

GeoGebra Classroom: Contribuições para a Aprendizagem Colaborativa de Geometria Dinâmica

MÁRCIA RODRIGUES NOTARE¹

<https://orcid.org/0000-0002-2897-8348>

RENATA CEZAR PINTO²

<https://orcid.org/0000-0002-0058-007171>

RESUMO

Este artigo, recorte de uma pesquisa mais ampla desenvolvida no âmbito de uma tese de doutorado, explora o uso do GeoGebra Classroom como uma ferramenta poderosa para a aprendizagem colaborativa de geometria dinâmica. A pesquisa fundamenta-se em dados coletados de estudos que analisam interações sociais síncronas em ambientes virtuais de aprendizagem, destacando como o GeoGebra pode potencializar a construção conjunta de conhecimento. Por meio da análise de atividades práticas e da interação social síncrona entre os participantes, discutimos o impacto do GeoGebra na Educação Matemática, enfocando a colaboração e a construção de argumentos matemáticos. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, que evidenciou como a aprendizagem colaborativa de matemática foi construída por meio das interações sociais síncronas proporcionadas pelo GeoGebra Classroom associado a um ambiente de videoconferência.

Palavras-chave: GeoGebra Classroom; Aprendizagem Colaborativa; Geometria Dinâmica.

GeoGebra Classroom: Contributions to Collaborative Learning of Dynamic Geometry

ABSTRACT

This article, excerpt from broader research carried out as part of a doctoral thesis, explores the use of GeoGebra Classroom as a powerful tool for collaborative learning of dynamic geometry. The research is based on data collected from studies that analyze synchronous social interactions in virtual learning environments, highlighting how GeoGebra enhances the construction of knowledge together. Through the analysis of practical activities and synchronous social interaction between participants, we discuss the impact of GeoGebra on mathematics education, focusing on collaboration and the construction of mathematical arguments. This is qualitative research, which highlights how collaborative mathematics learning was built through synchronous social interactions provided by GeoGebra Classroom associated with the web conferencing environment.

Keywords: GeoGebra Classroom; Collaborative Learning; Dynamic Geometry.

Introdução

¹ Doutora em Informática na Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Docente do Instituto de Matemática e Estatística (IME), do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PPGIE) e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática (PPGEMAT) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil. Endereço para correspondência: Av.Paulo Gama, 110, anexo II, Farroupilha, Porto Alegre, Brasil, CEP: 90040-060. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2897-8348>. E-mail: marcia.notare@ufrgs.br.

² Doutora em Informática na Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professora de Matemática na Prefeitura Municipal de Cachoeira do Sul, Cachoeira do Sul, RS, Brasil. Endereço para correspondência: Quadra 11 Casa 18 – Promorar, Bairro Marina, Cachoeira do Sul – RS, CEP: 96505-760. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0058-007171>. E-mail: rehpinto@hotmail.com.



A crescente necessidade de inovação nas práticas educativas, especialmente no ensino de matemática, tem impulsionado o uso de metodologias que integrem tecnologia e colaboração. A aprendizagem colaborativa, fundamentada nas teorias de Vygotsky e outros teóricos, destaca-se como uma possível abordagem para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, ao promover a construção conjunta do conhecimento. Nesta esfera, as interações sociais desempenham um papel central, proporcionando a troca de ideias e a resolução coletiva de problemas matemáticos, o que pode aprimorar a compreensão dos estudantes em situações complexas.

Alinhando-se aos pressupostos vygotskianos, que consideram o desenvolvimento cognitivo mediado pelas interações sociais e culturais, a colaboração e o diálogo entre os estudantes favorecem a co-construção de soluções e a negociação de significados. Conceitos centrais da teoria de Vygotsky podem orientar o desenho de tarefas coletivas que favorecem o apoio mútuo, com participantes mais experientes atuando como facilitadores, promovendo o avanço cognitivo de todos (Vygotsky, 1978). Dessa forma, a interação social mediada por tecnologias reforça estratégias pedagógicas que envolvem troca de papéis entre os participantes, valorizando o ambiente colaborativo para o desenvolvimento de habilidades matemáticas e sua aprendizagem.

Nos últimos anos, ferramentas tecnológicas têm se mostrado promissoras na mediação de ambientes de aprendizagem colaborativa. Entre elas, destacam-se o GeoGebra, conhecido por sua capacidade de interatividade e visualização dinâmica de conceitos matemáticos, e o MConf, uma plataforma de videoconferência que propicia a interação síncrona entre os participantes. O GeoGebra oferece um ambiente rico para a exploração de tópicos como geometria e álgebra, permitindo aos estudantes manipularem visualmente objetos matemáticos e observarem suas propriedades em tempo real. Por outro lado, o MConf complementa essa experiência ao permitir que estudantes e professores se conectem em tempo real, discutindo e debatendo ideias enquanto realizam atividades colaborativas.

A combinação do GeoGebra e do MConf apresenta potencial para transformar a maneira como a matemática é ensinada e aprendida, especialmente em contextos de aprendizagem à distância ou híbridos. Estudos de Stahl (2013, 2023) evidenciaram que o uso dessas ferramentas pode levar a uma maior participação dos estudantes, aumento da motivação e a construção de conhecimento por meio da colaboração.

Este artigo tem como objetivo explorar a integração do GeoGebra e do MConf na promoção da aprendizagem colaborativa em ambientes educacionais. A partir de uma análise das ferramentas que favorecem essas interações sociais síncronas e da forma como elas impactam a compreensão matemática dos participantes, buscamos contribuir com o conhecimento existente sobre o uso de tecnologias digitais que fomentem a aprendizagem de matemática.

1. O Papel do GeoGebra em Ambientes de Aprendizagem Colaborativa

A Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador (CSCL - Computer Supported Collaborative Learning) tem sido amplamente estudada nas últimas décadas, apontando para a importância de ambientes digitais que favorecem a interação social e a construção conjunta do conhecimento. A abordagem CSCL baseia-se na noção de que a aprendizagem é um processo social que ocorre por meio da interação entre indivíduos. A literatura afirma que a colaboração entre os estudantes,



mediada por tecnologias digitais, pode levar a um aprofundamento do entendimento conceitual, promovendo a aprendizagem ativa e engajada (Dillenbourg e Schneider, 1995; Stahl, 2006).

A CSCL permite que ambientes virtuais sejam utilizados para promover discussões e negociações de significados entre os participantes. O diálogo e a interação social são fundamentais para a construção de conhecimentos em grupo, resultando em uma aprendizagem colaborativa (Stahl, 2023). Como resultado, o uso de ferramentas digitais enriquece a experiência de aprendizagem e possibilita a coleta de evidências da cognição em grupo, uma vez que esses ambientes oferecem formas de registrar e analisar interações que ocorrem durante o processo de aprendizagem.

Stahl (2023) indica que a combinação de recursos como chat, videoconferência e compartilhamento de tela permite um diálogo mais espontâneo, essencial para a negociação de significados e a resolução de problemas. A plataforma Virtual Math Teams (VMT), por exemplo, serviu como um ambiente virtual que atendeu à demanda de evidências de aprendizagem colaborativa em matemática, integrando funcionalidades que facilitam a interação entre estudantes (Stahl, 2023).

O GeoGebra destaca-se como uma ferramenta central em ambientes de aprendizagem matemática, especialmente quando integrado à CSCL. Sua capacidade de combinar geometria, álgebra e cálculo de maneira interativa permite uma abordagem visual que favorece a compreensão de conceitos matemáticos (Stahl, 2006, 2013). O uso do GeoGebra em salas de aula virtuais tem mostrado potencial para aumentar a comunicação e a colaboração entre os estudantes, além de possibilitar uma exploração dinâmica de conjecturas matemáticas (Öner, 2008).

Pesquisas demonstram que ambientes CSCL associados ao GeoGebra potencializam a investigação de relações matemáticas, ao concentrar-se na análise e resolução de problemas em conjunto (Takaci, Stankov & Milanovic, 2015). A natureza dinâmica da ferramenta estimula a exploração e a descoberta, promovendo um ambiente de aprendizagem atraente e interativo.

Com o intuito de promover a aprendizagem colaborativa em ambientes virtuais, é importante escolher e planejar atividades que sejam desafiadoras e instigantes. Para isso, nesta pesquisa, escolheu-se trabalhar com mecanismos articulados que, no contexto da CSCL, referem-se às práticas e interações em que os participantes possam negociar significados, resolver problemas e construir conhecimento em conjunto. A aprendizagem em ambientes dinâmicos como o GeoGebra Classroom é enriquecida por essas interações, onde os estudantes exploram conceitos matemáticos e colaboramativamente na elaboração e refinamento de ideias.

O GeoGebra Classroom é uma plataforma que permite o trabalho colaborativo em atividades de geometria dinâmica, especialmente quando associado a uma ferramenta de videoconferência. O acesso simultâneo dos estudantes a construções dinâmicas permite a discussão em tempo real e a supervisão do professor, promovendo um ambiente de aprendizagem rico e interativo (Vizek, Samková & Star, 2023).

