

SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO DE EXPRESSÕES FACIAIS BÁSICAS APLICADO EM UM EDITOR DE TEXTO COLETIVO

ANDRE, Gabriel
Engenharia Mecatrônica
Instituto Federal de Santa Catarina
Criciúma, Santa Catarina, Brasil
alvesandregabriel@hotmail.com

GUIZZO, Michele Alda Rosso
Engenharia Mecatrônica
Instituto Federal de Santa Catarina
Criciúma, Santa Catarina, Brasil
michele.guizzo@ifsc.edu.br

Resumo — A presente pesquisa visa desenvolver um sistema de reconhecimento de expressões básicas de estudantes e implementá-lo no editor de textos coletivos denominado ETC utilizando técnicas de visão computacional. O objetivo principal é oferecer apoio aos professores em suas práticas pedagógicas, utilizando uma funcionalidade que coleta dados sobre as expressões faciais dos alunos, durante o processo de escrita, possibilitando a personalização das abordagens didáticas. A visão computacional é uma área da inteligência artificial que permite que os computadores interpretem e compreendam o mundo visual, por meio de algoritmos e técnicas de processamento de imagens. O ETC é uma plataforma pública desenvolvida pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) desde o ano de 2001, com propósito de facilitar a escrita colaborativa pela *web*. A pesquisa está dividida em seis etapas, incluindo fundamentação teórica, escolha de ferramentas e bibliotecas, desenvolvimento da funcionalidade e aplicação no ETC, testes com especialistas, análise e discussão dos resultados, e apresentação dos resultados obtidos. A aplicação conta com uma janela de detecção de expressão do usuário e uma página de relatório, desenvolvida em um ambiente *web* por meio da linguagem de programação *JavaScript* em conjunto com *HTML*, *PHP* e *CSS*. Logo, compreender a expressão dos alunos em ambientes virtuais de aprendizagem é importante para melhorar o processo de ensino-aprendizagem, pois abordagens adaptadas de ensino podem colaborar com o desenvolvimento do aluno e fornecer apoio emocional adequado. A pesquisa justifica-se pela necessidade de compreender o estado de ânimo dos alunos, e assim, subsidiar o planejamento pedagógico. Sobretudo, a obtenção de dados emocionais dos alunos por meio de tecnologias, pode auxiliar os educadores na tomada de decisões e no aprimoramento da construção do conhecimento.

Palavras-Chave — Reconhecimento de Expressões. Visão Computacional. Editor de Texto Coletivo.

I. INTRODUÇÃO

As expressões faciais e os estados de ânimo desempenham um papel crucial no processo de aprendizagem. Essa compreensão tem implicações diretas no contexto educacional, pois as emoções têm um papel significativo na forma como os alunos absorvem e processam informações. [1]

Portanto, identificar o estado de ânimo dos alunos pode colaborar com o processo de ensino e aprendizagem, porque estes estados são capazes de afetar a motivação, participação e desempenho dos acadêmicos em sala de aula. Além disso, esse tipo de análise tem a possibilidade de auxiliar docentes a identificar problemas de aprendizado, e assim, fornecer o apoio emocional adequado para os seus alunos [2].

A capacidade de reconhecer e interpretar as emoções dos estudantes pode ser extremamente útil para o processo de ensino-aprendizagem. Ao analisar o estado de ânimo é possível adaptar o conteúdo das aulas às suas necessidades e preferências, aumentando assim sua motivação e engajamento [3]. Logo, a personalização da educação depende da capacidade de rastrear e identificar o comportamento do aluno, de modo a orientar o processo de aprendizagem. Uma abordagem assim, considera as particularidades de cada aluno, como interesses, conhecimentos prévios e ritmo de aprendizagem, permitindo que o ensino seja adaptado às suas necessidades [4].

Nesse contexto, as tecnologias digitais ganham importância, uma vez que podem auxiliar os professores na coleta e análise de dados de forma mais eficiente, principalmente em ambientes com grande número de discentes, onde professores e estudantes estão separados fisicamente. Desse modo, os educadores podem ter dificuldade em acompanhar o desempenho individual de cada aluno [5].

Um exemplo de tecnologia que pode auxiliar na personalização dos processos educacionais é a visão computacional. Por meio de algoritmos e técnicas de processamento de imagens, essa tecnologia permite que os sistemas coletem informações e compreendam o conteúdo visual de imagens e vídeos [6].

A visão computacional pode ser definida como uma área da inteligência artificial, que capacita os computadores a explicar e compreender o mundo visual, assim como os seres humanos. Assim, suas aplicações são diversas e incluem o reconhecimento facial, diagnóstico de doenças, detecção de pragas em plantações, vigilância inteligente, inspeção de qualidade e veículos autônomos. Essa tecnologia demonstra um grande potencial de contribuir com avanços em diversas áreas [7].

Logo, a presente pesquisa visa apresentar os resultados do desenvolvimento de uma ferramenta de reconhecimento de expressões básicas dos estudantes, por meio da visão computacional. A sua importância provém da consideração que as emoções básicas, podem ser identificadas através do comportamento, da ativação corporal e da expressão facial, sendo elas: alegria, nojo, raiva, surpresa, tristeza, e medo. [8]

A funcionalidade será implementada em um editor de texto coletivo assíncrono, denominado Editor de Texto Coletivo (ETC)¹. O objetivo é coletar os dados durante a produção textual para apoiar o professor em suas práticas pedagógicas.

Logo, esse artigo está dividido em fundamentação teórica, descrita na seção II. Posteriormente, se faz presente a metodologia III, que abordará os métodos e ferramentas escolhidas para desenvolvimento da aplicação. A seção IV apresenta os resultados e discussões obtidos da construção da ferramenta, e ao final, a apresentação das conclusões.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta o ETC, ambiente no qual será implementado o sistema de reconhecimento de expressões básicas. Além disso, será abordado o estudo das microexpressões faciais, tema fundamental para o desenvolvimento da ferramenta, visto que é com base neste estudo que as principais bibliotecas de reconhecimento de expressão se baseiam.

