

Aplicando Técnicas de Multimodal Learning Analytics para Identificar Estados Emocionais Durante Atividades de Pensamento Computacional

Daniel T. Nipo¹, Lucielton M. da Silva¹, Rodrigo L. Rodrigues¹

¹Departamento de Computação – Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Caixa Postal – 52171-900 – Recife – PE – Brazil

daniel.nipo@ufrpe.br, lucielton.silva@ufrpe.br,
rodrigo.linsrodrigues@ufrpe.br

Abstract. *With the spread of technologies, new educational trends adapted to the new times emerge, among them Computational Thinking (CT). In learning environments, we can have access to a wide variety of student information, data that is not limited to hits and misses. A field that has been growing in the investigation of the capture and analysis of educational data in multiple modalities is Multimodal Learning Analytics (MMLA). This research investigates the profiles of emotional states expressed in collaborative CT activities and their relationship with learning. We identified a higher incidence of emotions such as anger, sadness, and happiness as students faced activity challenges, with anger and sadness being more prevalent among students with lower CT skills.*

Keywords— *Computational Thinking, High School, Multimodal Learning Analytics*

Resumo. *Com a propagação das tecnologias, surgem novas tendências educacionais adaptadas aos novos tempos, dentre elas o Pensamento Computacional (PC). Em ambientes de aprendizagem podemos ter acesso a uma grande variedade de informações dos estudantes, dados que não se limitam a acertos e erros. Um campo que vem crescendo na investigação da captura e análise de dados educacionais em múltiplas modalidades é o Multimodal Learning Analytics (MMLA). Esta pesquisa investiga os perfis de estados emocionais manifestados em atividades colaborativas de PC e sua relação com o aprendizado. Identificamos maior incidência em sentimentos como raiva, tristeza e felicidade conforme os estudantes enfrentavam os desafios das atividades, e que raiva e tristeza tem maior incidência nos estudantes com poucas habilidades de PC.*

Palavras-chave— *Ensino Médio, Multimodal Learning Analytics, Pensamento Computacional*

1. Introdução

As tecnologias digitais se propagam de forma acelerada, se enraizando e fazendo cada vez mais parte de nosso estilo de vida. Essa propagação também reverbera na educação, com a construção de tecnologias voltadas para auxiliar os processos de ensino e aprendizagem. Com a tecnologia cada vez mais presente em nossas vidas, surgem novas propostas de ações pedagógicas que ajudam na inserção de estudantes nascidos em meio a tecnologia, auxiliando no seu desenvolvimento cognitivo, interatividade social e cultural. Dentre essas novas tendências está a inserção do Pensamento Computacional (PC) na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018).

A BNCC estabelece diretrizes para a educação básica, buscando aprimorar a qualidade do ensino e acompanhar as transformações tecnológicas. O documento destaca o Pensamento Computacional (PC) como ferramenta para desenvolver

habilidades essenciais na resolução de problemas, enfatizando sua relação com a Matemática, especialmente em algoritmos, decomposição e padrões. Além disso, explora conexões entre linguagem algorítmica e algébrica, ampliando o ensino de PC para além da Matemática (BRASIL, 2018; SIQUEIRA, 2022). A avaliação do PC enfrenta desafios, sendo essencial que ocorra de forma processual e focada na formação dos estudantes (NIPO, 2024). Geralmente, é realizada por meio de projetos que envolvem programação e robótica, com atividades plugadas e desplugadas, utilizando questionários, entrevistas e avaliação automática de código. Além disso, o ensino e aprendizagem de PC, pode se beneficiar do uso de Learning Analytics, que permite a coleta e análise de dados educacionais, ampliando a compreensão do aprendizado além dos acertos e erros, tornando o ensino mais eficaz.

Learning Analytics (LA) utiliza técnicas estatísticas e computacionais para coletar e analisar dados educacionais (FARIAS, 2019). Dentro desse campo, o *Multimodal Learning Analytics (MMLA)* integra dados de diversas fontes, incluindo interações no ambiente físico, permitindo uma compreensão mais ampla do processo de aprendizagem. O MMLA auxilia professores e gestores na melhoria do ensino, adaptando-o ao contexto de cada estudante (BLIKSTEIN, 2016). Pesquisas também destacam a coleta de dados multimodais como um campo de pesquisa com um papel fundamental na abordagem de cenários educacionais onde se deseja coletar informações além do que está ocorrendo na tela do computador (OUACHI, 2023).

