Fonte: O Autor

Caso o aluno erre alguma conta, a próxima terá os mesmos números, mas invertidos conforme pode ser observado na Figura 4.23 e Figura 4.25. Isso é válido apenas uma vez por rodada, e não é válido para a subtração.

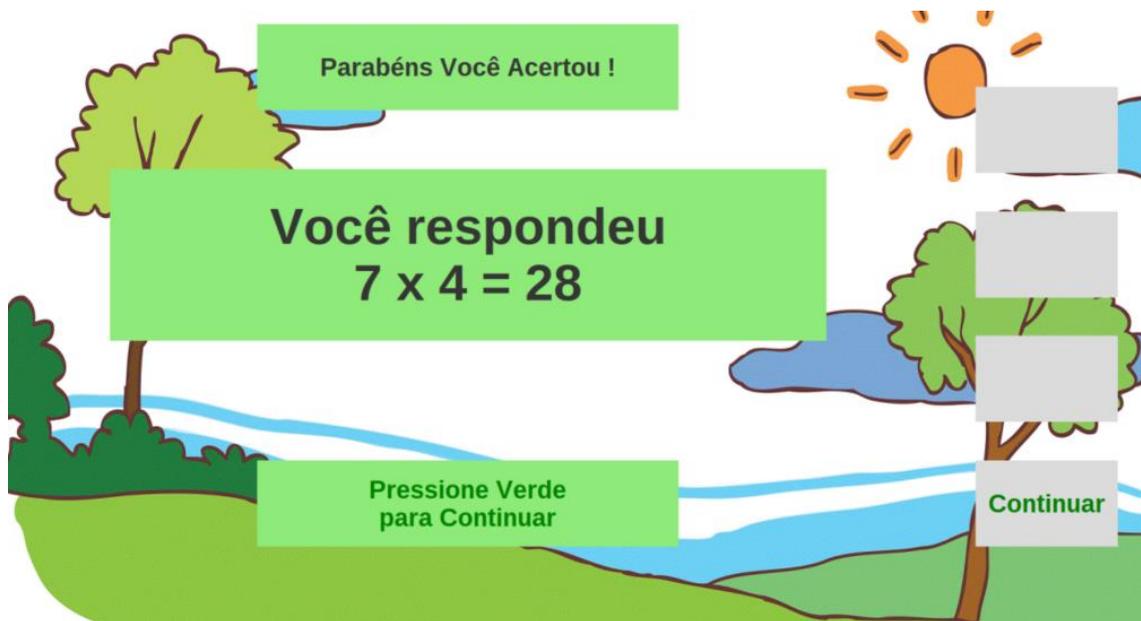
Figura 4.25: Interface com a repetição da operação com valores trocados



Fonte: O Autor

Em caso de acerto do aluno aparecerá uma mensagem parabenizando e mostrando a operação realizada conforme Figura 4.26. Esta interface também tem cor ajustada à expressão emocional do aluno.

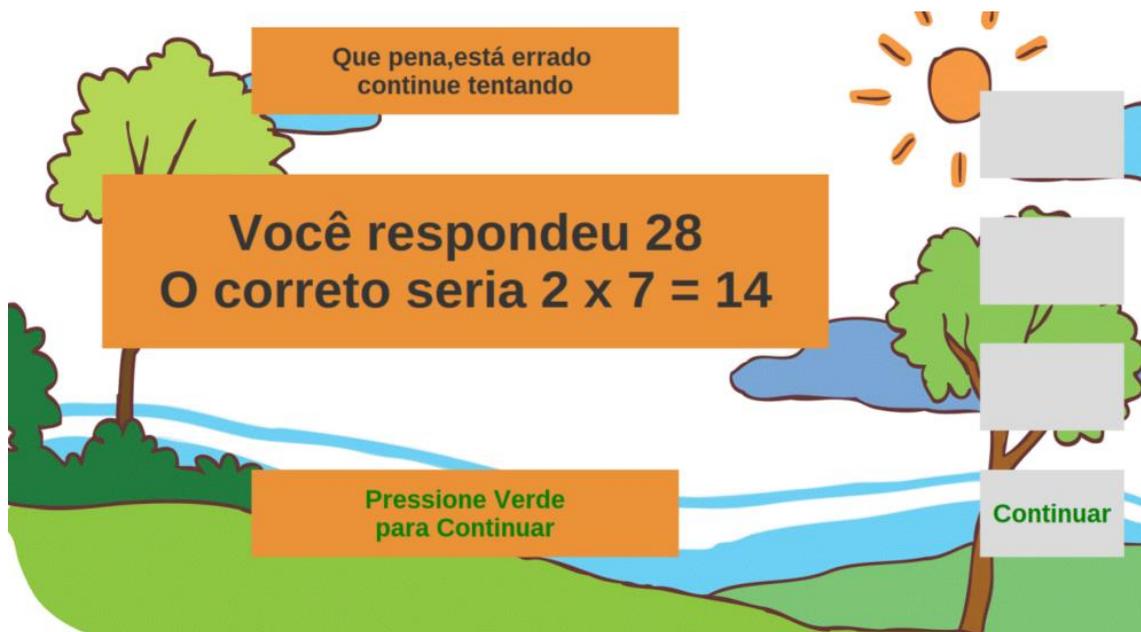
Figura 4.26: Interface caso a resposta esteja correta



Fonte: O Autor

Na Figura 4.27 é possível continuar a observar a mudança de cores quando o aluno começa a expressar emoções negativas.

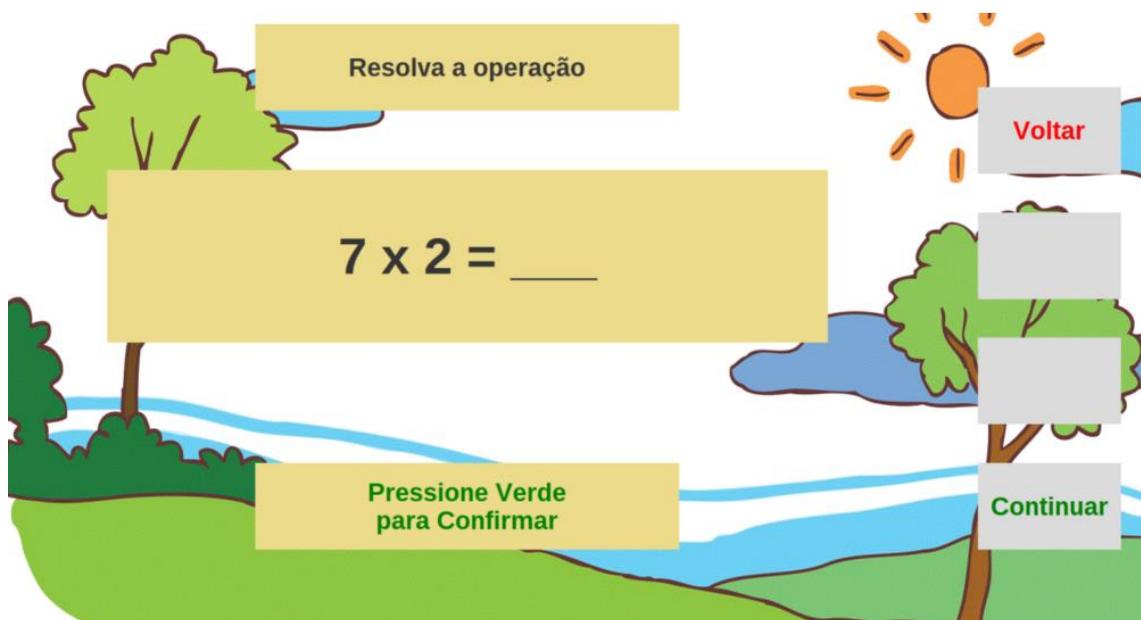
Figura 4.27: Interface mudando as cores - laranja



Fonte: O Autor

Conforme a Figura 4.28, quando o valor da variável de ajuste está mais baixo (emoções negativas), o fundo fica amarelo claro.

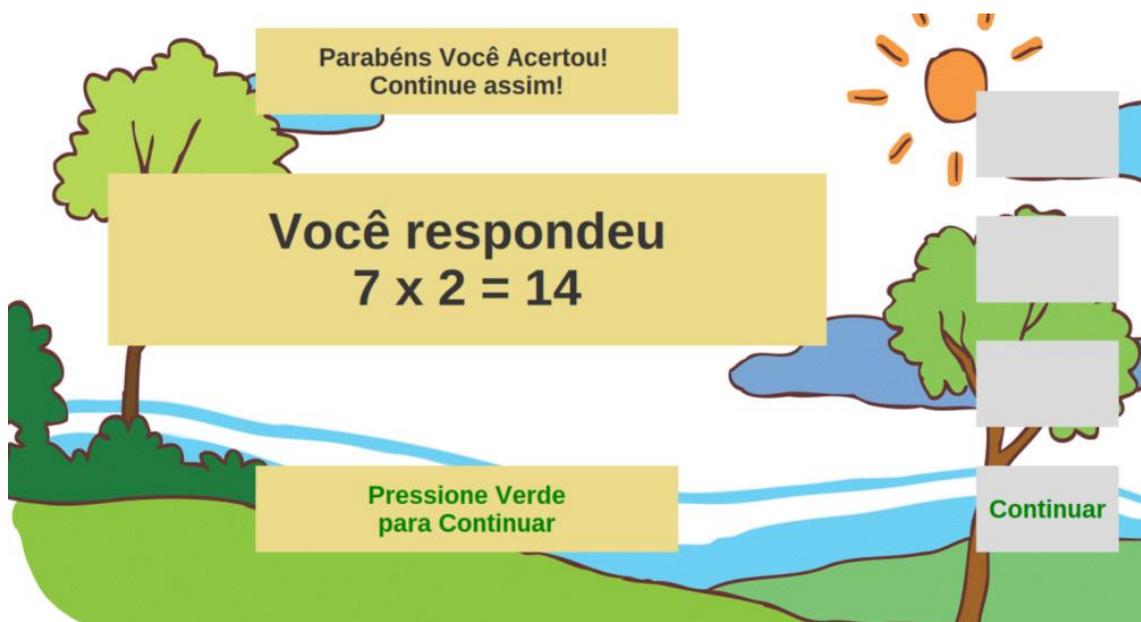
Figura 4.28: Interface mudando as cores – amarelo claro



Fonte: O Autor

Mudanças nas mensagens de erro e acerto também podem ser observadas. A Figura 4.29 apresenta um exemplo de mudança, que busca incentivar o aluno.

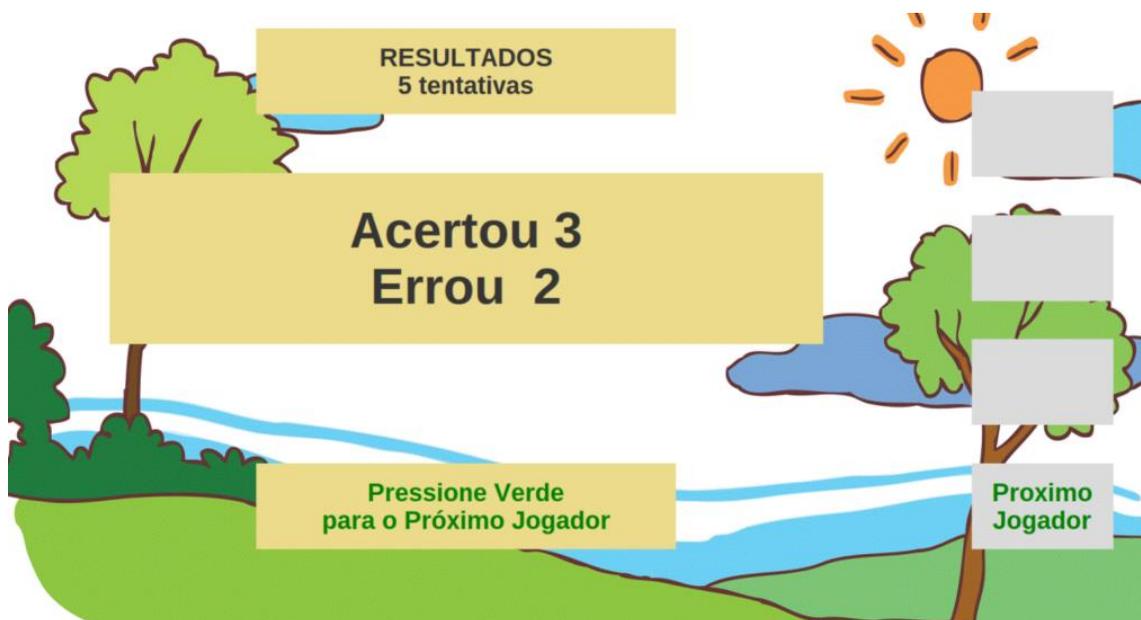
Figura 4.29: Interface com mudança das mensagens



Fonte: O Autor

No Final de 5 tentativas (número configurável), é exibido o resultado conforme a Figura 4.30. mostrando o total de tentativas, quantos acertos e quantos erros.

Figura 4.30: Interface do resultado final de um ciclo



Fonte: O Autor

Estando na interface de resultados e pressionar o botão verde, o EMFK retorna a interface de identificação, para que outro jogador (aluno) inicie o jogo (Figura 4.31).

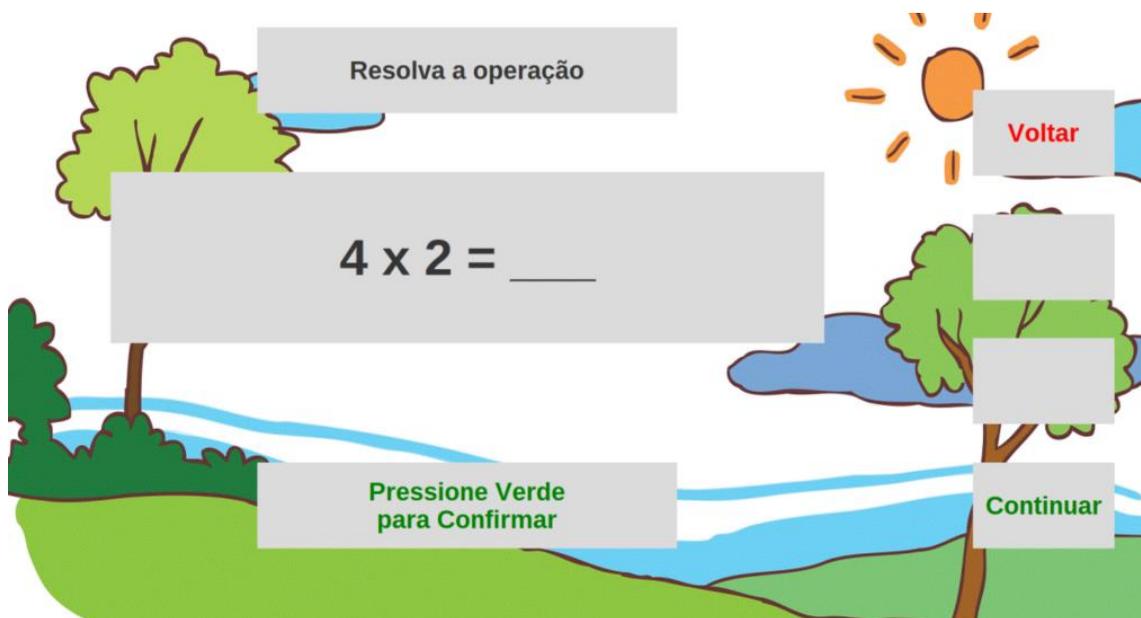
Figura 4.31: Interface para a escolha de outro jogador



Fonte: O Autor

Conforme a Figura 4.32, um novo ciclo se inicia com o ajuste padrão e a cor neutra utilizada.

Figura 4.32: Interface do novo jogador voltando com o ajuste padrão



Fonte: O Autor

4.3.6 Aplicação para Acompanhamento dos Resultados

O sistema EMFK também possui aplicação *Web* para que os professores possam acompanhar os resultados e expressões emocionais dos alunos, e registro da pesquisa. Para esta aplicação foi escolhida a linguagem PHP, pois é amplamente utilizada e possui boa produtividade para o desenvolvimento de aplicativos *Web* com as características necessárias. O código completo da aplicação pode ser acessado no Github através do link: <https://github.com/juliovansan/EMFK.git> e também no Apêndice E.

A Figura 4.33 apresenta a interface inicial com os dados carregados. Nesta primeira versão, o sistema é acessível apenas localmente. A figura apresenta alguns dados essenciais como data e hora em que foi tirada a foto, qual o nível do aluno e qual operação (exercício). Nesta listagem, os dados estão agrupados pelo ciclo da realização

do teste. Ao clicar na foto do lado direito da Figura 4.33, dados sobre a detecção da expressão emocional são apresentados (Figura 4.34).

Figura 4.33: Interface inicial do sistema complementar

Sistema complementar para o acompanhamento dos resultados

EMFK - Emotion Math For Kids

Consulta geral

* Clique na imagem para ver detalhes

Data	Hora	Cod Aluno	Nivel	Operação	CodGrupo	Foto *
03/12/2020	18:47:51	20	21	x	201203164747	
03/12/2020	18:51:04	14	21	x	201203165052	
03/12/2020	18:54:09	43	21	+	201203165356	
03/12/2020	18:57:04	4	21	+	201203165658	
03/12/2020	18:58:41	4	21	+	201203165836	

Fonte: O Autor

Conforme ilustra a Figura 4.34, na interface de detalhes é observada a foto em tamanho maior e todos os detalhes, incluindo: data e hora da captura da imagem, o nível escolar da criança, qual foi a operação, quais são os números exibidos a ela, qual a resposta esperada, o ciclo atual e o valor de ajuste. Também são exibidos os retornos da *Face API da Microsoft*. Ao rolar a interface há os outros resultados do ciclo. No início da interface veem-se botões para voltar a listagem geral dos testes, e botões para ir para o anterior e próximo resultado.

Figura 4.34: Interface com os detalhes do momento da captura da imagem

Sistema complementar para o acompanhamento dos resultados

EMFK - Emotion Math For Kids

Consulta Detalhada

Lista Geral

< >

Anterior = 201203164747 | Próximo = 201203165356



Dados

CodGrupo	Data	Hora	Cod Aluno	Nivel	N1	Operação	N2	Resp dada	Resp Esperada	Ciclo	Ajuste
201203165052	03/12/2020	18:51:04	14	21	4	x	10	1	40	1	3

Emoções

Momento	Neutro	Felicidade	Surpreso	Raiva	Tristeza	Desprezo	Desgosto	Medo	Idade	Genero
Pre	0.006	0	0	0	0.984	0	0.01	0	3	female

Fonte: O Autor

A Figura 4.35 exemplifica a importância desta análise onde a Face API não foi capaz de realizar a detecção. No primeiro caso (parte superior da Figura 4.35) a Webcam se deslocou, já no segundo caso o autofocus da Webcam não estava correto. Nestas situações os valores ficaram todos negativos. Com isso o professor pode fazer ajustes para que o EMFK volte a funcionar corretamente, tais funcionalidades também foram utilizadas pelo pesquisador para coletar dados sobre o funcionamento e para fazer ajustes no sistema.

