

Educación Matemática STEAM: dando sentido a los números enteros con las tecnologías digitales

Educação Matemática STEAM: concebendo sentidos aos Números Inteiros com Tecnologias Digitais

Samuel Fraga da Silva, Maurício Rosa

Fecha de recepción: 30/09/2022
Fecha de aceptación: 04/12/2022

<p>Resumen</p>	<p>Esta investigación cualitativa investiga cómo los números enteros adquieren significado en una clase de matemáticas desde una perspectiva STEAM con tecnologías digitales. Como resultado, los números enteros, en esta práctica, tienen sentido en la educación STEAM, ya que los estudiantes establecen relaciones interdisciplinarias, como la relación entre matemáticas y ciencias al identificar la asociación entre temperatura y el número entero, así como entre matemáticas y artes al asociar colores fríos y cálidos con números enteros. La materialidad de los significados emerge con la experiencia-con-el-Windy en la constitución del conocimiento matemático.</p> <p>Palabras clave: Educación matemática, STEAM, interdisciplinaria, escuela primaria.</p>
<p>Abstract</p>	<p>This qualitative research investigates how the Whole Numbers receive meanings in a mathematics classroom through STEAM approach with Digital Technologies. As results, Whole Numbers, in this practice, make sense in STEAM education when interdisciplinary relationships are established by students, such as the relationship between mathematics and science when identifying the association between temperature and the Whole Numbers, as well as between mathematics and arts by associating cold and warm colors with Whole Numbers. The materiality of meanings emerges with the experience-with-the-Windy in the constitution of mathematical knowledge.</p> <p>Keywords: Mathematics Education, STEAM, interdisciplinary, elementary school.</p>
<p>Resumo</p>	<p>Esta pesquisa de caráter qualitativo investiga como os Números Inteiros ganham sentido em uma aula de matemática na perspectiva STEAM com Tecnologias Digitais. Como resultados, os Números Inteiros, nessa prática, ganham sentido na educação STEAM já que relações interdisciplinares são estabelecidas pelos estudantes, como a relação entre matemática e ciências ao identificar a associação entre a temperatura e o número inteiro, assim como, entre matemática e artes ao se associar cores frias e quentes com os Inteiros. A materialidade de sentidos emerge com a experiência-com-o-Windy na constituição do conhecimento matemático.</p> <p>Palavras-chave: Educação Matemática, STEAM, interdisciplinar, ensino fundamental.</p>

1. Introdução

Em qualquer etapa da educação básica de hoje, encontramos estudantes que já são considerados nativos digitais (Prensky, 2001), isso porque se desenvolveram em um ambiente cercado por Tecnologias Digitais (como smartphones, TVs inteligentes, computadores, laptops, tablets etc.). Portanto, aliar a prática docente às Tecnologias Digitais (TD) é uma ação pedagógica importante por considerar que muitas TD permitem visualizar espaços e situações do cotidiano às aulas de matemática, por exemplo. Também, as TD, muitas vezes, permitem abrir novos horizontes e possibilidades à constituição de conhecimento.

Nesse contexto, trazemos à tona a concepção de Literacia Digital, a qual refere-se à compreensão crítica dos estudantes sobre a interação com o mundo digital. Isto é, essa interação não acontece somente lendo e escrevendo, mas, também, tocando, falando, pensando, fazendo etc. (Capobianco, 2010) e entendendo criticamente o que esses atos revelam e quais outras possibilidades se apresentam. Assim, ao arquitetarmos uma prática com TD, estamos, de certo modo, possibilitando o acesso e a participação do indivíduo no mundo digital, de maneira que a ação vai além da simples operação em determinados sites ou da utilização de determinados aplicativos de comunicação, mas o colocando no papel de ator da sua própria aprendizagem (Arcoverde, 2007).

A inserção de Tecnologias Digitais na educação permite a estruturação de uma subárea educacional, por conseguinte, educacional matemática. Isto é, cada vez mais, pesquisas sobre as TD em espaços educativos se multiplicam, de forma a evidenciar os potenciais emergentes dessas para o contexto educacional. Assim, as TD também se enquadram na perspectiva STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics*) reforçando e condicionando modos de se aprender e ensinar matemática em consonância com essas áreas.