Diante dos desafios de avaliar a aprendizagem do PC, e considerando as potencialidades do MMLA, conduzimos uma investigação apoiada na seguinte questão: *“Quais os perfis de estados emocionais manifestados em atividades colaborativas de Pensamento Computacional e sua relação com o aprendizado?”* A pesquisa de natureza quantitativa foi realizada com estudantes do Ensino Médio de forma colaborativa na plataforma scratch. Através das técnicas de MMLA, foi possível compreender como a variação dos estados emocionais através de uma atividade colaborativa impactam na resolução de problemas, bem como nas habilidades de PC, oferecendo evidências que podem contribuir para a melhoria dos processos de ensino aprendizagem.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Pensamento Computacional

Nos últimos anos, o debate sobre o PC e suas aplicações no ensino tem ganhado crescente relevância, especialmente no contexto educacional (FALCÃO, 2015). O uso de estratégias associadas ao PC permite sistematizar, representar, analisar e solucionar problemas de maneira eficiente (POUZA, 2020; RAABE, 2017). O termo "Pensamento Computacional" ganhou destaque mundial em 2006, após a publicação do artigo "Computational Thinking", de Jeanette Wing. Apesar de sua formulação relativamente recente, o PC já é considerado um dos pilares do intelecto humano, ao lado da leitura, escrita e aritmética, pois, assim como essas habilidades, permite descrever e modelar o universo e seus processos (RAABE, 2017). Considerado uma competência fundamental para todos, e não apenas para profissionais da área de Computação (SIQUEIRA, 2022), o Pensamento Computacional, segundo Wing, deve ser ensinado desde a infância. A autora propõe sua inclusão no currículo escolar como uma habilidade essencial, ao lado da leitura, escrita e aritmética (WING, 2006).

A BNCC, em seu complemento dedicado à computação, destaca a importância do ensino da Computação desde cedo para fomentar a exploração e vivência de experiências de maneira lúdica, se relacionando com diversos campos da educação básica (MEC, 2022). A BNCC ainda lista seu documento uma série de competências e habilidades de Pensamento Computacional que devem ser ensinadas em cada ano da educação formal, como: desenvolver a capacidade de reconhecimento e identificação de padrões, construindo conjuntos de objetos com base em critérios de quantidade, forma, tamanho, cor e comportamento; vivenciar e identificar diferentes formas de interação mediadas por artefatos computacionais; criar e testar algoritmos de forma lúdica com artefatos do ambiente e com movimentos do corpo, de maneira individual ou em grupos; resolver problemas usando de decomposição para dividi-los em partes menores, identificando passos, etapas ou ciclos que se repetem e que podem ser generalizadas ou reaproveitados para outras situações (MEC, 2022).

As habilidades do PC nos ajudam a pensar sistematicamente sobre um problema, diminuindo um problema grande em subproblemas mais simples de se resolver e identificando problemas similares já resolvidos, isso permite solucionar adversidades em diversas áreas, com ou sem o auxílio da tecnologia, de uma forma sistemática e objetiva.

2.2. Multimodal Learning Analytics

A interação durante a aprendizagem se tornou uma importante parte das pesquisas educacionais. Com o crescimento das ferramentas de ensino online e o aumento no seu uso, se faz necessário uma maneira de analisar os dados de interação dos usuários com essas plataformas, como Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA). Diante deste contexto surgiram os estudos na área de *Learning Analytics*, um campo emergente no qual modelos estatísticos, matemáticos e computacionais são usadas para medição, coleta e análise de dados sobre os estudantes e seus contextos, com o objetivo de compreender e otimizar o aprendizado e os ambientes em que ele ocorre (FARIAS, 2019). Contudo, a depender da atividade educacional, interações importantes podem não ser registradas, limitando as análises de interações às que estão disponíveis nas plataformas digitais. Assim, surge a necessidade de coletar informações fora destes ambientes, ou seja, no mundo real para buscar entender de forma completa o processo de ensino e aprendizagem. Diante desse contexto surge a área da *Multimodal Learning Analytics* para suprir essa demanda por uma mapeamento holístico da aprendizagem, capturando dados tanto virtuais quanto físicos dos estudantes.