Figura 4.35: Interface com os detalhes de erro de captura de imagem



Dados

CodGrupo	Data	Hora	Cod Aluno	Nivel	N1	Operação	N2	Resp dada	Resp Esperada	Ciclo	Ajuste
201203163356	03/12/2020	18:56:17	43	21	1	+	3	4	4	6	0

Emoções

Momento	Neutro	Felicidade	Surpreso	Raiva	Tristeza	Desprezo	Desgosto	Medo	Idade	Genero
PosC	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Dados

CodGrupo	Data	Hora	Cod Aluno	Nivel	N1	Operação	N2	Resp dada	Resp Esperada	Ciclo	Ajuste
201203163356	03/12/2020	18:56:40	43	21	1	+	3	4	4	6	0

Emoções

Momento	Neutro	Felicidade	Surpreso	Raiva	Tristeza	Desprezo	Desgosto	Medo	Idade	Genero
PosR	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Fonte: O Autor

Na Figura 4.36 temos um exemplo com o *zoom* mais distante (no navegador), em que se podem verificar os vários resultados de um ciclo com um único jogador. Assim é possível verificar sequências de expressões emocionais e, por exemplo, realizar uma intervenção.

Figura 4.36: Interface com a visualização de vários momentos do mesmo ciclo

Sistema complementar para o acompanhamento dos resultados
EMFK - Emotions Math For Kids
 Consulta Detalhada

Atividade - 20120104717 | Realização - 20120105706



Dados:

CentGrupos	Data	Mens	Est. Aluno	Ativ	At	Operação	At	Resp. Data	Resp. Esperada	Ciclo	Ajuste
20120104702	01-12-2012	13-31-01	11	22	1	-	22	1	00	1	1

Emoções:

Momento	Neutro	Felicidade	Surpresa	Raiva	Tristeza	Desprezo	Desprezo	Medo	Medo	Consc
Pos	0,000	0	0	0	0,000	0	0,000	0	0	Normal



Dados:

CentGrupos	Data	Mens	Est. Aluno	Ativ	At	Operação	At	Resp. Data	Resp. Esperada	Ciclo	Ajuste
20120104702	01-12-2012	13-31-01	11	22	1	-	22	00	00	1	1

Emoções:

Momento	Neutro	Felicidade	Surpresa	Raiva	Tristeza	Desprezo	Desprezo	Medo	Medo	Consc
Pos	0,000	0	0	0	0,000	0	0,000	0	0	Normal



Dados:

CentGrupos	Data	Mens	Est. Aluno	Ativ	At	Operação	At	Resp. Data	Resp. Esperada	Ciclo	Ajuste
20120104702	01-12-2012	13-31-01	11	22	1	-	22	00	00	1	0

Emoções:

Momento	Neutro	Felicidade	Surpresa	Raiva	Tristeza	Desprezo	Desprezo	Medo	Medo	Consc
Pos	0,000	0	0	0	0,000	0	0,000	0	0	Normal



Dados:

CentGrupos	Data	Mens	Est. Aluno	Ativ	At	Operação	At	Resp. Data	Resp. Esperada	Ciclo	Ajuste
20120104702	01-12-2012	13-31-01	11	22	1	-	22	00	00	1	0

Emoções:

Momento	Neutro	Felicidade	Surpresa	Raiva	Tristeza	Desprezo	Desprezo	Medo	Medo	Consc	
Pos	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0	0,000	0	1	Normal



Dados:

CentGrupos	Data	Mens	Est. Aluno	Ativ	At	Operação	At	Resp. Data	Resp. Esperada	Ciclo	Ajuste
20120104702	01-12-2012	13-31-01	11	22	1	-	22	00	00	1	0

Emoções:

Momento	Neutro	Felicidade	Surpresa	Raiva	Tristeza	Desprezo	Desprezo	Medo	Medo	Consc	
Pos	0,000	0	0	0	0,000	0,000	0	0,000	0	1	Normal

Fonte: O Autor

5. Avaliação do Sistema

Este capítulo apresenta as avaliações realizadas no sistema EMFK. A Seção 5.1 descreve uma avaliação inicial *online* com professores com experiência no ensino fundamental. A Seção 5.2 descreve avaliação presencial com uma coordenadora e uma professora de matemática, já a Seção 5.3 descreve um teste realizado com uma criança.

Em função das dificuldades na realização de atividades diretamente com as crianças devido aos problemas sanitários da Covid-19, foi realizada primeiramente uma avaliação *online* apenas com professores. Inicialmente, estava previsto estudo de caso com 5 etapas descritas no documento enviado ao CEP. Como as condições sanitárias não permitiram um estudo de caso completo, foi realizada uma avaliação com uma coordenadora e uma professora, posteriormente também foi realizado um teste com uma criança (respeitando os termos do documento enviado ao CEP).

5.1. Avaliação Inicial Online

O objetivo deste estudo é avaliar a viabilidade do EMFK. Pretende-se identificar problemas de interface, novos requisitos, problemas de funcionamento bem como identificar oportunidades e desafios para novas pesquisas.

O estudo foi realizado de 21 a 24 de janeiro de 2021. Participaram 7 (sete) professoras, todas graduadas em pedagogia e com experiência no ensino fundamental. As participantes foram recrutadas por meio de convites por e-mail do pesquisador para professores de escolas do ensino fundamental de São Paulo, Brasil. Uma das participantes é coordenadora pedagógica de uma escola do ensino fundamental.

Após a leitura e aceitação do TCLE, os participantes assistiram a um vídeo com uma apresentação de como funciona o sistema EMFK, este vídeo está disponível em: <https://youtu.be/uaQltmBOTCg>. A avaliação se deu de maneira livre por meio de formulário de avaliação no Google Forms conforme Apêndice C. Os participantes analisaram a solução individualmente, incluindo recursos do sistema com atividades pré-cadastradas, sem interferência ou discussão com o pesquisador. O formulário inclui oito questões de múltipla escolha e duas questões abertas. A próxima seção apresenta os resultados obtidos para cada questão.

5.1.1. Resultados da Avaliação inicial com Professores

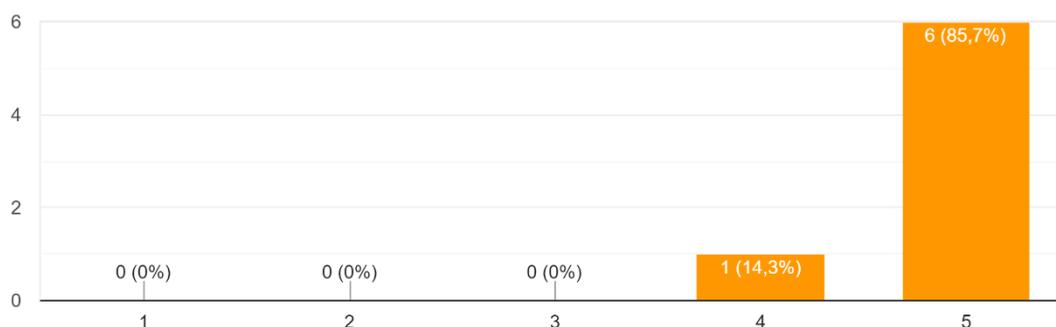
As quatro primeiras perguntas tiveram esta introdução: “Baseado no vídeo (<https://youtu.be/uaQltmBOTCg>) da apresentação do protótipo EMFK responda as perguntas abaixo avaliando de 1 a 5 Sendo 1 auxiliaria pouco e 5 auxiliaria muito.”

A primeira pergunta foi: “Este dispositivo poderia auxiliar no ensino de matemática para as crianças do 2º ano?” Sendo que 6 professoras ou 85,7% responderam que ajudariam muito, conforme a Figura 5.1 100% das respostas foram positivas.

Figura 5.1: Gráfico de resposta sobre crianças do 2º ano

Este dispositivo poderia auxiliar no ensino de matemática para as crianças do 2º ano?

7 respostas

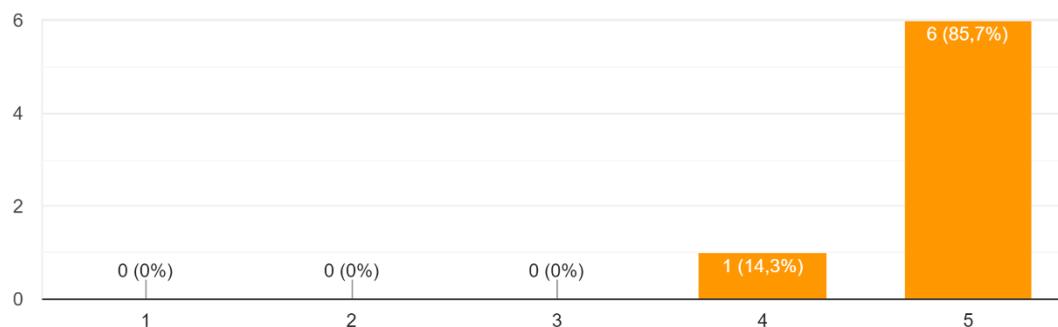


Fonte: O Autor

A pergunta 2 foi: “Este dispositivo poderia auxiliar no ensino de matemática para as crianças no início do 3º ano?”. Conforme a Figura 5.2, da mesma maneira que a pergunta anterior, 85,7% das professoras responderam que ajudaria muito e apenas 14,3% nota 4 na escala de 1 a 5, ou seja 100% de respostas positivas.

Figura 5.2: Gráfico de resposta sobre crianças do 3º ano

Este dispositivo poderia auxiliar no ensino de matemática para as crianças no início do 3º ano?
7 respostas

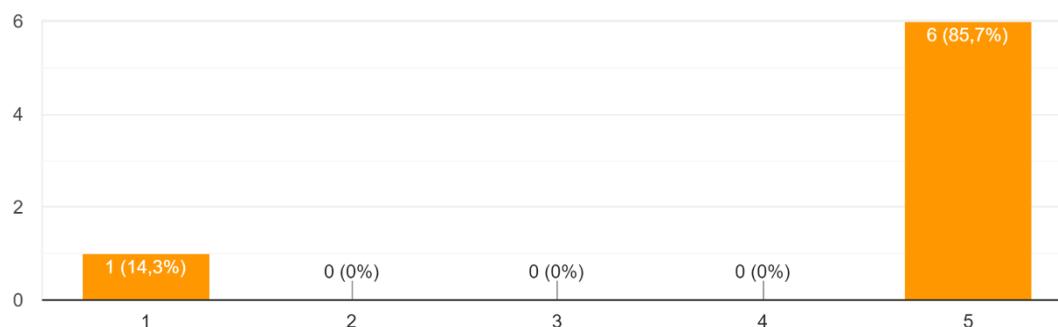


Fonte: O Autor

Para a pergunta 3 “*Este dispositivo poderia ser utilizado para crianças menores?*” 6 professoras responderam que ajudaria muito e 1 que ajudaria pouco. Conforme a Figura 5.3 85,7% de respostas positivas e 14,3% de respostas negativas.

Figura 5.3: Gráfico de respostas sobre crianças menores

Este dispositivo poderia ser utilizado para crianças menores?
7 respostas

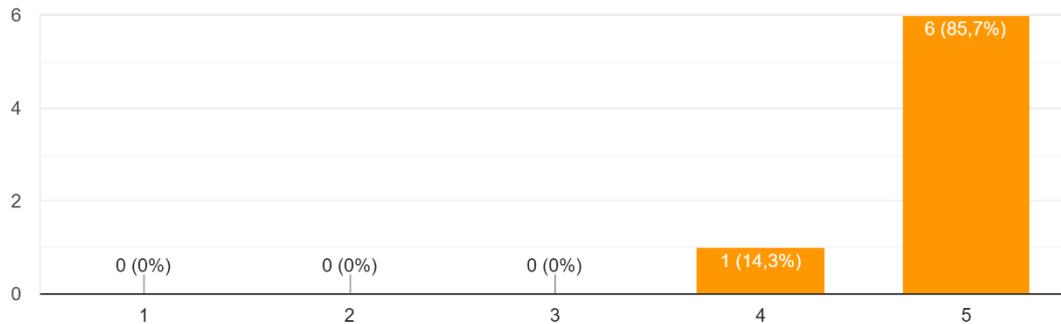


Fonte: O Autor

A próxima pergunta foi “*Quanto que atividades assim auxiliam aumentam o aprendizado?*” 6 professoras responderam que ajudam muito e apenas 1 professora colocou 4 na escala de 1 a 5. Conforme a Figura 5.4 100% de respostas são positivas.

Figura 5.4: Gráfico de resposta se atividades assim ajudam o aprendizado

Quanto que atividades assim auxiliam aumentam o aprendizado?
7 respostas

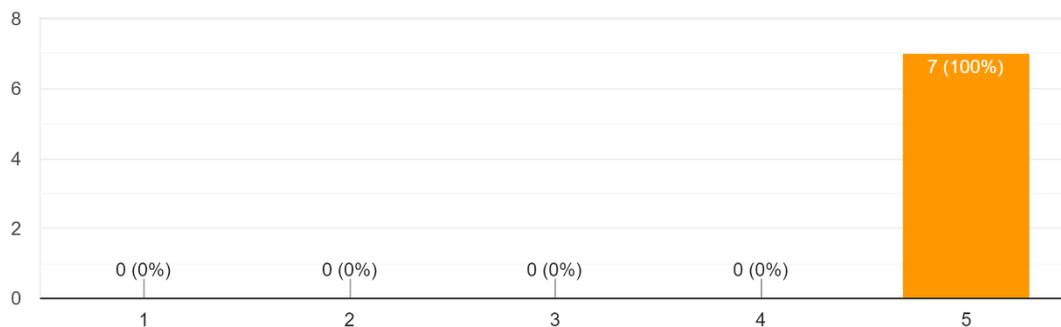


Fonte: O Autor

Nas próximas 2 perguntas foi feita a seguinte introdução: *“Baseado no vídeo <https://youtu.be/uaQltmBOTCg> da apresentação do protótipo EMFK responda as perguntas abaixo avaliando de 1 a 5 Sendo 1 pouco importante e 5 muito importante.”* A pergunta 5 foi *“É importante ter algo Lúdico no ensino da matemática?”* e conforme a Figura 5.5 100% das professoras responderam que é muito importante.

Figura 5.5: Gráfico de resposta sobre a importância do aspecto lúdico

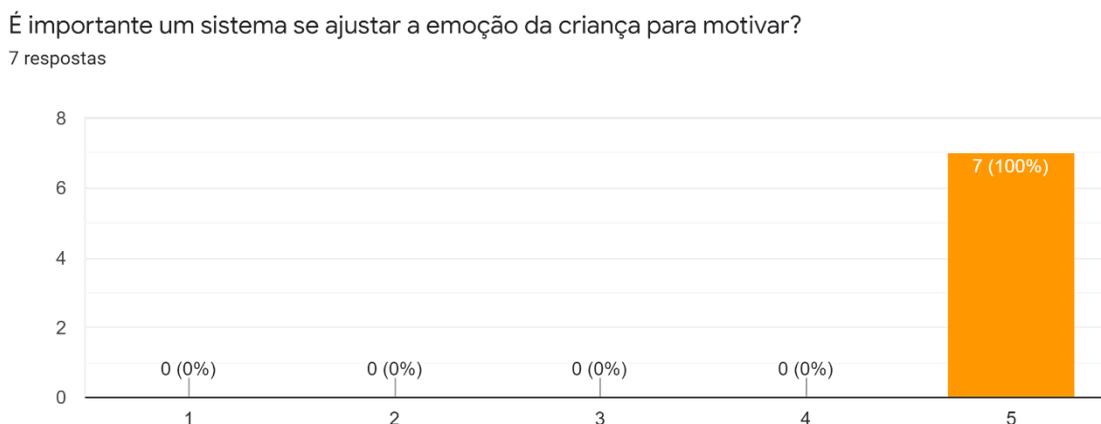
É importante ter algo Lúdico no ensino da matemática?
7 respostas



Fonte: O Autor

A pergunta 6 foi “É importante um sistema se ajustar à emoção da criança para motivar?”. Todas as professoras responderam que é muito importante, conforme pode ser observado na Figura 5.6.

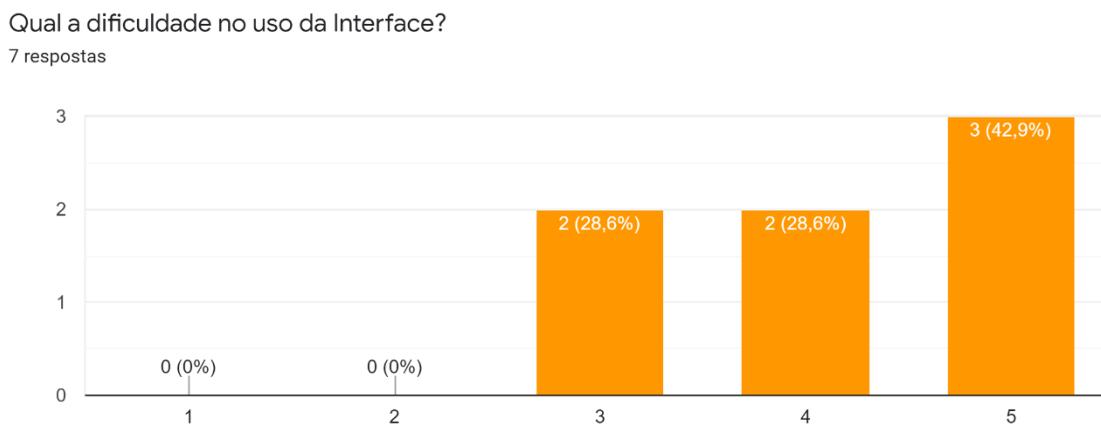
Figura 5.6: Gráfico de resposta sobre o sistema se ajustar à emoção



Fonte: O Autor

Nas próximas duas perguntas a introdução foi a seguinte: “Baseado no vídeo <https://youtu.be/uaQltmBOTCg> da apresentação do protótipo EMFK responda as perguntas abaixo avaliando de 1 a 5 Sendo 1 complicado e 5 fácil”. A pergunta 7 foi “Qual a dificuldade no uso da Interface?”. Conforme Figura 5.7, 42,9% responderam seria fácil usar a interface e 28,6% responderam 4 na escala de 1 a 5, totalizando 71,5% de respostas positivas. Ainda, 28,6% responderam 3 nesta mesma escala, sendo respostas neutras.

Figura 5.7: Gráfico de resposta sobre a dificuldade da interface



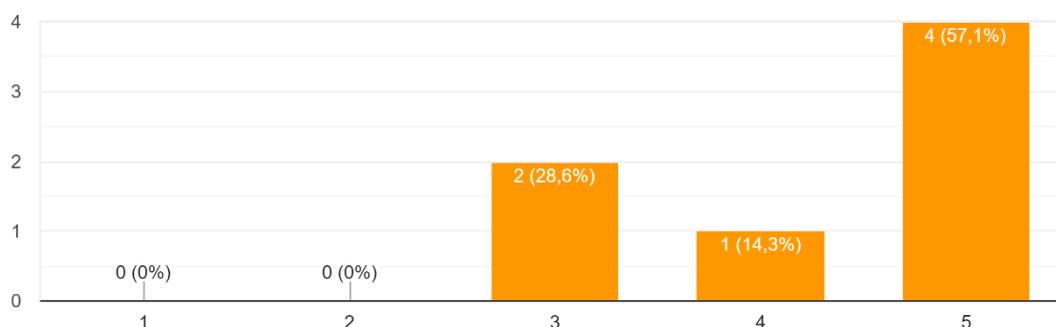
Fonte: O Autor

A oitava pergunta foi “Qual o entendimento das mensagens que aparecem durante o uso?”, para a qual 57,1% responderam que foi fácil o entendimento das perguntas, 14,3% 4 na escala de 1 a 5, totalizando 71,5% de respostas positivas. Ainda, 28,6% responderam 3 nesta mesma escala, ou seja, respostas neutras conforme ilustra a Figura 5.8.

Figura 5.8: Gráfico de resposta da pergunta2

Qual o entendimento das mensagens que aparecem durante o uso?