Com isso, destaca-se a negociação de significados que ocorre durante a interação social entre os participantes, proporcionando um espaço para a reflexão e a análise crítica das ideias apresentadas. Essa dinâmica é intensificada pelo uso do MConf, que permite uma comunicação verbal mais espontânea, contrapondo-se à comunicação textual que, embora possa exigir maior rigor, pode não captar a riqueza das interações sociais síncronas.

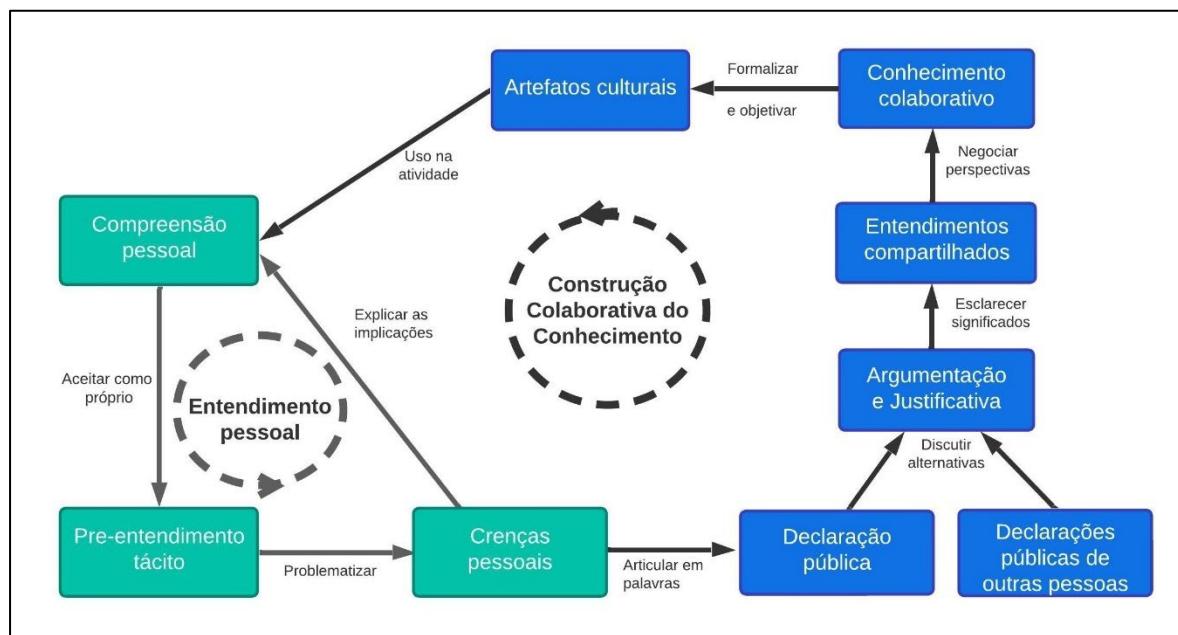
Para Stahl (2006), é fundamental analisar os ambientes de CSCL focando na colaboração que neles se desenvolve, reconhecendo seu potencial para a construção colaborativa do conhecimento. Deve-se



atentar para as diversas atividades que compõem esse processo colaborativo, onde uma observação ou questionamento de um participante pode estimular a compreensão ou instigar a dúvida de outro; uma perspectiva pode ser incorporada por outro participante; ambiguidades terminológicas são superadas por meio do esclarecimento mútuo; várias hipóteses se articulam para formar uma teoria conjunta, e uma compreensão compartilhada pode surgir ao longo das interações em contextos de aprendizagem colaborativa. Assim, a análise das interações sociais e da negociação de significados pode ser sistematizada a partir dos processos de construção colaborativa do conhecimento (Figura 1).

O autor recomenda que a análise da Figura 1 seja iniciada pelo canto inferior esquerdo, onde é apresentado o ciclo de compreensão pessoal. O restante do diagrama ilustra como nossas crenças pessoais, das quais tomamos consciência por meio de nossas ações no mundo, são articuladas em linguagem e entram em um processo de interação social com outras pessoas. Os entendimentos compartilhados, por sua vez, alimentam nossa compreensão pessoal, influenciando-a por meio de formas de pensamento, motivações e diversas outras influências. A cognição pessoal e a atividade social podem ser separadas apenas artificialmente, para serem analisadas visualmente no diagrama, que representa o indivíduo e a construção colaborativa do conhecimento como um processo dialético de aprendizagem. Dessa forma, as crenças individuais transformam-se em conhecimento por meio da interação social, comunicação, discussão, esclarecimento e negociação. Em outras palavras, “o conhecimento é um produto mediado socialmente” (Stahl, 2016, p. 197).

Figura 1: Representação dos processos de construção colaborativa do conhecimento



Quando os participantes estão resolvendo problemas conjuntamente por meio do uso de linguagem e constantemente internalizando significados culturais, pode ocorrer a compreensão resultante, que pode ser evidenciada durante a comunicação pública, embora possa posteriormente ser incorporada no processo de aprendizagem individual de cada participante.

Para isso, a integração do GeoGebra Classroom e do MConf no contexto da CSCL representa um avanço nas possibilidades de aprendizagem colaborativa no contexto da Educação Matemática. Por meio

das interações colaborativas promovidas por essas ferramentas, os estudantes têm a oportunidade de desenvolver uma compreensão profunda de conceitos matemáticos. Com a análise da construção de mecanismos articulados (objeto de estudo desta pesquisa), é possível identificar como as interações sociais impactam a aprendizagem, ressaltando a relevância das abordagens digitais na formação de ambientes educacionais contemporâneos. Em suma, a literatura aponta para um potencial transformador na prática educativa, que merece ser explorado e ampliado em novas pesquisas e aplicações.

2. Metodologia

Este estudo caracteriza-se como pesquisa qualitativa na perspectiva de Gomes e Gomes (2020, p.07), pois “envolve a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos; ou seja, dos participantes na situação de estudo.” e enquadrando-se como descritiva por objetivar compreender e descrever tais contribuições no processo de aprendizagem dos estudantes.

Os participantes da pesquisa eram estudantes do primeiro semestre do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), convidados a participar da pesquisa por meio de mensagem via MOODLE e por e-mail. O estudo teve aprovação da Comissão de Pesquisa do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação (CINTED) e do Comitê de Ética (CEP/UFRGS). Esses órgãos reconhecem a importância e relevância da pesquisa, bem como asseguram que as diretrizes éticas sejam seguidas em todas as etapas do estudo.

Os dados foram coletados por meio de observações e análises durante o desenvolvimento de atividades colaborativas síncronas entre os participantes, utilizando o GeoGebra Classroom associado à ferramenta de videoconferência MConf.

O uso do GeoGebra Classroom permitiu o registro das construções geométricas realizadas pelos estudantes, possibilitando análise das soluções propostas e dos processos colaborativos implementados. As gravações das sessões de videoconferência permitiram analisar as interações sociais realizadas durante as sessões de MConf para compreender os processos de construção de conhecimento colaborativo que emergiram das discussões entre os participantes.

Os procedimentos de implementação incluíram a seleção e preparação inicial das atividades no GeoGebra Classroom. As atividades focaram na construção de mecanismos articulados para que os estudantes trabalhassem em grupos, sendo orientados a discutir e negociar suas abordagens e soluções. Durante as sessões, a interação social foi estimulada por meio de instruções para que os estudantes dialogassem uns com os outros, explicassem suas soluções e elaborassem argumentos sobre suas abordagens. A professora moderadora acompanhou as interações e ofereceu apoio em momentos estratégicos, além de orientar a reflexão mútua sobre os processos colaborativos do grupo.

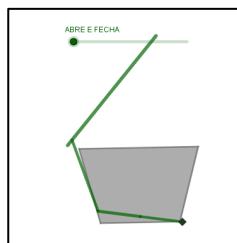
3. Planejamento das atividades no GeoGebra Classroom

As atividades foram inspiradas no Livro “Matemáquinas: O ponto de encontro da Matemática com a Tecnologia”, de Brian Bolt (1994). As atividades foram selecionadas, adaptadas e apresentadas aos participantes por meio de *applets* disponibilizados no GeoGebra Classroom para serem manipuladas de



maneira que pudessem inferir os conhecimentos matemáticos presentes nas construções, e assim reproduzi-las colaborativamente, conforme proposta da atividade. O grupo analisado neste artigo escolheu construir a Lixeira com pedal (Figura 2).

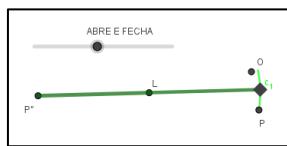
Figura 2: Applet Lixeira com pedal



Fonte: Acervo da pesquisa.