O MMLA promove a coleta e análise de diferentes fontes de dados entre os espaços de aprendizagem (BLIKSTEIN, 2016). Segundo Eradze, os estudos em Multimodal Learning Analytics surgiram devido a necessidade de combinar diferentes fontes de dados oriundos de diferentes espaços, com a ajuda de sensores (ERADZE, 2020). Os conjuntos de dados de MMLA não se limitam a dados de logs, eles incluem dados gerados por sensores em dispositivos móveis e dispositivos vestíveis (OCHOA, 2016). Sendo assim, MMLA junta a capacidade de analisar ambientes virtuais de aprendizagem e espaço físico ao adicionar sensores, permitindo compreender melhor o processo de ensino e aprendizagem e orientar a tomada de decisão de gestores e professores.

A partir da coleta de dados dos estados emocionais, baseados em MMLA, novas perspectivas sobre os processos de aprendizagem podem ser reveladas. Isso ocorre através de técnicas de análise, avaliação e feedback das interações dos estudantes, construindo caminhos para a resolução de problemas presentes nos mundos físico e digital (BLIKSTEIN, 2016).

3. Metodologia

Para a condução da pesquisa foram realizadas atividades práticas colaborativas e plugadas, os sujeitos participantes da pesquisa foram 4 estudantes do Ensino Médio, divididos em duas duplas. Antes de iniciar os testes foi feito um nivelamento com os estudantes, através de aulas onde foram ensinados conceitos básicos de PC. Para a realização das atividades foi utilizada a ferramenta Scratch. As atividades foram realizadas através de uma videochamada, que nos permitiu capturar dados através de webcam e microfone.

Iniciamos a atividade com a apresentação da ferramenta scratch, para garantir aos estudantes o conhecimento necessário, com o objetivo de diminuir as dificuldades em construir os algoritmos e dando a eles capacidade para realizar as atividades. Em seguida, foram apresentadas as atividades a serem realizadas e dado um tempo para os estudantes as realizem colaborativamente. Durante a atividade foram definidos dois perfis de estudantes, um responsável por fazer as interações com a plataforma, realizar as modificações e executar o algoritmo, enquanto o outro atuou como um consultor, que deveria dar sugestões de modificação enquanto o outro alterava o código na plataforma. A cada modificação no algoritmo os estudantes foram instruídos a discutir em voz alta sobre, para capturar dados de voz e das interações entre eles. As habilidades do PC foram avaliadas através do seu desempenho e atuação na atividade, mensurando, por exemplo, o tempo que levaram para executar a atividade e também a análise manual das suas atuações ao longo da atividade.

Durante a atividade foram feitos registros em vídeo com duração média de duas horas, posteriormente este material foi analisado e recortado no intuito de isolar os dados referentes às interações dos estudantes com a plataforma. Ao todo foram realizadas três atividades com as duplas de estudantes, utilizando programação em blocos, com o intuito de desenvolver habilidades do Pensamento Computacional, sendo elas pensamento sequencial, estruturas de repetição e estrutura condicional; todas essas habilidades trabalhadas através da construção de algoritmos. O tempo em cada atividade foi, em média, de sete minutos, com um intervalo entre cada atividade, para o tutor explicar a solução desenvolvida e comparar com uma possível solução ideal.

Utilizamos as ferramentas de reconhecimento de estados emocionais e detecção de posição e movimentação facial da plataforma EZ-MMLA, para gerar a base de dados, buscando extrair informações sobre a interação entre os estudantes que favorecessem a aprendizagem dos conceitos de Pensamento Computacional contida durante o desenvolvimento das atividades. O kit de ferramentas EZ-MMLA¹, desenvolvido pelo “Laboratório de Aprendizagem, Inovação e Tecnologia da Harvard Graduate School of Education”, é uma plataforma que fornece um conjunto de

¹ EZ-MMLA website: <https://mmla.gse.harvard.edu/>

ferramentas de código aberto para conduzir coleta de dados multimodais a partir de vídeo e áudio, desde rastreamento ocular até detecção de movimento e frequência cardíaca. Dentro da plataforma EZ-MMLA, optamos por utilizar as ferramentas FaceAPI e PoseNet, que têm respectivamente as funções de gerar as bases de dados sobre estados emocionais dos estudantes durante a atividade e também capturar partes do rosto como nariz, olhos e boca para observar sua movimentação.

Desse modo, foi possível analisar como a colaboração entre estudantes em atividades de PC impacta o aprendizado e os respectivos perfis de estados emocionais. Além disso, foi utilizado o teste T de Wilcoxon, um teste estatístico não paramétrico que compara duas amostras emparelhadas.