Kang (2019), por exemplo, examina a iniciativa de educação STEAM na Coreia do Sul e investiga seus efeitos, inclusive tecnológicos, na aprendizagem e no ensino. A pesquisa, então, apresenta que cursos de desenvolvimento profissional de professores aumentaram o reconhecimento da iniciativa STEAM pelos professores bem como sua confiança em ensinar por meio dessa abordagem. Entrevistas com professores mostraram que a abordagem STEM de qualidade visa à força de trabalho e à formação de cidadãos alfabetizados para uma sociedade altamente tecnológica. Não obstante, quanto à inserção de STEAM na educação e seus efeitos na aprendizagem dos alunos, uma série de meta-análises mostraram que as experiências vivenciadas pelos estudantes com STEAM foram eficazes tanto na aprendizagem cognitiva quanto afetiva. Sendo que o efeito foi maior nos domínios afetivos. Entrevistas com estudantes universitários que tiveram STEAM em experiências na escola primária mostraram que os efeitos podem ser de longo prazo o que, para nós, evidencia horizontes abertos a era digital.

Taljaard (2016), por sua vez, revisa a literatura sobre tecnologia multissensorial, procurando responder quais tecnologias multissensoriais estão disponíveis para uso em sala de aula de ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática (STEAM) e se elas afetam o envolvimento do aluno e os resultados de aprendizagem. Para esse autor, o engajamento é definido como motivação, interesse, curiosidade e atitude, além disso, ele utiliza estilos de aprendizagem; experiência em instrução multissensorial; educação multissensorial hoje; STEM e a ascensão do STEAM para identificar as ferramentas

multissensoriais e os benefícios do uso de tecnologias multissensoriais na educação sob essa abordagem.

Também, o capítulo de Castro-Alonso, Ayres & Paas (2015) revisa diversos estudos que mostram os benefícios instrucionais da cognição corporificada, em termos de manipulações e gestos, especificamente, abordando as visualizações dinâmicas realizadas com TD (por exemplo, animação, vídeo) que foram evidenciadas com STEAM. Por exemplo, uma implicação clara para a aprendizagem, em muitos tópicos de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática (STEAM), encontra-se na facilidade de aprimoramento da construção de conceitos difíceis com ações manuais ou materiais educacionais desafiadores. As visualizações dinâmicas são materiais instrucionais exigentes que podem ser formas transitórias para seguir, entender e aprender. Entretanto, os autores argumentam que as visualizações dinâmicas podem superar o problema da transitoriedade ao incluir a atividade corporificada em práticas tecnológicas com STEAM.

Além disso, Birt & Cowling (2017) exploram as perspectivas acadêmicas e de alunos sobre estudos de caso de realidade mista em design espacial 3D (multimídia e arquitetura), ciência paramédica e tecnologia da informação, por meio do uso de dados existentes, bem como entrevistas individuais adicionais sobre o uso de técnicas de realidade mista em sala de aula. Esses autores realizam essa pesquisa pois entendem que a tecnologia digital está se tornando mais integrada e sendo parte da sociedade moderna, o que faz com que as tecnologias como realidade aumentada, realidade virtual, impressão 3D e dispositivos móveis fornecidos pelo usuário (coletivamente referidos como realidade mista) sejam frequentemente apontados como prováveis de se integrarem definitivamente à sala de aula e ao ambiente de aprendizagem. Nesse sentido, nas áreas disciplinares da educação STEAM, espera-se que os especialistas estejam na vanguarda da tecnologia e como ela pode se encaixar em sua sala de aula. Isso é especialmente importante porque, cada vez mais, os educadores se veem cercados por novos alunos que esperam se envolver com atividades experimentais participativas, interativas, ricas em sentidos, com maiores oportunidades para a contribuição e criatividade dos alunos. Assim, os resultados desse estudo mostram que a realidade mista pode fornecer benefícios de envolvimento, pensamento crítico e resolução de problemas para os alunos de acordo com essa nova geração de estudantes, mas também demonstra que mais trabalho precisa ser feito para refinar as soluções de realidade mista para a sala de aula.

Em consonância à inserção da Realidade Aumentada nas aulas de matemática, Bulla & Rosa (2017) buscam compreender como o *design* de atividades-com-Realidade Aumentada pode potencializar/transformar o estudo de Funções de Duas Variáveis Reais a partir de uma prática pedagógica de Modelagem Matemática (a qual envolve softwares de RA, arte e engenharia). A pesquisa é de âmbito qualitativo, segundo uma autorreflexão sobre o próprio processo investigativo. Assim, na medida em que as atividades foram produzidas, os autores refinavam seu pensamento e compreensão sobre o tema da pesquisa ao mesmo tempo em que se desenvolviam como professores. Eles vislumbraram que a percepção do processo de desenvolvimento de atividades-matemáticas-com-RA pode contribuir para potencializar/transformar o estudo de Funções de Duas Variáveis Reais conforme a prática pedagógica adotada, assim como, pode contribuir para o estudo de Geometria e Equações Paramétricas consonantes aos ambientes produzidos. Para nós, entretanto, vamos além, pois as discussões de STEAM

podem ser perfeitamente avançadas com as atividades-matemáticas-com-RA desenvolvidas.

