



O uso de caixas delimitadoras alinhadas aos eixos coordenados: uma aplicação do cálculo de distâncias em jogos digitais 2D e 3D

The use of bounding boxes aligned to the coordinate axes: an application of distance calculation in 2D and 3D digital games

El uso de cuadros delimitadores alineados con los ejes de coordenadas: una aplicación del cálculo de distancias en juegos digitales 2D y 3D

Marcelo Batista de Souza¹

Universidade Federal de Roraima (UFRR)

Doutor em Educação Matemática

Resumo: Na contemporaneidade, a produção de vídeos em sala de aula tem sido um recurso utilizado para viabilizar diferentes formas de expressão matemática em atividades que se diferem qualitativamente do uso do lápis e papel. Considerando esse cenário e como os significados se relacionam no discurso matemático, este artigo apresenta a leitura semiótica de um vídeo, produzido por um estudante de uma universidade pública brasileira, como atividade da disciplina Geometria Analítica. A abordagem da pesquisa é qualitativa e os procedimentos metodológicos utilizados na produção dos dados foram: (i) a transcrição do vídeo para categorizá-lo; (ii) a separação dos seus elementos para descrevê-los; e (iii) a recomposição dos seus elementos para interpretar significados a partir de suas relações. A investigação, fundamentada na perspectiva multimodal, buscou examinar as metafunções da linguagem, do simbolismo matemático e da exibição visual observando aspectos verbais, visuais e sonoros que foram utilizados pelo seu produtor. Os resultados indicam articulações entre oralidade e animações, correspondência entre expressões algébricas e representações gráficas, além de o uso intencional de estratégias de mediação didático-pedagógicas para produzir significados em seu discurso.

Palavras-chave: Produção de Vídeos. Recursos Semióticos. Análise Multimodal.

Abstract: In contemporary times, the production of videos in the classroom is a resource used to enable different forms of mathematical expression in activities that differ qualitatively from the use of pencil and paper. Considering this scenario and to highlight how meanings relate in mathematical discourse, this article presents a semiotic reading of a video produced by a student from a Brazilian public university as an activity in the Analytic Geometry course. The research approach is qualitative, and the methodological procedures used in data production were: (i) transcription of the video to categorize it; (ii) separation of its elements to describe them; and (iii) recomposition of its elements to interpret meanings based on their relationships. The investigation, grounded in a multimodal perspective, sought to examine the metafunctions of

¹ E-mail: marcelo.souza@ufr.br. Id orcid: [0000-0003-2397-5399](https://orcid.org/0000-0003-2397-5399). Link do lattes <http://lattes.cnpq.br/2044002660241616>.

language, mathematical symbolism, and visual display, observing verbal, visual, and sound aspects used by its producer. The results indicate connections between orality and animations, correspondence between algebraic expressions and graphical representations, as well as the intentional use of didactic-pedagogical mediation strategies to produce meaning in their discourse.

Keywords: Video Production. Semiotic Resources. Multimodal Analysis.

Resumen En la actualidad, la producción de videos en el aula es un recurso que facilita la expresión matemática en actividades que difieren cualitativamente del uso del lápiz y el papel. Considerando este escenario y para destacar cómo se relacionan los significados en el discurso matemático, este artículo presenta una lectura semiótica de un video producido por un estudiante de una universidad pública brasileña como actividad del curso de Geometría Analítica. El enfoque de la investigación es cualitativo, y los procedimientos metodológicos empleados en la producción de datos fueron: (i) transcripción del video para categorizarlo; (ii) separación de sus elementos para describirlos; y (iii) recomposición de sus elementos para interpretar significados a partir de sus relaciones. La investigación, basada en una perspectiva multimodal, buscó examinar las metafunciones del lenguaje, el simbolismo matemático y la representación visual, observando los aspectos verbales, visuales y sonoros utilizados por su productor. Los resultados indican conexiones entre la oralidad y las animaciones, la correspondencia entre expresiones algebraicas y representaciones gráficas, así como el uso intencional de estrategias de mediación didáctico-pedagógica para producir significado en su discurso.

Palabras-clave: Producción de Video. Recursos Semióticos. Análisis Multimodal.

A Matemática em Movimento: Contexto e Propósito da Análise

A inclusão de mídias audiovisuais em práticas acadêmicas têm alterado as formas de representação e de comunicação de conteúdos matemáticos. Neste estudo, a produção de vídeo assume papel de instrumento didático e de material de pesquisa, sendo objeto de análise cuja função se estende para além de uma atividade ilustrativa. A escolha do tema Geometria Analítica decorre da presença de representações geométricas e algébricas que permitem a observação da correspondência entre diferentes modos semióticos. O problema da pesquisa consiste em identificar: como o estudante, produtor de vídeo, organiza e apresenta conceitos de Geometria Analítica por meio de recursos audiovisuais?