A. Editor de Texto Coletivo (ETC)

As tecnologias desenvolvidas no contexto educacional podem auxiliar os alunos em suas atividades didáticas. Neste sentido, desempenham um papel fundamental na geração de informações para docentes e tutores. [9]

Nesse contexto, o Editor de Texto Coletivo, presente na Figura 01, surge como uma ferramenta que promove a colaboração entre estudantes, durante o processo de produção textual. A plataforma pública desenvolvida pelo Núcleo de Tecnologia Digital Aplicada à Educação (NUTED) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 2001, foi concebida visando possibilitar um ambiente que permite a construção de textos coletivos, e a interação e reflexão entre os participantes [10]. Tal abordagem favorece uma organização coletiva diferenciada na estrutura do texto.

Além disso, o ETC apresenta recursos, como chats e fóruns de discussão, que facilitam a interação entre os usuários e permitem a troca de conhecimentos. Também apresenta a biblioteca virtual, que contém materiais, como livros, artigos e documentos acadêmicos. O editor oferece ferramentas de acompanhamento da produção textual, permitindo aos usuários qualificar seu processo de escrita e identificar pontos de melhoria. Para isso, o sistema possui uma ferramenta para recomendação de artigos, imagens e vídeos, selecionados a partir da mineração das palavras-chave do texto. Também, conta com uma rede de conceitos, que relaciona em um grafo os conceitos-chave do trabalho desenvolvido e apresenta os principais autores desses termos no texto.

Contudo, por conta de avanços de outras tecnologias que permitiam ao usuário a utilização de escrita de forma síncrona, o ETC passou a ter uma maior importância e foco como fonte de desenvolvimento de pesquisas acadêmicas relacionadas às tecnologias aplicadas na educação.

B. Estudo das Microexpressões Faciais

O estudo das microexpressões faciais ficou amplamente reconhecido após a publicação do livro "*Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement*" (FACS) em 1978, escrito pelo psicólogo Paul Ekman e o biógrafo Wallace Friesen. Neste trabalho, os pesquisadores identificaram *Action Units (AU)*, presentes na Figura 02, sendo movimentos musculares faciais que envolvem a contração ou relaxamento visível de um, ou vários músculos da face humana. Essas *AU's* são utilizadas para determinar a expressão facial de um indivíduo. [11]

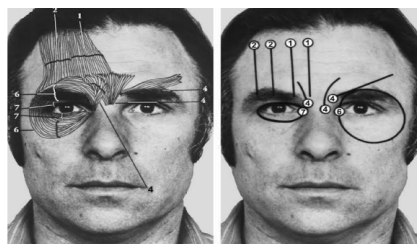


Figura 02: Unidades de Ação.

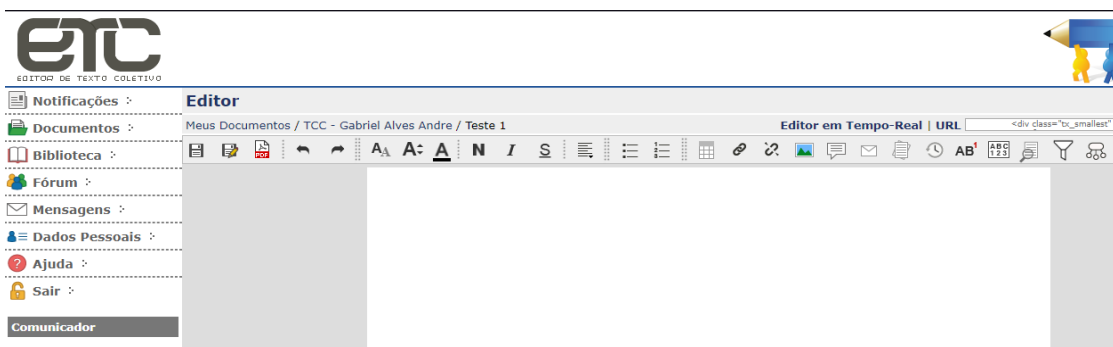


Figura 01: Editor de Texto Coletivo.

¹ O Editor de Texto Coletivo é uma plataforma de livre acesso desenvolvida pelo Núcleo de Tecnologia Digital Aplicada à Educação (NUTED), no ano de 2001. Disponível em: <http://nutted.edu.ufrgs.br/etc/>.

Ekman e Friesen (1978) em seus estudos, definiram 6 (seis) expressões universais: alegria, nojo, raiva, surpresa, tristeza, e medo, presentes na Figura 03.

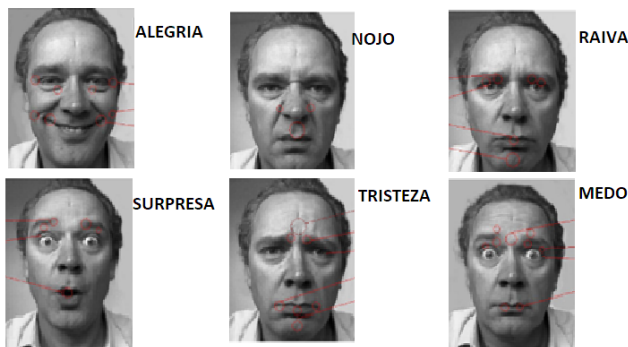


Figura 03: Expressões Universais.