Outros autores como Lavicza et al. (2018) ainda destacam direções em que a educação STEAM pode ser desenvolvida. Eles evidenciam que cada vez mais se encontram interessados na integração de tecnologias em projetos STEAM, pois pode ser observado que a tecnologia está transformando ambientes de aprendizagem e tornando-se parte da aprendizagem no século XXI. Assim, oferecem diversos exemplos através de atividades de resolução de problemas relacionadas à arte e à robótica, mas, para além desses exemplos, fazem recomendações sobre como as pedagogias STEAM podem promover o ensino e a aprendizagem da matemática em vários países.

Nesse íterim investigativo, apresentamos uma breve revisão de literatura que envolve a abordagem STEAM e destaca o papel das Tecnologias Digitais como potencializadoras de práticas educacionais matemáticas. Compreendemos, então, que nosso estudo também se vincula a essas pesquisas que discutem TD e Educação Matemática, mas que, especificamente, contribui para o reconhecimento de sentidos dados ao tópico de Números Inteiros com STEAM, frente ao Ensino Fundamental (fase da Educação Básica) propriamente dito.

Assim, ao realizar esta pesquisa, buscamos, então, responder a seguinte pergunta diretriz:

Como os números inteiros ganham sentido em uma aula de matemática na perspectiva STEAM com Tecnologias Digitais?

Para responder essa pergunta foram desenvolvidas ações pedagógicas que possibilitaram aos participantes (estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental) a exploração da plataforma Windy (“O Windy, anteriormente designado de Windyty, é um serviço com informações meteorológicas bastante interativo e com um design simplesmente espetacular. Facilmente podemos procurar por um local e em poucos segundos ter um conjunto de informação bastante detalhada sobre a previsão de tempo para uma semana”, PPLWARE, 2018, grifo do autor), que mostra um mapa do mundo com diversas informações climatológicas em tempo real. Também, utilizamos a opção da plataforma de análise da temperatura, que associa a cada número inteiro utilizado para representar cada temperatura, uma cor específica, dentre uma escala de cores predefinida, como podemos observar na Figura 1.

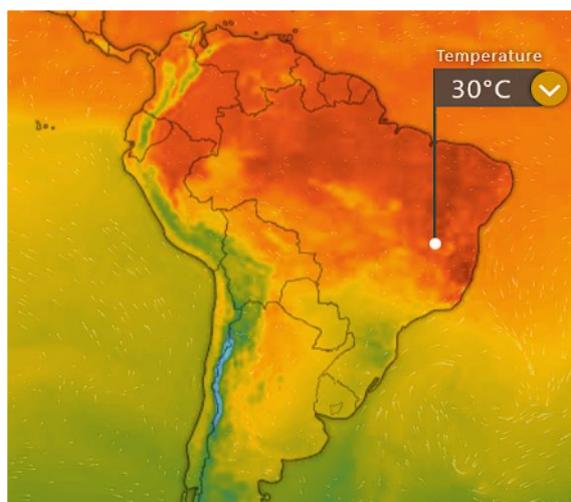


Figura 1. A temperatura em um local vermelho do Brasil. Fonte: Windy.com. Acesso em 25/09/2022.

Assim, podemos visualizar uma captura de tela do *software* que mostra uma região do planeta Terra com diversas cores e um ponto selecionado, o qual possui uma cor e um número inteiro correspondente, indicando sua temperatura. Com esse exemplo de imagem, selecionada por meio da busca necessária e solicitada na atividade exploratória com TD que elaboramos, pudemos evidenciar em consonância com os discursos produzidos pelos estudantes participantes que desenvolveram a atividade, os sentidos atribuídos aos Números Inteiros por meio da Ciência (Geografia e Física) e da Arte (Colorimetria). Analisamos esses discursos nesse artigo e discutimos os sentidos evidenciados a fim de responder nossa questão diretriz. Assim, passamos a discutir nossa base teórica que sustenta a análise de nossos dados e nos permite evidenciar os sentidos emergentes da prática educacional realizada.

2. Perspectivas teóricas

Nesta seção a Educação STEAM será primeiramente abordada, bem como os aspectos de interdisciplinares dessa em sala de aula. Elucidaremos o que entendemos por Interdisciplinaridade, bem como nossa concepção de experiência com Tecnologias Digitais na Educação Matemática, de forma a tratarmos da articulação dessa experiência com a constituição do conhecimento matemático.