Para tal, foi preciso separar os seus elementos para descrevê-los e reagrupá-los para interpretar as estratégias semióticas empregadas em sua produção buscando fazer associações entre eles. Além disso, foi preciso mapear os modos presentes nos episódios selecionados para analisar a correspondência entre expressão algébrica e representação gráfica e, assim, discutir implicações didáticas para o ensino de Geometria Analítica. A relevância do estudo reside na necessidade de ampliar conhecimentos sobre práticas autorais que envolvem tecnologia digital

e linguagem na formação matemática. A investigação situa-se na interface entre ensino, multimodalidade e produção audiovisual, com foco em contribuições práticas para professores e formadores de professores.

O presente trabalho está estruturado em seis seções que orientam o percurso analítico desenvolvido ao longo da pesquisa. A primeira seção introduz o tema e delimita o foco investigativo. Em seguida, apresenta trabalhos que fundamentam a relação entre práticas audiovisuais e aprendizagem matemática. A terceira seção explora o referencial adotado para examinar a articulação entre diferentes modos semióticos. Na quarta seção, os caminhos metodológicos empregados na investigação são descritos. A quinta seção expõe os resultados interpretativos construídos a partir da análise multimodal. Por fim, as considerações finais retomam os principais achados e discutem suas implicações para a compreensão da produção de significados matemáticos em contextos audiovisuais.

Estudos sobre Produção de Vídeos e Educação Matemática

Esta seção apresenta uma síntese de algumas pesquisas que tratam a produção de vídeos como prática educativa em Matemática. A seleção prioriza estudos que articulam produção audiovisual e representação matemática.

Por exemplo, o trabalho de Santana e Sousa (2016) explora a produção de vídeo e aprendizagem matemática como uma possibilidade para a sala de aula. As autoras relatam uma experiência que envolveu 102 estudantes da 2ª série do Ensino Médio na produção de videoaulas sobre Progressão Aritmética e Geométrica. Ambas investigaram se a produção de vídeos pode favorecer a aprendizagem matemática ao integrar imagens, fala, escrita e música em uma linguagem multimodal. Apoiadas no referencial teórico Santana e Sousa (2016) discutem o uso pedagógico das tecnologias, a multimodalidade e o papel do vídeo como objeto de autoria e expressão criativa. Elas utilizaram na metodologia a resolução de listas de exercícios, a elaboração de roteiros, oficinas de edição e a socialização das produções. A análise dos dados indica que a maioria dos estudantes atingiu os objetivos por demonstrarem compreensão conceitual na organização dos conteúdos matemáticos de forma criativa. Os resultados sugerem que produzir vídeo fortalece a autonomia, síntese, trabalho colaborativo e interesse pela matemática, estratégia que se apresenta eficaz no processo de ensino e aprendizagem de matemática, desde que acompanhada de planejamento e orientação docente.

Nessa direção, Borba e Canedo Junior (2020) abordam modelagem matemática integrada à produção de vídeos e produzem reflexões a partir de um estudo exploratório. Os

autores discutem uma proposta que consiste em apresentar um problema de modelagem por meio de um videoproblema, desafiando os estudantes a responderem por meio de uma videorresposta. Eles destacam que a metodologia utilizada na pesquisa está ancorada no construto teórico seres-humanos-com-mídias e na semiótica social, por admitirem que o conhecimento é produzido por coletivos pensantes formados por humanos e tecnologias. Borba e Canedo Junior (2020) realizaram um minicurso para professores em formação inicial e continuada. Os autores enfatizam que a análise baseou-se nas observações do professor e no vídeo produzido pelos participantes, investigando como elementos multimodais (gestos, discurso, imagens, sons e escrita) participam da construção de significados matemáticos. Os resultados indicam que o vídeo atua como protagonista no processo de modelagem, influenciando a formulação de problemas, a investigação e a matematização. Eles afirmam que a proposta revelou potencial para ampliar o engajamento, favorecer diferentes formas de expressão e promover processos criativos na modelagem matemática.