Essas expressões, segundo os autores, são universalmente reconhecidas por pessoas de diversas partes do mundo, mesmo sem palavras e independentemente das diferenças culturais. O motivo disso, são as repetições de padrões de contração na musculatura da face, ou as chamadas AU's. Logo, para cada expressão, pode-se atribuir características universais:

- **Alegria:** há a presença de um sorriso, no qual há o estiramento dos lábios, com os dentes expostos. Além disso, a distância entre a boca e o nariz diminui à medida que o sorriso se intensifica. As bochechas se elevam e os olhos podem apresentar um leve estreitamento, acompanhado de rugas ao redor deles.
- **Nojo:** durante essa expressão, o lábio superior se eleva, expondo os dentes superiores e criando uma expressão de repulsa. Ao mesmo tempo, o nariz se enrugua, formando linhas verticais nasais. Essa combinação de elevação do lábio superior e enrugamento nasal é considerada uma característica distintiva da expressão de nojo. Além disso, pode haver um ligeiro afastamento dos olhos e uma expressão facial geral de desconforto ou aversão.
- **Raiva:** as sobrancelhas são franzidas e puxadas para baixo, formando uma linha reta ou inclinada. Os olhos podem se estreitar e fixar o alvo com um olhar intenso. A testa pode enrugar e a região em torno do nariz pode se contrair. Os lábios tendem a se pressionar firmemente e podem ficar tensos ou retos, sem curvatura ou sorriso. Pode haver também um aperto da mandíbula e tensão visível no rosto.
- **Surpresa:** as sobrancelhas se levantam rapidamente, formando uma curva arqueada. Os olhos se abrem amplamente, com as pálpebras superiores elevadas e as sobrancelhas levantadas. A boca também se abre, muitas vezes com os lábios levemente separados. A testa pode enrugar momentaneamente devido ao levantamento repentino das sobrancelhas. Essa expressão facial de surpresa é caracterizada pela elevação das sobrancelhas, abertura dos olhos e abertura da boca, transmitindo a sensação de espanto ou choque.
- **Tristeza:** as sobrancelhas se abaixam, formando uma linha reta ou inclinada para baixo. Os cantos da boca se voltam para baixo, criando uma curva descendente nos lábios. Os olhos podem se encher de lágrimas ou ficar úmidos, e pode haver um ligeiro afastamento das pálpebras superiores. Além disso, pode ocorrer uma leve contração dos músculos ao redor dos olhos, formando rugas.

- **Medo:** durante essa expressão as sobrancelhas se levantam e se juntam, formando linhas horizontais na testa. Os olhos se abrem amplamente, com as pálpebras superiores levantadas e as sobrancelhas arqueadas. A boca também pode se abrir, com os lábios esticados e os cantos voltados para trás. Além disso, a pele ao redor dos olhos pode enrugar e a parte inferior do rosto pode se retrair ligeiramente.

Tais expressões são importantes para o contexto dessa pesquisa, uma vez que se enquadram como uma importante ferramenta de análise de emoções, afinal são responsáveis por afetar diretamente o processo cognitivo do aluno. [1]

III. METODOLOGIA

Para otimizar a execução desta pesquisa, a metodologia foi baseada em dois autores [12] e [13]. O primeiro, tem por objetivo facilitar o embasamento teórico e escolha das tecnologias que serão utilizadas durante a criação da ferramenta. O segundo tem como principal proposta implementar o método *Extreme Programming*² (XP), com ênfase no desenvolvimento iterativo e incremental, onde o processo é realizado mediante interações curtas, e em cada interação o *software* é desenvolvido, testado e entregue.

Desse modo, dividiu-se a metodologia em seis etapas principais: desenvolvimento da base teórica, seleção das ferramentas e bibliotecas, desenvolvimento das funcionalidades e integração no Editor de Texto Coletivo (ETC), realização de teste com especialista, análise dos resultados e apresentação dos estudos, conforme Figura 04.

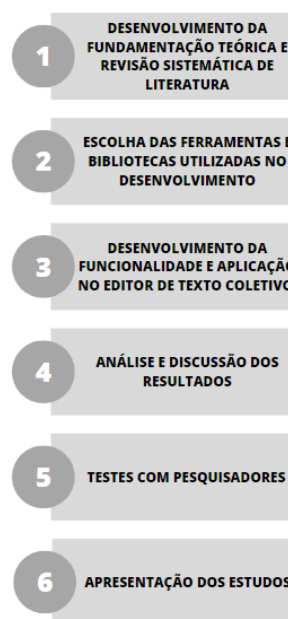


Figura 04: Etapas de desenvolvimento da pesquisa.

Inicialmente, na etapa 1, desenvolveu-se a Revisão Sistemática de Literatura (RSL), para realizar uma busca aprofundada sobre conceitos do estudo. O método de RSL foi dividido em seis principais itens: definição do tema,

² A metodologia *Extreme Programming* (XP) foi desenvolvida por Kent Beck no final da década de 1990 e é uma abordagem ágil para o desenvolvimento de software.

estratégia de busca, seleção, avaliação de qualidade e relevância, síntese dos resultados e apresentação dos estudos, seus resultados serão expostos na seção IV. Assim, com base nessa investigação, foi possível escolher as ferramentas e bibliotecas utilizadas para o desenvolvimento da funcionalidade (etapa 2), tendo como critério principal a disponibilidade gratuita e a portabilidade com ambientes *Web*.

Na etapa 3 foram previstas a construção da ferramenta e a sua incorporação no ETC. A funcionalidade tem como objetivo reconhecer as expressões faciais, segundo a teoria de Ekman e Friesen (1978), durante a produção textual no Editor de Texto Coletivo. Neste sentido, por meio da *webcam*, o algoritmo captura as imagens e as classifica, durante uma unidade de tempo. Os dados coletados são armazenados, e podem ser consultados por todos os autores, com acesso ao documento, na forma de um gráfico.

Depois disso, se iniciou a etapa de testes (4). O objetivo foi verificar se a ferramenta apresenta bons resultados em termos de desempenho, usabilidade e segurança. A etapa 4 contou com a participação de um especialista e os dados foram coletados por meio de um formulário eletrônico composto por perguntas objetivas e subjetivas.

Finalmente, na etapa 5 foram apresentados os resultados desta análise e na etapa 6 foi realizada a produção do artigo final.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A. Revisão Sistemática de Literatura

Esta seção apresenta os métodos e resultados encontrados na Revisão Sistemática de Literatura (RSL), com propósito de encontrar e analisar as pesquisas recentes relacionadas a aspectos afetivos que as APIs³ utilizam para o reconhecimento de feições por meio da visão computacional.