2.1. A STEAM e a Interdisciplinaridade

A STEAM é uma sigla que representa a prática didática integrada entre as áreas de Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, envolvendo todas ou algumas destas áreas (Bybee, 2010). Segundo o autor é de grande importância que as integrações de áreas venham a ser desenvolvidas com objetivos de aprendizagem definidos como as possibilidades de compreensão e resolução de problemas não rotineiros (*nonroutine problem solving*), cujo desenvolvimento pode ser favorecido por práticas embasadas na perspectiva STEAM.

Segundo Bacich & Holanda (2020), a STEAM pode se apresentar de diversas formas no contexto escolar: primeiramente pode ser utilizada como estratégia para desenvolver determinadas habilidades das ciências através do uso de *kits* para a criação de materiais e artefatos específicos; também pode aparecer como uma trilha interdisciplinar, um passo a passo que precisa ser seguido, para a utilização de algum artefato ou TD para alguma atividade posterior. No caso, este emprego particular da STEAM se relaciona com o que popularmente conhecemos como *maker*. Também, há a proposta da STEAM para promoção das suas áreas de maneira a valorizar as linhas profissionais que estas áreas abrangem, não explicitando os objetivos de integração entre elas.

Nesta pesquisa, no entanto, entendemos que a STEAM se encarrega da promoção e desenvolvimento das cinco áreas envolvidas de forma conjunta, provendo um meio para promoção da aprendizagem de maneira estruturada e integrada, na qual haja liberdade para que os estudantes possam explorar e experimentar (Costa, 2020). Entendemos ainda que a abordagem propõe que o estudante assuma um papel ativo no processo de aprendizagem, sendo levado a explorar, planejar ou criar enquanto o conhecimento vai sendo constituído (Bacich & Holanda, 2020).

Para tratarmos dessas integrações, de antemão iniciamos pela perspectiva desintegrada, ou seja, apresentamos a disciplinaridade que, segundo Japiassu (1986), é entendida como uma ação progressiva de exploração científica em uma área definida, com fronteiras claramente constituídas que delimitam onde uma disciplina começa e

onde termina. A educação STEAM, por outro lado, se manifesta como um movimento que refuta o desenvolvimento disciplinar exclusivo, pois apresenta um cenário de rompimento de barreiras entre as áreas do conhecimento envolvidas. A educação STEAM, então, busca o estreitamento e fluidez das conexões entre disciplinas, almejando atingir objetivos que as relacionam. Isso é o que entendemos por interdisciplinaridade.

Assim, sob a ótica interdisciplinar, destacamos que as fronteiras entre disciplinas, que antes eram estáticas, são desconsideradas, pois:

[...] a interdisciplinaridade, compõe-se por um grupo de disciplinas conexas e com objetivos comuns. Está em nível superior a disciplina, ou área que coordena e define finalidades. Ocorre intensa troca entre especialistas. O horizonte epistemológico deve ser o campo unitário do conhecimento, a negação e a suspensão das fronteiras disciplinares, a interação propriamente dita. (Japiassu, 1976, p. 72)

Essa interação, ou seja, a troca que acontece no nível interdisciplinar, intensifica a experiência na construção de sentidos e conhecimento, sem haver a preocupação de um modo condicionante de atrelar significado de modo exclusivo a alguma das áreas envolvidas. Desse modo, retomamos a troca possível entre especialistas citada pelo autor, que é um fator bastante proeminente da educação STEAM, em que as relações de ensino e de aprendizagem podem ocorrer na junção de várias pessoas com diferentes saberes, as quais, por vezes, procuram criar soluções e colocar questões comuns (Cavalheiro, 2020).

Entendemos, então, que nessas relações, situações de troca entre os estudantes e o professor também podem ocorrer. Nessas relações, é importante que o professor assuma um papel de mediador, buscando expandir horizontes e instigar conexões ao propor questões, visando uma prática que possibilite o desenvolvimento da autonomia dos estudantes.

Ademais, por se tratar de uma prática educativa relativamente recente, uma vez que a STEAM surge pela primeira vez nos anos 90, nos Estados Unidos (Bybee, 2010), ela assume constantes mudanças em sua forma. Segundo Cavalheiro (2020), cada local em que esta abordagem é desenvolvida cria uma cultura de promoção dessa, assumindo características únicas e que são respectivas daquele local. Assim, a educação STEAM vem se desenvolvendo e, nesse estudo, apresentamos algumas singularidades que como professore-pesquisadores assumimos no ato de desenvolver STEAM em nossa prática educacional. Nesse sentido, evidenciamos especificamente o modo como compreendemos as TD e como elas são, podem ser e devem ser (a nosso ver) experienciadas em espaços educativos em uma abordagem STEAM.