Para explicar geometricamente o movimento articulado de quadriláteros em uma lixeira com pedal - quando apertamos o pedal a tampa levanta - é importante considerar alguns conceitos de cinemática e mecânica simples. A tampa da lixeira abre após pisar no pedal devido a um mecanismo de acionamento que está conectado ao pedal (Figura 3). Quando o pedal é pressionado para baixo, uma haste move-se para cima, empurrando a tampa da lixeira para abrir.

Figura 3: Mecanismo para o acionamento do pedal

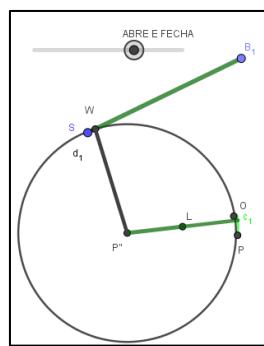


Fonte: Acervo da pesquisa.

A lei de Grashof é um importante conceito na teoria das máquinas, que descreve as condições para a existência de movimentos articulados em mecanismos de quatro barras. Segundo a lei de Grashof, um sistema de quatro barras é capaz de realizar um movimento de rotação se a soma dos tamanhos das barras maiores e menores é menor ou igual à soma dos tamanhos das outras duas barras.

No caso da lixeira com pedal, o mecanismo de abertura da tampa pode ser descrito como um sistema de quatro barras, em que as barras representam os membros articulados do mecanismo. Quando o pedal é apertado, um dos membros articulados se move, causando a abertura da tampa da lixeira (Figura 4).

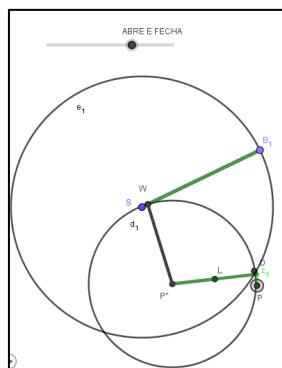
Figura 4: Haste representada pelo segmento P'W



Fonte: Acervo da pesquisa.

Para entender o movimento articulado da lixeira com pedal, é preciso analisar a relação entre a posição do pedal pressionado e a abertura da tampa da lixeira (Figura 5). O pedal atua como uma alavanca, convertendo o movimento linear da pressão do nosso pé em um movimento rotacional da tampa da lixeira. Isso permite que a tampa se move para cima de forma suave e controlada.

Figura 5: Tampa representada pelo segmento SB₁



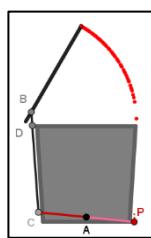
Fonte: Acervo da pesquisa.

Ao apertar o pedal, a tampa da lixeira gira em torno do ponto S, levantando-se automaticamente. Esse movimento articulado é uma forma eficiente e prática de abrir e fechar a lixeira sem a necessidade de tocá-la com as mãos.

Em resumo, o movimento articulado de quadriláteros em uma lixeira com pedal quando apertamos o pedal é resultado de uma transformação de movimento que respeita os princípios da lei de Grashof e utiliza conceitos de cinemática e mecânica simples para garantir a abertura automática da tampa da lixeira.

Bolt (1994) observou que o quadrilátero articulado está presente em diversos objetos do cotidiano, como as lixeiras com pedal. Nas lixeiras com pedal, o corpo da lixeira funciona de modo a manter constante a distância que separa os pontos A e B (Figura 6). A barra com o pedal possui um eixo de sustentação em A, e constitui o elemento impulsor. A tampa da lixeira apenas segue a trajetória definida, abrindo-se. De forma análoga, quando se solta o pedal a tampa cai, fazendo o movimento contrário. Ou seja, quando pressionamos o pedal da lixeira (ponto P), estamos aplicando uma força que provoca um movimento de rotação na tampa. A tampa da lixeira é fixada a um eixo (segmento CB) que permite o movimento de rotação (Ponto B).

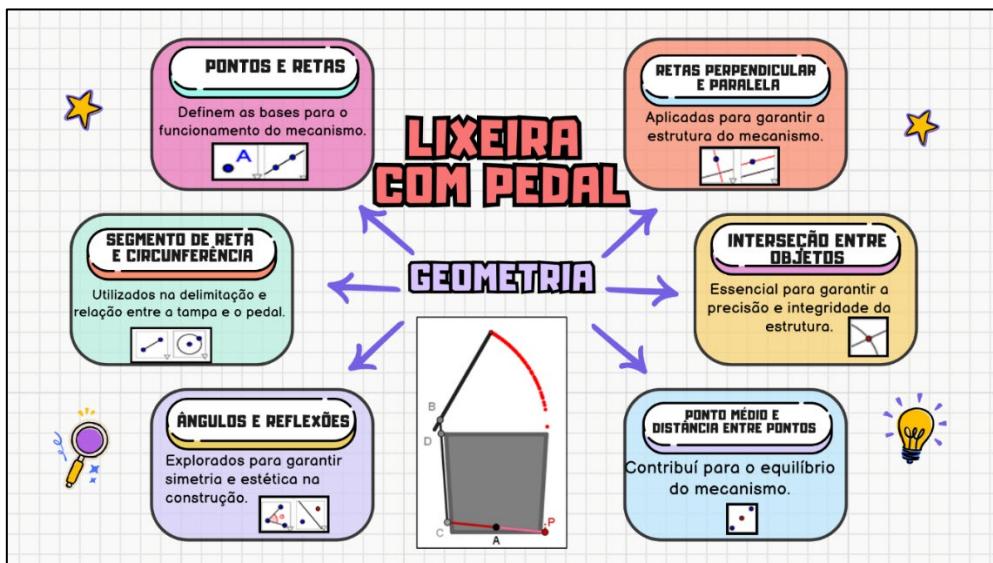
Figura 6: Lixeira com pedal



Fonte: Acervo da pesquisa.

Conhecimentos sobre construções de quadriláteros, retas paralelas e perpendiculares, segmento de reta, semirreta, ponto médio, ângulos e circunferência podem emergir durante as discussões para resolução da atividade proposta (Figura 7).

Figura 7: A Geometria da Lixeira com Pedal



Fonte: Acervo da pesquisa.

Apresentamos no próximo capítulo a análise das interações sociais colaborativas de um dos grupos participantes da pesquisa.

4. Análise das Interações Sociais Colaborativas

Ao longo desta seção destacamos trechos ilustrativos das construções no GeoGebra e das interações sociais verbais entre os participantes Part1, Part2 e Part3, que evidenciam negociação de significados, uso de recursos do GeoGebra e declarações públicas de suas ações. Enfatizamos os pontos mais relevantes junto com a identificação das falas de acordo com cada participante e suas ações correspondentes no GeoGebra. As transcrições verbais permitiram conectar a fala às representações geométricas correspondentes.

Após as orientações iniciais com o grupo, acesso e primeiras explorações, os participantes partem para a construção da Lixeira com pedal no GeoGebra. Part2 apresenta sua compreensão pessoal dizendo: “*Eu já tenho uma ideia de como funciona.*”, expressando um entendimento pessoal prévio sobre o funcionamento da lixeira, o que guia sua contribuição na atividade.

Ele (Part2) inicia a explicação de seu pré-entendimento: “*Tipo, tem a tampa que é verde. E daí tem uma parte, tem aquela parte preta ali que sobe e desce, que força a tampa verde a abrir, eu acho que a ponta dessa reta aqui preta determina a reta da tampa. Tipo, a parte de trás da tampa é um ponto fixo... Então precisa de um segundo ponto. E esse segundo ponto vai ser aquela reta que está atrás da lixeira.*

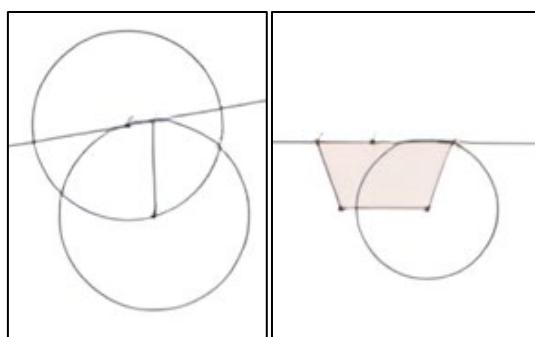
O comentário é aceito por Part3 “*Ok, faz sentido.*”, permitindo que Part2 continue suas argumentações: “*Aí pro tamanho da tampa, é só fazer um círculo.*”. Neste momento, Part3 responde: “*Tá já vou experimentando aqui.*” com o intuito de validar as argumentações do colega, demonstrando atenção às declarações de terceiros.

Neste trecho, acima descrito, é evidente a construção de significados compartilhados. Observa-se que os participantes discutem ativamente para replicar o mecanismo da lixeira no GeoGebra, cada um contribuindo com suas ideias e validando o raciocínio um do outro.

Em relação ao conhecimento matemático, a discussão sobre como a tampa da lixeira é determinada por um segmento de reta e um ponto fixo exemplifica a aplicação de conceitos geométricos básicos.