4. Resultados e Discussão

4.1. Atividade 1 - Sequência de Instruções

A primeira atividade proposta teve o objetivo de desenvolver o raciocínio sequencial dos estudantes, com o objetivo de fazer um objeto andar até o fim da tela utilizando sequências de instruções baseadas em blocos, sem utilizar nenhuma estrutura adicional como repetição ou estrutura condicional. O processo de resolução da atividade 1 pode ser observado na Figura 1, a dupla 1 a esquerda e a dupla 2 a direita.

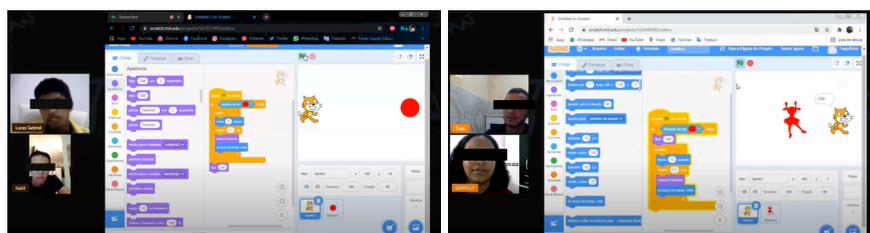


Figura 2. Atividade 1

Na Figura 2 podemos observar graficamente a evolução dos estados emocionais dos estudantes ao longo da primeira atividade proposta, a dupla 1 a esquerda e a dupla 2 a direita.

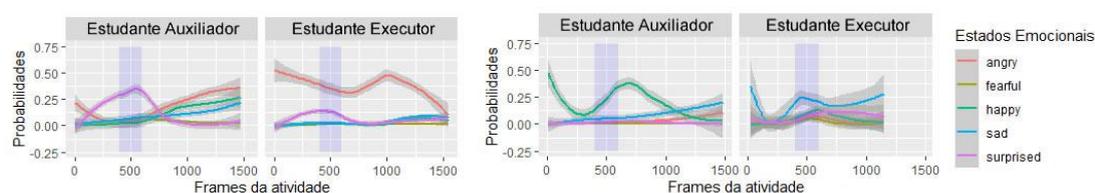


Figura 2. Estados emocionais na atividade 1

Os estudantes da dupla 1 solucionaram o exercício em 9 minutos e 23 segundos, enquanto a dupla 2 solucionou o exercício em 4 minutos e 29 segundos. A discrepância entre os tempos requeridos se justifica pela diferença de experiência dos estudantes, sendo os estudantes da dupla 1 menos experientes em conceitos de PC, se limitando apenas aos ensinamentos apresentados durante as aulas de nivelamento.

Segundo os dados, a dupla 1 demonstrou estar ansiosa no início da atividade, em especial o estudante executor, pois tinha a responsabilidade de manusear a plataforma,

movendo os blocos e ativando a execução do script. Além disso, foi demandado do estudante executor um perfil mais ativo dentro da construção da solução, desenvolvendo a maior parte do código da solução inicial, e isso pode ser refletido nos seus sentimentos de raiva, que relacionamos ao estresse gerado, e também com o sentimento de surpresa durante os testes da solução. Esses sentimentos também se manifestam nos momentos de início da atividade, onde os estudantes exercitaram a habilidade a abstração e construção de algoritmos, ou seja, separar apenas o que é essencial para resolver o problema proposto e colocar tudo de forma linear. Nesse sentido, o estudante auxiliador, por assumir uma função mais passiva, não apresentou uma carga de estresse tão alta no início da atividade, que é refletido no sentimento de raiva, sendo este menor quando comparado ao seu companheiro de equipe. O que podemos observar é que o estudante auxiliador começa a ter sentimentos de forma crescente conforme a atividade avança, pois sua atuação passa a ser mais ativa à medida que dúvidas vão surgindo, principalmente quanto a abstração do código, e ambos os estudantes precisam colaborar para chegar a um resultado final. O sentimento de surpresa do estudante auxiliador tem seu pico em meados da atividade, ponto em que sua colaboração foi mais demandada.