Por sua vez, Moretti e Radford (2023) exploram a análise multimodal de vídeos e suas contribuições para a formação de professores que ensinam matemática. Os autores se ancoram na perspectiva histórico-cultural e reconhecem que a aprendizagem é uma atividade humana coletiva, mediada por gestos, falas, escritas, expressões corporais e outras formas semióticas. Eles observam que os vídeos são utilizados como estratégia metodológica para capturar a atividade formativa em movimento, o que permite observar processos de tomada de consciência e desenvolvimento do pensamento algébrico. Moretti e Radford (2023) discutem exemplos de análise multimodal de dados de um estudo com professores dos anos iniciais para evidenciar como imagens, gestos, registros orais e escritos constituem um todo dialético que revela sentidos matemáticos construídos coletivamente. Os resultados mostram que esse pode ser um caminho para interpretar a formação docente ao destacar a interação entre sujeitos, os modos semióticos mobilizados e a emergência de significados. A abordagem amplia as possibilidades analíticas e inaugura usos de vídeos na formação de professores.

Em outro trabalho, Kurs e Franchi (2024) abordam a integração de recursos semióticos na produção de vídeos matemáticos. As autoras analisam como estudantes do 9º ano utilizam e integram diferentes recursos semióticos na produção de um vídeo matemático. Amparado na Teoria Sistêmico-Funcional e na Análise de Discurso Multimodal, o estudo investiga como elementos visuais, verbais e sonoros são articulados para comunicar conceitos matemáticos. A metodologia é qualitativa, envolvendo a produção de um vídeo por quatro estudantes de uma escola particular e sua posterior análise multimodal. O referencial teórico discute linguagem,

multimodalidade, intersemiose e o papel dos signos na construção de significados. A análise mostra que os estudantes recorrem a sons, imagens, símbolos matemáticos, gestos, cores, linguagem oral e escrita, combinando-os de maneira coerente para explicar o conteúdo. Os resultados apontam que a integração desses modos amplia a compreensão dos conceitos pelo espectador, tornando a comunicação mais dinâmica e significativa. Além disso, o processo de criação do vídeo promoveu engajamento, autoria e participação ativa dos estudantes, revelando o potencial pedagógico da multimodalidade no ensino de matemática.

Esses estudos oferecem bases empíricas e conceituais para a análise aqui desenvolvida. Eles orientam tanto a identificação de categorias analíticas quanto a proposição de implicações pedagógicas.

A Perspectiva Multimodal e suas Implicações Analíticas

O'Halloran (2005) apresenta um enquadramento teórico no qual a linguagem verbal, o simbolismo matemático e as exibições visuais constituem o discurso matemático. Nessa perspectiva, o significado matemático não se estabelece a partir de um sistema único de representação, justamente porque ele é resultado das relações entre diferentes recursos semióticos, cada qual associado a funções específicas na organização do conhecimento. O discurso matemático se caracteriza, portanto, pela presença de notações simbólicas com propriedades sintáticas e semânticas próprias, pela utilização de imagens que expressam relações espaciais e pela articulação entre a linguagem verbal e os sistemas formais de notação. A interpretação desse discurso exige procedimentos analíticos que articulem a transcrição do texto verbal, a descrição das representações visuais e a identificação das funções semióticas envolvidas, de modo a tornar visíveis os processos de produção de sentido.

Neste estudo, os procedimentos de análise tomam como referência as proposições de O'Halloran (2005), possibilitando identificar os recursos semióticos mobilizados, estabelecer correspondências entre notações simbólicas e representações visuais, reconhecer transformações semióticas e examinar a organização discursiva que orienta a sequência das representações presentes no vídeo analisado. Esse enquadramento fundamenta a discussão sobre multissemiótica e multimodalidade, que sustenta a análise do discurso do estudante, com atenção à forma como os diferentes recursos semióticos se articulam na produção de sentidos, conforme também discutido por Souza (2021) em investigações sobre discursos matemáticos mediados por tecnologias digitais.

No campo da multimodalidade, a distinção entre os conceitos de recurso semiótico e modo é central para a análise. Os recursos semióticos são compreendidos como sistemas funcionais de signos, como a linguagem, o simbolismo matemático e a exibição visual, enquanto os modos referem-se à materialidade desses recursos por meio do qual são percebidos pelos canais de comunicação humanos (visual, auditivo e/ou tátil). Por exemplo, um discurso que mobiliza mais de um recurso semiótico é considerado multissemiótico, ao passo que a multimodalidade se configura quando mais de um modo de semiose é acionado. Sob essa perspectiva, a Matemática se configura como uma construção multissemiótica, estruturada pela articulação entre linguagem, simbolismo matemático e representações visuais, ainda que esses recursos se manifestem por diferentes modos no discurso matemático, conforme indicado por O'Halloran (2005) e retomado por Souza (2021).