7 respostas



Fonte: O Autor

Ainda foram feitas 2 perguntas com respostas abertas, sendo a primeira: “Você teria sugestões de melhoria no dispositivo?”. As sugestões de melhoria foram:

1. inclusão de comunicação com as crianças;
2. uma tela maior;
3. outros tipos de exercícios com expressões numéricas para ser utilizado para alunos maiores do 4º e 5º anos.

A outra pergunta aberta foi “O que você acredita que falta para colocar em uso?”. As sugestões para uso foram:

1. produção em série, para ter um para cada aluno;
2. disponibilizar para que o aluno realmente possa usar;
3. a criação de outros tipos de desafios (atividades);
4. realizar a divulgação do dispositivo;
5. incentivar os professores a usar.

5.2. Avaliação presencial com professora e coordenadora pedagógica

No dia 10 de maio de 2021 foi realizada uma avaliação presencial com uma coordenadora pedagógica de uma escola de ensino fundamental, que também atua em substituição de professores em caso de ausências. Na sequência uma professora de matemática também fez o uso e avaliou o EMFK. Ambas têm contato direto com diversas turmas de diferentes idades e têm uma visão geral dos conteúdos abordados durante todo o ensino fundamental I.

Para realização da avaliação o sistema foi montado em uma sala de aula vazia na mesa do professor. Em seguida foi realizada uma apresentação do pesquisador para mostrar e explicar o funcionamento do EMFK, desde seu início (*boot*) até a aplicação dos testes aos alunos e finalização.

Após a apresentação, a coordenadora e a professora (na sequência) usaram o sistema primeiramente no papel de professor, ou seja, com as funcionalidades definidas para o professor, e depois no papel de jogador, conforme apresentado na Figura 4.5. No papel de jogador/aluno, elas realizaram as diversas operações simulando acertos e erros dos alunos, com objetivo de visualizar ajustes no sistema. Após isso, foi realizada sessão de *debriefing*, onde foram questionadas, refletiram e discutiram em conjunto a atividade recentemente realizada. Por fim o pesquisador, com base na observação e anotações, sintetizou os resultados.

5.2.1. Resultados da Avaliação presencial com professora e coordenadora pedagógica

Os parágrafos a seguir apresentam os resultados de questionamentos e discussões na sessão de *debriefing* com a professora e coordenadora pedagógica.

A primeira pergunta foi: “*Relate as dificuldades encontradas no uso do sistema. As mensagens estão claras?*” A resposta indica que não houve nenhuma dificuldade durante o uso, nem do ponto de vista do professor e nem dos alunos. Destacaram que as mensagens e passos do sistema estão claros.

A próxima pergunta foi: “*Este sistema poderia auxiliar no ensino de matemática para as crianças do 2º ano?*” A resposta obtida foi sim, poderia ser usado com crianças

do 2º ano e até mais velhas, mas neste caso desde que fossem outros conteúdos, por exemplo, problemas matemáticos.

A terceira pergunta foi: *“Este sistema poderia ser utilizado para crianças menores?”* A resposta obtida foi sim, poderia ser usado para as crianças menores principalmente para auxiliar na associação dos números e quantidades, bem como para as crianças perceberem por exemplo que 3×2 é o mesmo que 2×3 .

Na sequência foi questionado *“se atividades assim auxiliam e aumentam o aprendizado”* A resposta foi positiva pois, segundo as participantes, os alunos aprendem mais quando existem atividades além do papel, livro e lousa. Além disso, ao saber que farão uma atividade desta forma os alunos estudam mais, para poder acertar mais questões, já que no sistema apresentado as respostas não são de múltipla escolha e exigem uma resposta; ou seja, eles não podem “chutar” qualquer alternativa. Como o sistema apresenta um placar final com os acertos e erros, a tendência é que os alunos disputem entre si para ver quem acerta mais.

Na quinta pergunta foi questionado *“se é importante ter algo lúdico no ensino da matemática”* A resposta obtida foi sim, e principalmente para crianças com dificuldades em algum dos conteúdos, onde o professor pode abordar o conteúdo de forma diferente em uma aula de reforço e de forma lúdica. Segundo as participantes durante o jogo ou brincadeira a criança aprende.

A sexta pergunta foi: *“É importante um sistema se ajustar à emoção da criança para motivar?”* A resposta foi que sim, consideram muito interessante para tentar manter o aluno motivado e que o ajuste de dificuldade seria muito útil para crianças com algum déficit de aprendizagem ou deficiência intelectual, pois esses alunos precisam estar motivados para aprender.

Na sétima pergunta foi questionado *“se este sistema poderia ser aplicado a outros conteúdos e disciplinas”* A resposta foi que poderia ser aplicado em qualquer conteúdo com respostas por alternativas, por exemplo, conteúdos de história e geografia. As participantes também citaram a possibilidade de uso no ensino da língua portuguesa, por exemplo, para a grafia correta das palavras com as letras “S Z SS Ç”, que causam muitas confusões; neste caso, os cartões de resposta deveriam ser letras ao invés de números.

Na Oitava e última pergunta foram solicitadas “*sugestões de melhoria no dispositivo e o que você acredita que falta para colocar em uso?*” As respostas estão relacionadas com melhorias e possibilidades de adaptação para outros conteúdos, bem como a inclusão de interfaces para cadastrar questões e respostas dinamicamente. Outra sugestão foi desenvolver uma forma de se jogar em duplas para responder as questões, podendo ser de maneira colaborativa ou como adversários, e assim, estimular o estudo por meio de uma disputa de forma saudável. Também foi relatado que seria interessante para colocar em uso várias unidades, para que mais alunos pudessem jogar ao mesmo tempo em uma sala de aula.

5.3. Avaliação presencial com uma criança

No dia 10 de maio de 2021 também foi realizada uma atividade presencial com uma criança de 8 anos estando matriculada no 2º ano. O EMFK foi levado até sua residência e montado em um escritório, onde foi possível observar o uso.

Primeiramente foi realizada uma explicação e demonstração do funcionamento do EMFK, depois a criança usou o dispositivo por diversas vezes e executou várias operações. O nível de dificuldade foi crescente conforme a criança obteve acertos. O tempo de uso do sistema foi de aproximadamente 25 minutos. O pesquisador anotou o comportamento da criança, bem como utilizou a ferramenta para acompanhar as mudanças nas expressões da criança. Após o teste foi aplicado um rápido questionário com 5 afirmações com as respostas dadas na escala Likert, conforme Apêndice F.

5.3.1. Resultados da Avaliação com uma criança

Foi possível observar que, de modo geral, a criança não teve nenhuma dificuldade maior no uso do EMFK. Inicialmente ficou com dúvidas em relação a colocar o número zero no local da dezena para as operações mais fáceis, mas logo em seguida não teve mais dificuldade. Após o uso da primeira rodada, que foi um exercício de adição ela quis executar as outras operações do nível 1 do 2º ano. Posteriormente, ela quis aumentar o nível de dificuldade para o nível 2 do 2º ano realizando, com operações de adição e subtração. Na sequência também quis aumentar a dificuldade para o 3º ano, mas nesse

caso apenas para operação de adição, e para finalizar foi realizada mais algumas operações do 2º ano no nível 2.

O processo de recolocação dos cartões de volta entre cada operação ocorreu sem problemas e de maneira “automática”. Foi possível observar os ajustes do sistema quando havia alguma resposta errada, bem como as alterações das interfaces conforme havia mudanças nas expressões emocionais. Expressões de felicidade e neutras foram detectadas quando a criança estava pensando ou lendo a operação a ser realizada.

A criança se mexeu bastante durante o teste já que estava usando uma cadeira giratória. Isso dificultou algumas capturas de imagens, algumas ficaram borradas dificultando o reconhecimento pela API, mas a maioria das imagens ficaram boas. Durante a aplicação do teste, foi possível observar a animação da criança por estar usando algo novo para ela e mesmo estando cansada após um dia de aula ela realizou todas as tarefas que foram solicitadas.

Por fim, a criança respondeu positivamente para as afirmações: “*Gostei de realizar esta atividade*”; “*Gostaria de realizar outras vezes*”; “*Acredito que aprenderia mais desta forma*”; e “*Gostei de usar um computador desta forma*”. A criança respondeu negativamente para a afirmação: “*Foi fácil usar e realizar as atividades*”. Isto reforça que a criança precisou pensar bastante para realizar as atividades, já que ela mesma quis aumentar o nível de dificuldade.

6. Discussão

Este capítulo apresenta uma discussão dos resultados obtidos na Seção 6.1 e a Seção 6.2 apresenta as limitações encontradas.

6.1. Discussão sobre os Resultados

De um modo geral, a avaliação do EMFK foi positiva, na avaliação inicial a maioria das professoras participantes acredita que o dispositivo poderia ser utilizado para o 2º e 3º anos e para crianças menores. Em relação ao uso da interface, a maioria (notas 4 e 5) acreditam que a interface está fácil de se usar, o entendimento das mensagens também está bom para a maioria. Nesta avaliação as professoras apenas assistiram ao vídeo e não testaram em detalhes.

Avaliações adicionais com o uso do dispositivo foram realizadas com uma coordenadora e uma professora, bem como com uma criança. Desta maneira, trouxeram contribuições mais concretas sobre o uso do EMFK na prática. O resultado com as professoras (seção 5.2.1) destacam a facilidade de uso e diversas sugestões de aplicações e possibilidades.

As professoras (tanto da avaliação preliminar, como da avaliação presencial) concordaram sobre a importância de considerar o uso de atividades e objetos lúdicos para ajustar o sistema de acordo com a expressão emocional da criança. Além disso, acreditam que as atividades propostas podem auxiliar no aprendizado de habilidades básicas de matemática, o que confirma que a estratégia de uso elementos lúdicos e de gamificação podem trazer bons resultados.

Em relação às respostas em aberto da avaliação inicial e na sessão de *debriefing*, as sugestões ligadas com a ampliação do uso indicam que faltam elementos para colocar o EMFK em prática (ex: incentivo e divulgação), bem como possibilitar a produção em escala (um para cada aluno). Os aprimoramentos sugeridos estão relacionados com novos mecanismos de interação (ex: por voz), melhorias no *hardware* (ex: tela maior) e inclusão de novas atividades e aplicação a outras disciplinas. Destacamos que, salvo a produção em escala ou ao menos ter mais dispositivos disponíveis, todas as sugestões são incrementais e passíveis de serem executadas em médio prazo.

6.2. Principais Limitações

Conforme citado na Seção 5.1, a pandemia da Covid-19 impôs uma série de restrições e dificuldades para a realização de atividades diretamente com as crianças. Isso limitou a avaliação dos resultados principalmente do ponto de vista educacional, não sendo possível gerar mais dados estatísticos em escala, bem como verificar a evolução das crianças durante um período mais longo de testes.

Outra limitação é a relação da emoção versus expressão emocional. Uma pessoa pode estar triste e apresentar uma expressão emocional de felicidade, dificultando o uso de técnicas exclusivamente por recolhimento de imagens. Para uma verificação mais exata seria interessante o uso de outros sensores para auxiliar essa detecção, sendo necessário estudos adicionais.

A solução também é limitada em termos de capacidade de reconfiguração. Algoritmos de interfaces inteligentes poderiam ser utilizados para promover reconfigurações mais abrangentes de modo a trazer mais benefícios para o jogador. Soluções que trabalhem de forma mais intensa o conceito de corporificação (*embodiment*) poderiam ser trabalhadas, uma vez que o EMFK está limitado a trabalhar com objetos tangíveis com sensores fixos no dispositivo. Por fim, é importante destacar que a solução também é limitada no que diz respeito ao desenvolvimento de atividades em conjunto, embora estas possam ser construídas em diferentes narrativas utilizando o EMFK.

7. Conclusão

As emoções têm influência direta em várias atividades humanas, tais como a aprendizagem. Sistemas computacionais que lidam e se adaptam às emoções dos alunos, bem como trabalham aspectos lúdicos, de computação tangível e de *gamificação*, podem trazer benefícios inexplorados para a aprendizagem. Para tanto, esta dissertação apresentou a concepção, desenvolvimento e avaliação o sistema EMFK, como uma solução que é capaz de se adaptar a expressão emocional dos alunos, com objetivo de promover a aprendizagem personalizada de conceitos básicos de matemática. O EMFK também faz uso de objetos tangíveis e *gamificação* para estimular a motivação dos alunos. A Seção 7.1 apresenta as principais contribuições da pesquisa; a Seção 7.2 detalha os próximos passos; e, for fim, a Seção 7.3 faz as considerações finais.

7.1. Contribuições da Pesquisa

Com o objetivo de responder à questão de pesquisa apresentada no início desta dissertação: “Como realizar o *design* e qual o impacto de um sistema tangível que considera aspectos ligados às emoções para o auxílio do aprendizado lúdico da matemática?”, relata-se a experiência do *design* e o desenvolvimento e avaliação do EMFK. Com base nessas, a seguir são destacadas as contribuições obtidas:

- **Método de design e concepção do sistema:** Foi descrito o método de *design* empregado, que pode assim ser utilizado em outros projetos; e a concepção do sistema, que pode servir de base para desenvolvimento de soluções futuras.
- **Projeto de Hardware e Software:** Tanto o projeto de *hardware* quando o de *software* são detalhados nesta dissertação, podendo ser reutilizados e adaptados para soluções futuras direcionadas a outros domínios de ensino (ex: línguas e biologia) e outras faixa etárias.
- **Dispositivo (hardware):** O dispositivo individualmente é uma contribuição separada do sistema como um todo, pois este pode ser utilizado para receber outras aplicações de modo a propiciar interação via RFID, controles simplificados e captura de vídeo.
- **Sistema EMFK:** O sistema integrado com aplicações, dispositivo e conteúdo possui características únicas em relação à literatura da área. Ele é resultado da

integração de tecnologias e concretização de conceitos que ainda não haviam sido explorados em conjunto, representando assim um passo substancial no conhecimento de como projetar e desenvolver sistemas mais complexos com capacidade de enativas na aprendizagem.

- **Aplicação e avaliação:** Resultados do desenvolvimento, aplicação e avaliação contribuem para um melhor entendimento sobre o uso, expectativas e desafios de sistemas com características próximas ao EMFK na prática. As sugestões apresentadas, bem como dificuldades e acertos podem servir para o direcionamento de outras pesquisas em temas relacionados.

Esta dissertação resultou em artigo aceito para publicação na *23RD International Conference On Human-Computer Interaction - HCI International 2021*, contendo o projeto, desenvolvimento e avaliação inicial do EMFK. Planeja-se realizar avaliação completa e submeter artigo para uma revista qualificada na área.

7.2. Trabalhos Futuros

Esta seção apresenta os principais trabalhos futuros, conforme detalhados a seguir:

- Avaliação completa e em prazo maior com estudantes após o término das restrições sanitárias da Covid-19. Esta avaliação permitirá obter um *feedback* mais claro e preciso sobre o uso da EMFK em sala de aula, e seus potenciais benefícios para aprendizagem e necessidade de aprimoramentos. Além disso, está prevista a especificação de outras atividades de matemática, como outros problemas e questões, também outras atividades de conteúdos diversos, por exemplo, língua portuguesa.
- Outro trabalho futuro será o uso de técnicas de RA (Realidade Aumentada). Desta maneira seria possível o uso do sistema sem necessidade de deslocar um dispositivo específico em lugares diferentes. Tal solução poderia utilizar, por exemplo, cartões com os números impressos e alguns símbolos para indicar as operações que são capturadas por uma *Webcam* em um computador comum, e desta maneira fazer a

identificação do número em vez dos sensores RFID utilizados. Os prós e contras de uma solução de RA, em relação a um dispositivo físico poderão ser analisados, bem como o potencial uso de soluções com as duas abordagens.

- Também está planejado investigar o *design* de um ambiente de aprendizagem interativo completo, com vários dispositivos interconectados (incluindo EMFKs e outros dispositivos em rede), que se adaptam às expressões emocionais dos alunos. Tal ambiente deverá ser capaz de promover a execução de atividades que envolvem a aprendizagem corporificada (*embodied learning*), bem como outros aspectos de sistemas enativos.
- Por fim, destaca-se a possibilidade de aplicar algoritmos inteligentes de reconfiguração do sistema, e alterações complexas na interface de modo a oferecer uma experiência de uso e aprendizagem mais personalizada a cada estudante que faz uso do sistema.

7.3. Considerações Finais

Esta dissertação apresentou o *design*, implementação e avaliação do EMFK, um sistema baseado em conceitos de emoção e enação para fornecer soluções tangíveis e adaptáveis para o aprendizado de habilidades básicas de matemática. O sistema faz uso de objetos com sensores RFID para auxiliar os professores na construção de atividades lúdicas com os alunos. O EMFK é capaz de propor atividades dinamicamente e adaptar as interfaces de acordo com a expressão emocional dos alunos. Portanto, buscou-se promover uma interação mais fluida, bem como apoiar os professores no desenvolvimento de atividades que levem a motivar e promover a aprendizagem.

A avaliação inicial com sete professores revelou a viabilidade do uso desse sistema. A avaliação com uma coordenadora e uma professora de forma presencial confirmaram tal viabilidade, e o uso por uma criança mostrou indícios iniciais que o sistema EMFK pode ter a fluidez necessária para auxiliar o ensino da matemática para crianças e manter seu interesse no uso do sistema.