A professora moderadora questiona: “*Como vocês estão fazendo?*”, ao observar as construções atualizadas no GeoGebra Classroom, conforme Figura 8, que mostra as construções iniciais de Part2 e Part3. Part2 declara: “*Eu estou começando fazendo a tampa e produzindo a articulação dela.*”. Part3 diz: “*Eu, pelo cesto.*”. Part1, neste momento, ainda não iniciou sua construção, mas percebe-se que está explorando o modelo, quando diz: “*Eu também, no caso, eu estou pensando a relação que ele tem com a tampa.*”, configurando uma observação pessoal sobre o mecanismo da lixeira, que é compartilhado com o grupo.

Figura 8: Início da construção da Lixeira com pedal

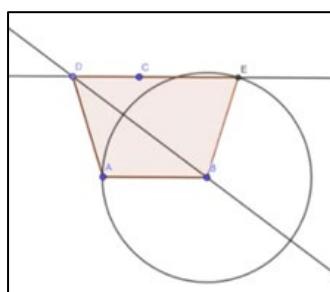


Fonte: Captura de tela do GeoGebra Classroom.

Ao ouvir o comentário de Part1, Part3 questiona: “*O que é que está pensando em fazer, Part1?*”. Em resposta, Part1 diz: “*Eu estou observando aqui as propriedades dessa tampa e também da reta que está fixada na tampa. A reta mexe aquele ponto que tu falou da tampa que não se mexe, ta ligado? Eu estou pensando nisso.*”. E continua direcionando uma pergunta à professora moderadora: “*Só uma pergunta sora, a lixeira em si, ela tem que ser nesse formato certinho, tipo, o que mais importa é o mecanismo da tampa?*”. A professora moderadora confirma a hipótese de Part1.

Neste momento, Part2 repensa sua construção explicando seu raciocínio, justificando a dependência das partes mecânicas da lixeira: “*E pior que eu acho que eu fiz errado, eu acho que eu devia ter começado pelo pedal aqui. Porque a tampa é dependente da articulação que é dependente do pedal, então...*”, revelando identificar a relação de dependência entre os objetos geométricos que compõem a construção.

Part1 continua a conjecturar: “*Então, cara, eu estava pensando em iniciar pela ponta, que não se mexe, tá ligado? Descobrir aquele ponto fixo. Entendeu o que eu estou querendo dizer?*”. Part2 responde: “*Isso tem que ser colocado no começo, mas o restante vai ser tudo dependente da posição do pedal.*”, quando percebe algo que Part3 havia feito (Figura 9): “*Oxe, o que o Part3 fez aí?*”.

Figura 9: Construção realizada por Part3

Fonte: Captura de tela do GeoGebra Classroom.

Part1 comemora: “*Temos a caixinha.*”. Part3 argumenta: “*A caixinha, por enquanto. Mas eu concordo com vocês, acho que seria uma boa começar por aquele ponto fixo.*”. Observa-se uma tentativa de alinhar suas interpretações individuais para chegar a um consenso com o grupo. Ele faz isso questionando suas primeiras impressões e tentando integrar em sua interpretação as declarações dos outros participantes. Este trecho reflete a colaboração do grupo ao concordar sobre um ponto de partida comum para a construção da lixeira.

Part1 diz: “*Temos o formato da lixeira, OK? Pelo menos já ficou melhor de visualizar, agora estou pensando melhor no sistema da tampa.*”. Part2 acrescenta: “*A parte de baixo ali na parte de trás da lixeira, ela não se comporta assim, de cima para baixo, parece que é meio circular. Está vendo? Olha lá esse segmento que tem atrás da lixeira. O ponto mais embaixo daquele segmento, se você for abrir. Ele não se comporta assim em direção de cima para baixo, ele é meio circular. Parece que o movimento é meio circular.*”. A noção de circunferência é mobilizada em vários momentos, evidenciando a mobilização de conhecimentos prévios e tentativa de aplicação na situação problema vivenciada.

Part3 observa: “*Me parece que eles estão tudo em função do movimento da tampa, muito doido pensar assim?*”. Part2 discorda: “*Não, acho que é o contrário, eu acho que ele sobe em função do movimento do pedal. A tampa está em função dos dois pontos ali, que são o ponto da parte de trás da lixeira e um ponto fixo.*”.

Enquanto Part3 continua com sua reflexão: “*É que, eu acho que ela está num giro em cima de uma circunferência e a parte do lado da lixeira, ela só continua com a mesma angulação com a tampa. Daí vai descendo. Eu acho que é isso.*”. Part2, mantém seu ponto de vista, explicando: “*Não, a parte de trás da lixeira muda a angulação da tampa e a tampa continua numa circunferência. Eu acho que é isso.*”.

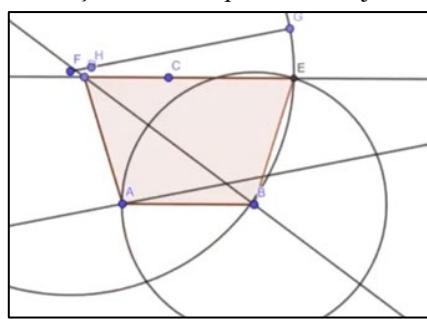
Enfim Part3 concorda parcialmente com os argumentos de Part2: “*Ok, concordo. Muda a angulação, mas ela continua. Ela só acompanha, então, a reta até uma angulação independente, só que ela não acompanha o descimento da reta. Não sei, me parece que a angulação, ela muda um pouquinho, a angulação.*”. Este trecho mostra um ajuste mútuo de interpretações sobre o funcionamento do mecanismo da lixeira. Sendo evidência de negociação de significados, pois observa-se a discussão ativa com o objetivo comum de replicar o mecanismo da lixeira no GeoGebra, cada um contribuindo com suas ideias e correções.

A professora moderadora questiona se alguém quer compartilhar sua tela para falar sobre o que está fazendo. Part3 aceita o desafio, enquanto está preparando a transmissão de tela, Part2 diz: “*Eu consigo trabalhar. Estou me divertindo por poder brincar tanto.*”. Part1 concorda: “*Eu estou achando muito*

divertido. Mas brincar, eu estou conseguindo pouco. Eu estou tendo poucas ideias.”. E Part1 acrescenta: “*Eu também.*”.

Part3 inicia seu compartilhamento (Figura 10) e Part1 comenta: “*O Part3 eu pensei algo parecido, está ligado? Só que eu não sei se está certo.*”. O participante reconhece que suas ideias são semelhantes às ideias de outro, demonstrando atenção às declarações de terceiros.

Figura 10: Construção realizada por Part3, objetos auxiliares

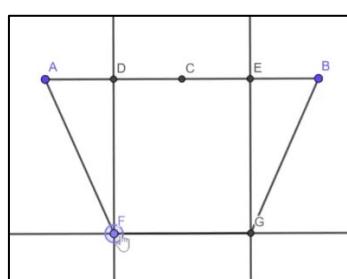


Fonte: Captura de tela do GeoGebra Classroom.

Part2 descreve sua construção: “*Eu fiz essa caixa, que é um paralelogramo. Que é um trapézio. E daí lá em cima, agora eu estou fazendo o que é pra ser a tampa, que é para ela fechar em função dessa circunferência. E depois eu vou delimitar o ângulo de abrir e fechar. Só que agora eu estou querendo achar o ponto lá embaixo do negócio que fica subindo e descendo. A minha ideia é que ele está em cima de uma reta paralela a tampa e eu estou testando isso, né?*”. Part1 concorda: “*Tá, faz sentido.*”. Este trecho revela evidências de co-criação de soluções na perspectiva de Stahl (2006), o diálogo associado à construção realizada no GeoGebra emerge da colaboração entre os participantes, que chegaram até esta parte da atividade conjuntamente, mesmo com cada participante realizando a construção separadamente.

Part1 relata sua construção (Figura 11): “*O que eu fiz até aqui? Eu peguei isso que tu falou da reta paralela e assim, tipo, funcionou, só que faltou o pedal ainda. Só que assim, não funciona da mesma forma que está ali no exemplo, tá ligado? Não sei se tem a mesma propriedade da reta cinza que segura a tampa. Você vê que lá na tampa ela gira um pouco quando tu sobe ou desce a tampa. Essa propriedade que eu tô tentando replicar aqui.*”.

Figura 11: Construção do Part1



Fonte: Captura de tela do GeoGebra Classroom.