A complexidade do discurso matemático decorre dessa natureza multissemiótica, uma vez que cada recurso apresenta princípios organizacionais e gramáticas específicas. Esses recursos mantêm relações de interdependência, de modo que *textos linguísticos* incorporam elementos simbólicos e visuais, o simbolismo matemático mobiliza estruturas próprias da linguagem e as *representações gráficas* incluem componentes linguísticos. Essa articulação produz expansões semânticas resultantes da combinação dos potenciais de significado de cada recurso. No entanto, a gramática do simbolismo matemático nem sempre se encontra acessível a todos os sujeitos, o que limita seu uso e gera dificuldades na produção de significados. Nesse sentido, a análise multissemiótica valoriza a organização interna de cada recurso e os significados que emergem das relações estabelecidas entre eles no discurso, conforme discutido em O'Halloran (2005).

Para aprofundar a compreensão desses processos de significação, o estudo considera a perspectiva da Linguística Sistêmico-Funcional, na qual o significado é compreendido como um fenômeno dependente do contexto social e cultural, e não simplesmente como resultado da aplicação de regras. Nessa abordagem, a linguagem é entendida como um sistema de escolhas semióticas orientadas para a produção de significado. Em especial, o discurso ocorre por meio da organização das metafunções ideacional, interpessoal e textual, que permitem examinar como os recursos semióticos representam experiências, estabelecem relações sociais e constroem o texto em função das condições de produção e circulação do discurso, conforme explicitado por Souza (2021).

A Análise do Discurso Multimodal Sistêmico-Funcional constitui uma extensão dessa

perspectiva e ocupa papel central na investigação ao possibilitar o exame das expansões semânticas que resultam da combinação de escolhas semióticas em contextos multimodais. Nessa abordagem, a intersemiose diz respeito às relações estabelecidas entre diferentes recursos semióticos na construção do significado, enquanto a ressemiotização se refere à reconstrução desses significados quando ocorre a transposição entre sistemas de representação, como na passagem de uma expressão algébrica para uma representação geométrica. As expansões semânticas decorrem dessas relações e expressam significados que não se encontram disponíveis em um único recurso semiótico, conforme discutido por O'Halloran (2005) e retomado por Souza (2021).

No que se refere à forma linguística, a análise parte da compreensão de que as dificuldades associadas à linguagem matemática se vinculam à sua organização gramatical. Essa linguagem apresenta elevada densidade léxico-gramatical, além de definições encadeadas, classificações técnicas e expressões especializadas que exigem domínio específico do sistema linguístico-científico. A análise metafuncional da linguagem possibilita examinar como os processos e participantes matemáticos são introduzidos no discurso, como se estabelecem relações de autoridade e rigor lógico e como a organização textual direciona a atenção para ideias e argumentos matemáticos.

Já o simbolismo matemático, embora apresente vínculos históricos com a linguagem verbal, cumpre funções específicas ao condensar significados experienciais, organizar cadeias lógicas e reduzir a necessidade de explicitações linguísticas extensas. Sua gramática própria permite expansões semânticas por meio do uso de convenções simbólicas, de formas particulares de organização e de relações lógicas implícitas sustentadas por conhecimentos matemáticos prévios. A análise metafuncional do simbolismo considera a constituição de processos matemáticos, o estabelecimento de relações formais entre elementos e a organização do discurso segundo convenções próprias da Matemática formal, conforme discutido em O'Halloran (2005).

A forma visual assume papel central na representação de relações espaciais e na visualização de padrões, sobretudo, em contextos mediados por tecnologias digitais. As exibições visuais permitem condensar informações, articular elementos simbólicos e linguísticos e favorecer processos de generalização por meio da manipulação de entidades geométricas, caracterizando processos de ressemiotização mediados por imagens, como indicado por Souza (2021). Diferentemente da linguagem verbal, cuja interpretação se

desenvolve de modo sequencial, a leitura visual ocorre inicialmente de forma global, com posterior análise de detalhes quando se faz necessária a construção do significado lógico. A análise metafuncional da forma visual permite examinar a organização dos componentes gráficos, as relações estabelecidas entre processos e participantes matemáticos e a articulação visual que sustenta a coerência do discurso.

Em síntese, a Análise do Discurso Multimodal Sistêmico-Funcional constitui o referencial teórico adotado para a análise do vídeo produzido no estudo. A articulação entre linguagem, simbolismo matemático e exibição visual, por meio de relações intersemióticas, estrutura o discurso matemático e possibilita a contextualização e a expansão dos significados, evidenciando a produção de conhecimento em ambientes mediados por múltiplos sistemas de representação, conforme discutido por O'Halloran (2005) e Souza (2021).