A estruturação desta RSL foi dividida em seis etapas, apresentadas a seguir. [12]

1. Definição do tema central

Definiu-se a pergunta norteadora da pesquisa desenvolvida, sendo ela, neste caso: “Quais aspectos afetivos que as principais APIs utilizam?”. Também é recomendado utilizar-se de perguntas adicionais para complementação da pesquisa e clareza no entendimento dos tópicos abordados, desse modo na sequência, encontram-se as perguntas também utilizadas como base nessa revisão bibliográfica:

- A. Quais são as classificações utilizadas pelas APIs (Interface de Programação de Aplicação) na análise de feição do usuário?
- B. Qual a linguagem de programação mais utilizada para reconhecimento facial?
- C. Quais os pontos fracos e fortes de cada aplicação encontrada?

2. Estratégias de busca

Para a busca utilizaram-se sites de busca de periódicos como: periódicos Capes, IEEE, Scielo, Elsevier, Google Acadêmico. Além de revistas de tecnologia como: Renote, Revista Ibero-Americana de Educação, Revista Brasileira de Educação. As palavras-chave da pesquisa foram: “Visão computacional, APIs e Aspectos Afetivos/Afetividade”. Assim, os termos de pesquisa utilizados foram:

- "visão computacional" E "reconhecimento de emoções" OU "computação afetiva";
- "Computer vision" AND "Emotion Recognition" OR "affective computing”.

3. Critérios de seleção

A pesquisa retornou aproximadamente 27 (vinte e sete) artigos. Contudo, depois da aplicação dos critérios presentes na Tabela I, obteve-se o resultado de 7 (sete) artigos próprios para análise, presentes na Figura 05.

TABELA I Critérios de Inclusão e Exclusão

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
Artigos e periódicos entre 2018 – 2023	Termos das palavras-chave independentes
Resumos inseridos no tema	Relatórios de atividades
Artigos de livre acesso	Antigos ou descontextualizados
	Artigos duplicados

4. Avaliação da qualidade e relevância, e síntese dos resultados

Nesta etapa da revisão sistemática realizou-se o estudo dos artigos selecionados. A partir deles, foi possível encontrar informações relevantes para o presente estudo, considerando a plataforma de programação, os aspectos afetivos analisados, a ferramenta de análise utilizada para inferir as feições, o banco de dados ou *datasheet*, e a linguagem de programação padrão utilizada para a aplicação.

É nessa etapa que o maior número de informação foi retirado dos artigos estudados, como: expressões identificadas por cada autor, ferramenta de análise das expressões, plataforma padrão de desenvolvimento, banco de imagens ou modelos, linguagem de programação utilizada e os principais resultados obtidos por cada publicação. Os dados foram norteadores para as escolhas das ferramentas e procedimentos utilizados no desenvolvimento desta pesquisa.

³API - Interface de Programação de Aplicações (*Application Programming Interface*).

Publicações	Expressões	Ferramenta de análise	Biblioteca Padrão	Banco de dados	Linguagem de programação padrão	Considerações
Scardua et. al. 2019	Alegria, tristeza, raiva, medo, repulsa (nojo) e surpresa (espanto)	Unidade de ação (AU) - Paul Ekman	Open CV	-	Phyton	Procedimentos estéticos podem dificultar o reconhecimento.
Neto et. Al. 2019.	Alegria, tristeza, raiva, medo, repulsa (nojo) e surpresa (espanto), neutro	Unidade de ação (AU) - Paul Ekman	Open CV	Compound Facial Expressions of Emotion Database	Phyton	Maior acerto em emoções como: repulsa, felicidade e medo.
Behling, Alexandre. 2019	Desgosto, Felicidade, Medo, Neutro, Raiva, Surpresa, Tédio, Tristeza	Unidade de ação (AU) - Paul Ekman	OpenCV	Open Face	Phyton	Média de 66% de acerto nas emoções.
Ferreira, Michael. 2021	Alegria, Nojo, Medo, Feliz, Triste, Surpresa, Neutro.	Unidade de ação (AU) - Paul Ekman	OpenCV	FER2013	Phyton	Média de 60% de acerto nas emoções. (Variam de acordo com características das pessoas durante o teste.
Aranha, Renan. 2022	Alegria, Nojo, Medo, Feliz, Triste, Surpresa, Neutro.	Unidade de ação (AU) - Paul Ekman	Visual Studio Code	Face-API	JavaScript	Não faz considerações relevantes API.
Mendança, Thomas. 2018	Desgosto, Surpresa, Felicidade, Tristeza e Medo.	Unidade de ação (AU) - Paul Ekman	Open CV	JAFFE	Phyton	Média de 62% de acerto nas emoções.
Guedes et. Al. 2022	Alegria, Nojo, Medo, Feliz, Triste, Surpresa, Neutro.	Unidade de ação (AU) - Paul Ekman	Visual Studio Code	Face-API	JavaScript	Acurácia entre 60% e 90% (pêlos faciais, óculos, ou certos procedimentos estéticos podem dificultar o reconhecimento).

Figura 05: Síntese dos resultados.

5. Apresentação dos estudos

Com base nos estudos apresentados, pode-se observar diferentes técnicas e procedimentos utilizados para detecção de feições por visão computacional. Contudo, apesar de cada biblioteca ter portabilidade para diferentes linguagens de programação, é mais comum que aplicações deste tipo sejam realizadas em *Python* e *JavaScript*. Os artigos utilizados na pesquisa apresentaram resultados de acurácia e/ou considerações relevantes acerca da API e do banco de dados utilizado nos procedimentos, que costumam variar de 60% a 90% de exatidão.

Portanto, as pesquisas demonstram que as APIs apresentam acurácia semelhante, e se faz necessário ficar atento a modificações faciais nos usuários. Para tal, nesta pesquisa optou-se pelo uso da plataforma *Visual Studio Code* para desenvolvimento das atividades propostas. Motivado por sua facilidade de implementação com ambiente *Web*, e disponibilidade do banco de modelos da *Face-API*. Ressalta-se também por ser gratuito, e apresentar resultados satisfatórios nas pesquisas analisadas.