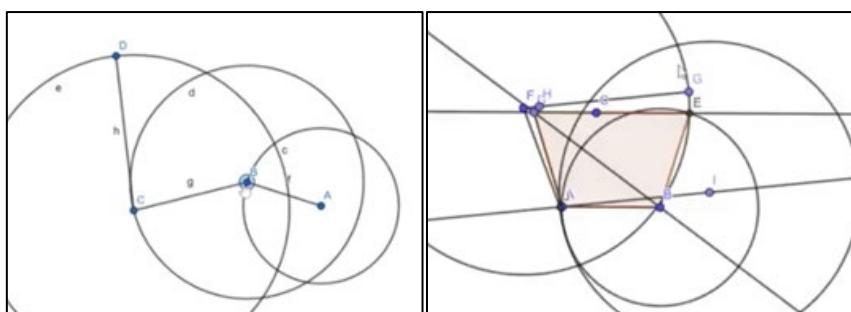
Neste momento, Part3 discorda: “*É que meu olho ainda não está convencido de que ela gira.*”. E conjectura: “*Esse trapézio pode ter sido setado como uma construção de ângulos de 60, 60, 120, 120 e daí a abertura está quando ela está fechada a angulação é de 60 e quando ela está aberta a angulação é de 120.*”. Os participantes mobilizam seus conhecimentos sobre ângulos para modelar a articulação da tampa e a posição do pedal.

Então Part2 questiona: “*Como?*” e Part3 reafirma: “*Esse trapézio pode ter sido setado nos ângulos 60, 60, 120, 120, aí, quando a lixeira está aberta, a angulação é de 120. E a reta cinza meio que é quase idêntica à reta da lixeira. E daí quando está fechada a angulação é de 60.*”. Novamente Part2 questiona: “*Quando ela está fechada, a angulação não seria zero?*”.

Eles pensam e testam o modelo e suas construções por algum tempo e Part3 diz: “*Eu acho que talvez seja uma reta paralela, só tem que ajeitar o ponto de paralelismo.*”. Part2 concorda e acrescenta: “*Eu estou achando que tem alguma coisa envolvendo a reta paralela. Porque quando o pedal baixa, a tampa sobe. Quando o pedal sobe, a tampa baixa.*”. E questiona: “*Como isso poderia ser feito?*”. Part3 sugere: “*Será que não seria congruência de triângulo?*”. Part2 questiona: “*Como?*”. E Part3 explica: “*será que não é congruência de triângulo? Por causa que a tampa está, espera um pouquinho [explora o modelo] A tampa tá subindo e ele tá subindo junto. E eu acho que não é a mesma coisa [angulação]. Eu não sei eu não enxergo o meu olho não consegue identificar se na mesma angulação*”.

Este trecho mostra a discussão entre os participantes sobre congruência de triângulos ao tentar modelar o movimento da tampa e do pedal, sugerindo que triângulos congruentes podem explicar o funcionamento do mecanismo (Figura 12, esquerda). O uso de trapézios e paralelogramos é considerado pelos participantes na modelagem geométrica do cesto da lixeira (Figura 12, direita).

Figura 12: Relação entre a tampa e o pedal



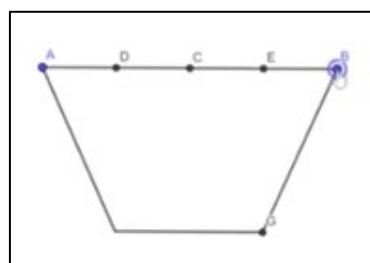
Fonte: Captura de tela do GeoGebra Classroom.

Os modelos mentais pré-existentes na estrutura cognitiva dos participantes podem interferir nas percepções geométricas presentes no modelo virtual. Part2 comenta: “*Gente, eu juro que eu estou há dois palitos [gíria] de buscar lixeira da minha casa e abrir ela para ver como funciona.*”. Part1 pondera: “*É tipo assim, se tu for pegar na vida real é bem simples. Agora o problema é replicar isso no GeoGebra, né.*”. A professora moderadora orienta: “*Vai lá no modelo e testa o controle deslizante.*”. E Part1 percebe: “*É verdade, a gente tem que fazer o controle deslizante, né? Nossa, ainda tem isso!*”. Já Part3 diz: “*Eu to quase pegando uma régua para eu poder medir esse negócio. Para ver se eles descem reto.*”.

Os participantes estão explorando, testando, comentando, dialogando em um processo ativo de construção do conhecimento colaborativo. Cada um a seu tempo, a seu modo, mas presentes mentalmente, em conjunto oferecendo suas contribuições e adotando as contribuições dos seus pares. No diálogo, observa-se que os participantes exploraram diferentes formas de construir a lixeira, questionando e ajustando seus modelos. A exploração de diferentes pontos de vista ocorre quando os participantes levantam várias hipóteses para serem testadas e discutidas para ajustar a solução.

Part1 pede para compartilhar sua construção: “*Posso transmitir aqui, para vocês verem a arte que eu apronhei, só para mostrar assim até onde eu consegui fazer.*” (Figura 13).

Figura 13: Cesto da lixeira construída por Part1



Fonte: Captura de tela do GeoGebra Classroom.

Part1 compartilha com o grupo suas ideias: “OK, espera que eu também estou pensando naquela parte que faz a tampa subir e descer, né? Eu estou pensando, como que a gente vai fazer essa parte.”. E brinca: “Por que a gente foi começar com esse mesmo?”. Part3 acrescenta: “Faz parte.”. E Part1 conclui: “Ah, mas aí a gente começa pelo mais difícil né, daí já fica pronto.”.

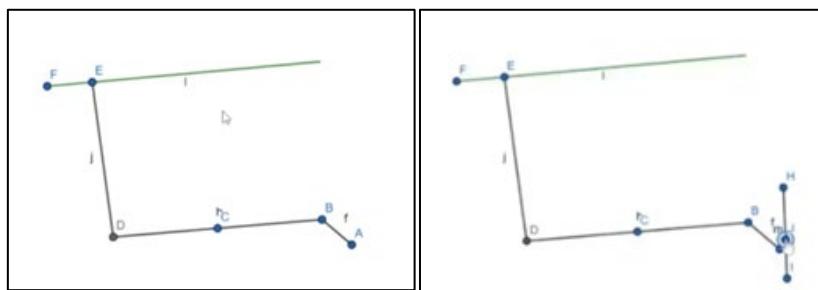
Voltando à construção, Part1 comenta: “Part3, sabe qual o único problema do meu é que o pedal ele vai um pouquinho para cima, sabe? Não era pra ele ir tanto para cima assim.” A professora moderadora questiona: “Mas o que a gente pode fazer para ele não ir tanto para cima?” e Part2 responde: “Limitar ele.”.

Mais um tempo de conversas e hipóteses que foram sendo refutadas e Part2 comenta: “Ah, eu fui olhar a lixeira de casa e o resultado foi bem inconclusivo. Eu não entendi como funcionava. É que eu sempre pensei que o pedal era uma coisa só. Daí, tipo, ele meio dava uma inclinadinha para passar por baixo e daí conectava na coisa [haste] de trás da lixeira.”. Novamente a professora moderadora orienta que eles explorem e observem o modelo, movimentando o controle deslizante e observando a relação entre o pedal e a tampa da lixeira.

Part2 diz: “Tá, só que eu estou confuso como fazer? Como fazer para quando o pedal baixar, tem que levantar a parte de trás. Eu estou travado nisso, não sei como fazer essa inversão.”. Ele pensa, explora e continua: “Deve ter alguma estrutura por dentro que está fazendo. Está invertendo o movimento do pedal para levantar aqui.”. Pensa mais um pouco, até que diz: “Eu não sei o que seria isso. Ah, talvez seja o diâmetro de uma circunferência, né? Quando um abaixa o outro levanta.”. Part1 concorda: “Pode ser, é uma ideia.”.

Part2 diz: “Não, o diâmetro de uma circunferência talvez tenha uma haste dentro da lixeira que seja correspondente ao diâmetro de uma circunferência que está encostando... Que está a ponta do pedal aqui, e quando o pedal abaixa, esse ponto da circunferência corresponderia a um ponto mais abaixo, dai do outro lado, a circunferência seria um ponto mais acima. E aí esse ponto aqui do outro lado da circunferência pode equivaler a haste de traz da lixeira. Deu para entender?”. O participante Part2 declara suas hipóteses sobre a relação entre o pedal e a tampa da lixeira e solicita a opinião dos demais (Figura 14).

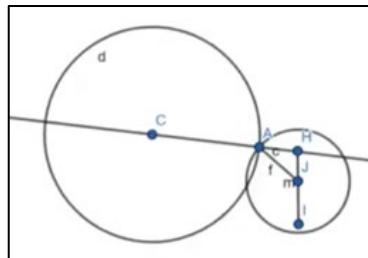
Figura 14: Construção do mecanismo da lixeira realizada por Part2



Fonte: Captura de tela do GeoGebra Classroom.