Procedimentos Metodológicos da Análise

A análise do vídeo insere-se no âmbito da pesquisa qualitativa, uma vez que privilegia a interpretação dos significados produzidos no discurso matemático a partir das interações entre o estudante, os recursos semióticos e as mídias mobilizadas para essa finalidade. Essa abordagem não se orienta pela quantificação de ocorrências, mas pela compreensão dos processos de produção de sentido que se manifestam no material audiovisual, considerado em sua singularidade e em seu contexto de produção. O vídeo constitui, portanto, o corpus da investigação e é examinado como um artefato discursivo que materializa escolhas conceituais, semióticas e comunicativas relacionadas ao conceito de distância na Geometria Analítica.

Os procedimentos analíticos adotados fundamentam-se nos aportes teóricos de O'Halloran (2005), articulados a uma perspectiva qualitativa de análise (GOLDENBERG, 1993). O construto teórico seres-humanos-com-mídias proposto por Borba e Villarreal (2005) orienta a compreensão das relações estabelecidas entre o estudante e as tecnologias empregadas na produção do vídeo, permitindo examinar como essas interações participam da constituição do discurso matemático. A análise filmica, originalmente desenvolvida para o estudo de produções cinematográficas, conforme destaca Vanoye e Goliot-Lété (1994), foi adotada neste trabalho como um procedimento qualitativo de leitura do material audiovisual, possibilitando a descrição sistemática de seus elementos constitutivos e de sua organização interna.

A investigação exigiu a visualização reiterada do vídeo, com o propósito de identificar,

descrever e interpretar os recursos semióticos mobilizados ao longo da produção. Esse processo envolveu a separação de seus elementos visuais, linguísticos e simbólicos, a organização de sua sequência temporal e a construção de uma leitura interpretativa que considerou enquadramentos, relações espaciais, usos da linguagem verbal e articulações com o simbolismo matemático. A recorrência às visualizações não teve caráter mecânico, mas interpretativo, pois cada (nova) leitura permitiu refinar a compreensão dos significados produzidos no discurso.

A análise multimodal do discurso matemático, conforme proposta por O'Halloran (2005), orientou a interpretação qualitativa das articulações entre linguagem, simbolismo matemático e exibição visual. Essa abordagem possibilitou identificar relações intersemióticas e processos de ressemiotização implicados na exploração do conceito de distância, especialmente nas passagens entre representações algébricas, geométricas e verbais, visando compreender os significados como um processo situado, dependente do contexto de produção do vídeo e das escolhas semióticas realizadas pelo estudante.

Nesse enquadramento qualitativo, o vídeo é compreendido como objeto central da análise e como espaço de produção discursiva. O estudante, ao produzir o vídeo, ocupa simultaneamente as posições de autor e participante do discurso, atuando diante e por detrás da câmera, conforme discutido por Baltruschat (2013). Essa condição reforça a análise do vídeo como prática social e discursiva, na qual os significados matemáticos não se encontram previamente dados, mas são construídos ao longo da produção audiovisual por meio da interação entre sujeitos, mídias e recursos semióticos.

Significados Observados no Vídeo Analisado

O mecanismo fundamental da interação em jogos exige a definição de colisão que representa o toque ou o choque entre objetos. Tais eventos geram forças que alteram os seus estados de movimento. Essa realidade pode ser simulada computacionalmente com uso de um método clássico, conhecido na literatura como Aligned Axis Bounding Boxes (AABB) que significa “Caixas Delimitadoras Alinhadas aos Eixos”. A implementação dessas AABBs ocorre em ambientes 2D com as dimensões X, Y e em ambientes 3D com as dimensões X, Y, Z ao cálculo (Figura 1).



Figura 1: Caixas delimitadoras alinhadas aos eixos coordenados.

O vídeo demonstra o emprego desse método com dois personagens localizados, um do lado esquerdo e outro do lado direito da tela. Essas caixas delimitadoras funcionam como envelopes geométricos que circundam os elementos do jogo. Por exemplo, quando o personagem à esquerda lança um poder, esse projétil carrega consigo a sua própria caixa delimitadora para verificar a ocorrência de colisão entre duas AABBs. Essa técnica compara as coordenadas mínimas e máximas de cada eixo. Uma colisão se confirma quando as coordenadas máximas de uma caixa delimitadora excedem ou igualam as coordenadas mínimas de outra caixa em todos os eixos, ou quando ocorre a situação inversa. Assim, o algoritmo do jogo digital verifica se a condição é verdadeira para disparar efeitos visuais na tela que remetem a colisão. Em particular, esse processo se apoia em conceitos de Geometria Analítica que utiliza cálculos de distâncias de um plano a outro e de uma reta a outra, por exemplo. O sistema também processa a sobreposição de planos e retas. Todos esses conceitos matemáticos estruturam a técnica de detecção de colisão.