A Revisão Sistemática da Literatura proporcionou o conhecimento das ferramentas de análise das expressões faciais. Assim, é possível observar que as principais bibliotecas de identificação de expressões reconhecem as seguintes emoções: alegria, tristeza, raiva, medo, nojo, surpresa e neutralidade.

Nesta etapa, observou-se que diferentes bancos de imagens podem ser aplicados para realização desta tarefa, podendo utilizar modelos pré-treinados por inteligência artificial, ou treinando um modelo próprio. Nesta pesquisa, optou-se por utilizar modelos já treinados devido a sua acurácia e por se tratar de uma aplicação com usuários e cenários diferentes daqueles apresentados pelos estudos.

Através dos estudos, pode-se compreender também os cenários que dificultam a identificação da expressão facial,

considerando, rostos com a presença de óculos, pelos faciais, tatuagens e procedimentos estéticos.

B. Escolha das Ferramentas e Bibliotecas Utilizadas no Desenvolvimento

Com base no levantamento de dados da revisão sistemática de literatura, optou-se por escolher a biblioteca *FaceAPI*, disponibilizada pela *Microsoft Azure*, o motivo da escolha foi os bons resultados apresentados segundo as pesquisas, por sua gratuidade e apresentar boa compatibilidade com ambientes *web*.

É importante ressaltar que a biblioteca utilizada já apresenta funções de reconhecimento de expressões faciais e detecção facial treinados com modelos disponibilizados pela própria. Por conta desse fator, não realizou-se o treinamento de uma ferramenta para o desenvolvimento dessa aplicação.

A plataforma de desenvolvimento utilizada foi a *Visual Studio Code*, desenvolvida pela *Microsoft*. A linguagem de programação escolhida foi *JavaScript*, ao permitir a manipulação da biblioteca *FaceAPI*, assim como a criação de gráficos que serão utilizados para a amostragem dos relatórios de expressões de cada aluno.

Para teste do servidor, utilizou-se a plataforma *Xampp*, ela permite que o usuário manipule e crie seu próprio servidor, facilitando o processo de testes da aplicação.

C. Desenvolvimento da Funcionalidade e Aplicação no Editor de Texto Coletivo

É importante lembrar que o código-fonte do ETC foi disponibilizado pela equipe do NUTED. Desse modo, a partir deste código, foi inserida a funcionalidade

desenvolvida neste projeto. Conforme apresentado na Figura 06 a funcionalidade foi desenvolvida da seguinte forma:

desenvolvido um algoritmo para receber o código de identificação do texto e o nome do usuário.

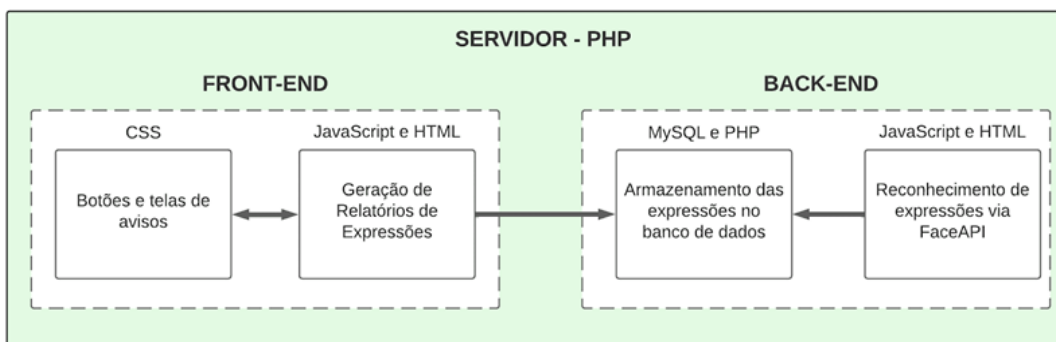


Figura 06: Diagrama de desenvolvimento da funcionalidade.

1. Reconhecimento de expressões via FaceAPI

Nesta fase, utilizou-se a biblioteca FaceAPI, em conjunto com a linguagem de programação *JavaScript*. Nesta biblioteca há a presença de um banco de modelos de faces e expressões, disponibilizados gratuitamente pela *Microsoft*.

O funcionamento do algoritmo consiste em identificar e criar uma caixa delimitadora (*bound-box*) ao redor da face de usuários, quando a *webcam* é acionada. Assim, a partir deste momento, o sistema retorna a expressão do usuário em tempo real. O resultado numérico é apresentado em formato de porcentagem, sendo, basicamente, a correlação dos traços da expressão do usuário com as expressões do banco de modelos. Logo, o programa pode retornar mais de uma expressão, porém com valores diferentes de correlação. O resultado desse processo está exposto na Figura 07.



Figura 07: Retorno das expressões.

Com base na Figura 07, pode-se observar que a biblioteca retorna dois tipos de valores. Na parte superior do retângulo em azul tem-se a probabilidade de existir uma face na *bound-box*⁴. Além disso, o valor apresentado na cor branca na parte inferior do quadro, representa o resultado em percentual da emoção capturada naquele momento, em comparação com as expressões do banco.

A ferramenta retorna 7 (sete) tipos de expressões: alegria, nojo, raiva, surpresa, tristeza, medo e neutralidade (ausência das demais expressões). Assim, para implementar essa aplicação em uma página da *web*, foi necessário a integração desse algoritmo com outro programa na linguagem *HTML*, sendo este, responsável por definir a estrutura e formatação da tela do usuário. Além disso, foi

⁴ *Bound-box* — Nome dado à caixa delimitadora (contorno) presente em uma região de interesse na visão computacional.

As informações são essenciais para geração do relatório e armazenamento no banco de dados das emoções do autor no momento em que ele está produzindo o seu texto.

Desse modo, a tela gerada por essa etapa é apresentada na Figura 08. Os dois botões funcionam respectivamente para: Gerar Relatório e Salvar Expressões. O primeiro tem a função de abrir uma página de relatório, e o segundo tem a função de armazenar as informações no banco de dados manualmente.