Referências

- Arroyo, Ivon, Matthew Micciollo, Jonathan Casano, Erin Ottmar, Taylyn Hulse, and Ma Mercedes Rodrigo. 2017. "Wearable Learning: Multiplayer Embodied Games for Math." *CHI PLAY 2017 - Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, 205–16. <https://doi.org/10.1145/3116595.3116637>.
- Azimi, Mohammadreza. 2018. "Effects of Facial Mood Expressions on Face Biometric Recognition System's Reliability." *1st International Conference on Advanced Research in Engineering Sciences, ARES 2018*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ARESX.2018.8723292>.
- Bujak, Keith R., Iulian Radu, Richard Catrambone, Blair MacIntyre, Ruby Zheng, and Gary Golubski. 2013. "A Psychological Perspective on Augmented Reality in the Mathematics Classroom." *Computers and Education* 68: 536–44. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.017>.
- Caceffo, R., E. Alves Moreira, R. Bonacin, J.C. dos Reis, M. Luque Carbajal, J.V.V. D'Abreu, C.V.L.T. Brennand, L. Lombello, J.A. Valente, and M.C.C. Baranauskas. 2019. *Collaborative Meaning Construction in Socioenactive Systems: Study with the MBot. Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. Vol. 11590 LNCS. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21814-0_18.
- Casano, Jonathan, Hannah Tee, Jen Agapito, Ívon Arroyo, and Ma Mercedes T. Rodrigo. 2016. "Migration and Evaluation of a Framework for Developing Embodied Cognition Learning Games." *Proceedings of the 3rd Asia-Europe Symposium on Simulation and Serious Gaming - 15th ACM SIGGRAPH Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry, VRCAI 2016*, 199–203. <https://doi.org/10.1145/3014033.3014035>.
- Ciconi, Danilo, D E Oliveira, and Annemaria Kottel. 2016. "Determinantes Comportamentais E Emocionais Do Processo Ensino-Aprendizagem." *Caderno Intersaberes / 5 (6): 1*.
- Cunha, Geovania Cezana Araujo, Luciana Pelissari Barraqui, and Sergio Antonio Andrade De Freitas. 2019. "Evaluating the Use of Gamification in Mathematics

- Learning in Primary School Children.” In *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*. Vol. 2018-October. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8658950>.
- Daniel Morin Ocampo , Eliziane da Silva Dávila, Luiz Caldeira Brant de Tolentino Neto. 2017. “O Impacto Do PISA Nas Publicações Brasileiras Indexadas No Portal de Periódicos Da CAPES.” *Journal of Chemical Information and Modeling* 53 (9): 1689–99. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Dor Abrahamson. 2016. “The Ecological Dynamics of Mathematics Education: The Emergence of Proportional Reasoning in Fields of Promoted Action.” In *Proceedings of the 13th International Congress on Mathematical Education*, edited by G. Kaiser, 1–8. Hamburg.
- Flood, VJ, Harrer, BW, & Abrahamson, D. 2016. “The Interactional Work of Configuring a Mathematical Object in a Technology-Enabled Embodied Learning Environment.” In *Proceedings of International Conference of the Learning Sciences*, 122–29.
- Gonçalves, Diego Addan, Ricardo Edgard Caceffo, Marleny Luque Carbajal, Julio Cesar dos Reis, Rodrigo Bonacin, José Armando Valente, and M Cecilia C Baranauskas. 2021. “Revisão de Literatura e Análise de Metadados e Descritores Sobre Tecnologias Ubíquas Em Sistemas Sociais e Enativos de Contextos Educacionais.” <https://ic.unicamp.br/~reltech/2021/21-02.pdf>.
- González-González, Carina S., María D. Guzmán-Franco, and Alfonso Infante-Moro. 2019. “Tangible Technologies for Childhood Education: A Systematic Review.” *Sustainability (Switzerland)* 11 (10): 1–15. <https://doi.org/10.3390/su11102910>.
- Hartono, Meilani, Muhammad Alif Candramata, Khairisan Noor Adhyatmoko, and Budi Yulianto. 2017. “Math Education Game for Primary School.” In *Proceedings of 2016 International Conference on Information Management and Technology, ICIMTech 2016*, 93–96. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ICIMTech.2016.7930309>.
- Isha, Abhinav Sharma, and M. Revathi. 2018. “Automated API Testing.” *Proceedings of the 3rd International Conference on Inventive Computation Technologies, ICICT*

- 2018, 788–91. <https://doi.org/10.1109/ICICT43934.2018.9034254>.
- Jarvela, S. 2011. *Social and Emotional Aspects of Learning*. Elsevier B.V.
- Kaipainen, Mauri, Niklas Ravaja, Pia Tikka, Rasmus Vuori, Roberto Pugliese, Marco Rapino, and Tapio Takala. 2011. “Enactive Systems and Enactive Media: Embodied Human-Machine Coupling beyond Interfaces” 44 (5): 433–38. https://doi.org/10.1162/LEON_a_00244.
- Khandelwal, Madhur, and Ali Mazalek. 2007. *Teaching Table: A Tangible Mentor for Pre-K Math Education*.
- Khoo, Kay Yong. 2016. “Enacting App-Based Learning Activities with Viewing and Representing Skills in Preschool Mathematics Lessons.” *Mobile Learning Design: Theories and Application*, 351–72. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-0027-0>.
- King, Barbara, and Carmen Petrick Smith. 2018. “Mixed-Reality Learning Environments: What Happens When You Move from a Laboratory to a Classroom?” *International Journal of Research in Education and Science* 4 (2): 577–94. <https://doi.org/10.21890/ijres.428961>.
- Klein, Ruben. 2019. “A Solution to the Divergence of Different Standards in SAEB.” *Ensaio* 27 (103): 229–49. <https://doi.org/10.1590/S0104-40362019002702060>.
- Lewis Presser, Ashley, Philip Vahey, and Christine Zanchi. 2013. *Designing Early Childhood Math Games: A Research-Driven Approach*.
- McLeod, Douglas B. 1989. “Beliefs, Attitudes, and Emotions: New Views of Affect in Mathematics Education.” *Affect and Mathematical Problem Solving*, 245–58. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3614-6_17.
- MEC. 2019a. “Ministério Da Educação e Cultura.” *Disponível Em* http://Portal.Inep.Gov.Br/Artigo/-/Asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/Content/Saeb-2017-Revela-Que-Apenas-1-6-Dos-Estudantes-Brasileiros-Do-Ensino-Medio-Demonstraram-Niveis-de-Aprendizagem-Considerados-Adequados-Em-Lingua-Portug/21206>. Em 12 Nov.
- . 2019b. “RELATÓRIO BRASIL NO PISA 2018.” *Journal of Chemical Information and Modeling* 53 (9): 1689–99.

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

- Mendoza, Yusseli Lizeth Méndez, and M. Cecília C. Baranauskas. 2019. “TangiTime: Designing a (Socio)Enactive Experience for Deep Time in an Educational Exhibit.” *IHC 2019 - Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, no. October. <https://doi.org/10.1145/3357155.3358451>.
- Mihal’ov, Juraj, and Michal Hulič. 2018. “NFC/RFID Technology Using Raspberry Pi as Platform Used in Smart Home Project.” In *2017 IEEE 14th International Scientific Conference on Informatics, INFORMATICS 2017 - Proceedings*, 2018-Janua:259–64. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/INFORMATICS.2017.8327257>.
- Nagaraju, Kaumudi, and Samir Jain. 2016. “Use of Technology for Improving Math and Science Skills of Children of Classes Primary and Upper-Primary.” In *Proceedings - IEEE 7th International Conference on Technology for Education, T4E 2015*, 111–17. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/T4E.2015.15>.
- Patchan, Melissa M., and Cynthia S. Puranik. 2016. “Using Tablet Computers to Teach Preschool Children to Write Letters: Exploring the Impact of Extrinsic and Intrinsic Feedback.” *Computers and Education* 102: 128–37. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.07.007>.
- Pekrun, R., and L. Linnenbrink-Garcia. 2014. *International Handbook of Emotions in Education*. Routledge.
- Porciúncula, EFS, EG Oliveira, and FO Cruz. 2011. “Prática Pedagógica Em Ead: Reflexões Sobre a Universidade Aberta E O Fgv Online.” *Revista FGV Online*.
- Price, Sara, and Sam Duffy. 2018. “Opportunities and Challenges of Bodily Interaction for Geometry Learning to Inform Technology Design.” *Multimodal Technologies and Interaction* 2 (3). <https://doi.org/10.3390/mti2030041>.
- Reeves, Jennifer L., Glenda A. Gunter, and Candace Lacey. 2017. “Mobile Learning in Pre-Kindergarten: Using Student Feedback to Inform Practice.” *Educational Technology and Society* 20 (1): 37–44.
- Review, Peer. 2019. “Analyzing Children ’ s Social Interaction Towards Socioenactive

- Systems.” *ACM Interaction Design and Children (IDC'2019)*.
- Santos(organizadora), Santa Marli Pires dos. 2011. “Brinquedoteca: A Criança, o Adulto e o Lúdico.” 7.Ed. *Petrópolis, RJ: Vozes*.
- Schacter, John, Jeff Shih, Charles M. Allen, Lina DeVaul, Amy B. Adkins, Taro Ito, and Booil Jo. 2016. “Math Shelf: A Randomized Trial of a Prekindergarten Tablet Number Sense Curriculum.” *Early Education and Development* 27 (1): 74–88. <https://doi.org/10.1080/10409289.2015.1057462>.
- Schneider, Bertrand, Patrick Jermann, Guillaume Zufferey, and Pierre Dillenbourg. 2011. “Benefits of a Tangible Interface for Collaborative Learning and Interaction.” *IEEE Transactions on Learning Technologies* 4 (3): 222–32. <https://doi.org/10.1109/TLT.2010.36>.
- Schukajlow, Stanislaw, K. Rakoczy, and R. Pekrun. 2017. “Emotions and Motivation in Mathematics Education: Theoretical Considerations and Empirical Contributions.” *ZDM - Mathematics Education* 49 (3): 307–22. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0864-6>.
- Shengrong Mao, Donghai Qiao. 2016. “Design and Implementation of An Embedded FTP Server Powered over Ethernet Shengrong Mao, Donghai Qiao,” 2421–24.
- Tikka, Pia. 2010. “Enactive Media - Generalizing from Enactive Cinema.” *Digital Creativity* 21 (4): 205–14. <https://doi.org/10.1080/14626268.2011.550028>.
- Trninic, Dragan, and Dor Abrahamson. 2013. “Embodied Interaction as Designed Mediation of Conceptual Performance,” 119–39. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2321-4_5.
- Ueno, Mayumi. 2017. “Possibility of Felt Ball Math.” In *Proceedings - 2017 6th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI 2017*, 105–8. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI.2017.140>.
- Valente, J.A., R. Caceffo, E.A. Moreira, R. Bonacin, J.C. dos Reis, M. Luque, J.V. DAbreu, F.M. Gonçalves, C. Brennand, and M.C. Baranauskas. 2020. “A Robot-Based Activity for Kindergarten Children: An Embodied Exercise.” *Proceedings of the 2020 Constructionism Conference*, 137–46.

- VARELA, Francisco J., Evan THOMPSON, and Eleanor ROSCH. 2016. *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. Revised ed.
- Yamanoor, Narasimha Saii, and Srihari Yamanoor. 2017. "High Quality, Low Cost Education with the Raspberry Pi." *GHTC 2017 - IEEE Global Humanitarian Technology Conference, Proceedings* 2017-Janua: 1–5. <https://doi.org/10.1109/GHTC.2017.8239274>.
- Yang, Jiannan, Fan Zhang, Bike Chen, and Samee U. Khan. 2019. "Facial Expression Recognition Based on Facial Action Unit." *2019 10th International Green and Sustainable Computing Conference, IGSC 2019*, 0–5. <https://doi.org/10.1109/IGSC48788.2019.8957163>.
- Yip, Jason, and Alexis Hiniker. 2019. "78 Intentional Technology Use in Early Childhood Education" 78: 22. <https://doi.org/10.1145/3359180>.
- Young, Nam Mi, and Phill Kyu Rhee. 2008. "A Novel Efficient Face Recognition Using Two Level Evolution Classifier." *Proceedings - 3rd International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, ICCIT 2008* 2: 812–15. <https://doi.org/10.1109/ICCIT.2008.412>.

Apêndice A – TCLE para pais



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: “Estudo de um sistema enativo para auxílio do ensino de matemática para crianças”

Nome do(a) Pesquisador(a): Júlio Alberto Vansan Gonçalves

Nome do(a) Orientador(a): Prof. Dr. Rodrigo Bonacin

Instituição vinculada: UNIFACCAMP

Endereço: Rua Guatemala, 167, 13231-230, Campo Limpo Paulista-SP

Natureza da pesquisa:

Seu filho/sua filha está sendo convidado/a a participar como voluntário/a de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar os direitos dele/dela como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

O objetivo desta pesquisa é responder a seguinte questão que irá direcionar o desenvolvimento da dissertação: “Qual a aceitação e contribuições para os alunos de um sistema enativo para o auxílio do aprendizado lúdico da matemática?” E a partir desta questão inicial outros itens serão analisados:

- Se houve melhora significativa nas notas entre o pré-teste e o último teste em comparação entre grupo de teste e controle.
- Se houve melhora em fatores motivacionais e interesse do aluno na matéria.
- Observar a interação das crianças com a tecnologia enativa.

Participantes da pesquisa: Para realizar esta verificação serão realizadas experimentações com crianças de 7 ou 8 anos estando no 2º e 3º ano respectivamente.

Esta pesquisa será realizada com até 60 crianças dividido em grupos menores.

Envolvimento na pesquisa:

Ao participar deste estudo, A (O) Sra. (Sr.) permitirá que o (a) pesquisador (a) realize palestra, demonstrações e entrevistas, essas atividades ocorrerão em um período máximo de três horas, na própria escola, que é o local de estudo de seu filho/sua filha. Nessas atividades ele/ela terá oportunidade de explorar o uso de tecnologias digitais associadas ao contexto educacional. O material produzido nas atividades servirá como conteúdo de análise desta pesquisa.

A Sra. (Sr.) tem liberdade de se recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo para a Sra. (Sr.). Sempre que quiser, poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do telefone do (a) pesquisador (a) do projeto e, se necessário, através do telefone do Comitê de Ética em Pesquisa.

Sobre as entrevistas:

Etapas da pesquisa:

1-Realizar um pré-teste com questões relacionadas às habilidades compatíveis com o aprendizado do aluno em matemática. Por exemplo, operações de soma e tabuada

2-Separar aleatoriamente as crianças em 2 grupos. Um dos grupos participará do workshop com o sistema enativo, outro grupo será de controle.

3-Explicação e demonstração do funcionamento para as crianças.

4-Aleatoriamente as crianças participarão usando o dispositivo criado aprendendo de forma lúdica e testando os conhecimentos por algum tempo.

5-No final, outro teste (pós-teste) será realizado com questões relativas às habilidades compatíveis com o aprendizado do aluno em matemática para os dois grupos.

6-Depois o teste, o grupo de controle (que não usou o sistema) poderá interagir com o sistema proposto.

7-Um questionário será aplicado para avaliar a satisfação e motivação dos alunos ao usar a tecnologia, como foco em como ela pode auxiliar o aprendizado da matemática de maneira lúdica.

Riscos e desconforto:

Segundo o Conselho Nacional de Saúde em sua Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012, no item V que trata dos RISCOS E BENEFÍCIOS, toda pesquisa com seres humanos envolve risco, abaixo serão descritos estes riscos e os cuidados tomados para minimizá-los.

Nenhum dos procedimentos usados oferece riscos a sua dignidade.

Físicos Riscos como choque elétrico pelo uso de equipamentos eletrônicos serão minimizados, já que o será usado apenas baixa tensão (Carregador USB 5v) e contato da criança será através de cartões plásticos e os componentes eletrônicos estarão cobertos por uma caixa de madeira.

Embaraço de interagir com estranhos. Risco será minimizado pois a professora habitual dos alunos estará junto durante todo o processo. E estar atento aos sinais verbais e não verbais de desconforto.

Divulgação de dados confidenciais. Somente o pesquisador e o orientador terão conhecimento dos dados. Assim garantindo de que a identidade da criança será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, os nomes não serão citados e a voz e imagem dele/dela não serão identificadas em eventuais publicações da pesquisa.

Desamino se estiver no grupo de controle. Após o teste, o grupo de controle (que não usou o sistema) poderá interagir com o sistema proposto

Confidencialidade:

Todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Somente o(a) pesquisador(a) e o(a) orientador(a) terão conhecimento dos dados.

Você tem a garantia de que a identidade de seu filho/ sua filha será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, o nome de seu filho/sua filha não será citado e a voz e imagem dele/dela não serão identificadas em eventuais publicações da pesquisa.



Benefícios:

O retorno social da participação nesta pesquisa envolve conhecer novas maneiras de interagir com tecnologia computacional avançada no contexto educacional.

Contribuição para o desenvolvimento educacional de crianças da educação infantil.

Melhoria no processo do aprendizado e motivação pela matemática.

Pagamento:

Seu filho/filha não receberá ressarcimento de despesas (transporte, alimentação, diárias, etc.)

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto, preencha, por favor, os itens que se seguem:

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

Eu, _____, RG _____

CPF _____ abaixo assinado, concordo em participar do estudo **“Estudo de um sistema enativo para auxílio do ensino de matemática para crianças”** como sujeito. Fui devidamente informado e esclarecido pelo pesquisador Júlio Alberto Vansan Gonçalves sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como sobre os possíveis riscos e benefícios decorrentes da participação do meu filho/minha filha. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade ou interrupção de meu acompanhamento/assistência/tratamento.

Local e data: _____

Nome e Assinatura do sujeito ou responsável: _____

Assinatura do Pesquisador: _____

Assinatura do Orientador: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar.

Testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: _____ Assinatura: _____

Nome: _____ Assinatura: _____

Observações complementares:

TELEFONES e CONTATOS

Pesquisador: Júlio Alberto Vansan Gonçalves (11) 9 8433-9353 – julio@vansan.com.br
Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Bonacin - rodrigo.bonacin@gmail.com
Instituição: UNIFACCAMP - 11 4812-9409
Nome e telefone de um membro da Coordenação do Comitê de Ética em Pesquisa: Coordenadora: Profa. Dra. Simone Manzolli Vice-Coordenadora: Profa. Dra. Silvia Maria Ribeiro Oyama Secretário: Elizeu Honorato Assunção Telefone: 55 11 4812-9409 E-mail:cep@faccamp.br

Apêndice B – TCLE para professores



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: “Estudo de um sistema enativo para auxílio do ensino de matemática para crianças”

Nome do(a) Pesquisador(a): Júlio Alberto Vansan Gonçalves

Nome do(a) Orientador(a): Prof. Dr. Rodrigo Bonacin

Instituição vinculada: UNIFACCAMP

Endereço: Rua Guatemala, 167, 13231-230, Campo Limpo Paulista-SP

Natureza da pesquisa:

Você está sendo convidado/a a participar como voluntário/a de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

O objetivo desta pesquisa é responder a seguinte questão que irá direcionar o desenvolvimento da dissertação: “Qual a aceitação e contribuições para os alunos de um sistema enativo para o auxílio do aprendizado lúdico da matemática?” E a partir desta questão inicial outros itens serão analisados:

- Se houve melhora significativa nas notas entre o pré-teste e o último teste em comparação entre grupo de teste e controle.
- Se houve melhora em fatores motivacionais e interesse do aluno na matéria.
- Observar a interação das crianças com a tecnologia enativa.

Participantes da pesquisa:

Para realizar esta verificação serão realizadas experimentações com crianças de 7 ou 8 anos estando no 2º e 3º ano respectivamente.

Esta pesquisa será realizada com até 60 crianças dividido em grupos menores.

Envolvimento na pesquisa:

Ao participar deste estudo, A (O) Sra. (Sr.) permitirá que o (a) pesquisador (a) realize palestra, demonstrações e entrevistas, essas atividades ocorrerão em um período máximo de três horas, na própria escola, que é seu local de trabalho, ressaltando que esta pesquisa já foi autorizada pela direção desta escola e pela secretaria municipal de educação. Nessas atividades os alunos terão oportunidade de explorar o uso de tecnologias digitais associadas ao contexto educacional. O material produzido nas atividades servirá como conteúdo de análise desta pesquisa.

A Sra. (Sr.) tem liberdade de se recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo para a Sra. (Sr.). Sempre que quiser, poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do telefone do (a) pesquisador (a) do projeto e, se necessário, através do telefone do Comitê de Ética em Pesquisa.

Sobre as entrevistas:

Etapas da pesquisa:

1-Realizar um pré-teste com questões relacionadas às habilidades compatíveis com o aprendizado do aluno em matemática. Por exemplo, operações de soma e tabuada

2-Separar aleatoriamente as crianças em 2 grupos. Um dos grupos participará do workshop com o sistema enativo, outro grupo será de controle.

3-Explicação e demonstração do funcionamento para as crianças.

4-Aleatoriamente as crianças participarão usando o dispositivo criado aprendendo de forma lúdica e testando os conhecimentos por algum tempo.

5-No final, outro teste (pós-teste) será realizado com questões relativas às habilidades compatíveis com o aprendizado do aluno em matemática para os dois grupos.

6-Depois o teste, o grupo de controle (que não usou o sistema) poderá interagir com o sistema proposto.

7-Um questionário será aplicado para avaliar a satisfação e motivação dos alunos ao usar a tecnologia, como foco em como ela pode auxiliar o aprendizado da matemática de maneira lúdica. Outro questionário será aplicado a você para avaliarmos as dificuldades e possíveis melhorias.

Riscos e desconforto:

Segundo o Conselho Nacional de Saúde em sua Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012, no item V que trata dos RISCOS E BENEFÍCIOS, toda pesquisa com seres humanos envolve risco, abaixo serão descritos estes riscos e os cuidados tomados para minimizá-los.

Nenhum dos procedimentos usados oferece riscos a sua dignidade.