A análise do vídeo evidencia a constituição de um discurso matemático presente em sua linha do tempo (Figura 2), no qual a linguagem, o simbolismo matemático e a exibição visual se articulam na produção de significados (O'HALLORAN, 2005).

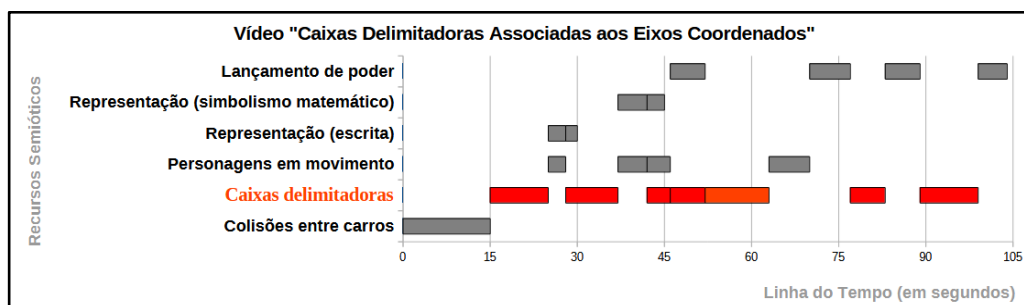


Figura 2: Linha do tempo do vídeo “Caixas delimitadoras alinhadas aos eixos coordenados”.

Esse material audiovisual organiza-se a partir de uma sequência de cenas que mobilizam referências do universo dos jogos digitais e de situações cotidianas como colisões entre veículos, para explorar conceitos associados à distância, e também referências ao movimento e à detecção de interseções por meio de caixas delimitadoras. Essa organização discursiva permite observar como os significados matemáticos não se restringem a um único sistema de representação, mas emergem das relações intersemióticas estabelecidas ao longo da produção.

No plano da exibição visual, a cena em que o personagem da esquerda lança um poder, que resulta em uma colisão, constitui um recurso narrativo, o qual introduz visualmente a noção de encontro entre objetos em movimento. Essa representação aciona relações espaciais que tornam visível a aproximação progressiva entre entidades, permitindo ao espectador reconhecer o momento da colisão a partir da sobreposição visual dos elementos. A metafunção ideacional da forma visual manifesta-se na representação dos processos de deslocamento e impacto, enquanto a metafunção textual organiza a sequência das imagens de modo a conduzir o olhar para o ponto de interseção. A metafunção interpessoal se estabelece pela escolha de imagens oriundas de jogos que posicionam o espectador em um campo de familiaridade com esse universo visual (Figura 3).

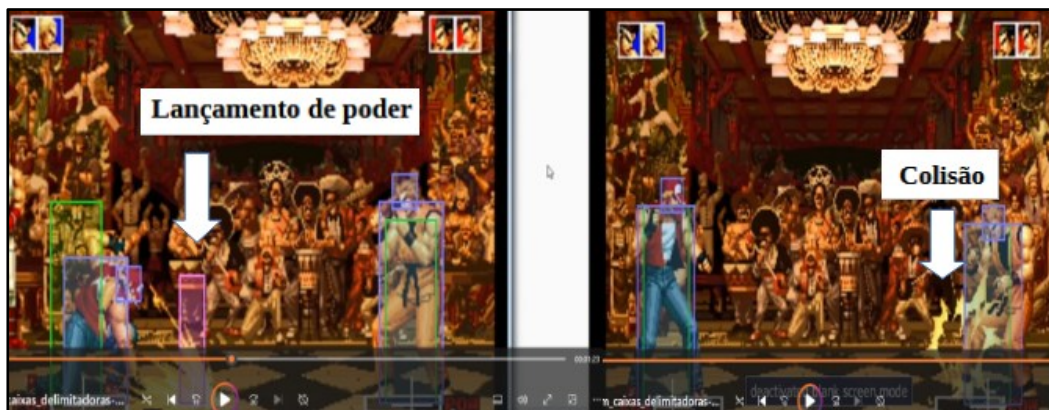


Figura 3: Uso de caixas delimitadoras alinhadas aos eixos coordenados com lançamento de poder e colisão entre objetos digitais.