Na conjuntura dessa pesquisa, então, identificamos as áreas da STEAM que se fizeram presentes de forma intrínseca à experiência com TD. Isto é, identificamos as Ciências, como Geografia e Física, ao condicionarmos a atividade-matemática à exploração das temperaturas em diferentes partes do globo terrestre. As Artes como a expressão da Colorimetria evidenciada e articulada no próprio software em destaque ao entendimento de cores quentes e frias e a escala colorífica entre os polos apresentados em dois extremos. Isto é, a área de Artes se materializa no próprio software, ao vermos as cores que representam a temperatura de cada local, ou seja, pelo esquema de cores que classifica as temperaturas de cada lugar, bem como, as relações intrínsecas e categóricas das sensações percebidas através dessas cores, sejam elas quentes ou frias. A Matemática, por sua vez, é identificada por meio do estudo dos Números Inteiros, seus condicionantes e representações. Ou seja, a Matemática aparece por meio dos

Números Inteiros em termos de escala centígrada de temperatura, por exemplo. A Engenharia, por sua vez, se mostra como pano de fundo da percepção do software e design desse, assim como, e em destaque, a própria Tecnologia, que corresponde a letra T da sigla, a qual assume nesse estudo a preponderância transversal da atividade desenvolvida, pois intencionalmente conduzimos a pesquisa de modo que a TD fosse condicionante ao pensar matemático propriamente dito. Assim, a área de Tecnologia, então, está representada pela própria experiência com o site Windy¹ que disponibiliza valores numéricos relativos a temperatura, ventos, umidade e diversos outros dados em tempo real e que permitiu que os participantes investigassem temperaturas do mundo todo com a plataforma, assim como ações de identificação de cores, locais e de pensamento e ação matemática. Todas as áreas foram exploradas conjuntamente com o Windy e, nessa perspectiva, o ato de identificação com o recurso tecnológico se tornou extremamente perceptível.

Ao configurarmos as áreas do STEAM interrelacionadas e a transversalidade da área de Tecnologia como proeminente, assumimos a dimensão tecnológica como horizonte de aberturas possíveis à constituição do conhecimento matemático. Por isso, discutimos a dimensão tecnológica do estar-com-TD por meio das ações de ser-com-TD, pensar-com-TD e saber-fazer-com-TD.

2.2. A dimensão tecnológica na constituição do conhecimento matemático

Consideramos o papel das TD na Educação Matemática, especialmente, em espaços educativos, conforme Rosa (2018, 2022) e Rosa & Pinheiro (2020), não como ferramentas ou próteses, pois elas, a nosso ver, não devem ser adotadas somente como instrumentos de agilidade de processos ou substituição desses. Isto é, não é viável em nossa concepção que as TD, nas aulas de matemática, assumam um papel de agilidade, analogicamente entendido como o papel de uma chave de fenda (ferramenta) que somente agiliza a retirada de um parafuso, o qual poderia ser retirado do mesmo modo, porém de forma mais lenta (*a priori*) com uma faca sem ponta. Também, não assumimos o papel das TD de forma análoga a de uma prótese dentária, a qual substitui os dentes no processo de mastigação. Se as TD forem entendidas como ferramentas ou como próteses, perdem potencialidades educacionais importantes, pois as TD podem e devem (a nosso ver) assumir o papel de partícipes dos processos de ensino e de aprendizagem, sendo consideradas como meios de revelação (Rosa, 2020) ao permitirem atos de invenção e imaginação, assim como acontece na análise de um recurso como a fotografia, a qual é um produto, mas que nos remete a memórias, a situações vividas, a sentimentos, afetos, reflexões etc. As TD podem nos permitir ir além do que se apresenta de imediato, podem permitir imaginar, inventar, criar e experienciar situações em que o questionamento de “e se determinada situação ocorrer?” se materialize. Elas precisam assumir o papel de revelação ao invés de somente agilizar cálculos ou construções gráficas, assim como substituir outro recurso como lápis e papel, por exemplo. Reproduzir uma atividade que pode ser feita com outro material utilizando as TD nada avança no processo de constituição do conhecimento. Para nós, apenas estabelece uma falsa ideia de novidade e de atualização do processo educativo (Rosa et. al., 2018). Também, Rosa (2018. p. 257) fundamenta esta concepção, por exemplo, quando revela que “O entendimento [...] [da experiência] com tecnologias não se caracteriza como uso pelo uso, mas um ato articulador sob uma intencionalidade que concebe o recurso

¹ Disponível em: <<https://www.windy.com>> Acesso em 28/11/2022

tecnológico como partícipe da [constituição] [...] do conhecimento”. Precisamente, as tecnologias são consideradas um meio de revelação (Rosa, 2020), pelo qual o ser se “pluga”, se conecta, se identifica, pensa, reflete, age, vivenciando com as TD modos possíveis de ser-com-TD, pensar-com-TD e saber-fazer-com-TD.