Com ambos os estudantes da dupla 1 colaborando no decorrer da atividade, o sentimento de raiva do estudante executor e sentimento de surpresa do estudante auxiliador passam a ter uma queda considerável, com a raiva voltando em um momento de dúvida sobre a sequência construída. Apesar do sentimento de raiva ser bem evidente nessa primeira dupla, ela pode ser justificada por ser o primeiro contato dos estudantes com esse tipo de atividade, sendo um problema novo para ambos. Também devemos levar em consideração que uma dupla com pouco conhecimento tende a registrar um maior nível de estresse, que foi minimizado durante a colaboração. Conforme a dupla chega a uma solução, podemos observar um aumento nos sentimentos de felicidade dos estudantes, com ênfase no estudante auxiliador, enquanto o estudante executor apresentou uma queda brusca no sentimento de raiva.

Na dupla 2 podemos observar que o sentimento de felicidade é bem presente no estudante auxiliador, isso pode se dar pelo fato dele, em primeiro momento, não participar da construção do algoritmo que ficou em cargo do estudante executor. Até metade da atividade o estudante auxiliador não teve nenhuma participação na construção do algoritmo, quando sua atuação foi necessária ele demonstrou não ter um pensamento lógico tão apurado quanto a do estudante executor, que já tinha uma abstração e habilidade em construir algoritmos bem desenvolvidos. Esse evento pode ser observado na Figura 2, principalmente pela diminuição brusca do sentimento de felicidade e aumento do sentimento de tristeza do estudante auxiliador, ainda que no final da atividade há uma inversão e a felicidade alterna novamente com a tristeza.

O estudante executor da dupla 2 foi mais ativo, o que permitiu a captura de diversos sentimentos intensos ao longo da atividade. Desde o começo ele estava bem animado e demonstrava ter um conhecimento prévio de lógica, habilidade com abstração e construção de algoritmos, o que auxiliou fortemente na resolução das atividades. Conforme os dados da Figura 2, no início da atividade o sentimento de surpresa é predominante, o que pode ser justificado pelo estudante estar estruturando uma sequência lógica para resolver o problema, exercitando a habilidade construção algorítmica. Contudo, ao se deparar com alguns problemas no decorrer da atividade e a

falta de atuação de seu colega, observamos o crescimento do sentimento de tristeza, que só veio diminuir em meados da atividade com a cooperação mais ativa do estudante auxiliador. Isso mostra que uma dupla com diferentes níveis de experiência e cooperação traz uma carga de sentimentos maior para o estudante mais ativo, pois a atuação maior ficará por parte daquele que detém mais conhecimento, a atuação do estudante com pouco ou nenhum conhecimento fica limitada.

A tabela 1 mostra os resultados dos testes estatísticos realizados com as médias de sentimentos dos estudantes para cada dupla na atividade 1.

Tabela 1. Teste estatístico das duplas na atividade 1

Estados Emocionais	Dupla 1			Dupla 2		
	Est. Executor / Est. Auxiliador	PValor	Est. Executor / Est. Auxiliador	PValor		
Raiva	0,373	0,177	<0,01	0,072	0,021	<0,01
Desgosto	0,002	0,007	<0,01	0,003	0,001	<0,01
Medo	0,011	0,032	<0,01	0,027	0,001	<0,01
Felicidade	0,027	0,105	<0,01	0,067	0,205	<0,01
Tristeza	0,040	0,088	<0,01	0,205	0,081	<0,01
Surpresa	0,060	0,114	<0,01	0,102	0,011	<0,01

Após realizar os testes não paramétricos das duplas, pudemos observar que os resultados nos levam a validar que os estudantes têm perfis distintos, o que justifica os sentimentos não serem aproximados, pois cada um tem um perfil ativo e passivo ao longo do desenvolvimento da atividade, o que geram sentimentos diferentes.

4.2. Atividade 2 - Estrutura de Repetição

Na segunda atividade trabalhamos com os estudantes estruturas de repetição, exercitando a capacidade e desenvolvimento da competência sobre reconhecimento de padrões, para que eles pudessem identificar partes do código que pudessem ser repetidas, diminuindo a quantidade código e otimizando a solução construída. O fluxo dos estados emocionais das duplas durante a segunda atividade pode ser observado na Figura 3, novamente a dupla 1 a esquerda e a dupla 2 a direita.