Essas cenas que apresentam dois lutadores em movimento, associadas à ilustração das caixas delimitadoras, aprofundam a construção visual da produção ao explicitar um procedimento matemático espacial por meio das caixas delimitadoras que funcionam como abstrações visuais para recortar o espaço ocupado pelos personagens e transformar corpos em regiões geométricas passíveis de análise. Nesse processo, ocorre uma ressemiotização, conforme discutido por O'Halloran (2005), na qual o movimento corporal é reconstruído visualmente como ocupação de áreas delimitadas no plano. A leitura global da imagem antecede

a identificação das caixas, e somente após essa percepção inicial o espectador pode estabelecer relações lógicas entre posição, deslocamento e interseção, o que evidencia o papel da exibição visual na organização do significado matemático.

As imagens de carros em movimento e o registro de colisões entre carros reforçam esse mesmo princípio discursivo, ao transpor o conceito de colisão para um contexto distinto, porém estruturalmente análogo (Figura 4).



Figura 4: Colisão entre objetos digitais de caixas delimitadoras alinhadas aos eixos coordenados.

Essa escolha visual amplia o campo semântico do conceito explorado e promove uma expansão semântica decorrente da articulação entre diferentes representações visuais do mesmo fenômeno. A repetição estrutural das cenas, ainda que com personagens distintos, contribui para a metafunção textual da exibição visual, pois estabelece coesão discursiva e favorece a generalização do conceito matemático subjacente à detecção de colisões por meio de caixas delimitadoras. No que se refere à linguagem verbal, o uso de títulos (legendas) cumpre função de orientação interpretativa do discurso, conforme ilustrado na Figura 5.



Figura 5: Uso da linguagem para identificar as caixas delimitadoras alinhadas aos eixos coordenados.

A linguagem atua na explicitação dos conceitos abordados e na nomeação dos procedimentos apresentados visualmente. Em relação à metafunção ideacional, a linguagem introduz participantes e processos matemáticos como a identificação das caixas delimitadoras e sua relação com o movimento dos objetos. Na dimensão interpessoal, a escolha de uma

linguagem direta associada ao contexto dos jogos posiciona o estudante-produtor em relação ao espectador, estabelecendo um vínculo comunicativo que orienta a compreensão do conteúdo. A metafunção textual da linguagem organiza a progressão do discurso com articulação de cenas e sinalização da função de cada representação visual no conjunto do vídeo.

O simbolismo matemático, quando mobilizado, opera como recurso de condensação do significado. Sua presença permite a formalização das relações espaciais representadas visualmente, ressaltando movimentos e colisões convertidos em expressões matemáticas que sintetizam o raciocínio envolvido no deslocamento dos personagens. Nessa dimensão, a metafunção ideacional do simbolismo manifesta-se na constituição de processos matemáticos que descrevem relações de distância e interseção. A metafunção interpessoal se expressa no uso de convenções próprias da Matemática, que instituem um regime de validade e rigor discursivo. Já a metafunção textual organiza os símbolos de acordo com padrões reconhecidos e favorece a leitura matemática do fenômeno representado. Conforme discutido por O'Halloran (2005), esse recurso possibilita expansões semânticas ao articular-se com a linguagem verbal e a exibição visual.

A combinação entre esses três recursos semióticos evidencia o caráter intersemiótico do discurso analisado. A linguagem verbal orienta a leitura, o simbolismo matemático formaliza as relações e a exibição visual materializa os conceitos no espaço e no movimento. Essa articulação produz significados que não estariam disponíveis em um único sistema de representação, caracterizando o que O'Halloran (2005) classifica como expansão semântica.

Ao transitar entre cenas de jogos (de corrida e de luta), ilustrações gráficas e registros de colisões, o vídeo promove sucessivas ressemiotizações, nas quais um mesmo conceito matemático é reconstruído em diferentes formas semióticas e à luz da Análise do Discurso Multimodal Sistêmico-Funcional, o vídeo configura-se como um objeto discursivo no qual as escolhas semióticas se organizam de modo integrado para produzir conhecimento matemático. A exploração do conceito de distância na Geometria Analítica ocorre por meio da articulação entre movimento, delimitação espacial e formalização simbólica, evidenciando a natureza multissemiótica do discurso matemático e confirmando as proposições de O'Halloran (2005) e Souza (2021) acerca da centralidade da multimodalidade na produção de significados em contextos mediados por tecnologias digitais.

Considerações Finais

O presente trabalho teve como objetivo compreender como o estudante, produtor de vídeo, organiza e apresenta conceitos de Geometria Analítica por meio de recursos audiovisuais. A análise do vídeo “Caixas delimitadoras alinhadas aos eixos coordenados” permitiu observar que a produção estudantil mobiliza, de forma integrada, diferentes sistemas semióticos para construir e comunicar significados matemáticos relacionados ao cálculo de distâncias e à detecção de colisões em ambientes digitais.