Alguns minutos de trabalho e Part2 diz: “*E acho que eu consegui, acho que eu consegui, gente.*”. Part1 diz: “*Mostra, mostra, mostra, mostra!*”. E Part3: “*Será?*” e Part2 compartilha a Figura 15. Part2 ao movimentar o segmento AJ, explica a construção: “*Se eu abaixar um pouquinho o A, esse J aí é porque eu tenho que botar um limite para o A. Eu vou ter que fazer um negócio inteiro, inteiro substituindo o A pelo J. Tem um raio 1 do circulozinho que eu criei. Mas agora vou fazer um círculo com A, certo, vamos poder botar esse ponto aqui. Esconder esses círculos aqui.*”. Part1 parece ter compreendido: “*Olha, até que funciona um pouco. Eu tenho que mudar um pouco a minha ideia desse pedal. É que o meu pedal não está mexendo muito, tipo, ele mexe, mas não muito.*”. Part1, com base na visualização da construção de Part2, explora sua própria construção e tem ideias para aprimorá-la.

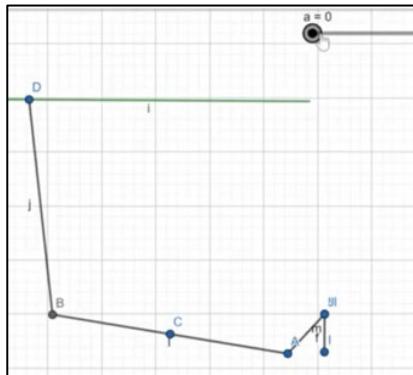
Figura 15: Ideia da construção do pedal realizada por Part2



Fonte: Captura de tela do GeoGebra Classroom.

Part2 anuncia: “*Rapazes. Terminei... tem até o controle deslizante funcionando, já deslizando.*”. Todos se voltam para a sua tela (Figura 16). O participante compartilha um avanço na sua compreensão, convidando os colegas a validarem ou discutirem o que foi descoberto.

Figura 16: Mecanismo articulado construído por Part2

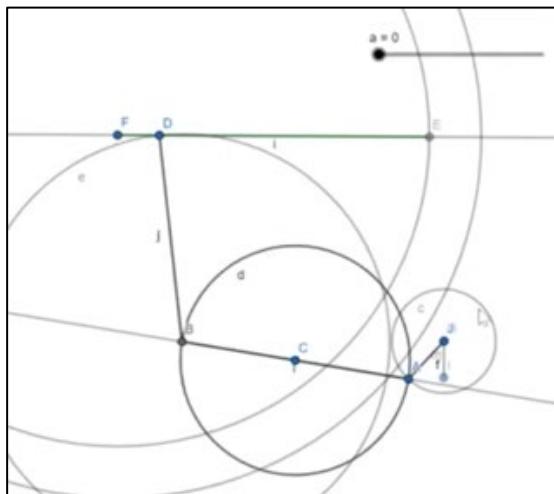


Fonte: Captura de tela do GeoGebra Classroom.

Part2 explica sua construção: “É o seguinte, o C é o centro de uma circunferência, aí o J e o A são só pontos de uma circunferência JA é fixo, daí o A determina um ponto aqui na circunferência de C, daí o outro ponto forma o diâmetro BA, tá aqui no B e aí esse B é o ponto de baixo daquela haste de trás da lixeira. E o D é o ponto mais alto, aí o D e o F, que é um ponto fixo da tampa da lixeira, formam a tampa. Deu pra entender? Só esqueci de esconder o ponto H.”.

Part1 diz: “Em partes, não estou conseguindo ver direito.” E Part2 questiona: “Não está conseguindo ver na tua mente ou no computador?”. Part1 responde: “Não, não estou conseguindo ver o exemplo direito.”. Part2 esconde as malhas e exibe as construções auxiliares (Figura 17).

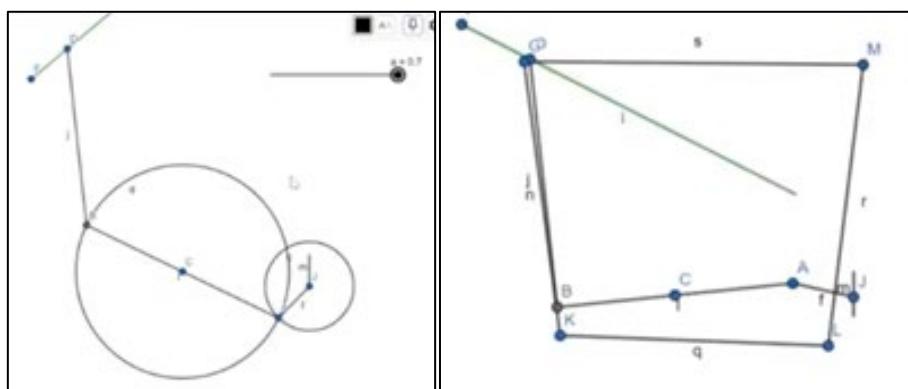
Figura 17: Mecanismo articulado em construção pelo Part2



Fonte: Captura de tela do GeoGebra Classroom.

Part2 explica a construção da Figura 17: “É que basicamente o que a gente tem é isto aqui. Isso aqui é só para limitar o quanto pedal pode ir.”, [movimenta o controle deslizante] e segue a explicação: “Aí o J e o A formam aqui uma circunferência fixa. Basicamente, eu botei círculo, centro e raio aqui no J com raio 1, e aí isso formou uma circunferência que eu não vou mexer, aí o C é o centro de uma circunferência aqui que tem que o raio AC. Então o ponto A ele vai ser sempre um ponto aqui na circunferência. Aí a reta CA que a gente encontra um ponto B aqui que é de BA é o diâmetro da circunferência”. A geometria presente neste trecho envolve a utilização de circunferências, pontos e retas auxiliares, resultando em uma articulação entre o pedal definido pelo segmento AJ e o eixo inferior do sistema da lixeira (segmento AB). Quando o ponto J é pressionado, o ponto A desce contornando a circunferência ao mesmo tempo que o ponto B sobe sobre a circunferência.

Part2 esconde as retas auxiliares (Figura 18) e complementa: “Vai acontecer quando o J abaixa, o A também abaixa por ele abaixar, a circunferência vai descer um pouco aqui nesse raio. Aí o ângulo do raio em questão é BC e daí o outro ponto aqui, vai subir por causa disso. E aí esse ponto B, ele é o ponto abaixo aqui da haste então, quando ele subir, esse segmento verde aqui é a tampa, aí essa tampa é determinada pelo topo da haste. Que vai estar subindo, desendo de acordo com o pedal e um ponto F que é um ponto fixo, não tem nenhum segredo. Prontinho. Deu pra entender?”. Part3 responde: “Ok. Muito bom.”. Part1 diz: “Gostei bastante.”.

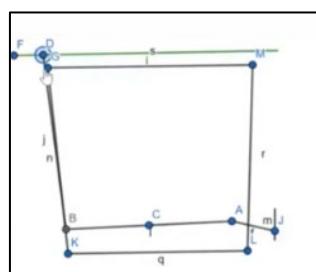
Figura 18: Passos da construção da lixeira com pedal

Fonte: Captura de tela do GeoGebra Classroom.

A descrição realizada por Part2 associada à representação geométrica correspondente configura etapas de materialização de um artefato cultural construído socialmente e colaborativamente. Observa-se que o segmento j constitui o raio de uma circunferência para manter seu tamanho quando receber o movimento, quando o ponto B sobre o segmento j também sobe, porém os participantes ainda precisam descobrir a relação da tampa associada ao sistema construído até o momento.

A professora moderadora questiona como os demais participantes estão fazendo. Part3 responde: “*Eu ainda não fiz. Agora olhando o do Part3 dá pra ver que dá pra fazer com qualquer ângulo, não precisava ser só com 60, 60, 120, 120.*”. Part2 explica: “*É que o sistema é independente da lixeira.*”.

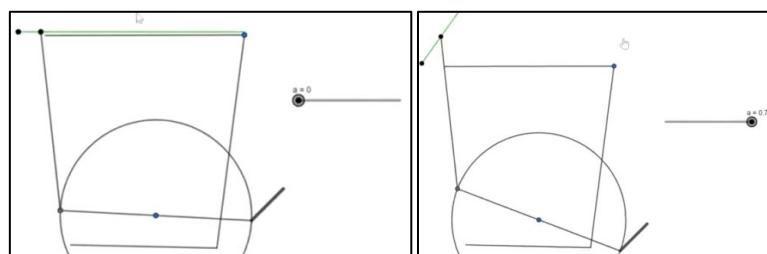
Part2 vai fazendo os ajustes finais e os demais vão acompanhando e comentando (Figura 19).

Figura 19: Representação da lixeira com pedal, por Part2

Fonte: Captura de tela do GeoGebra Classroom.

Part2 conclui a apresentação de sua construção, conforme apresentado na Figura 20: “*Então, pronto, aqui nós temos nossa lixeira. E aqui o controle deslizante, aqui é o pedal. E aí quando a gente abaixa o pedal ele levanta a haste aqui atras e isso faz com que a tampa levante. Aí esse outro lado vai ser a ponta da minha haste. Na prática, se for ver como se isso aqui fosse uma outra haste aqui, dai funcionaria tipo uma gangorra. Então isso aqui seria a haste, quando eu aplico pressão aqui nesse pedal para ele vir pra baixo, o outro lado vai para cima. E aí, a ponta dessa haste que vai empurrar a haste de trás. E aí, quando a haste de trás for empurrada, ela vai levantar a tampa para cima. Estão entendendo?*

Figura 20: Funcionamento da lixeira – mecanismo articulado



Fonte: Captura de tela do GeoGebra Classroom.