Logo, nessa ação de ser-com-TD, as TD são vistas como potencializadoras da constituição do conhecimento matemático, de acordo com Rosa (2008, 2018, 2022). Assim, o ensino e a aprendizagem, quando realizados com tecnologias, no meio digital, podem assumir possibilidades que sem essas tecnologias não ocorreriam. O processo cognitivo e/ou formativo torna(m)-se ampliado(s), no sentido de aberturas e horizontes de percepção e compreensão na constituição do conhecimento matemático (Rosa & Bicudo, 2018). Essa constituição é dada pela diversidade de conexões possíveis e que constituem sentido para os sujeitos envolvidos nesse processo.

Além disso, pelo fato dos participantes do processo serem provocados a assumirem o papel de autores da própria aprendizagem, eles são compreendidos como seres que podem se manifestar conscientemente no meio digital. Não obstante, ao agirem nesse meio, suas ações emergem e voltam-se a um ato intencional de lançarem-se e trazerem à consciência, por meio do envolvimento com outros seres e com o pertencimento no mundo, sendo com o mundo. Neste processo, eles podem se desvelar como indivíduos conscientes e críticos em um meio digital agindo de modo propositivo, responsável e quiçá político.

Rosa (2018, 2022), assim como, Souza & Rosa (2021) estabelecem, então, três ações primordiais que elucidam as manifestações da compreensão das TD como partícipes da constituição do conhecimento matemático e que orientam o processo educacional do professor enquanto aquele que planeja uma aula de matemática com TD. A primeira ação, então, é o ser-com-TD, “[...] ser-com-TD, concebe a ideia desse ‘ser’ que se manifesta com o mundo, com o seu entorno, e as TD, então, se fazem no mundo, são mundo. Ou seja, são o meio pelo qual o ‘ser’ se percebe e se desvela ao mostrar-se.” (Rosa, 2018, p. 259). O ser-com-TD é uma ação de manifestação, de reconhecimento e de identificação do “ser” com as TD. Ou seja, cada um pode mostrar-se pela construção de um avatar em um jogo eletrônico, por exemplo, ou reconhecer-se movimentando esse mesmo avatar, ou ainda, esteticamente, se sentir representado por uma imagem, um vídeo, uma construção digital. Em todos esses casos, a manifestação e o reconhecimento de si em figuras, representações gráficas, construções etc., passam, atravessam uma ação de identificação do “ser” com seu entorno e, no caso, com o ambiente digital. É sob essa ação, também, que sugerimos que ao construir uma atividade-matemática-com-TD, o professor busque pela identificação do estudante com o recurso tecnológico, buscando maneiras que possibilitem o estudante ser-com-TD.

A segunda ação se mostra como o pensar-com-TD, a qual está diretamente ligada ao fato do ser-com-TD, pois o pensar-com-TD ocorre com o ato de ser-com-TD. Pensamos-com-TD quando estamos plugados, conectados, identificados com os recursos tecnológicos, no entanto, Rosa (2022, p.216) explica ainda que essa ação acontece em “[...] movimentos de imersão, de conexão com TD (pensar-com), ou seja, modos de racionalizar, mensurar, comparar, relacionar, interpretar etc. tendo por base e/ou parceira a própria TD”. Isto é, matematicamente as TD ampliam as possibilidades de pensar, refletir sobre as situações vivenciadas, de modo que as TD potencializam, favorecem o estabelecimento dos sentidos dados pelos sujeitos envolvidos nessa ação. Por exemplo, com recursos tecnológicos de Realidade Aumentada (RA), ao pensar-com-holográficos (Schuster & Rosa, 2021), o corpo se coloca no centro do objeto digital,

propiciando a compreensão do objeto matemático digital de maneira diferenciada, uma vez que sem a TD de RA não ocorreria a mesma experiência, pois a imagem de uma figura 3D em um livro didático, por exemplo, não permite essa imersão.

Desse modo, recursos de RA permitem o plugar-se por parte dos estudantes. Eles se identificam com o objeto digital que aparece a eles por meio do *smartphone*, de modo a se conectarem intencionalmente aquela imagem diferenciada de um objeto matemático suspenso em sua frente, na realidade mundana que é percebida com a tela informacional do *smartphone*. Assim, há um ser-com-TD ao haver essa conexão e esse ato converge no pensar-com-TD com o ato de vivenciar a figura percebida, movimentando-se no entorno dela.