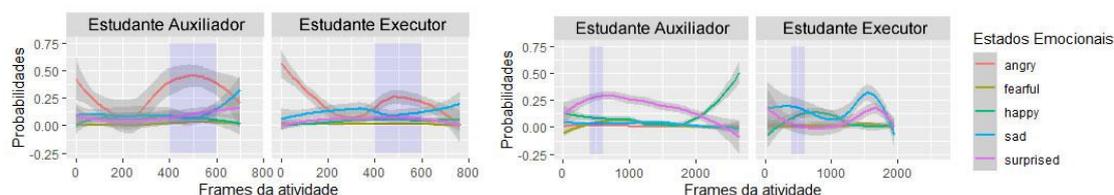


Figura 3. Estados emocionais na atividade 2

Essa atividade foi concluída em 9 minutos e 7 segundos pela dupla 1, enquanto a dupla 2 levou 2 minutos e 35 segundos. Podemos observar no início da atividade da dupla 1, momento onde os estudantes dialogam sobre as possíveis soluções do problema e exercitam habilidades de abstração, o surgimento de parâmetros de estresse elevados partindo do mesmo ponto, que diminuem rapidamente conforme a atividade flui.

O estudante executor teve seus níveis de estresse reduzidos conforme trabalhava na construção da solução, no entanto, ao se deparar com dificuldades como encontrar os blocos de repetição, foram registrados indicadores de tristeza. Além disso, foi registrado

aumento no seu estresse quando as primeiras soluções testadas apresentaram erros. Já o estudante auxiliador teve um perfil mais ativo no fim da atividade, durante a construção da solução final. Assim como o estudante executor, o auxiliador tem seus níveis de estresse reduzidos conforme a atividade é feita, mas volta a aumentar conforme se aproxima do final, pois sua colaboração passa a ser muito presente. Podemos observar que, perto do final da atividade em um momento que os estudantes executor e auxiliador estavam sem ideias para construir um novo algoritmo, ambos registraram um aumento de estresse e tristeza, que decaíram ao encontrar a solução da atividade.

Na dupla 2, o estudante executor desenvolveu sozinho a primeira versão do algoritmo. Conforme pode ser observado na Figura 3, o sentimento de surpresa do estudante executor tem um aumento significativo durante o desenvolvimento do algoritmo na primeira parte da atividade, seguido de uma queda enquanto eles estão testando a solução e um novo pico quando a solução está sofrendo algumas alterações. Podemos notar também que o sentimento de tristeza e felicidade decaem ao longo da atividade enquanto raiva e medo são crescentes, essa mudança ocorreu durante as modificações feitas no algoritmo devido a erros. O estudante auxiliador teve um papel mais colaborativo ao longo dessa atividade, exercitando principalmente a sua capacidade de construção algorítmica e abstração. Podemos ver em seu gráfico um crescimento nos sentimentos de raiva, surpresa e medo, e uma redução nos sentimentos de felicidade e tristeza, que voltam a aumentar, no passo em que a solução final é atingida. Essas manifestações emocionais aconteceram conforme o estudante participava da resolução dos problemas, debatendo e auxiliando sua dupla.

A tabela 2 mostra os resultados dos testes estatísticos realizados com as médias de sentimentos dos estudantes para cada dupla na atividade 2.

Tabela 2. Teste estatístico das duplas na atividade 2

Estados Emocionais	Dupla 1			Dupla 2		
	Est. Executor / Est. Auxiliador	PValor		Est. Executor / Est. Auxiliador	PValor	
Raiva	0,231	0,303	<0,01	0,019	0,011	0,148
Desgosto	0,016	0,016	<0,01	0,011	0,001	<0,01
Medo	0,012	0,014	<0,01	0,026	0,025	<0,01
Felicidade	0,035	0,057	<0,01	0,033	0,080	<0,01
Tristeza	0,119	0,104	<0,01	0,129	0,031	0,960
Surpresa	0,049	0,081	<0,01	0,118	0,214	<0,01

Podemos observar pelos resultados que os estudantes não possuem perfis similares, apesar de alguns valores indicarem que os estudantes da dupla 2 tiveram o fluxo de estado emocional de raiva e tristeza similares.

4.3. Atividade 3 - Estrutura Condicional

Na terceira atividade buscamos desenvolver as competências de abstração, pensamento algorítmico, decomposição e reconhecimento de padrões. O objetivo consistia em identificar o lado da tela em que o objeto estava colidindo e fazê-lo andar na direção oposta. A dupla 1 concluiu a atividade em 15 minutos e 40 segundos, enquanto a dupla 2 concluiu em 12 minutos e 48 segundos. A Figura 4 mostra as manifestações emocionais das duplas ao longo da atividade, dupla 1 a esquerda e dupla 2 a direita.