Físicos Riscos como choque elétrico pelo uso de equipamentos eletrônicos serão minimizados, já que o será usado apenas baixa tensão (Carregador USB 5v) e contato da criança será através de cartões plásticos e os componentes eletrônicos estarão cobertos por uma caixa de madeira.

Embaraço de interagir com estranhos. Risco será minimizado pois a professora habitual dos alunos estará junto durante todo o processo. E estar atento aos sinais verbais e não verbais de desconforto.

Divulgação de dados confidenciais. Somente o pesquisador e o orientador terão conhecimento dos dados. Assim garantindo de que a identidade da criança será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, os nomes não serão citados e a voz e imagem dele/dela não serão identificadas em eventuais publicações da pesquisa.

Desamino se estiver no grupo de controle. Após o teste, o grupo de controle (que não usou o sistema) poderá interagir com o sistema proposto

Confidencialidade:

Todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Somente o(a) pesquisador(a) e o(a) orientador(a) terão conhecimento dos dados.

Você tem a garantia de que a sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, o seu nome não será citado e a sua voz e imagem não serão identificadas em eventuais publicações da pesquisa.

Benefícios:

O retorno social da participação nesta pesquisa envolve conhecer novas maneiras de interagir com tecnologia computacional avançada no contexto educacional.

Contribuição para o desenvolvimento educacional de crianças da educação infantil.

Melhoria no processo do aprendizado e motivação pela matemática.

Pagamento:

Você não receberá ressarcimento de despesas (transporte, alimentação, diárias, etc.)

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto, preencha, por favor, os itens que se seguem:

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

Eu, _____, RG _____

CPF _____ abaixo assinado, concordo em participar do estudo **“Estudo de um sistema enativo para auxílio do ensino de matemática para crianças”** como sujeito. Fui devidamente informado e esclarecido pelo pesquisador Júlio Alberto Vansan Gonçalves sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como sobre os possíveis riscos e benefícios decorrentes da minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade ou interrupção de meu acompanhamento/ assistência/tratamento.

Local e data: _____

Nome e Assinatura do sujeito ou responsável: _____

Assinatura do Pesquisador: _____

Assinatura do Orientador: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar.

Testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: _____ Assinatura: _____

Nome: _____ Assinatura: _____

Observações complementares:

TELEFONES e CONTATOS

Pesquisador: Júlio Alberto Vansan Gonçalves (11) 9 8433-9353 – julio@vansan.com.br
Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Bonacin - rodrigo.bonacin@gmail.com
Instituição: UNIFACCAMP - 11 4812-9409
Nome e telefone de um membro da Coordenação do Comitê de Ética em Pesquisa: Coordenadora: Profa. Dra. Simone Manzolli Vice-Coordenadora: Profa. Dra. Silvia Maria Ribeiro Oyama Secretário: Elizeu Honorato Assunção Telefone: 55 11 4812-9409 E-mail: cep@faccamp.br

Apêndice C – Formulário de pesquisa com professores

com/forms/d/e/1FAIpQLSfnc9AgsjYq-xk06JeGq7eYkS9W5qbsgwVLxLEQwHgvMowDg/viewform

Formulário Pesquisa

Título da Pesquisa: “Estudo de um sistema enativo para auxílio do ensino de matemática para crianças”

Nome do(a) Pesquisador(a): Júlio Alberto Vansan Gonçalves

Nome do(a) Orientador(a): Prof. Dr. Rodrigo Bonacin

Instituição vinculada: UNIFACCAMP

Endereço: Rua Guatemala, 167, 13231-230, Campo Limpo Paulista-SP

Por Favor, antes de continuar, leia o TCLE - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO neste Link: <http://bit.ly/2MbC9iC>

Lembrando que temos o item de Confidencialidade:

Todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Somente o(a) pesquisador(a) e o(a) orientador(a) terão conhecimento dos dados.

Você tem a garantia de que a sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, o seu nome não será citado e a sua voz e imagem não serão identificadas em eventuais publicações da pesquisa.

Assista o vídeo de explicação e demonstração neste link: <https://youtu.be/uaQltmBOTCg>

Qualquer dúvida estou a disposição.

***Obrigatório**

Endereço de e-mail *

Seu e-mail _____

Nome Completo *

Sua resposta

RG *

Sua resposta

CPF *

Sua resposta

Nome da Escola que trabalha *

Sua resposta

Aceitação do TCLE - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO *



Li e aceito os termos contido no TCLE - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO neste Link: <http://bit.ly/2Mbc9iC>

Parte 2

Baseado no vídeo <https://youtu.be/uaQltnBOTCg> da apresentação do protótipo EMFK responda as perguntas abaixo avaliando de 1 à 5 Sendo 1 auxiliaria pouco e 5 auxiliaria muito.

Este dispositivo poderia auxiliar no ensino de matemática para as crianças do 2º ano? *

	1	2	3	4	5	
auxiliaria pouco	<input type="radio"/>	auxiliaria muito.				

Este dispositivo poderia auxiliar no ensino de matemática para as crianças no início do 3º ano? *

	1	2	3	4	5	
auxiliaria pouco	<input type="radio"/>	auxiliaria muito.				

Este dispositivo poderia ser utilizado para crianças menores? *

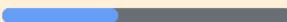
	1	2	3	4	5	
auxiliaria pouco	<input type="radio"/>	auxiliaria muito.				

Quanto que atividades assim auxiliam aumentam o aprendizado? *

	1	2	3	4	5	
auxiliaria pouco	<input type="radio"/>	auxiliaria muito.				

[Voltar](#)

[Próxima](#)

 Página 2 de 5

Parte 3

Baseado no vídeo <https://youtu.be/uaQltmBOTCg> da apresentação do protótipo EMFK responda as perguntas abaixo avaliando de 1 à 5 Sendo 1 pouco importante e 5 muito importante.

É importante ter algo Lúdico no ensino da matemática? *

	1	2	3	4	5	
pouco importante	<input type="radio"/>	muito importante				

É importante um sistema se ajustar a emoção da criança para motivar? *

	1	2	3	4	5	
pouco importante	<input type="radio"/>	muito importante				

Voltar

Próxima



Página 3 de 5

Parte 4

Baseado no vídeo <https://youtu.be/uaQltmBOTCg> da apresentação do protótipo EMFK responda as perguntas abaixo avaliando de 1 à 5 Sendo 1 complicado e 5 fácil

Qual a dificuldade no uso da Interface? *

	1	2	3	4	5	
Complicado	<input type="radio"/>	Fácil				

Qual o entendimento das mensagens que aparecem durante o uso? *

	1	2	3	4	5	
Complicado	<input type="radio"/>	Fácil				

Voltar

Próxima

 Página 4 de 5

Formulário Pesquisa

*Obrigatório

Parte 5

Você teria sugestões de melhoria no dispositivo? *

Sua resposta

O que você acredita que falta para colocar em uso? *

Sua resposta

Enviar uma cópia das respostas para o meu e-mail.

Voltar

Enviar

 Página 5 de 5

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.



Apêndice D – Código do sistema principal em Python

```
1. #!/usr/bin/env python
2. # -*- coding: utf-8 -*-
3. # encoding: utf-8
4. from tkinter import *
5. import tkinter as tk
6. import time
7. from random import randint
8. import threading
9. import os
10. from datetime import datetime
11. import cognitive_face as CF
12. import requests
13. import json
14. import sqlite3
15. import io
16. from multiprocessing import Process
17. import ftplib
18. import RPi.GPIO as GPIO
19. from mfrc522_2 import SimpleMFRC522_2
20. from mfrc522 import SimpleMFRC522
21. RFID_1 = SimpleMFRC522()
22. RFID_2 = SimpleMFRC522_2()
23. conexaoBanco=sqlite3.connect('matematica.db')
24. banco=conexaoBanco.cursor()
25. conexaoBancoAjuste=sqlite3.connect('ajuste.db')
26. bancoAjuste=conexaoBancoAjuste.cursor()
27. sqlUp="UPDATE tabAjuste SET valor=" + str(-1) + " where id=1"
28. bancoAjuste.execute(sqlUp)
29. conexaoBancoAjuste.commit()
30. conexaoBancoAjuste.close()
31. contador=0
32. botaoVerde=40
33. botaoAzul=38
34. botaoAmarelo=36
35. botaoVermelho=32
36. GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
37.
38. #Define o pino do botao como entrada
39. GPIO.setup(botaoVerde, GPIO.IN)
40. GPIO.setup(botaoAzul, GPIO.IN)
41. GPIO.setup(botaoAmarelo, GPIO.IN)
42. GPIO.setup(botaoVermelho, GPIO.IN)
43. # API MS Face
44. KEY = '#####' # Chave da API .
45. CF.Key.set(KEY)
46. BASE_URL =
    'https://brazilsouth.api.cognitive.microsoft.com/face/v1.0/' # URL
    Regional
47. CF.BaseUrl.set(BASE_URL)
48. img_url=None
49. ResultadoEsperado=0
50. RespUsuarioDez=0
51. RespUsuarioUni=0
52. RespUsuarioTot=0
53. N1=0
54. N2=0
55. nivel=0
```

```

56. operacao=None
57. codigoUsuario=None
58. sorteioEstado=None
59. momento=None
60. cicloAtual=None
61. arquivo=None
62. precisaInverter=None
63. # código do cartão , número associado
64. cadCartao=[[666127655853 , 0],[368600507305 , 0],
65.             [1009695050677 , 1],[1009287572992 , 1],
66.             [76190409602 , 2],[7927483281 , 2],
67.             [1075072295835 , 3],[789963852562 , 3],
68.             [488473715684 , 4],[469300923233 , 4],
69.             [606014890938 , 5],[863599053715 , 5],
70.             [444604861355 , 6],[682200163175 , 6],
71.             [1008705194873 , 7],[109637773789 , 7],
72.             [420193946621 , 8],[30388544315 , 8],
73.             [953978891258 , 9],[991783725391 , 9]]
74. tamanhoCadCartao=len(cadCartao)
75. # print("quantidade de Cartões cadastrados = "
+str(tamanhoCadCartao))
76. ##### Funções
77. estadoBotaoVerde=0
78. estadoBotaoAzul=0
79. estadoBotaoAmarelo=0
80. estadoBotaoVermelho=0
81. tela='inicial'
82. telaEstado='nada'
83. def desligaSistema():
84.     data_e_hora_atuais = datetime.now()
85.     data_e_hora_em_texto = data_e_hora_atuais.strftime('%y-%m-%d')
86.     comando="sqlite3 matematica.db .dump >
matematica_Dump_"+data_e_hora_em_texto+".sql"
87.     os.system (comando) # BACKUP do BANCO DE DADOS
88.
89.     arquivoFTP="matematica_Dump_"+data_e_hora_em_texto+".sql"
90.
91.     # Mandando O Bak do Banco para um ftp
92.     processo_FTP = Process(target=mandaFTP(arquivoFTP)) # Criando um
processo
93.     processo_FTP.start() # Iniciando
94.     processo_FTP.join(timeout=30) # esperando este tempo em segundos
95.     processo_FTP.terminate() # Encerrando o processo
96.     print("Desligando . . . . .")
97.     time.sleep(1)
98.     os.system('sudo shutdown -h now') # Desliga o SISTEMA
99.
100. def sairSistema():
101.     print("Back Banco . . . . .")
102.     data_e_hora_atuais = datetime.now()
103.     data_e_hora_em_texto = data_e_hora_atuais.strftime('%y-%m-%d')
104.     comando="sqlite3 matematica.db .dump >
matematica_Dump_"+data_e_hora_em_texto+".sql"
105.     os.system (comando) # BACKUP do BANCO DE DADOS
106.
107.     arquivoFTP="matematica_Dump_"+data_e_hora_em_texto+".sql"
108.
109.     # Mandando O Bak do Banco para um ftp
110.     processo_FTP = Process(target=mandaFTP(arquivoFTP)) # Criando um
processo

```

```

111.     processo_FTP.start() # Iniciando
112.     processo_FTP.join(timeout=30) # esperando este tempo em segundos
113.     processo_FTP.terminate() # Encerrando o processo
114.     print(" . . . . . ")
115.     time.sleep(1)
116.     os._exit(0)
117.     #os.system('sudo shutdown -h now') # Desliga o SISTEMA
118.def pesquisa(cartao):
119.     for index in range(tamanhoCadCartao):
120.         if (cadCartao[index][0]== cartao):
121.             return index
122.     return -1;
123.def lerCartao_Dez():
124.     global RespUsuarioDez
125.     valor_Dez,texto_lixo = RFID_2.read()
126.     index=pesquisa(valor_Dez) # faz a pesquisa na matriz de cartões
127.     if (index>=0):
128.         RespUsuarioDez=cadCartao[index][1]
129.         RespUsuarioDez=RespUsuarioDez*10 #Multiplicando por 10
130.     print("Leitor Dezena Codigo = " +str(valor_Dez) + " || Valor
        Dezena = " +str(RespUsuarioDez))
131.def lerCartao_Uni():
132.     global RespUsuarioUni
133.     valor_Uni,texto_lixo = RFID_1.read()
134.     index=pesquisa(valor_Uni) # faz a pesquisa na matriz de cartões
135.     if (index>=0):
136.         RespUsuarioUni=cadCartao[index][1]
137.     print("Leitor Unidade Codigo = " +str(valor_Uni) + " || Valor
        Unidade = " +str(RespUsuarioUni))
138.
139.def sorteioNumeros():
140.     global ResultadoEsperado
141.     global N1
142.     global N2
143.     global operacao
144.     global nivel
145.     global precisaInverter
146.     global jaInverteu
147.
148.     conexaoBancoAjuste=sqlite3.connect('ajuste.db')
149.     bancoAjuste=conexaoBancoAjuste.cursor()
150.     for linha in bancoAjuste.execute("SELECT valor FROM tabAjuste
        WHERE id=1;"):
151.         ajuste=int(linha[0])
152.     conexaoBancoAjuste.close()
153.
154.     if (precisaInverter=='S' and jaInverteu==None and operacao!='-
        '):
155.         X=N1
156.         N1=N2
157.         N2=X
158.         precisaInverter='N'
159.         jaInverteu='S'
160.     else:
161.         if (nivel==21):
162.             if (operacao=='+'):
163.                 if(ajuste>=5):
164.                     N1 = randint(1,8)
165.                     N2 = randint(0,abs(N1-9))
166.                 elif (ajuste>=3 and ajuste <5):

```

```

167.         N1 = randint(1,6)
168.         N2 = randint(1,abs(N1-9))
169.     else:
170.         N1 = randint(1,3)
171.         N2 = randint(1,3)
172.
173.     ResultadoEsperado=N1+N2
174.
175.     if (operacao=='-'):
176.         if(ajuste>=5):
177.             N1 = randint(4,9)
178.             N2 = randint(0,N1)
179.         elif (ajuste>=3 and ajuste <5):
180.             N1 = randint(2,8)
181.             N2 = randint(1,N1)
182.         else:
183.             N1 = randint(2,5)
184.             N2 = randint(1,N1)
185.
186.     ResultadoEsperado=N1-N2
187.
188.     if (operacao=='x'):
189.         if(ajuste>=5):
190.             N1 = randint(1,5)
191.             N2 = randint(0,10)
192.         elif (ajuste>=3 and ajuste <5):
193.             N1 = randint(1,3)
194.             N2 = randint(1,10)
195.         else:
196.             N1 = randint(1,2)
197.             N2 = randint(0,5)
198.
199.     ResultadoEsperado=N1*N2
200. if (nivel==22):
201.     if (operacao=='+'):
202.         if(ajuste>=5):
203.             N1 = randint(10,20)
204.             N2 = randint(5,20)
205.         elif (ajuste>=3 and ajuste <5):
206.             N1 = randint(5,10)
207.             N2 = randint(5,10)
208.         else:
209.             N1 = randint(5,10)
210.             N2 = randint(1,5)
211.
212.     ResultadoEsperado=N1+N2
213.
214.     if (operacao=='-'):
215.         if(ajuste>=5):
216.             N1 = randint(4,9)
217.             N2 = randint(0,N1)
218.         elif (ajuste>=3 and ajuste <5):
219.             N1 = randint(6,9)
220.             N2 = randint(1,N1)
221.         else:
222.             N1 = randint(2,5)
223.             N2 = randint(1,N1)
224.
225.     ResultadoEsperado=N1-N2
226.

```

```

227.         if (operacao=='x') :
228.             if(ajuste>=5):
229.                 N1 = randint(2,10)
230.                 N2 = randint(0,10)
231.                 if(N1==10 and N2==10):
232.                     N2=9
233.             elif (ajuste>=3 and ajuste <5):
234.                 N1 = randint(3,6)
235.                 N2 = randint(1,10)
236.             else:
237.                 N1 = randint(1,3)
238.                 N2 = randint(1,10)
239.
240.             ResultadoEsperado=N1*N2
241.
242.         if (nivel==31):
243.             if (operacao=='+'):
244.                 if(ajuste>=5):
245.                     N1 = randint(1,99)
246.                     N2 = randint(0,abs(N1-99))
247.                 elif (ajuste>=3 and ajuste <5):
248.                     N1 = randint(1,50)
249.                     N2 = randint(0,abs(N1-60))
250.                 else:
251.                     N1 = randint(1,30)
252.                     N2 = randint(0,abs(N1-50))
253.
254.                 ResultadoEsperado=N1+N2
255.
256.             if (operacao=='-'):
257.                 if(ajuste>=5):
258.                     N1 = randint(50,99)
259.                     N2 = randint(10,N1)
260.                 elif (ajuste>=3 and ajuste <5):
261.                     N1 = randint(30,80)
262.                     N2 = randint(10,30)
263.                 else:
264.                     N1 = randint(20,50)
265.                     N2 = randint(1,20)
266.
267.                 ResultadoEsperado=N1-N2
268.
269.             if (operacao=='x'):
270.                 if(ajuste>=5):
271.                     N1 = randint(2,10)
272.                     N2 = randint(0,10)
273.                     if(N1==10 and N2==10):
274.                         N2=9
275.                 elif (ajuste>=3 and ajuste <5):
276.                     N1 = randint(3,7)
277.                     N2 = randint(1,10)
278.                 else:
279.                     N1 = randint(1,5)
280.                     N2 = randint(1,10)
281.
282.                 ResultadoEsperado=N1*N2
283.         print(" @@@@@@@ N1 = " +str(N1) + " @@@@@@@ N2 = "+str(N2) + "
Resultado esperado = " + str(ResultadoEsperado))
284.         exhibeTela = str(N1) +" "+operacao+" " +str(N2) +" = ____"
285.         txtMeio =exibeTela