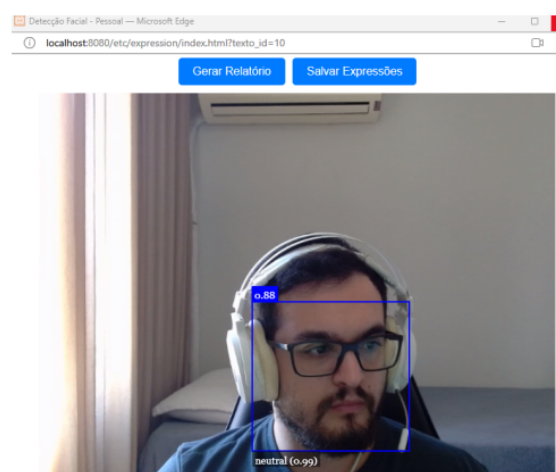


Figura 08: Janela de detecção de expressões.

2. Armazenamento das expressões no banco de dados

O armazenamento das informações geradas pela captação das expressões faciais do usuário é realizado a partir de uma matriz, que contabiliza as ocorrências das expressões. O algoritmo atualiza a expressão com a maior correlação a cada segundo, incrementando o valor correspondente na matriz. Durante esta etapa, a expressão de “neutralidade” foi excluída devido à sua alta incidência durante a produção textual, prejudicando a análise dos educadores ao gerar o gráfico da Figura 08. Assim, para a geração do relatório foi criada uma tabela no banco de dados do ETC, usando *MySQL*. Ela armazena as expressões, um identificador de texto chamado de “*Id_text*”, o tempo total de escrita do usuário em milissegundos e o nome do usuário que está utilizando a plataforma.

O envio desses dados ao banco de dados foi desenvolvido em *JavaScript*, e utiliza o método assíncrono *Ajax* para se comunicar com um sub-programa

implementado em *PHP*, responsável por receber os dados e encaminhá-los para o banco de dados por meio do servidor principal. O sistema grava os dados no banco quando:

1. O usuário clica no botão “Salvar Expressões” na janela principal da aplicação (Figura 08);
2. O usuário pressiona o botão “Gerar Relatório” na janela principal da aplicação (Figura 08);
3. O usuário salva o documento de texto utilizando o botão disquete do ETC (Figura 01).

Desse modo, é possível assegurar que o usuário não perca suas informações durante o processo de escrita, uma vez que o ETC não salva automaticamente o documento, logo recomenda-se salvar o texto regularmente. Além disso, para prevenir que o usuário encerre a aplicação sem salvar, foi desenvolvido um *pop-up* de alerta que notifica quando os dados não foram salvos antes do fechamento da janela.

3. Geração de relatório de expressões

A página de relatório de expressões pode ser observada na Figura 9. O código desta página combina as linguagens de programação *HTML* e *JavaScript*. Assim, os usuários conseguem visualizar informações detalhadas de todas as pessoas que contribuíram para a produção do texto.

A funcionalidade relatório conta com uma barra de seleção que permite ao usuário escolher o autor do texto, alvo de análise. Desse modo, após realizar a seleção, deve-se pressionar o botão “Gerar Relatório”. Na tela é mostrado um gráfico em formato de rosca, que apresenta a quantidade de ocorrências das expressões faciais. A biblioteca utilizada para criação do gráfico foi a “*Charts.js*”, ela é livre e tem compatibilidade com o *JavaScript*. O respectivo número de expressões do gráfico surge na tela é informado quando o usuário aproxima o cursor do *mouse* na região de interesse, assim como retrata a Figura 9.

Além do gráfico, nesta página também há a informação da quantidade de tempo que cada usuário contribuiu para a produção textual, essa informação ajuda os docentes na análise de rendimento do aluno.

Relatório de Expressões Faciais

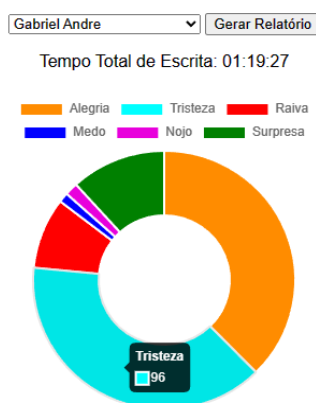


Figura 09: Página de Relatório de Expressões.

A página visa garantir a melhor experiência e facilidade para o usuário, por conta disso, no gráfico há a presença de legendas relacionadas a cada expressão. As cores das expressões apresentadas no gráfico foram baseadas no

modelo de representação dos estados de ânimo proposto pela pesquisadora Longhi [1].

Essa página visa fornecer dados sobre as expressões dos alunos enquanto utilizam a ferramenta, destacando-as como a principal manifestação das emoções que, conseqüentemente, podem impactar no processo de aprendizagem. [1]

4. Botões e mensagem de aviso

Um ícone foi incorporado à barra de ferramentas do ETC, conforme ilustrado em vermelho na Figura 10. Dessa forma, caso o usuário opte por não autorizar inicialmente a captura de dados de expressão facial, ele pode posteriormente iniciar a aplicação ou consultar os dados já armazenados sobre aquele documento. Além disso, se o usuário fechar a aplicação e desejar reabri-la, ele pode recorrer ao ícone da funcionalidade na barra de ferramentas da tela principal do ETC.



Figura 10: Ícone de direcionamento para funcionalidades.

O ícone permite ao usuário abrir a página de relatório e a janela de captura de expressões expostas na Figura 09 e 08, respectivamente.

Além da implementação dos botões, foi criada uma mensagem de aviso, presente na Figura 11, com propósito de assegurar que o autor do texto autorize a coleta de dados relacionados às expressões faciais. Assim, em situações em que essa autorização é concedida, o sistema procede com a execução do programa principal, conforme ilustrado na Figura 06. Contudo, caso a autorização seja negada, a página não será aberta.