A última ação é denominada saber-fazer-com-TD, que diz respeito à ação lúcida no meio digital. É uma ação com intencionalidade, a qual ocorre pelo ato de lançar-se ao meio digital e trazer seus sentidos à consciência, agindo em direção ao objeto de estudo e refletindo quanto a isso.

Ou seja, “saber-fazer-com” é a expressão cunhada para identificar o ato de agir com TD de forma que, ao fazer, me perceba fazendo e reflita sobre isso, de forma a [...] [constituir] conhecimento ao mesmo tempo em que me construo como ser. Assim, agir com vontade e senso de realização na construção de um produto, em um micromundo específico, me faz estar-com e ser-com esse mundo particular, possibilitado pelas TD a partir de um pensar-com. (Rosa, 2018, p. 262)

Assim, o saber-fazer-com-TD vincula-se ao ser-com e ao pensar-com-TD, pois essas ações não são estanques. Elas se articulam, se misturam, se entrelaçam, se movimentam por meios fluidos dos atos de transformação, imersão e *agency*. Ser-com-TD acontece quando há identificação, reconhecimento e manifestação e assim essa ação perfaz a transformação do “ser” no meio digital, de modo a permitir a cada um que se transforme, se mostre como quiser com seus avatares, seus discursos, seus objetos de identificação. Há uma ação estética e performática. Do mesmo modo, o pensar-com-TD acontece com a imersão nesse mundo digital, cada um sente-se inserido no espaço que analisa, reflete. Também, o saber-fazer-com-TD articula-se ao *agency*, ou seja, uma ação com vontade e senso de realização, pois cada um age no espaço digital por meio do desejo de agir e objetivando a conclusão propositiva dos fazeres executados.

Com isso, passamos a discutir os procedimentos metodológicos adotados, bem como a descrição dos sujeitos de pesquisa, também, da forma com que as atividades foram aplicadas e o contexto no qual a pesquisa foi desenvolvida.

3. Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa, de caráter qualitativo, foi desenvolvida com o objetivo de analisar os sentidos que podem ser atribuídos pelos estudantes aos Números Inteiros por meio das TD, buscando analisar as percepções pessoais dos estudantes e os indícios da fundamentação dos conceitos relativos aos Números Inteiros (Bogdan & Biklen, 1994). Assim, desenvolvemos atividades de abordagem interdisciplinar de exploração com o aplicativo Windy sob a óptica da educação STEAM para serem abordadas em um período extraclasse com alunos convidados a participarem dessa experiência STEAM.

Neste estudo, então, analisaremos os dados relativos a uma prática STEAM desenvolvida com quatro estudantes de uma turma do 7º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública de Gravataí, no estado do Rio Grande do Sul – Brasil, os quais aceitaram participar do estudo em um momento fora do horário habitual de aula e tiveram autorização de seus responsáveis. Os nomes utilizados neste estudo não são nomes

completos, de forma a não haver uma identificação dos participantes. A utilização do nome inicial foi autorizada pelos participantes e responsáveis, tanto por meio de termos de assentimento dos próprios estudantes, quanto por meio de termos de consentimento livre e esclarecido dos respectivos responsáveis. O grupo formado ainda não havia estudado formalmente Números Inteiros até o momento em que a prática foi realizada, sendo essa prática efetuada uma introdução dos estudos desse conjunto numérico.

As atividades ocorreram durante três encontros *online* e síncronos de aproximadamente uma hora cada, por meio da plataforma *Google Meet*, devido à pandemia da Covid-19. Visando facilitar a compreensão e o acompanhamento da proposta, uma apresentação no *Google Apresentações* foi elaborada e compartilhada com a turma, elencando os objetivos de cada atividade. O motivo de o *Google Meet* ter sido escolhido para esta pesquisa foi pela possibilidade de compartilhamento de tela pelos participantes e por poder gravar a chamada de vídeo. A produção de dados se deu com a gravação da tela da videochamada, com a captura de imagens e com as transcrições dos diálogos dos três encontros.

Refletiremos, então, sobre as relações entre a Educação Matemática na perspectiva interdisciplinar STEAM associadas às compreensões da manifestação do ser, do pensar e do saber-fazer-com-TD. Assim, na próxima seção as atividades discutidas nesse estudo serão pormenorizadas, bem como as construções de análise qualitativa utilizadas para investigar os sentidos atribuídos aos Números Inteiros provenientes das conexões interdisciplinares percebidas na fala e ações dos estudantes.