```

```

286.     lblMeio=Label(janela,text=txtMeio,font=("Arial",60,'bold'),fg =
        corTexto,bg=corFundo,width=25,height=3)
287.     lblMeio.place(relx=.4, rely=.4, anchor="center")
288.     janela.update()
289.     foto('Pre')
290.def foto(momentoRecebe):
291.     conexaoBanco=sqlite3.connect('matematica.db')
292.     banco=conexaoBanco.cursor()
293.     global cicloAtual
294.     global N1
295.     global N2
296.     global codigoUsuario
297.     global operacao
298.     global nivel
299.     global RespUsuarioUni
300.     global RespUsuarioDez
301.     global RespUsuarioTot
302.     global ResultadoEsperado
303.     global arquivo
304.     global codigoUsuario
305.     global codGrupoCiclo
306.
307.     data_e_hora_atuais = datetime.now()
308.     data_e_hora_em_texto = data_e_hora_atuais.strftime('%y%m%d-%H-
%M-%S')
309.     arquivo='capturas/IMG_'+data_e_hora_em_texto+'_U'+str(codigoUsuario)
        +'_M'+str(momentoRecebe)+'.jpg'
310.     comando="fsWebcam -r640x480 "+arquivo #comando para a captura
        juntamente com data e Hora + usuário +momento
311.     os.system (comando) #executa
312.     # Mandando para a API
313.     processo_API = Process(target=recebeEmocao) # Criando um
        processo para a API
314.     processo_API.start() # Iniciando
315.     processo_API.join(timeout=10) # esperando este tempo em segundos
316.     processo_API.terminate() # Encerrando o processo
317.     ### buscando ajuste
318.     conexaoBancoAjuste=sqlite3.connect('ajuste.db')
319.     bancoAjuste=conexaoBancoAjuste.cursor()
320.     for linha in bancoAjuste.execute("SELECT valor FROM tabAjuste
        WHERE id=1;"):
321.         ajuste=int(linha[0])
322.     conexaoBancoAjuste.close()
323.
324.     # Banco API
325.     conexaoBancoApi=sqlite3.connect('api.db')
326.     bancoApi=conexaoBancoApi.cursor()
327.
328.     for linha in bancoApi.execute("SELECT * FROM tabAPI WHERE
        id=1;"):
329.         neutro=float(linha[1])
330.         felicidade=float(linha[2])
331.         surpreso=float(linha[3])
332.         raiva=float(linha[4])
333.         tristeza=float(linha[5])
334.         desprezo=float(linha[6])
335.         desgosto=float(linha[7])
336.         medo=float(linha[8])
337.         idade=int(linha[9])

```

```

338.         genero=str(linha[10])
339.     conexaoBancoApi.close()
340.
341.     print (' ### Dentro Foto - Antes de Upload  ###')
342.     print('Neutro= '+ str(neutro))
343.     print('Felicidade= '+ str(felicidade))
344.     print('Surpreso= '+ str(surpreso))
345.     print('Raiva= '+ str(raiva))
346.     print('Tristeza= '+ str(tristeza))
347.     print('Desprezo= '+ str(desprezo))
348.     print('Medo= '+ str(medo))
349.     print('Desgosto= '+ str(desgosto))
350.     print('\nGenero= '+ str(genero))
351.     print('Idade= '+ str(idade))
352.     print('Momento= '+ momentoRecebe)
353.     print("Gravando no banco de Dados matematica. . .")
354.     banco.execute ("INSERT INTO tabDados(data, hora, codAluno,
nomeIMG, nivel, tipoOperacao, N1 , N2, respostaUsuario, ajuste
,ciclo , momento, apiNeutro , apiFelicidade , apiSurpreso , apiRaiva
, apiTristeza , apiDesprezo , apiDesgosto , apiMedo , apiIdade ,
apiGenero, codGrupoCiclo ) values(date('now'), time('now'), ?, ?, ?,
?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?)" ,
(codigoUsuario, arquivo, nivel, operacao, N1 , N2, RespUsuarioTot,
ajuste ,cicloAtual ,momentoRecebe, neutro , felicidade , surpreso ,
raiva , tristeza , desprezo , desgosto ,medo , idade , genero ,
codGrupoCiclo ))
355.     conexaoBanco.commit()
356.     conexaoBanco.close()
357.
358.     thread_FTP = threading.Thread(target=mandaFTP,args=(arquivo,))
359.     thread_FTP.start()
360.
361.def mandaFTP(caminhoLocal):
362.     host = "ftp.vansan.com.br"
363.     username = "#####"
364.     password = "#####"
365.
366.     try:
367.         caminhoRemoto='STOR '+caminhoLocal
368.         print("Enviando para o FTP = " +caminhoLocal)
369.         session = ftplib.FTP(host,username,password)
370.         file = open(caminhoLocal,'rb') # file to send
371.         session.storbinary(caminhoRemoto, file) # send the file
372.         file.close() # close file and FTP
373.         session.quit()
374.         print("FTP OK = " +caminhoLocal)
375.     except:
376.         print("\n Erro no envio para o FTP= " +caminhoLocal)
377.
378.def recebeEmocao():
379.     global cicloAtual
380.     global momento
381.     global N1
382.     global N2
383.     global codigoUsuario
384.     global operacao
385.     global nivel
386.     global RespUsuarioUni
387.     global RespUsuarioDez
388.     global RespUsuarioTot
389.     global ResultadoEsperado

```

```

390.     global arquivo
391.     global corFundo
392.     global corTexto
393.     global textoErrado
394.     global textoCerto
395.
396.     felicidade=-1
397.     raiva=-1
398.     neutro=-1
399.     surpreso=-1
400.     tristeza=-1
401.     desprezo=-1
402.     medo=-1
403.     desgosto=-1
404.     genero=-1
405.     idade=-1
406.     try:
407.         img_url=arquivo
408.         attributes = ('age,gender,emotion')
409.         print("enviando o arquivo para API " +arquivo)
410.         resultadoEmocao = json.dumps(CF.face.detect(img_url, False,
False, attributes))
411.         resultadoEmocao = json.loads(str(resultadoEmocao))[0]
412.         #print("tipo dado" +str(type(resultadoEmocao)))
413.
414.         felicidade=resultadoEmocao['faceAttributes']['emotion']['happiness']
415.         raiva=resultadoEmocao['faceAttributes']['emotion']['anger']
416.         neutro=resultadoEmocao['faceAttributes']['emotion']['neutral']
417.         surpreso=resultadoEmocao['faceAttributes']['emotion']['surprise']
418.         tristeza=
resultadoEmocao['faceAttributes']['emotion']['sadness']
419.         desprezo=
resultadoEmocao['faceAttributes']['emotion']['contempt']
420.         medo= resultadoEmocao['faceAttributes']['emotion']['fear']
421.         desgosto=
resultadoEmocao['faceAttributes']['emotion']['disgust']
422.         genero=resultadoEmocao['faceAttributes']['gender']
423.         idade=resultadoEmocao['faceAttributes']['age']
424.
425.         conexaoBancoAjuste=sqlite3.connect('ajuste.db')
426.         bancoAjuste=conexaoBancoAjuste.cursor()
427.         for linha in bancoAjuste.execute("SELECT valor FROM
tabAjuste WHERE id=1;"):
428.             varRecebeAjuste=int(linha[0])
429.
430.             print('Ajuste= '+str(varRecebeAjuste) + ' || CicloAtual = '
+str(cicloAtual) + ' || Erros = ' + str(erro) + ' || Acertos = '
+str(acertos))
431.             if (felicidade >=0.1 or surpreso >=0.2):
432.                 if (varRecebeAjuste<10):
433.                     varRecebeAjuste=varRecebeAjuste+1
434.                     print('Feliz ou Surpreso para +1 . . . '
+str(varRecebeAjuste))
435.                 else:
436.                     varRecebeAjuste=10
437.                     print('Feliz ou Surpreso Max =10 . . . '
+str(varRecebeAjuste))
438.

```

```

439.         if (neutro >= 0.7):
440.             if (varRecebeAjuste >= 1):
441.                 varRecebeAjuste = varRecebeAjuste - 1
442.                 print('Neutro para -1. . . ' + str(varRecebeAjuste))
443.             else:
444.                 varRecebeAjuste = 1
445.                 print('Neutro Min para 1 . . . '
+str(varRecebeAjuste))
446.
447.         if (tristeza >= 0.1 or raiva >= 0.1):
448.             if (varRecebeAjuste >= 2):
449.                 varRecebeAjuste = varRecebeAjuste - 2
450.                 print('Triste ou Raiva para -2. . . '
+str(varRecebeAjuste))
451.             else:
452.                 varRecebeAjuste = 0
453.                 print('Triste ou Raiva Max = 0 . . . '
+str(varRecebeAjuste))
454.
455.         sqlUp = "UPDATE tabAjuste SET valor=" + str(varRecebeAjuste) +
" where id=1"
456.         bancoAjuste.execute(sqlUp)
457.         conexaoBancoAjuste.commit()
458.         conexaoBancoAjuste.close()
459.
460.         print ('### Dentro Recebe Emoção ###')
461.         print('Neutro= ' + str(neutro))
462.         print('Felicidade= ' + str(felicidade))
463.         print('Surpreso= ' + str(surpreso))
464.         print('Raiva= ' + str(raiva))
465.         print('Tristeza= ' + str(tristeza))
466.         print('Desprezo= ' + str(desprezo))
467.         print('Medo= ' + str(medo))
468.         print('Desgosto= ' + str(desgosto))
469.         print('\nGenero= ' + str(genero))
470.         print('Idade= ' + str(idade))
471.
472.     except:
473.         print("\n Erro no processamento da imagem ")
474.
475.     # Banco API
476.     conexaoBancoApi = sqlite3.connect('api.db')
477.     bancoApi = conexaoBancoApi.cursor()
478.     bancoApi.execute ("UPDATE tabAPI SET apiNeutro = "
+str(neutro)+" , apiFelicidade = " +str(felicidade)+" , apiSurpreso =
" +str(surpreso)+" , apiRaiva = " +str(raiva)+" , apiTristeza = "
+str(tristeza)+" , apiDesprezo = " +str(desprezo)+" , apiDesgosto =
" +str(desgosto)+" , apiMedo = " +str(medo)+" , apiIdade = "
+str(idade)+" , apiGenero = '" +str(genero) + "' WHERE id=1")
479.     conexaoBancoApi.commit()
480.     conexaoBancoApi.close()
481.
482. def MicroControlador(mensagem):
483.     global tela
484.     global estadoBotaoVerde
485.     global estadoBotaoAzul
486.     global estadoBotaoAmarelo
487.     global estadoBotaoVermelho
488.
489.     print("Rodando Micro Controlador")
490.     while (True):

```

```

491.         time.sleep(0.1)
492.         #Verifica se o botao foi pressionado
493.         if GPIO.input(botaoVerde) == True:
494.             print("Botão VERDE Pressionado >>>")
495.             estadoBotaoVerde=1
496.             time.sleep(1)
497.         else:
498.             estadoBotaoVerde=0
499.         if GPIO.input(botaoAzul) == True:
500.             print("Botão AZUL Pressionado >>>")
501.             estadoBotaoAzul=1
502.             time.sleep(1)
503.         else:
504.             estadoBotaoAzul=0
505.         if GPIO.input(botaoAmarelo) == True:
506.             print("Botão AMARELO Pressionado >>>")
507.             estadoBotaoAmarelo=1
508.             time.sleep(1)
509.         else:
510.             estadoBotaoAmarelo=0
511.         if GPIO.input(botaoVermelho) == True:
512.             print("Botão VERMELHO Pressionado >>>")
513.             estadoBotaoVermelho=1
514.             time.sleep(1)
515.         else:
516.             estadoBotaoVermelho=0
517.
518.         if ((GPIO.input(botaoVermelho) == True) and
(GPIO.input(botaoAmarelo) == True)):
519.             if((GPIO.input(botaoAzul) == True) and
(GPIO.input(botaoVerde) == True)):
520.                 desligaSistema() # DESLIGA o SISTEMA
521.                 if (GPIO.input(botaoVermelho) == True and
GPIO.input(botaoAmarelo) == True and GPIO.input(botaoVerde) ==
True):
522.                     os.system('sudo shutdown -r now') # REINICIA o SISTEMA
523.
524.def gerenciador_de_Telas(mensagem):
525.     global codGrupoCiclo
526.     global ajuste
527.     global cicloAtual
528.     global N1
529.     global N2
530.     global sorteioEstado
531.     global codigoUsuario
532.     global operacao
533.     global nivel
534.     global tela
535.     global telaEstado
536.     global estadoBotaoVerde
537.     global estadoBotaoAzul
538.     global estadoBotaoAmarelo
539.     global estadoBotaoVermelho
540.     global RespUsuarioUni
541.     global RespUsuarioDez
542.     global RespUsuarioTot
543.     global ResultadoEsperado
544.     global precisaInverter
545.     global jaInverteu
546.     global corFundo

```

```

547.     global corTexto
548.     global textoErrado
549.     global textoCerto
550.     global acertos
551.     global erros
552.
553.     corTextoPadrao='#0000CD'
554.     corFundoPadrao='#FAE566'
555.     corFundo='#D3D3D3'
556.     corTexto='#1C1C1C'
557.     textoErrado='textoErrado'
558.     textoCerto='textoCerto'
559.
560.     print("Rodando Gerenciador de Telas")
561.     while(True):
562.         time.sleep(0.5)
563.         #print("Tela = " + tela + " || Estado tela =" + telaEstado)
564.         # print("Verde = "+ str(estadoBotaoVerde) + " || Azul = " +
str(estadoBotaoAzul) + " || Amarelo = " + str(estadoBotaoAmarelo) +
" || Vermelho = " + str(estadoBotaoVermelho))
565.         ##### Montando as telas
566.         #### Consulta Banco para alterar cores
567.         conexaoBancoAjuste=sqlite3.connect('ajuste.db')
568.         bancoAjuste=conexaoBancoAjuste.cursor()
569.         for linha in bancoAjuste.execute("SELECT valor FROM
tabAjuste WHERE id=1;"):
570.             varRecebeAjuste=int(linha[0])
571.             conexaoBancoAjuste.close()
572.
573.             if (varRecebeAjuste<=10):
574.                 corFundo='#8FEB78'
575.                 corTexto='#363636'
576.                 textoErrado='Que pena,está errado \nnão foi dessa vez.'
577.                 textoCerto='Parabéns Você Acertou !'
578.
579.             if (varRecebeAjuste<=7):
580.                 corFundo='#8DEBDB'
581.                 corTexto='#363636'
582.                 textoErrado='Que pena,está errado \nvamos tentar
novamente?'
583.                 textoCerto='Muito bom, está correto!'
584.
585.             if (varRecebeAjuste<=5):
586.                 corFundo='#DCDCDC'
587.                 corTexto='#363636'
588.                 textoErrado='Que pena,está errado \nda próxima vez dará
certo!'
589.                 textoCerto='Parabéns Você Acertou!\nContinue assim!'
590.
591.             if (varRecebeAjuste<=4):
592.                 corFundo='#EB9138'
593.                 corTexto='#363636'
594.                 textoErrado='Que pena,está errado \ncontinue tentando'
595.                 textoCerto='Muito bom, está correto!\nVamos que vamos!'
596.
597.             if (varRecebeAjuste<=2):
598.                 corFundo='#EBDA8B'
599.                 corTexto='#363636'
600.                 textoErrado='Que pena,está errado \nVocê consegue!'
601.                 textoCerto='Parabéns Você Acertou! \nContinue assim!'

```

```

602.     ### mudar cor e texto conforme ajuste
603.     ### Tela Inicial
604.     if (tela=='inicial' and telaEstado!='inicial'):
605.         telaEstado='inicial'
606.         #print(" >>>>> Tela Inicial Mesmo")
607.         txtCima="Matemática "
608.
        lblCima=Label(janela,text=txtCima,font=("Arial",30,'bold'),fg =
        corTextoPadrao , bg=corFundoPadrao, width=30, height=3)
609.         lblCima.place(relx=.4, rely=.1, anchor="center")
610.         txtMeio = "Seja bem Vindo(a) "
611.
        lblMeio=Label(janela,text=txtMeio,font=("Arial",60,'bold'),fg =
        corTextoPadrao, bg=corFundoPadrao, width=25, height=3)
612.         lblMeio.place(relx=.4, rely=.4, anchor="center")
613.         txtBaixo = "Pressione o botão \nVERDE para continuar"
614.
        lblBaixo=Label(janela,text=txtBaixo,font=("Arial",30,'bold'),fg =
        "green", bg=corFundoPadrao, width=30, height=3)
615.         lblBaixo.place(relx=.4, rely=.8, anchor="center")
616.         txtVermelho = "DESLIGAR"
617.
        lblVermelho=Label(janela,text=txtVermelho,font=("Arial",30,'bold'),f
        g = "red", width=10, height=3)
618.         lblVermelho.place(relx=.9, rely=.2, anchor="center")
619.         lblVermelho['text']=txtVermelho
620.         txtAmarelo = " "
621.
        lblAmarelo=Label(janela,text=txtAmarelo,font=("Arial",30,'bold'),fg
        = "yellow", width=10, height=3)
622.         lblAmarelo.place(relx=.9, rely=.4, anchor="center")
623.         txtAzul = "Calibrar\nWebcam "
624.
        lblAzul=Label(janela,text=txtAzul,font=("Arial",30,'bold'),fg =
        "blue", width=10, height=3)
625.         lblAzul.place(relx=.9, rely=.6, anchor="center")
626.         txtVerde = "Continuar"
627.
        lblVerde=Label(janela,text=txtVerde,font=("Arial",30,'bold'),fg =
        "green", width=10, height=3)
628.         lblVerde.place(relx=.9, rely=.8, anchor="center")
629.
630.         time.sleep(1)
631.
632.     ### Tela Desligar
633.     if (tela=='desligar' and telaEstado!='desligar'):
634.         #print(" >>>>> Tela Desligar Mesmo")
635.         telaEstado='desligar'
636.
637.         txtCima="Confirma?"
638.
        janela.lblCima=Label(janela,text=txtCima,font=("Arial",30,'bold'),fg
        = corTextoPadrao, bg=corFundoPadrao, width=30, height=3 )
639.         janela.lblCima.place(relx=.4, rely=.1, anchor="center")
640.         lblCima['text']=txtCima
641.         txtMeio = "Pressione Verde \npara desligar"
642.
        lblMeio=Label(janela,text=txtMeio,font=("Arial",60,'bold'),fg =
        "green", bg=corFundoPadrao, width=25, height=3)
643.         lblMeio.place(relx=.4, rely=.4, anchor="center")
644.         lblMeio['text']=txtMeio

```

```

645.         txtBaixo = "Pressione Vermelho\npara Voltar"
646.         lblBaixo=Label(janela,text=txtBaixo,font=("Arial",30,'bold'),fg =
"red", bg=corFundoPadrao, width=30, height=3)
647.         lblBaixo.place(relx=.4, rely=.8, anchor="center")
648.         lblBaixo['text']=txtBaixo
649.         txtVermelho = "Voltar"
650.         #lblVermelho=Label(janela,text=txtVermelho,font=("Arial",30,'bold'),
fg = "red", width=10, height=3)
651.         #lblVermelho.place(relx=.9, rely=.2, anchor="center")
652.         lblVermelho['text']=txtVermelho
653.         txtAmarelo = " "
654.         #lblAmarelo=Label(janela,text=txtAmarelo,font=("Arial",30,'bold'),fg
= "yellow", width=10, height=3)
655.         #lblAmarelo.place(relx=.9, rely=.4, anchor="center")
656.         lblAmarelo['text']=txtAmarelo
657.
658.         txtAzul = " "
659.         #lblAzul=Label(janela,text=txtAzul,font=("Arial",30,'bold'),fg =
"blue", width=10, height=3)
660.         #lblAzul.place(relx=.9, rely=.6, anchor="center")
661.         lblAzul['text']=txtAzul
662.
663.         txtVerde = "DESLIGAR"
664.         #lblVerde=Label(janela,text=txtVerde,font=("Arial",30,'bold'),fg =
"green", width=10, height=3)
665.         #lblVerde.place(relx=.9, rely=.8, anchor="center")
666.         lblVerde['text']=txtVerde
667.         janela.update()
668.         time.sleep(1)
669.
670.         ### Tela Escolher o Nivel
671.         if (tela=='nivel' and telaEstado!='nivel'):
672.             telaEstado='nivel'
673.             txtCima="Nível ?"
674.
janela.lblCima=Label(janela,text=txtCima,font=("Arial",30,'bold'),fg
= corTextoPadrao, bg=corFundoPadrao, width=30, height=3 )
675.         janela.lblCima.place(relx=.4, rely=.1, anchor="center")
676.         lblCima['text']=txtCima
677.         txtMeio = "Escolha o nível \nde dificuldade"
678.
        lblMeio=Label(janela,text=txtMeio,font=("Arial",60,'bold'),fg =
corTextoPadrao, bg=corFundoPadrao, width=25, height=3)
679.         lblMeio.place(relx=.4, rely=.4, anchor="center")
680.         lblMeio['text']=txtMeio
681.         txtBaixo = "Pressione Vermelho\npara Voltar"
682.
        lblBaixo=Label(janela,text=txtBaixo,font=("Arial",30,'bold'),fg =
"red", bg=corFundoPadrao, width=30, height=3)
683.         lblBaixo.place(relx=.4, rely=.8, anchor="center")
684.         lblBaixo['text']=txtBaixo
685.         txtVermelho = "Voltar"
686.         #lblVermelho=Label(janela,text=txtVermelho,font=("Arial",30,'bold'),
fg = "red", width=10, height=3)
687.         #lblVermelho.place(relx=.9, rely=.2, anchor="center")