Part1 diz: “Estou tentando montar aqui para ver se eu entendi.”. Part3 pergunta: “Como é que tu faz os segmentos de tamanhos fixos?” e Part2 responde: “Para isso você tem que pegar um ponto e dai fazer um círculo de centro e raio. Aí eu coloco o raio que eu quero aqui, tipo 3 aí eu boto um ponto aqui dentro da circunferência. Eu até ia evitar usar essa ferramenta centro e raio, porque nas aulas de geometria, essa ferramenta é proibida, mas eu não conheço outra forma de fazer isso aqui funcionar. Deixar fixo.”. Part2 acrescenta: “E até faz sentido, né? O jeito de você construir ele assim de tamanho fixo. Você usaria hastes de madeira que não vão alterar o tamanho. O negócio não é líquido.”.

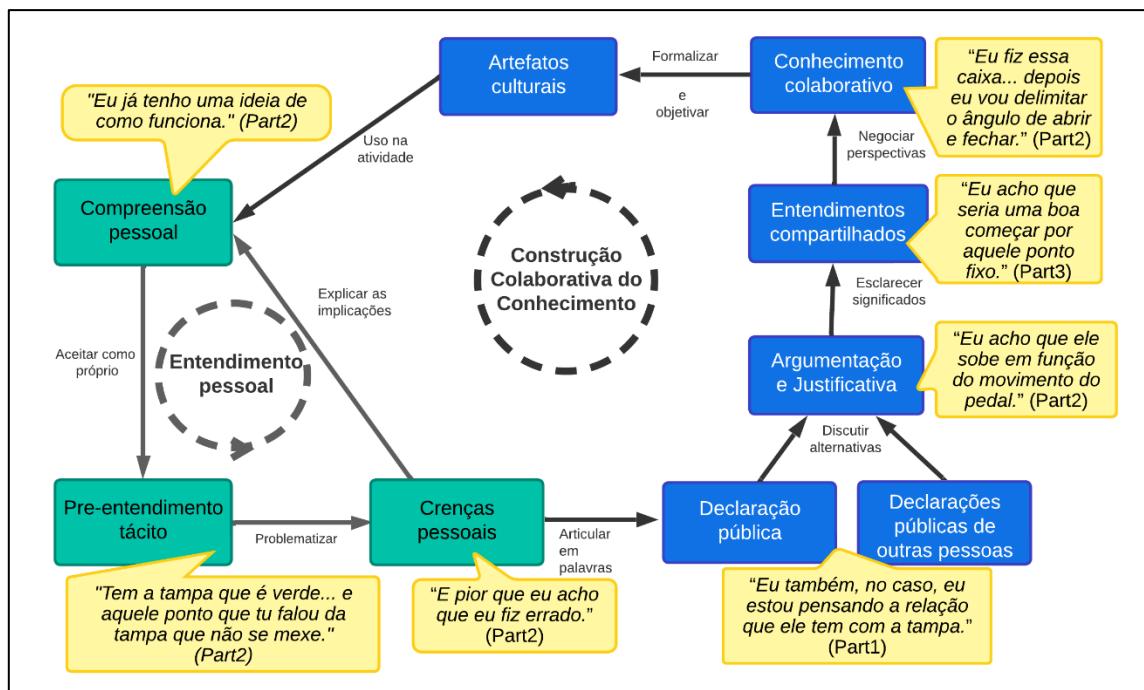
Nesse momento ao verificar as salas no GeoGebra Classroom, as atividades de Part1 e Part3 ainda estavam em construção, pois se dedicaram a acompanhar e colaborar com a construção do Part2. Part1 diz: “Eu estou tentando. Só não sei se eu vou conseguir fazer... Mas eu consegui entender pelo menos.”. E Part3 diz: “Eu gostei dessa experiência, por mim, a gente pode fazer até mesmo mais atividades como esta [Referindo-se as demais atividades que foram disponibilizadas para escolha].” Assim os participantes concluíram a construção colaborativa da lixeira com pedal.

4. Discussão

Os resultados desta pesquisa evidenciam que o uso do GeoGebra Classroom, aliado à plataforma de videoconferência MConf, pode potencializar a compreensão dos conceitos geométricos por parte dos estudantes, promovendo um ambiente de aprendizagem ativo e colaborativo. Essa constatação reforça as propostas de Bolt (1990), ao afirmar que as "matemáquinas" constituem espaços interativos que permitem a exploração, a experimentação e o diálogo, promovendo uma investigação matemática dialógica e social.

4.1. Processos de construção do conhecimento colaborativo

Os trechos destacados referem-se aos dados obtidos durante a construção da lixeira articulada e ilustram o desenvolvimento dialético do conhecimento do grupo, com momentos de foco individual e de colaboração, o que fortaleceu a aprendizagem em grupo e evidenciou os processos de construção do conhecimento colaborativo (Figura 21).

Figura 21: Processos de construção do conhecimento colaborativo

Fonte: Adaptado de Stahl (2006)

Ancorados nos conceitos de construção do conhecimento colaborativo propostos por Stahl (2006), destacamos trechos correspondentes aos processos de construção do conhecimento colaborativo que emergiram durante este encontro. O participante Part2 demonstra compreensão pessoal ao dizer: “Eu já tenho uma ideia de como funciona”, refletindo sua visão inicial do mecanismo da lixeira. Essa compreensão guia sua contribuição para a atividade. A descrição de Part2 sobre como a tampa se movimenta, revelada no trecho: “Tem a tampa que é verde... e aquele ponto que tu falou da tampa que não se mexe”, demonstra o uso de um entendimento implícito sobre propriedades do funcionamento do mecanismo. Quando Part2 afirma: “E pior que eu acho que eu fiz errado”, evidencia-se uma crença pessoal sobre a lógica da construção, que ele próprio revisa à luz das interações sociais do grupo. Part1 analisa o modelo e verbaliza: “Eu também estou pensando a relação que ele tem com a tampa”, trazendo sua observação ao conhecimento coletivo do grupo.

As discussões sobre como o movimento do pedal influencia a tampa, como: “Eu acho que ele sobe em função do movimento do pedal”, declarada por Part2, indica argumentação e justificativa baseada no sistema geométrico. Ao concordarem sobre o ponto de partida, como na declaração de Part3: “Eu acho que seria uma boa começar por aquele ponto fixo”, os participantes demonstram alinhamento de suas interpretações individuais em um entendimento comum. A construção conjunta da lixeira, incluindo testes, ajustes e explorações (exemplo: “Eu fiz essa caixa... depois eu vou delimitar o ângulo de abrir e fechar”), mostra como o grupo constrói conhecimento por meio de interação social.

O uso do GeoGebra para modelar o mecanismo da lixeira exemplifica um artefato cultural que potencializa a interação social e construção de conhecimento. Esses exemplos ilustram como diferentes categorias de conhecimento colaborativo permeiam as interações sociais descritas, alinhando-se com a abordagem de Stahl (2006) e adaptada para esta pesquisa.

4.2. Categorização dos conhecimentos matemáticos

Ao resolverem colaborativamente os problemas propostos, os participantes envolveram-se em discussões matemáticas, relacionando conhecimentos matemáticos pessoais já construídos ao longo de sua trajetória acadêmica e colaborando para a obtenção de uma solução conjunta. Essas categorias representam diferentes níveis e aspectos do conhecimento matemático, desde conceitos básicos até habilidades de manipulação e exploração, que foram identificados na análise dos dados, integrando teoria e prática em contextos colaborativos. Dessa atividade, emergiram conhecimentos matemáticos que estão categorizados no Quadro 1 a seguir.

Categoria	Descrição
Geometria	Envolve conhecimentos sobre figuras, transformações e propriedades geométricas, como formas (trapézio, retas, círculos), conceitos de simetria, ângulos, paralelismo e perpendicularidade. Essa categoria reflete a compreensão de conceitos espaciais e de transformação de figuras.
Aritmética e Álgebra	Abrange o uso de variáveis, controle deslizante para identificar variáveis, e a interseção com geometria na resolução de problemas. Essa categoria evidencia a manipulação de expressões e relações numéricas, além do entendimento de variáveis como elementos de controle e representação.
Transformações Geométricas	Os participantes experimentam com movimentos de rotações, reflexões e translações, e na compreensão de como essas transformações afetam os objetos geométricos, utilizando o controle deslizante. A discussão sobre como a tampa se movimenta em relação ao pedal, reflete o entendimento de transformações geométricas e a relação entre diferentes partes do modelo.
Coordenação Geométrica	A coordenação geométrica é evidenciada na forma como os participantes manipulam os controles deslizantes e ajustam suas construções. A habilidade de visualizar e controlar a posição e a orientação das figuras no espaço é fundamental para a realização das atividades propostas.
Resolução de Problemas	Envolve a identificação de desafios práticos na construção e manipulação de figuras, buscando soluções por meio de estratégias matemáticas. Destaca o aspecto de aplicação e raciocínio na resolução de questões concretas.
Geometria dinâmica	Utilizaram o GeoGebra para criar, explorar e modificar construções geométricas de forma interativa. Essa categoria evidencia a exploração ativa de conceitos geométricos por meio de recursos tecnológicos, promovendo uma compreensão mais dinâmica.