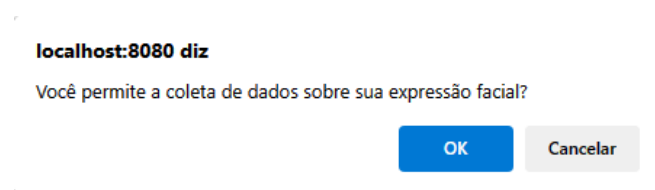


Figura 11: Mensagem de aviso ao usuário.

Na aplicação, foram desenvolvidos dois *cookies* para o armazenamento de informações, cada um com funções específicas:

- 1) O primeiro *cookie* tem a finalidade de prevenir que duas janelas sejam abertas e executadas ao mesmo tempo, garantindo consistência nos dados armazenados no banco.
- 2) O segundo *cookie* foi projetado para assegurar que o usuário confirme sua permissão de coleta de dados, conforme apresentado na Figura 11, somente uma vez em um intervalo de 24 horas, promovendo um controle adequado sobre a coleta de informações sensíveis.

D. Testes com Especialista

Com a funcionalidade completa, foram conduzidos testes em colaboração com um especialista. O tempo de avaliação foi de 2 horas, e ao término do uso, aplicou-se um formulário para analisar os seguintes critérios: usabilidade, aspecto visual, tempo de resposta (desempenho), segurança, experiência durante o uso, ocorrências de erros, e retorno (*feedback*) da ferramenta. A avaliação dos pontos ocorreu por meio dos seguintes métodos: atribuição de pontuações em uma faixa de valores de 1 a 5 (muito ruim, ruim, médio, bom e excelente) e questões dissertativas.

- Usabilidade - formato de atribuição de pontos;
- Aspecto visual - formato de atribuição de pontos;
- Tempo de resposta (desempenho) - formato de atribuição de pontos;
- Segurança - formato de atribuição de pontos;
- Experiência durante o uso - formato de atribuição de pontos;
- Ocorrências de erros - relato dissertativo;
- *Feedback* - relato dissertativo.

O especialista atribuiu os valores de pontuação 4 (bom) para os critérios de usabilidade, aspectos visual e experiência. Os critérios de tempo de resposta e segurança receberam a pontuação máxima (muito bom), e também relatou que não houve ocorrência de erros durante o uso da aplicação.

No entanto, relatou que houve confusão em relação ao processo de salvar as expressões, o que revisitou a importância do botão “Salvar Expressões” da Figura 06. Por este motivo, antes de ser implementado no sistema da UFRGS esse ícone será retirado e a aplicação contará apenas com as opções de armazenamento automático das expressões (quando o usuário abrir a página de relatórios e ao salvar o texto).

Além disso, houve dúvida quanto ao processo de geração de relatório, segundo a resposta do pesquisador, o botão “Gerar Relatório” da Figura 08, poderia ser descartado e essa funcionalidade ser implementada somente pelo ícone da Figura 09. Contudo, essa modificação será discutida e avaliada com o grupo de pesquisa.

V. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou o desenvolvimento de uma funcionalidade integrada a um Editor de Texto Coletivo, que permite identificar, através da visão computacional, expressões de usuários durante o período de escrita. Assim, será possível fornecer informações para análise dos aspectos emocionais dos usuários durante o processo de produção textual.

Além disso, a pesquisa apresentou os resultados de uma Revisão Sistemática de Literatura, focada nas ferramentas já empregadas por outros pesquisadores, que desenvolveram pesquisas relacionadas a este estudo. Esta, serviu de embasamento para a escolha da utilização da biblioteca *FaceAPI* e o desenvolvimento na plataforma *Visual Studio Code*, através da linguagem de programação *JavaScript*.

A aplicação utiliza uma *webcam* para identificar o tempo de escrita e a ocorrência de seis diferentes expressões básicas (alegria, tristeza, raiva, medo, nojo e surpresa) no decorrer da produção textual do autor. Durante esse processo, alguns fatores podem interferir na exatidão da plataforma, como a presença de óculos, pelos faciais, tatuagens e procedimentos estéticos.

Os dados coletados podem ser analisados por meio de uma página de relatório, assim o docente, por exemplo, pode avaliar as emoções básicas do aluno, com base nas suas expressões no decorrer do processo de escrita.

A partir dos testes com um especialista, pode-se concluir que a funcionalidade atendeu todos os requisitos necessários para garantir sua utilização. Além disso, com base nos testes, pode-se observar que existem pontos que podem ser modificados, de modo a garantir uma melhor experiência para o usuário.

A funcionalidade desenvolvida desempenha um importante papel no aprimoramento do processo de aprendizagem, por fornecer informações sobre as emoções dos alunos durante a criação de um texto. Ao monitorar e analisar as expressões faciais e os estados emocionais dos estudantes, a ferramenta proporciona uma compreensão mais profunda do engajamento e do impacto emocional associado à atividade da criação textual. Essa abordagem não apenas enriquece a avaliação do desempenho acadêmico, mas também permite ajustes pedagógicos mais personalizados, promovendo um ambiente de aprendizagem mais eficaz e adaptado às necessidades emocionais dos alunos.

Contudo, a funcionalidade não foi integrada ao sistema da UFRGS, pois durante o curso desta pesquisa, outras implementações foram incorporadas ao ETC, o que poderia impactar no desenvolvimento de ambos os projetos. Portanto, optou-se por implementar e testar a ferramenta localmente, antes da sua publicação no servidor da UFRGS.

Dessa forma, o próximo passo da pesquisa será incorporar a funcionalidade no espaço de produção e iniciar novos testes com outros especialistas. Espera-se que, a partir disso, seja possível construir estratégias para aplicação em disciplinas do ensino superior.

A ferramenta foi desenvolvida atendendo às demandas do Núcleo de Tecnologia Digital Aplicada à Educação (NUTED), equipe responsável pela criação do Editor de Texto Coletivo (ETC).

Como sugestões para projetos futuros, tem-se a inserção de tecnologias de expressões faciais mais complexas como, por exemplo: confusão ou dúvida. Além de incluir a análise de fadiga dos escritores, permitindo aos professores e/ou tutores identificar o rendimento dos alunos com base nesses dados.