```

```

688.         lblVermelho['text']=txtVermelho
689.         txtAmarelo = "3° Ano\nNível 1 "
690.         lblAmarelo=Label(janela,text=txtAmarelo,font=("Arial",30,'bold'),fg
= "#DAA520", width=10, height=3)
691.         lblAmarelo.place(relx=.9, rely=.4, anchor="center")
692.         lblAmarelo['text']=txtAmarelo
693.
694.         txtAzul = "2° Ano\nNível 2"
695.         #lblAzul=Label(janela,text=txtAzul,font=("Arial",30,'bold'),fg =
"blue", width=10, height=3)
696.         #lblAzul.place(relx=.9, rely=.6, anchor="center")
697.         lblAzul['text']=txtAzul
698.
699.         txtVerde = "2° Ano\nNível 1"
700.         #lblVerde=Label(janela,text=txtVerde,font=("Arial",30,'bold'),fg =
"green", width=10, height=3)
701.         #lblVerde.place(relx=.9, rely=.8, anchor="center")
702.         lblVerde['text']=txtVerde
703.         janela.update()
704.         time.sleep(1)
705.
706.         ### Tela Escolher a operação
707.         if (tela=='operacao' and telaEstado!='operacao'):
708.             telaEstado='operacao'
709.
710.             txtCima="Escolha agora o \nTipo de Operação."
711.             janela.lblCima=Label(janela,text=txtCima,font=("Arial",30,'bold'),fg
= corTextoPadrao, bg=corFundoPadrao, width=30, height=3 )
712.             janela.lblCima.place(relx=.4, rely=.1, anchor="center")
713.             lblCima['text']=txtCima
714.             txtMeio = "Adição, Subtração\nou Multiplicação"
715.             lblMeio=Label(janela,text=txtMeio,font=("Arial",60,'bold'),fg =
corTextoPadrao, bg=corFundoPadrao, width=25, height=3)
716.             lblMeio.place(relx=.4, rely=.4, anchor="center")
717.             lblMeio['text']=txtMeio
718.             txtBaixo = "Pressione Vermelho\npara Voltar"
719.             lblBaixo=Label(janela,text=txtBaixo,font=("Arial",30,'bold'),fg =
"red", bg=corFundoPadrao, width=19, height=2)
720.             lblBaixo.place(relx=.4, rely=.8, anchor="center")
721.             lblBaixo['text']=txtBaixo
722.             txtVermelho = "Voltar"
723.             #lblVermelho=Label(janela,text=txtVermelho,font=("Arial",30,'bold'),
fg = "red", width=10, height=3)
724.             #lblVermelho.place(relx=.9, rely=.2, anchor="center")
725.             lblVermelho['text']=txtVermelho
726.             txtAmarelo = "Adição\n+ "
727.             #lblAmarelo=Label(janela,text=txtAmarelo,font=("Arial",30,'bold'),fg
= "yellow", width=10, height=3)
728.             #lblAmarelo.place(relx=.9, rely=.4, anchor="center")
729.             lblAmarelo['text']=txtAmarelo
730.
731.             txtAzul = "Subtração\n-"

```

```

732. #lblAzul=Label(janela,text=txtAzul,font=("Arial",30,'bold'),fg =
    "blue", width=10, height=3)
733.     #lblAzul.place(relx=.9, rely=.6, anchor="center")
734.     lblAzul['text']=txtAzul
735.
736.     txtVerde = "Multiplicação\nx"
737.
    #lblVerde=Label(janela,text=txtVerde,font=("Arial",30,'bold'),fg =
    "green", width=10, height=3)
738.     #lblVerde.place(relx=.9, rely=.8, anchor="center")
739.     lblVerde['text']=txtVerde
740.     janela.update()
741.     time.sleep(1)
742.
743.     ### Tela Código aluno
744.     if (tela=='codigo' and telaEstado!='codigo'):
745.         telaEstado='codigo'
746.
747.         txtCima="Identificação"
748.
        janela.lblCima=Label(janela,text=txtCima,font=("Arial",30,'bold'),fg
        = corTextoPadrao, bg=corFundoPadrao, width=30, height=3)
749.         janela.lblCima.place(relx=.4, rely=.1, anchor="center")
750.         lblCima['text']=txtCima
751.         txtMeio = "Coloque seu número \nNo local das respostas"
752.
        lblMeio=Label(janela,text=txtMeio,font=("Arial",60,'bold'),fg =
        corTextoPadrao, bg=corFundoPadrao, width=25, height=3)
753.         lblMeio.place(relx=.4, rely=.4, anchor="center")
754.         lblMeio['text']=txtMeio
755.         txtBaixo = "Pressione Verde\npara continuar"
756.
        lblBaixo=Label(janela,text=txtBaixo,font=("Arial",30,'bold'),fg =
        "green", bg=corFundoPadrao, width=30, height=3)
757.         lblBaixo.place(relx=.4, rely=.8, anchor="center")
758.         lblBaixo['text']=txtBaixo
759.         txtVermelho = "Voltar"
760.
        #lblVermelho=Label(janela,text=txtVermelho,font=("Arial",30,'bold'),
        fg = "red", width=10, height=3)
761.         #lblVermelho.place(relx=.9, rely=.2, anchor="center")
762.         lblVermelho['text']=txtVermelho
763.         txtAmarelo = " "
764.
        #lblAmarelo=Label(janela,text=txtAmarelo,font=("Arial",30,'bold'),fg
        = "yellow", width=10, height=3)
765.         #lblAmarelo.place(relx=.9, rely=.4, anchor="center")
766.         lblAmarelo['text']=txtAmarelo
767.
768.         txtAzul = "Calibrar\nWebcam "
769.
        #lblAzul=Label(janela,text=txtAzul,font=("Arial",30,'bold'),fg =
        "blue", width=10, height=3)
770.         #lblAzul.place(relx=.9, rely=.6, anchor="center")
771.         lblAzul['text']=txtAzul
772.
773.         txtVerde = "Continuar"
774.
        #lblVerde=Label(janela,text=txtVerde,font=("Arial",30,'bold'),fg =
        "green", width=10, height=3)
775.         #lblVerde.place(relx=.9, rely=.8, anchor="center")

```

```

776.         lblVerde['text']=txtVerde
777.         janela.update()
778.         time.sleep(1)
779.
780.         ### Tela JOGANDO
781.         if (tela=='jogando' and telaEstado!='jogando'):
782.             telaEstado='jogando'
783.
784.             txtCima="Resolva a operação"
785.
786.             janela.lblCima=Label(janela,text=txtCima,font=("Arial",30,'bold'),fg
787. = corTexto, bg=corFundo, width=30, height=3 )
788.             janela.lblCima.place(relx=.4, rely=.1, anchor="center")
789.             lblCima['text']=txtCima
790.             txtMeio = "....."
791.             lblMeio=Label(janela,text=txtMeio,font=("Arial",60,'bold'),fg =
792. corTexto, bg=corFundo, width=25, height=3)
793.             lblMeio.place(relx=.4, rely=.4, anchor="center")
794.             lblMeio['text']=txtMeio
795.             txtBaixo = "Pressione Verde\npara Confirmar"
796.             lblBaixo=Label(janela,text=txtBaixo,font=("Arial",30,'bold'),fg =
797. "green", bg=corFundo, width=30, height=3)
798.             lblBaixo.place(relx=.4, rely=.8, anchor="center")
799.             lblBaixo['text']=txtBaixo
800.             txtVermelho = "Voltar"
801.             #lblVermelho=Label(janela,text=txtVermelho,font=("Arial",30,'bold'),
802. fg = "red", width=10, height=3)
803.             #lblVermelho.place(relx=.9, rely=.2, anchor="center")
804.             lblVermelho['text']=txtVermelho
805.             txtAmarelo = " "
806.             #lblAmarelo=Label(janela,text=txtAmarelo,font=("Arial",30,'bold'),fg
807. = "yellow", width=10, height=3)
808.             #lblAmarelo.place(relx=.9, rely=.4, anchor="center")
809.             lblAmarelo['text']=txtAmarelo
810.             txtAzul = " "
811.             #lblAzul=Label(janela,text=txtAzul,font=("Arial",30,'bold'),fg =
812. "blue", width=10, height=3)
813.             #lblAzul.place(relx=.9, rely=.6, anchor="center")
814.             lblAzul['text']=txtAzul
815.             txtVerde = "Continuar"
816.             #lblVerde=Label(janela,text=txtVerde,font=("Arial",30,'bold'),fg =
817. "green", width=10, height=3)
818.             #lblVerde.place(relx=.9, rely=.8, anchor="center")
819.             lblVerde['text']=txtVerde
820.             janela.update()
821.             time.sleep(1)
822.
823.         ### Tela Acertou
824.         if (tela=='acertou' and telaEstado!='acertou'):
825.             telaEstado='acertou'
826.
827.             txtCima=textoCerto

```

```

822.      janela.lblCima=Label(janela,text=txtCima,font=("Arial",30,'bold'),fg =
      = corTexto, bg=corFundo, width=30, height=3 )
823.          janela.lblCima.place(relx=.4, rely=.1, anchor="center")
824.          lblCima['text']=txtCima
825.          txtMeio = "Você respondeu\n" + str(N1) + " "+operacao+" "
      +str(N2) +" = " + str(ResultadoEsperado)
826.      lblMeio=Label(janela,text=txtMeio,font=("Arial",60,'bold'),fg =
      corTexto, bg=corFundo, width=25, height=3)
827.          lblMeio.place(relx=.4, rely=.4, anchor="center")
828.          lblMeio['text']=txtMeio
829.          txtBaixo = "Pressione Verde\npara Continuar"
830.      lblBaixo=Label(janela,text=txtBaixo,font=("Arial",30,'bold'),fg =
      "green", bg=corFundo, width=30, height=3)
831.          lblBaixo.place(relx=.4, rely=.8, anchor="center")
832.          lblBaixo['text']=txtBaixo
833.          txtVermelho = " "
834.      #lblVermelho=Label(janela,text=txtVermelho,font=("Arial",30,'bold'),
      fg = "red", width=10, height=3)
835.          #lblVermelho.place(relx=.9, rely=.2, anchor="center")
836.          lblVermelho['text']=txtVermelho
837.          txtAmarelo = " "
838.      #lblAmarelo=Label(janela,text=txtAmarelo,font=("Arial",30,'bold'),fg =
      = "yellow", width=10, height=3)
839.          #lblAmarelo.place(relx=.9, rely=.4, anchor="center")
840.          lblAmarelo['text']=txtAmarelo
841.
842.          txtAzul = " "
843.      #lblAzul=Label(janela,text=txtAzul,font=("Arial",30,'bold'),fg =
      "blue", width=10, height=3)
844.          #lblAzul.place(relx=.9, rely=.6, anchor="center")
845.          lblAzul['text']=txtAzul
846.
847.          txtVerde = "Continuar"
848.      #lblVerde=Label(janela,text=txtVerde,font=("Arial",30,'bold'),fg =
      "green", width=10, height=3)
849.          #lblVerde.place(relx=.9, rely=.8, anchor="center")
850.          lblVerde['text']=txtVerde
851.          janela.update()
852.          foto('PosC')
853.          time.sleep(1)
854.
855.          ### Tela ERROU
856.          if (tela=='errou' and telaEstado!='errou'):
857.              telaEstado='errou'
858.
859.              txtCima=textoErrado
860.
861.          janela.lblCima=Label(janela,text=txtCima,font=("Arial",30,'bold'),fg =
      = corTexto, bg=corFundo, width=30, height=3 )
862.          janela.lblCima.place(relx=.4, rely=.1, anchor="center")
863.          lblCima['text']=txtCima
864.          txtMeio = "Você respondeu " + str(RespUsuarioTot) + "\nO
      correto seria " + str(N1) + " "+operacao+" " +str(N2) +" = " +
      str(ResultadoEsperado)

```

```

864.     lblMeio=Label(janela,text=txtMeio,font=("Arial",60,'bold'),fg =
        corTexto, bg=corFundo, width=25, height=3)
865.         lblMeio.place(relx=.4, rely=.4, anchor="center")
866.         lblMeio['text']=txtMeio
867.         txtBaixo = "Pressione Verde\npara Continuar"
868.
        lblBaixo=Label(janela,text=txtBaixo,font=("Arial",30,'bold'),fg =
        "green", bg=corFundo, width=30, height=3)
869.         lblBaixo.place(relx=.4, rely=.8, anchor="center")
870.         lblBaixo['text']=txtBaixo
871.         txtVermelho = " "
872.
        #lblVermelho=Label(janela,text=txtVermelho,font=("Arial",30,'bold'),
        fg = "red", width=10, height=3)
873.         #lblVermelho.place(relx=.9, rely=.2, anchor="center")
874.         lblVermelho['text']=txtVermelho
875.         txtAmarelo = " "
876.
        #lblAmarelo=Label(janela,text=txtAmarelo,font=("Arial",30,'bold'),fg
        = "yellow", width=10, height=3)
877.         #lblAmarelo.place(relx=.9, rely=.4, anchor="center")
878.         lblAmarelo['text']=txtAmarelo
879.
880.         txtAzul = " "
881.
        #lblAzul=Label(janela,text=txtAzul,font=("Arial",30,'bold'),fg =
        "blue", width=10, height=3)
882.         #lblAzul.place(relx=.9, rely=.6, anchor="center")
883.         lblAzul['text']=txtAzul
884.
885.         txtVerde = "Continuar"
886.
        #lblVerde=Label(janela,text=txtVerde,font=("Arial",30,'bold'),fg =
        "green", width=10, height=3)
887.         #lblVerde.place(relx=.9, rely=.8, anchor="center")
888.         lblVerde['text']=txtVerde
889.         janela.update()
890.         foto('PosE')
891.         time.sleep(1)
892.
893.         ### Tela Resultados
894.         if (tela=='resultados' and telaEstado!='resultados'):
895.             telaEstado='resultados'
896.
897.             txtCima="RESULTADOS\n" + str(cicloAtual-1) + "
tentativas"
898.
        janela.lblCima=Label(janela,text=txtCima,font=("Arial",30,'bold'),fg
        = corTexto, bg=corFundo, width=30, height=3 )
899.         janela.lblCima.place(relx=.4, rely=.1, anchor="center")
900.         lblCima['text']=txtCima
901.         txtMeio = "Acertou " + str(acertos) + "\nErrou " +
        str(erros)
902.
        lblMeio=Label(janela,text=txtMeio,font=("Arial",60,'bold'),fg =
        corTexto, bg=corFundo, width=25, height=3)
903.         lblMeio.place(relx=.4, rely=.4, anchor="center")
904.         lblMeio['text']=txtMeio
905.         txtBaixo = "Pressione Verde\npara o Próximo Jogador"

```

```

906.     lblBaixo=Label(janela,text=txtBaixo,font=("Arial",30,'bold'),fg =
        "green", bg=corFundo, width=30, height=3)
907.         lblBaixo.place(relx=.4, rely=.8, anchor="center")
908.         lblBaixo['text']=txtBaixo
909.         txtVermelho = " "
910.     #lblVermelho=Label(janela,text=txtVermelho,font=("Arial",30,'bold'),
        fg = "red", width=10, height=3)
911.         #lblVermelho.place(relx=.9, rely=.2, anchor="center")
912.         lblVermelho['text']=txtVermelho
913.         txtAmarelo = " "
914.     #lblAmarelo=Label(janela,text=txtAmarelo,font=("Arial",30,'bold'),fg
        = "yellow", width=10, height=3)
915.         #lblAmarelo.place(relx=.9, rely=.4, anchor="center")
916.         lblAmarelo['text']=txtAmarelo
917.
918.         txtAzul = " "
919.     #lblAzul=Label(janela,text=txtAzul,font=("Arial",30,'bold'),fg =
        "blue", width=10, height=3)
920.         #lblAzul.place(relx=.9, rely=.6, anchor="center")
921.         lblAzul['text']=txtAzul
922.
923.         txtVerde = "Proximo\nJogador"
924.     #lblVerde=Label(janela,text=txtVerde,font=("Arial",30,'bold'),fg =
        "green", width=10, height=3)
925.         #lblVerde.place(relx=.9, rely=.8, anchor="center")
926.         lblVerde['text']=txtVerde
927.         janela.update()
928.         foto('PosR')
929.         time.sleep(1)
930.     ##### Botoes das telas
931.     ### Tela Inicial
932.     if (telaEstado=='inicial' and estadoBotaoVermelho==1):
933.         tela='desligar'
934.     if (telaEstado=='inicial' and estadoBotaoVerde==1):
935.         tela='nivel'
936.     if (telaEstado=='inicial' and estadoBotaoAzul==1):
937.         os.system('fsWebcam -r640x480 "capturas/1teste.jpg"')
938.         #time.sleep(1)
939.         os.system('gpicview "capturas/1teste.jpg" &')
940.         time.sleep(3)
941.         os.system('sudo killall -9 gpicview')
942.
943.     ### Tela Desligar
944.     if(telaEstado=='desligar' and estadoBotaoVermelho==1):
945.         tela='inicial'
946.     if (telaEstado=='desligar' and estadoBotaoVerde==1):
947.         desligaSistema()
948.     if (telaEstado=='desligar' and estadoBotaoAmarelo==1):
949.         sairSistema()
950.
951.     ### Tela Nível
952.     if(telaEstado=='nivel' and estadoBotaoVermelho==1):
953.         tela='inicial'
954.     if(telaEstado=='nivel' and estadoBotaoAmarelo==1):
955.         tela='operacao'
956.         nivel=31