Quadro 1. Categorias de conhecimentos matemáticos

Fonte: Acervo da pesquisa.

Essas categorias de conhecimentos matemáticos mobilizados durante a construção colaborativa mostram como os participantes aplicaram conceitos teóricos e os integraram em um contexto prático e colaborativo. Na próxima subseção será realizada a categorização dos conhecimentos colaborativos que emergiram deste estudo.

4.3. Categorização dos conhecimentos colaborativos

A construção de conhecimento colaborativo emerge durante a realização de atividades com potencial de promover a colaboração ativa, a negociação de ideias e a interação social. Evidências desses processos podem ser observadas e categorizadas conforme o Quadro 2, a seguir:



Categoría	Descrição
Coordenação e Compartilhamento de Ideias	A utilização do GeoGebra para explorar modelos e observar comportamentos é uma forma de construção de conhecimento colaborativo. Os participantes experimentam diferentes configurações e discutem os resultados.
Negociação e Acordo	Os participantes discutem e ajustam suas compreensões sobre os conceitos matemáticos e geométricos envolvidos nas construções. Essa negociação é evidenciada quando um participante expressa sua ideia e os outros respondem, contribuindo para um entendimento coletivo.
Reflexão pessoal e coletiva	Os participantes alternam entre momentos de reflexão individual e discussões em grupo, expressar por meio da verbalização de pensamentos permitindo que os outros compreendam seu raciocínio e contribuam com feedback.
Argumentação e justificativa	Os participantes utilizam argumentos para justificar suas ideias e decisões durante o processo de construção. Quando Part2 afirma: “ <i>Eu acho que ele sobe em função do movimento do pedal</i> ”, ele está expressando uma ideia e justificando-a com base em sua compreensão do mecanismo articulado.
Acompanhamento das Atualizações	Ao concordarem sobre pontos de partida e abordagens, como quando Part3 diz: “ <i>Eu acho que seria uma boa começar por aquele ponto fixo</i> ”, os participantes demonstram um alinhamento de suas interpretações individuais, o que é fundamental para a construção de um entendimento comum.
Aprendizagem Colaborativa	A colaboração na construção dos modelos, onde os participantes compartilham responsabilidades e contribuições, é uma característica central. A construção colaborativa da lixeira com pedal envolve discussões sobre como cada parte deve ser ajustada, refletindo um esforço conjunto.
Interação Social	A interação social síncrona entre os participantes promove o desenvolvimento de habilidades sociais, como a escuta ativa e a comunicação clara. As declarações públicas e as respostas aos colegas são exemplos de como a comunicação é essencial para a aprendizagem colaborativa.

Quadro 2. Categorias de construção de conhecimento colaborativo

Fonte: Acervo da pesquisa.

Essas categorias refletem a complexidade e a riqueza do processo de construção de conhecimento colaborativo, onde os participantes compartilham informações e constroem significados e compreensões de forma conjunta. Evidências de construção do conhecimento colaborativo foram associados a trechos que emergiram durante a realização das atividades colaborativas que revelam os processos categorizados.

A mediação tecnológica é representada pelo uso do GeoGebra Classroom, que é utilizado como uma ferramenta para mediar a aprendizagem e a construção de conhecimento, e pelo MConf que permitiu a comunicação em tempo real, negociação de significados e compartilhamento de ideias e ações.

Os trechos destacados ao longo deste artigo revelam trocas de ideias, validações de ações, colaboração e negociação de significados. Refletem a natureza da interação social síncrona, na qual os participantes estiveram constantemente avaliando e discutindo suas ideias em conjunto.

Os processos cognitivos e as construções geométricas foram compartilhados para explorar movimentos dos mecanismos articulados e para utilizar na construção da atividade, mostrando como os participantes compartilham e utilizam ferramentas para proporcionar a aprendizagem e a colaboração.

5. Conclusão

A integração do GeoGebra Classroom com plataformas de videoconferência, como o MConf, configura-se como um ambiente eficaz para promover a aprendizagem colaborativa em geometria dinâmica. De acordo com Dillenbourg e Schneider (1995), ambientes virtuais potencializam o



desenvolvimento de competências colaborativas ao promover a interação social mediada por tecnologias digitais, refletida na troca de ideias e na negociação de significados durante as atividades. Essa configuração favorece a argumentação e o diálogo, fundamentos essenciais para a construção do conhecimento matemático, alinhando-se à perspectiva de Stahl (2006), de que a socialização do saber ocorre por meio de interações dialógicas.

Ao promover a comunicação verbal e as representações visuais dinâmicas, o uso do GeoGebra Classroom contribui para a compreensão de conceitos geométricos, corroborando Bolt (1994), que destaca que "matemáquinas" e ferramentas tecnológicas estimulam descobertas e negociações de ideias. A interação síncrona proporcionada pelo MConf potencializa a internalização de conceitos por meio de processos dialógicos, fortalecendo argumentações, como quando os estudantes justificam suas construções geométricas, o que promove um entendimento mais profundo de conceitos geométricos complexos.

Por fim, o estudo reforça que as tecnologias, ao criar espaços para a troca de ideias, favorecem a formação de uma mentalidade matemática mais crítica e articulada, capaz de enfrentar desafios reais. Nesse sentido, o uso integrado de ferramentas como o GeoGebra e plataformas de videoconferência, alinhado às premissas do construtivismo social, favorece uma aprendizagem mais colaborativa e contextualizada. Além disso, destaca-se a importância de investigações contínuas sobre o potencial dessas ferramentas na formação de competências para a resolução de problemas matemáticos de forma colaborativa. Como afirmam Dillenbourg e Schneider (1995), "a pesquisa contínua deve explorar as possibilidades de enriquecer ambientes virtuais com recursos que favoreçam a co-construção do conhecimento e a reflexão conjunta", indicando o papel promissor dessas tecnologias no futuro da educação matemática.

Agradecimentos

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

Referências

- Bolt, B. (1994). *Matemáquinas: O ponto de encontro da Matemática com a tecnologia*. Lisboa, Portugal: Gradiva.
- Dillenbourg, P.; Schneider, D. (1995). *Collaborative learning and the Internet*. Proceedings of the International Conference on Computer Assisted Instruction (ICCAI), Hsinchu, Taiwan, 7-10.
- GOMES, A. S.; GOMES, C. R. A. (2020). Estrutura do Método científico: Por uma epistemologia da Informática na Educação. In: JAQUES, P. A.; PIMENTEL, M.; SIQUEIRA, S.; BITTENCOURT, I. (Org.) Metodologia de Pesquisa Científica em Informática na Educação: Concepção de Pesquisa. Porto Alegre: SBC, 2020. (Série Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação, v. 1). Disponível em: <https://metodologia.ceie-br.org/livro-1/>. Acesso em: 05 de out. 2025.
- Öner, D. (2008). *Supporting students' participation in authentic proof activities in computer-supported collaborative learning (CSCL) environments*. Computer Supported Learning, 3, 343–359. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11412-008-9043-7>
- Stahl, G. (2006). *Group cognition: Computer support for building collaborative knowledge*. Cambridge, MA: MIT Press.



- Stahl, G. (2013). Theories of Collaborative Cognition: Foundations for CSCL and CSCW Together. In: *Computer-Supported Collaborative Learning at the Workplace* (pp. 43-63), CSCL Series, Vol 14, Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1740-8>
- Stahl, G. (2023). Mathematical group cognition in the Anthropocene. In: M. Danesi & D. Martinovic (eds) *Learning and Teaching Mathematics Today: Cognitive Science, Technological and Semantic Perspectives*. New York: Springer, in the series Mathematics in Mind. Disponível em: <http://GerryStahl.net/pub/anthro.pdf> Acesso em: 04 de mar. 2025.
- Takaci, D., Stankov, S., & Milanovic, S. (2015). *Efficiency of learning environment using GeoGebra when calculus contents are learned in collaborative groups*. Comput Educ., 82, pp. 421-431. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.12.002>
- Vízek, L., Samková, L., & Star, J. R. (2023). *Investigating how lower secondary school students reason about quadrilaterals emerging in dynamic constructions*. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 1–20. DOI: <https://doi.org/10.1080/0020739X.2023.2255184>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

ENVIADO: 29/07/2025

ACEITO: 07/10/2025