VI. REFERÊNCIAS

- [1] LONGHI, Magali Teresinha. Mapeamento de aspectos afetivos em um ambiente virtual de aprendizagem. 2011. 273 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/39578/000826422.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 nov. 2023..
- [2] Perassinoto, Maria Gislaíne Marques; Boruchovitch, Evelyn; Bzunek, José Aloyse. Estratégias de aprendizagem e motivação para aprender de alunos do Ensino Fundamental. *Aval. psicol.*, Itatiba, v. 12, n. 3, p. 351-359, dez. 2013. Disponível em

- <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712013000300010&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 27 maio. 2023
- [3] Fonseca, Vitor da. Importância das emoções na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica. *Rev. psicopedag.*, São Paulo, v. 33, n. 102, p. 365-384, 2016. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84862016000300014&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 1 maio 2023.
- [4] Tomás, Cecília Cristina dos Reis. Desafios Éticos da Internet das Coisas: em torno da personalização na educação. 2020. 296 f. Tese (Doutorado) - Curso de M Educação A Distância e Elearning, Universidade Aberta, Lisboa, 2020. Disponível em: https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/10773/1/TD_CeciliaTomas.pdf. Acesso em: 25 ago. 2023
- [5] Moran, José Manuel; Masetto, Marcos T.; Behrens, Marilda Aparecida. *Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica*. 13. ed. Campinas: Papyrus, 2007. 176 p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=i7uhwQM_PyEC&oi=fnd&pg=PA11&dq=José+Manuel+Moran&ots=hP0C6Hb918&sig=2vtfUwI0G5WYakBvtytYOJ1guxU#v=onepage&q=tecnologia&f=false. Acesso em: 27 maio 2023.
- [6] BACKES, André Ricardo; SÁ JUNIOR, Jarbas Joaci de Mesquita. *Introdução à Visão Computacional Usando MATLAB*. 1. ed. Rio de Janeiro: ALTA BOOKS, 2018. 288 p.
- [7] BARELLI, Felipe. *Introdução à Visão Computacional: uma abordagem prática com python e opencv*. Brasil: Casa do Código, 2018. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/Introdução_à_Visão_Computacional/CA5ZDwAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=0. Acesso em: 28 maio 2023.
- [8] POSSEBON, E. G. *O universo das emoções: uma introdução*. Libellus. João Pessoa, 2017b.
- [9] PEREIRA, Francisco Gilberto Fernandes; ROCHA, Drielle Jéssica Leite da; MELO, Geórgia Alcântara Alencar; JAQUES, Rhaylla Maria Pio Leal; FORMIGA, Laura Maria Feitosa. *Construção e Validação de Aplicativo Digital para Ensino de Instrumentação Cirúrgica*. *Cogitare Enfermagem*, Pauí. 2019 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/ce.v24i0.58334>. Acesso em: 28 maio 2023.
- [10] Behar, P. A., et al. ETC: uma proposta de editor de texto coletivo na web. VII Congresso IberoAmericano de Informática Educativa. P. 363-373, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Patricia-Behar/publication/228804041_ETC_uma_proposta_de_Editor_de_Texto_Coletivo_na_web/links/5af59b300f7e9b026bce50af/ETC-uma-proposta-de-Editor-de-Texto-Coletivo-na-web.pdf. Acesso em: 28 maio. 2023.
- [11] EKMAN, Paul; Wallace V. Friesen. Facial action coding system: a technique for the measurement of facial movement. (1978).
- [12] DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JÚNIOR, J. A. V. A. *Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Porto Alegre: Bookman. 2015.
- [13] BECK, Kent. *Extreme Programming Explained: embrace change.*: Addison-Wesley, 2000.
- [14] SCARDUA, Demétrius Alex; MARQUES, Kédyma. *Estudo da Identificação de Emoções Através da Inteligência Artificial*. 19. Tese (Graduação em Sistemas de Informação) – Curso de Sistemas de Informação - Universidade Multivix, Cachoeiro de Itapemirim, 2018. Disponível em: <https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2018/08/estudo-da-identificacao-de-emocoes-atraves-da-inteligencia-artificial.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2023.
- [15] NETO, Humberto S.; CANUTO, Clebeson; RAMPINELLI, Mariana; SAMATELO, Jorge. Transfer Learning for Facial Emotion Recognition. In: WORKSHOP DE VISÃO COMPUTACIONAL, 14., 2018, Ilhéus. Anais, 2018. v. 1, p. 190-195. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332735901_Transfer_Learning_for_Facial_Emotion_Recognition. Acesso em: 01 abr. 2023.
- [16] BEHLING, Alexandre. *Reconhecimento de Emoções em Vídeos Utilizando Redes Neurais Artificiais*. 2019. 79 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/202480>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- [17] FERREIRA, Michael Henrique Souza. *Reconhecimento Facial para Detecção de Emoções Utilizando Redes Neurais Convolucionais com TensorFlow*. 2021. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharel em Engenharia de Computação, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2021. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3704/1/TCC%202020-%20Projeto%20Final.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- [18] ARANHA, Renan Vinicius. *Adaptação Automática de Jogos Sérios a partir de Emoções e Traços de Personalidade*. 2022. 173 f. Tese (Doutorado) — Curso de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003127496>. Acesso em: 01 abr. 2023.
- [19] MENDOÇA, Thomas Dillan Baltazar. *Sistema de Reconhecimento de Expressões Faciais para Classificação de Emoções de Usuários em Sistemas Computacionais*. 2018. 35 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências da Computação, Universidade Federal do Ceará, Russas, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/39332/1/2018_tcc_tdbmendona%3a7a.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.
- [20] GUEDES, Bruna Galastri; XAVIER, Daniel Ughini; SIMONI, Vitor Martin; BEZERRA, Rodolfo Cochi. *API de reconhecimento de Action Units*. 2022. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenheiro de Computação, Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2022. Disponível em: <https://repositorio.maua.br/handle/MAUA/331>. Acesso em: 01 abr. 2023.