```

```

957.         if(telaEstado=='nivel' and estadoBotaoAzul==1):
958.             tela='operacao'
959.             nivel=22
960.         if(telaEstado=='nivel' and estadoBotaoVerde==1):
961.             tela='operacao'
962.             nivel=21
963.
964.         ### Tela Selecionar Operação
965.         if(telaEstado=='operacao' and estadoBotaoVermelho==1):
966.             tela='nivel'
967.         if(telaEstado=='operacao' and estadoBotaoAmarelo==1):
968.             tela='codigo'
969.             operacao='+'
970.         if(telaEstado=='operacao' and estadoBotaoAzul==1):
971.             tela='codigo'
972.             operacao='- '
973.         if(telaEstado=='operacao' and estadoBotaoVerde==1):
974.             tela='codigo'
975.             operacao='x'
976.
977.         ### Tela Codigo do aluno
978.         if(telaEstado=='codigo' and estadoBotaoVermelho==1):
979.             tela='operacao'
980.         if(telaEstado=='codigo' and estadoBotaoVerde==1):
981.             tela='jogando'
982.             conexaoBancoAjuste=sqlite3.connect('ajuste.db')
983.             bancoAjuste=conexaoBancoAjuste.cursor()
984.             sqlUp="UPDATE tabAjuste SET valor=" + str(5) + " where
id=1"
985.             bancoAjuste.execute(sqlUp)
986.             conexaoBancoAjuste.commit()
987.             conexaoBancoAjuste.close()
988.             data_e_hora_atuais = datetime.now()
989.             data_e_hora_em_texto =
data_e_hora_atuais.strftime('%y%m%d%H%M%S')
990.             codGrupoCiclo=data_e_hora_em_texto
991.             cicloMax=5
992.             cicloAtual=1
993.             acertos=0
994.             erros=0
995.             respondeuCerto=None
996.             jaInverteu=None
997.             precisaInverter=None
998.             # ler cartões dos códigos dos alunos
999.             lerCartao_Dez()
1000.             lerCartao_Uni()
1001.             codigoUsuario = RespUsuarioDez+RespUsuarioUni
1002.             print ("Código Usuário = " +str(codigoUsuario))
1003.             time.sleep(1)
1004.
1005.             if (telaEstado=='codigo' and estadoBotaoAzul==1):
1006.                 os.system ('fsWebcam -r640x480
"capturas/1teste.jpg"')
1007.                 #time.sleep(1)
1008.                 os.system('gpview "capturas/1teste.jpg" &')
1009.                 time.sleep(3)
1010.                 os.system('sudo killall -9 gpview')
1011.
1012.         ### Tela Jogando
1013.         if(telaEstado=='jogando' and estadoBotaoVermelho==1):

```



```

1070. janela.attributes('-fullscreen', True) # para deixar em tela
      cheia
1071. m = janela.maxsize()
1072. janela.geometry('{}x{}+0+0'.format(*m))
1073. janela.title('Matemática com Emoção - Vansan')
1074. #janela.config(bg='light blue') #cor de fundo da janela
1075. image=tk.PhotoImage(file="paisagem.gif") #se estiver na mesma
      pasta E Arquivo Precisa ser .GIF
1076. #image=tk.PhotoImage(file="E:\\OneDrive\\paisagem.gif") #se
      estiver pasta diferente
1077. image=image.subsample(1,1)
1078. labelimage=tk.Label(image=image)
1079. labelimage.place(x=0,y=0,relwidth=1.0,relheight=1.0)
1080. ## Iniciando Leituras
1081. thread_MicroControlador =
      threading.Thread(target=MicroControlador,args=("MicroControlador",))
1082. thread_MicroControlador.start()
1083. thread_Telas =
      threading.Thread(target=gerenciador_de_Telas,args=("gerenciador_de_T
      elas",))
1084. thread_Telas.start()
1085. janela.mainloop()
1086. ## FIM

```

Apêndice E – Códigos do sistema auxiliar em PHP

Arquivo index.php

```
1. <html>
2. <meta charset=UTF-8>
3. <title> Sistema EMFK </title>
4. <body>
5. <h2>Sistema complementar para o acompanhamento dos resultados</h2>
6. <h2>EMFK - Emotion Math For Kids</h2>
7. <h3>Consulta geral</h3>
8. <strong>* Clique na imagem para ver detalhes</strong><br><br>
9. <?php
10.     include_once('conexao.php');
11.     //criando o objeto mysql e conectando ao banco de dados
12.     $mysql = new BancodeDados();
13.     $mysql->conecta();
14.
15.     // ajustando a instrução select para ordenar por id agrupado
16.     $query = mysqli_query($mysql->con,"select * from tabdados group
by codGrupoCiclo order by id;");
17.     if (!$query) {
18.         echo '<input type="button"
onclick="window.location=' . "'index.php' . ' . '"
value="Voltar"><br><br>';
19.         die('<b>Query Inválida:</b>' . @mysqli_error($mysql->con));
20.     }
21.     echo "<table border='1px'>";
22.     echo "<tr align='center'>
23.         <th width='100px'>Data</th>
24.         <th width='80px'>Hora</th>
25.         <th width='80px'>Cod Aluno</th>
26.         <th width='80px'>Nivel</th>
27.         <th width='80px'>Operação</th>
28.         <th width='100px'>CodGrupo</th>
29.         <th width='100px'>Foto *</th>
30.     <tr>";
31.     while($dados=mysqli_fetch_array($query))
32.     {
33.         echo "<tr align='center'>";
34.         echo "<td>". convertedata($dados['data'])."</td>";
35.         echo "<td>". $dados['hora']."</td>";
36.         echo "<td>". $dados['codAluno']."</td>";
37.         echo "<td>". $dados['nivel']."</td>";
38.         echo "<td>". $dados['tipoOperacao']."</td>";
39.         echo "<td>". $dados['codGrupoCiclo']."</td>";
40.         $imagem = $dados['nomeIMG'];
41.         $id = $dados['codGrupoCiclo'];
42.         echo "<td align='center'><a href='detalhes.php?id=$id'><img
src='$imagem' width='50px' height='50px'></a>";
43.         echo "</tr>";
44.     }
45.     echo "</table>";
46.     $mysql->fechar();
47.     ?>
48. <br>
49. </body>
50. </html>
```

```
1. <?php
2. function convertedata($data){
3.     $data_vetor = explode('-', $data);
4.     $novadata = implode('/', array_reverse ($data_vetor));
5.     return $novadata;
6. }
7.
8. class BancodeDados {
9.     private $host = "localhost"; // Nome ou IP do Servidor
10.    private $user = "####";      // Usuário do Servidor MySQL
11.    private $senha = "####";     // Senha do Usuário MySQL
12.    private $banco = "bd_projeto"; // Nome do seu Banco de
    Dados
13.    public $con;
14.
15.    // método responsável para conexão a base de dados
16.    function conecta(){
17.        $this->con = @mysqli_connect($this->host,$this->user,$this->
18.        >senha, $this->banco);
19.        // Conecta ao Banco de Dados
20.        if(!$this->con){
21.            // Caso ocorra um erro, exibe uma mensagem com o erro
22.            die ("Problemas com a conexão");
23.        }
24.    }
25.
26.    // método responsável para fechar a conexão
27.    function fechar(){
28.        mysqli_close($this->con);
29.        return;
30.    }
31.    // função para executar o SELECT
32.    function sqlquery($string,$caminho){
33.        // executando instrução SQL
34.        $resultado = @mysqli_query($this->con, $string);
35.        if (!$resultado) {
36.            echo '<input type="button"
37.            onclick="window.location='.'"index.php'".'".'"';
38.            value="Voltar"><br><br>';
39.            die('<b>Query Inválida:</b>' . @mysqli_error($this-
40.            >con));
41.        } else {
42.            $num = @mysqli_num_rows($resultado);
43.            if ($num==0){
44.                // se não encontrar nada
45.            }else{
46.                $dados=mysqli_fetch_array($resultado);
47.            }
48.        }
49.        $this->fechar();
50.        return $dados;
51.    }
52. }
53. ?>
```

```
1. <html>
2. <meta charset=UTF-8>
3. <title> Sistema EMFK </title>
4. <body>
5. <h2>Sistema complementar para o acompanhamento dos resultados</h2>
6. <h2>EMFK - Emotion Math For Kids</h2>
7. <h3>Consulta Detalhada</h3>
8. <?php
9.     if(isset($_GET['id']) && is_numeric($_GET['id'])) {
10.         $id = $_GET['id'];
11.         $id_corrente = $id;
12.     } else {
13.         header('Location: index.php');
14.     }
15.     echo '<input type="button"
onclick="window.location=' . "'index.php" . ';" value="Lista
Geral"><br><br>';
16.     include_once('conexao.php');
17.     //criando o objeto mysql e conectando ao banco de dados
18.     $mysql = new BancodeDados();
19.     $mysql->conecta();
20.
21.     $mysql1 = new BancodeDados();
22.     $mysql1->conecta();
23.     $mysql2 = new BancodeDados();
24.     $mysql2->conecta();
25.
26.     $sql_anterior = "SELECT * FROM tabdados WHERE codGrupoCiclo <
$id_corrente ORDER by id DESC limit 1";
27.     $dados1 = $mysql1->sqlquery($sql_anterior, 'index.php');
28.     $id_anterior=$dados1['codGrupoCiclo'];
29.
30.     $sql_proximo = "SELECT * FROM tabdados WHERE codGrupoCiclo >
$id_corrente ORDER by id ASC limit 1";
31.     $dados2 = $mysql2->sqlquery($sql_proximo, 'index.php');
32.     $id_proximo=$dados2['codGrupoCiclo'];
33.     if ($id_anterior==''){
34.         $id_anterior='Primeiro Registro';
35.         echo "&nbsp; &nbsp; &nbsp; &nbsp; ";
36.     }else{
37.         echo '<input type="button"
onclick="window.location=' . "'detalhes.php?id=$id_anterior" . ';"
value="<"> &nbsp;';
38.     }
39.     if ($id_proximo==''){
40.         $id_proximo='Último Registro';
41.     }else{
42.         echo '<input type="button"
onclick="window.location=' . "'detalhes.php?id=$id_proximo" . ';"
value=">">';
43.     }
44.
45.     echo " <br><br> Anterior = ". $id_anterior;
46.     echo " || Próximo = ". $id_proximo . "<br>";
47.     echo "<hr size =2>";
48.     $query = mysqli_query($mysql->con,"select * from tabdados where
codGrupoCiclo = $id order by id;");
49.     while($dados=mysqli_fetch_array($query))
```

```

50. {
51.     echo "<table border='1px'><tr><td width='250px'>";
52.     $imagem = $dados['nomeIMG'];
53.     echo "<img src='$imagem' >";
54.     echo "</td><td width='500px'>";
55.
56.     echo "<h2> Dados </h2>";
57.     echo "<table border='1px'>";
58.     echo "<tr align='center'>
59.         <th width='100px'>CodGrupo</th>
60.         <th width='100px'>Data</th>
61.         <th width='80px'>Hora</th>
62.         <th width='80px'>Cod Aluno</th>
63.         <th width='80px'>Nivel</th>
64.         <th width='80px'>N1</th>
65.         <th width='80px'>Operação</th>
66.         <th width='80px'>N2</th>
67.         <th width='80px'>Resp dada</th>
68.         <th width='80px'>Resp Esperada</th>
69.         <th width='80px'>Ciclo</th>
70.         <th width='80px'>Ajuste</th>
71.     </tr>";
72.
73.     echo "<tr align='center'>";
74.     echo "<td>". $dados['codGrupoCiclo'] . "</td>";
75.     echo "<td>". convertedata($dados['data']) . "</td>";
76.     echo "<td>". $dados['hora'] . "</td>";
77.     echo "<td>". $dados['codAluno'] . "</td>";
78.     echo "<td>". $dados['nivel'] . "</td>";
79.     echo "<td>". $dados['N1'] . "</td>";
80.     echo "<td>". $dados['tipoOperacao'] . "</td>";
81.     echo "<td>". $dados['N2'] . "</td>";
82.     echo "<td>". $dados['respostaUsuario'] . "</td>";
83.     if ($dados['tipoOperacao']=='+') {
84.         $respEsperada=$dados['N1'] + $dados['N2'];
85.     }
86.     if ($dados['tipoOperacao']=='x') {
87.         $respEsperada=$dados['N1'] * $dados['N2'];
88.     }
89.     if ($dados['tipoOperacao']=='-') {
90.         $respEsperada=$dados['N1'] - $dados['N2'];
91.     }
92.     echo "<td>". $respEsperada . "</td>";
93.     echo "<td>". $dados['ciclo'] . "</td>";
94.     echo "<td>". $dados['ajuste'] . "</td>";
95.
96.     echo "</table> <br><br>";
97.
98.     echo "<h2> Emoções </h2>";
99.     echo "<table border='1px'>";
100.    echo "<tr align='center'>
101.        <th width='80px'>Momento</th>
102.        <th width='80px'>Neutro</th>
103.        <th width='80px'>Felicidade</th>
104.        <th width='80px'>Surpreso</th>
105.        <th width='80px'>Raiva</th>
106.        <th width='80px'>Tristeza</th>
107.        <th width='80px'>Desprezo</th>
108.        <th width='80px'>Desgosto</th>
109.        <th width='80px'>Medo</th>

```

```

110.             <th width='80px'>Idade</th>
111.             <th width='80px'>Genero</th>
112.
113.         </tr>";
114.     echo "<tr align='center'>";
115.         echo "<td>". $dados['momento'] . "</td>";
116.         echo "<td>". $dados['apiNeutro'] . "</td>";
117.         echo "<td>". $dados['apiFelicidade'] . "</td>";
118.         echo "<td>". $dados['apiSurpreso'] . "</td>";
119.         echo "<td>". $dados['apiRaiva'] . "</td>";
120.         echo "<td>". $dados['apiTristeza'] . "</td>";
121.         echo "<td>". $dados['apiDesprezo'] . "</td>";
122.         echo "<td>". $dados['apiDesgosto'] . "</td>";
123.         echo "<td>". $dados['apiMedo'] . "</td>";
124.         echo "<td>". $dados['apiIdade'] . "</td>";
125.         echo "<td>". $dados['apiGenero'] . "</td>";
126.     echo "</tr>";
127.
128.     echo "</table>";
129.
130.     echo "</td></tr></table>";
131. }
132. $mysql->fechar();
133.
134. ?>
135. <br>
136. <!--
137. <input type='button' onclick="window.location='index.php' ;"
    value="Voltar">
138. -->
139. </body>
140. </html>
141.

```

Apêndice F – Questionário satisfação criança

Nome _____ Nº _____

Responda a pesquisa marcando a nota para cada afirmação:

Gostei de realizar esta atividade:

				
---	---	---	--	---

Gostaria de realizar outras vezes:

				
--	--	--	---	--

Acredito que aprenderia mais desta forma:

				
---	---	---	--	---

Gostei de usar um computador desta forma:

				
---	---	---	--	---

Foi fácil usar e realizar as atividades:

				
---	---	---	--	---

Anexo 1 – Parecer Consubstanciado do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Estudo de um sistema enativo para auxílio do ensino de matemática para crianças

Pesquisador: Júlio A. Vansan Gonçalves

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 16228619.2.0000.5397

Instituição Proponente: Faculdade Campo Limpo Paulista/Instituto de Ensino Campo Limpo Paulista

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.918.815

Apresentação do Projeto:

Adequado

Objetivo da Pesquisa:

Adequado

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Adequado

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Adequado

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequado

Recomendações:

Projeto adequado após adequações

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Adequado

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: Rua Guatemala, 167
Bairro: Jardim América **CEP:** 13.231-230
UF: SP **Município:** CAMPO LIMPO PAULISTA
Telefone: (11)4812-9409 **Fax:** (11)4812-9400 **E-mail:** cep@faccamp.br

Continuação do Parecer: 3.918.815

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1370209.pdf	13/03/2020 08:33:33		Aceito
Outros	Questionario_Satisfacao_Professor.docx	13/03/2020 08:31:44	Júlio A. Vansan Gonçalves	Aceito
Outros	Questionario_SatisfacaoCrianca.docx	13/03/2020 08:31:12	Júlio A. Vansan Gonçalves	Aceito
Outros	Pos_Testes_Opcao_2.docx	13/03/2020 08:30:12	Júlio A. Vansan Gonçalves	Aceito
Outros	Pre_Testes_Opcao_2.docx	13/03/2020 08:29:56	Júlio A. Vansan Gonçalves	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoComiteEtica_PortalBrasil_v4.docx	13/03/2020 08:25:51	Júlio A. Vansan Gonçalves	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	TermoCoparticipante_EMEB_v4.pdf	13/03/2020 08:23:55	Júlio A. Vansan Gonçalves	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	INSTITUICAO_COPARTICIPANTE_Secretaria_Itatiba.pdf	13/03/2020 08:23:41	Júlio A. Vansan Gonçalves	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_ASSENTIMENTO_7_a_10_Julio_v4.docx	13/03/2020 08:21:59	Júlio A. Vansan Gonçalves	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Julio_v4_Pais.docx	13/03/2020 08:21:40	Júlio A. Vansan Gonçalves	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Julio_v4_Professor.docx	13/03/2020 08:21:28	Júlio A. Vansan Gonçalves	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_AssinadaOK.pdf	12/06/2019 08:25:58	Júlio A. Vansan Gonçalves	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Guatemala, 167
Bairro: Jardim América **CEP:** 13.231-230
UF: SP **Município:** CAMPO LIMPO PAULISTA
Telefone: (11)4812-9409 **Fax:** (11)4812-9400 **E-mail:** cep@faccamp.br

Continuação do Parecer: 3.918.815

CAMPO LIMPO PAULISTA, 16 de Março de 2020

Assinado por:
Silvia Maria Ribeiro Oyama
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Guatemala, 167

Bairro: Jardim América

CEP: 13.231-230

UF: SP

Município: CAMPO LIMPO PAULISTA

Telefone: (11)4812-9409

Fax: (11)4812-9400

E-mail: cep@faccamp.br

Anexo 2 – Artigo publicado²⁸ no HCI International 2021

Artigo publicado na 23RD *International Conference On Human-Computer Interaction - HCI International 2021* - 24-29 Julho de 2021.



Tangible Solutions for Learning Basic Math Skills: Exploring Concepts of Emotions and Enaction

Julio Alberto Vansan Gonçalves¹, Rodrigo Bonacin^{1,2}(✉) ,
and Julio Cesar dos Reis³ 

¹ UNIFACCAMP, Campo Limpo Paulista, Campo Limpo Paulista, Brazil
julio@vansan.com.br

² Renato Archer Information Technology Center - CTI, Campinas, SP, Brazil
rodrigo.bonacin@cti.gov.br

³ Institute of Computing and NIED, University of Campinas, Campinas, Brazil
jreis@ic.unicamp.br

Abstract. Emotion is a key aspect of human cognition and learning. It may have great influence on math learning process in childhood. Tangible and playful interfaces can be used to support teachers to increase students' motivation and learning outcome. In this paper, we explore the concepts of emotion and enaction in the design of the EMFK (Emotion Math For Kids) prototype, which focuses on supporting teachers in the basic math skills learning process. The EMFK prototype allows the development of learning activities with playful physical objects, as well as it is able to adapt its interface and difficulty level according to students' emotional expressions. We present both the design and development of EMFK' software and hardware components. Our field study with seven teachers shows the viability of the proposal and points out open challenges to be overcome.

Keywords: Tangible interfaces · Mathematics learning · Emotions · Enactive interfaces

1 Introduction

Learning basic math concepts and skills can be an arduous task for primary school students. Various factors, such as motivation and children's emotional state, can directly influence learning [9]. In this sense, playful learning through interactive tangible objects can be an alternative to improve children's learning outcome.

Literature presents several investigations in how games (*e.g.*, [8]) and gamification in mathematics classes (*e.g.*, [5]) can contribute to the learning process. Various studies inquire the benefits in using tangible objects for teaching math concepts (*e.g.*, [16, 26]). Literature shows benefits of considering emotional

²⁸ https://doi.org/10.1007/978-3-030-77943-6_9

Anexo 3 – Registro do software EMFK



INPI
Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: **BR512021001406-5**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 09/04/2021, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: Sistema EMFK - Matemática com emoção para crianças

Data de publicação: 09/04/2021

Data de criação: 09/04/2021

Titular(es): JULIO ALBERTO VANSAN GONCALVES

Autor(es): RODRIGO BONACIN; JULIO ALBERTO VANSAN GONCALVES

Linguagem: SQL; PYTHON; JSON

Campo de aplicação: ED-01; ED-04; MT-01

Tipo de programa: IA-01; IA-02; TC-04

Algoritmo hash: SHA-256

Resumo digital hash: 7A1CB8107C4DC6A451CE302D3148C1DF0BA447091E72031CF8A82B907960C697

Expedido em: 29/06/2021

Aprovado por:
Carlos Alexandre Fernandes Silva
Chefe da DIPTO