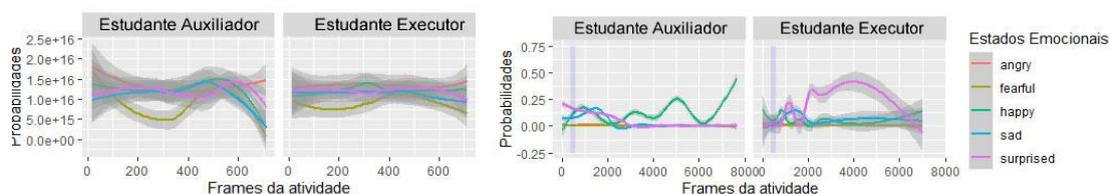


Figura 4. Estados emocionais na atividade 3

Inicialmente o estudante executor da dupla 1 testa pequenas alterações no código, com base na colaboração do estudante auxiliador, porém a solução tem pequenos erros que acabam por lhe frustrar. Podemos observar no gráfico uma leve variação na raiva ao longo da atividade, além do mais os sentimentos são mais equilibrados, o que pode ser justificado pela característica colaborativa entre os alunos, já que apesar de cada um ter um pico de atuação dentro da atividade, ambos colaboraram bastante ao longo desta atividade. O estudante auxiliador contribuiu na construção da solução inicial, o que pode justificar o seu sentimento de raiva elevado nos primeiros momentos. Entre meados e o final da atividade percebemos que o estudante auxiliador estava analisando o código e dando sugestões. Nesses momentos podemos observar uma elevação na emoção raiva, devido a carga de estresse de pensar na solução da atividade. Contudo, outros sentimentos como surpresa e alegria apresentaram um aumento enquanto a solução estava sendo desenvolvida, que voltam a cair quando a solução é testada e aprovada.

Já na dupla 2, podemos observar a manifestação de uma série de emoções por parte do estudante auxiliador, com ênfase para a felicidade que oscila ao longo da atividade até registrar o maior valor no final. Assim como nas atividades anteriores, o estudante executor teve um papel muito ativo na atividade. Ao início da atividade ambos os estudantes colaboraram, apesar do estudante auxiliador não contribuir com a solução inicial. Nesse momento inicial podemos observar uma grande oscilação de emoções no estudante executor, onde apenas medo e raiva se mantêm estáveis e sem incidência. Ao final da atividade, identificamos uma queda da surpresa do estudante executor, momento em que o arranjo dos blocos de código levaram a solução da atividade. Aqui o estudante auxiliador atuou de forma mais ativa, pois o estudante executor teve problemas para finalizar o algoritmo e ambos precisaram colaborar para abstrair o problema e reconhecer certos padrões que faltaram para solucionar o problema.

A tabela 3 mostra os resultados dos testes estatísticos realizados com as médias de sentimentos dos estudantes para cada dupla na atividade 3.

Tabela 3. Teste estatístico das duplas na atividade 3

Estados Emocionais	Dupla 1			Dupla 2		
	Est. Executor / Est. Auxiliador	PValor	Est. Executor / Est. Auxiliador	PValor		
Raiva	0,129	0,177	0,333	0,019	0,005	<0,01
Desgosto	0,002	0,007	0,617	0,002	0,001	<0,01
Medo	0,001	0,032	<0,01	0,004	0,002	<0,01
Felicidade	0,011	0,105	<0,01	0,061	0,127	<0,01
Tristeza	0,034	0,088	0,297	0,071	0,025	<0,01
Surpresa	0,0158	0,114	0,850	0,218	0,049	<0,01

Podemos perceber que os estudantes da dupla 2 apresentam um perfil diferente, mas vale destacar que a dupla 1, que teve boa cooperação ao longo da atividade, mostram um estado emocional similar, se diferenciando em apenas dois dos seis sentimentos, esses relativos a medo e felicidade.

5. Considerações Finais

A forma como interagimos com o mundo é multimodal, ao passar por uma experiência de aprendizagem podemos manifestar uma série de emoções. Em nossa pesquisa investigamos os perfis de estados emocionais manifestados durante uma atividade colaborativa de PC, com estudantes do ensino médio divididos em duplas. Os dados emocionais capturados revelaram diferenças entre os perfis das duplas e dos estudantes, bem como das emoções de acordo com o momento da atividade.