A investigação evidenciou que o estudante recorre ao método das caixas separadoras como eixo conceitual para explicar o funcionamento das colisões em jogos 2D e 3D. Ao apresentar personagens, projéteis e caixas delimitadoras, o vídeo articula visualmente princípios da Geometria Analítica, como comparação de coordenadas, sobreposição de regiões e cálculo de distâncias entre objetos. Essa articulação demonstra que o estudante compreende o conceito matemático, mas também reconhece sua aplicabilidade em sistemas computacionais de simulação física.

A análise multimodal revelou que o discurso matemático construído no vídeo é essencialmente multissemiótico, conforme discutido por O’Halloran (2005). A exibição visual organiza narrativas de movimento, aproximação e impacto; a linguagem verbal orienta a interpretação e nomeia procedimentos; e o simbolismo matemático formaliza relações espaciais e condições de colisão. Esses três modos, ao operarem conjuntamente, produzem uma expansão semântica que ultrapassa o potencial explicativo de cada recurso isoladamente.

Além disso, o estudante-produtor demonstra domínio das estratégias de ressemiotização ao transpor o conceito de colisão entre objetos para diferentes contextos visuais — como lutas, carros em movimento e ilustrações geométricas — reforçando a generalidade do fenômeno matemático. A repetição estrutural das cenas e a organização sequencial das imagens contribuem para a coesão do discurso e para a construção de um percurso interpretativo que conduz o espectador da percepção intuitiva do movimento à compreensão formal da colisão via AABBs.

Dessa forma, conclui-se que o vídeo analisado constitui um exemplo de como recursos audiovisuais podem ser empregados por estudantes para representar, explicar e ressignificar conceitos de Geometria Analítica. A produção evidencia que a multimodalidade enriquece a comunicação matemática, mas também favorece a compreensão conceitual ao permitir que

ideias abstratas sejam reconstruídas em diferentes formas de representação. Assim, o estudo confirma a relevância da abordagem multissemiótica na Educação Matemática contemporânea e destaca o potencial dos ambientes digitais como espaços de criação e circulação de discursos matemáticos complexos.

AGRADECIMENTOS

A Pró-reitoria de Ensino de Graduação da Universidade Federal de Roraima pelo apoio concedido ao projeto de ensino “Uso da tecnologia digital integrado à elaboração de protótipos e à produção de conhecimento matemático”; ao grupo de pesquisa Tecnologias Digitais e Educação Matemática (TEDIEM) pela execução do referido projeto e colaboração nas discussões.

REFERÊNCIAS

- BALTRUSCHAT, Astrid. A interpretação de filmes segundo o método documentário. In: WELLER, Wivian; PFAFF, Nicolle (org.). **Metodologias da pesquisa qualitativa em Educação: teoria e prática**. Petrópolis: Editora Vozes, 2010, p. 151-181.
- BORBA, Marcelo de Carvalho; CANEDO JUNIOR, Neil da Rocha. Modelagem matemática com produção de vídeos digitais: reflexões a partir de um estudo exploratório. **Com a palavra, o professor**, [s.l.], v. 5, n. 11, jan.-abr. 2020.
- BORBA, Marcelo de Carvalho; VILLARREAL, Mónica Ester. **Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking: information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization**. New York: Springer, 2005.
- GOLDENBERG, Mirian. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais**. 8. ed. Rio de Janeiro: Record, 2004.
- KURS, C. S.; FRANCHI, R. H. O. L. Integrando recursos semióticos na produção de vídeos matemáticos: análise de um vídeo produzido por alunos dos anos finais do ensino fundamental. **Boletim Online de Educação Matemática**, v. 15, n. 22. Ano 2024.
- MORETTI, V. D.; RADFORD, L. Análise multimodal de vídeos: contribuições da Teoria da Objetivação para a pesquisa sobre formação de professores que ensinam Matemática. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 17, 1-17, e6236101, jan./dez. 2023.
- O’HALLORAN, K. L. **Mathematical discourse: language, symbolism and visual images**. London: Continuum, 2005.
- SANTANA, C. A. S. C.; SOUSA, A. S. **Com a Palavra o Professor**, Vitória da Conquista (BA), v. 1, n. 1, out. - dez./ 2016.
- SOUZA, M. B. de. **Vídeos digitais produzidos por licenciandos em matemática a distância**. 2021. 242 p. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista

“Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2021.

VANOYE, Francis; GOLIOT-LÉTÉ, Anne. Ensaio sobre a análise fílmica. Campinas: Papyrus, 1994.