Identificamos que no início das atividades, momento em que os estudantes estão buscando compreender o problema, as emoções de raiva, tristeza e surpresa apresentaram maior incidência. Em meados das atividades, momento em que os estudantes se deparam com os primeiros erros e aumentam a colaboração entre as duplas, diversas emoções são manifestadas, com ênfase para a raiva, surpresa, felicidade e tristeza. Já no final das atividades, quando os estudantes encontram a solução do problema, os sentimentos de felicidade e tristeza tem maior incidência.

Enquanto a dupla 1 possuía ambos os estudantes com um nível de conhecimento básico de PC, a dupla 2 tinha um dos estudantes com experiência prévia. Uma dupla formada por estudantes com pouca experiência para a resolução de atividades pode gerar frustração, o que justifica os níveis de raiva e surpresa elevados na dupla 1, enquanto a dupla 2 que tinha um estudante experiente apresentou maior incidência no sentimento de felicidade. Também pudemos perceber que estudantes com pouco conhecimento registraram níveis de estresse maiores, porém isso é amenizado quando se atinge um estado de colaboração ativo, equilibrando os sentimentos entre os estudantes.

A coleta e investigação de dados emocionais, baseada em MMLA, pode trazer luz a novas evidências sobre os processos de aprendizagem, ajudando a orientar educadores em sua prática e pesquisadores em suas investigações. Esperamos que a presente pesquisa contribua para a compreensão das relações entre a aprendizagem e as emoções dos estudantes.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Chamada CNPq/MCTI N 10/2023 - Faixa A - Grupos Emergentes - proc 404916/2023-6; a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento da pesquisa através dos recursos do Programa e Apoio à Pós-Graduação (PROAP); e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela concessão de bolsa de fomento a pesquisa (Indicação de Bolsa de Pós Graduação, PROCESSO N°.: IBPG-0635-7.08/24).

References

- BLIKSTEIN, Paulo; WORSLEY, Marcelo. Multimodal learning analytics and education data mining: Using computational technologies to measure complex learning tasks. *Journal of learning analytics*, v. 3, n. 2, p. 220-238, 2016.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.
- ERADZE, Maka et al. Context-aware multimodal learning analytics taxonomy. In: CEUR workshop proceedings. CEUR-WS, 2020. p. 1-6.
- FALCÃO, Taciana Pontual; BARBOSA, Rafael. " Aperta o Play!" análise da interação exploratória em um jogo baseado em pensamento computacional. In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). 2015. p. 419.
- FARIAS, Laura Lobo de. Utilização de Game Learning Analytics para verificação do aprendizado em jogo sério voltado ao ensino de zoologia. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.
- MEC. Normas sobre Computação na Educação Básica – Complemento à BNCC. 2022.
- NIPO, Daniel; RODRIGUES, Rodrigo; FRANÇA, Rozelma. Aprendizagem Baseada em Jogos e Pensamento Computacional no Ensino Fundamental: um Mapeamento Sistemático da Literatura. *EaD em Foco*, v. 14, n. 1, p. e2297-e2297, 2024.
- OCHOA, Xavier; WORSLEY, Marcelo. Augmenting learning analytics with multimodal sensory data. *Journal of Learning Analytics*, v. 3, n. 2, p. 213-219, 2016.
- OUHAICHI, Hamza; SPIKOL, Daniel; VOGEL, Bahtijar. Research trends in multimodal learning analytics: A systematic mapping study. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, p. 100136, 2023.
- POUZA, Fernanda; C MARA, Carlos Eduardo. ANÁLISE DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL NA EDUCAÇÃO VOLTADO À SERIOUS GAMES. *Revista de Ubiquidade*, v. 3, n. 2, p. 30-50, 2020.
- RAABE, André Luís Alice et al. Referenciais de formação em computação: Educação básica. Sociedade Brasileira de Computação, 2017.
- SIQUEIRA, I. C. P. et al. Normas sobre computação na educação básica – complemento à base nacional comum curricular (BNCC). Technical report, Conselho Nacional de Educação-Câmara de Educação Básica, 2022.
- WING, Jeannette M. Computational thinking. *Communications of the ACM*, v. 49, n. 3, p. 33-35, 2006
- WING, Jeannette M. Pensamento computacional. *Educação e Matemática*, n. 162, p. 2-4, 2021.