4. Resultados e discussões

Criamos eixos de análise para os dados analisados. Os primeiros dizem respeito ao envolvimento das Ciências, representadas pela Geografia e Física, com o software *Windy*. Nesse sentido, entendemos que o “ser”, ao se lançar no software fazendo associações das posições geográficas e do movimento na superfície terrestre com outros fundamentos, se manifesta nas TD com as Ciências, representada pela Geografia, demonstrando um movimento de “ser-com-Geografia-e-TD” em específico.

O segundo eixo é concebido por meio da projeção do ser-com-TD, se estendendo no meio e externalizando relações conjecturadas entre os Números Inteiros e outros fundamentos, como a representação das temperaturas no mapa, por exemplo. Dessa forma o ser se manifesta com a matemática presente no software, mostrando um movimento de “ser-com-Física-e-TD”.

O último eixo relaciona-se com a área de Artes representada por meio do software *Windy*. Entendemos que as cores estão fortemente ligadas com as Artes, por ser um elemento constituinte de diversas expressões artísticas e, assim, podemos vislumbrar que há, na escala de cores, uma classificação dessas entre frias para números negativos e quentes para números positivos. Desse modo “[...] percebemos que quando o indivíduo se lança no software externando associações das cores com outros fundamentos, como as temperaturas, se manifesta com a Arte, representadas pelas cores, e demonstra um movimento de ser-com-arte-e-TD” (Silva, 2021, p. 29). Denominamos esse eixo como “ser-com-Arte-e-TD”.

Assim, vemos que os constructos propostos por Rosa (2018) são estendidos para as relações interdisciplinares presentes na STEAM. Dessa forma, salientamos que cada um deles condiz com a relação com as TD, por consequência, este entendimento pode servir de base para propostas da STEAM que venham evidenciar as TD assumindo um

papel de partícipes no processo. Também, embora os eixos sejam definidos por “ser-com”, esses não descartam as ações de pensar-com e saber-fazer-com-TD, pois, essas ações são intrínsecas à ação de ser-com-TD.

Apresentaremos recortes de dados de dois encontros e discutiremos os eixos apresentados no decorrer dos acontecimentos transcritos nesses recortes.

4.1. Primeiro encontro: A procura por temperaturas específicas

No primeiro momento, os participantes foram convidados a fazer uma atividade de exploração e familiarização do *software* ao buscarem no mapa por temperaturas específicas, conforme apresentado na Figura 2. Foi pedido que abrissem o Windy e buscassem por locais conforme as orientações, compartilhassem oralmente conforme fossem encontrando resultados e anotassem no caderno o nome do local, a temperatura e a cor identificada.

<p>Encontre cidades com as seguintes condições e registrem no caderno:</p>	<ul style="list-style-type: none">a. O local em que você está e a temperatura;b. Um local com a temperatura de 5°C;c. Um local com a temperatura de 0°C;d. Um local com a temperatura de -6°C;e. O local mais quente no Brasil;f. O local mais frio do Brasil;g. O local mais frio no planeta;h. O local mais quente no planeta;
---	---

Figura 2. Atividade 1 -Objetivo: exploração do Windy. Fonte: a pesquisa.

Esta atividade, além de proporcionar o primeiro contato com o aplicativo, teve como objetivo evidenciar quais das conexões entre disciplinas poderiam ocorrer com a TD, bem como, as possíveis atribuições de sentido para os Números Inteiros. Assim, por meio de um excerto do diálogo dos participantes no momento de realização dessa atividade podemos identificar indícios importantes de resposta a nossa questão diretriz (*observação* – os grifos apresentados nas transcrições dos diálogos selecionados são destaques atribuídos pelos autores deste estudo):

[...] 0:15:47 Professor: O que você tem que achar agora é uma cidade com 5 graus, a temperatura de 5 graus.

0:15:52 Eduarda: Nossa, -16! Exagerei!

0:16:02 Eduardo: Não precisa exagerar também, minha filha, não precisa. “Hahaha”

0:16:09 Professor: Onde que é? É no Brasil isso?

0:16:14 Eduarda: Não, **eu fui lá para baixo!** “Haha”. E tem que ser no Brasil, sor?

0:16:20 Professor: Não, não precisa. Em qualquer lugar que vocês quiserem.

0:16:24 Eduarda: Nossa que bugado. Eu vou ter que mandar os três cliques (de gravação da tela) que eu já tô fazendo, tá parando (de gravar a tela) sem querer quando eu tô entrando no aplicativo.

0:16:32 Victor: **Eu tenho uma parte aqui que tá tudo vermelho.**

0:16:36 Eduarda: **Aham. Eu também.**

0:16:44 Professor: *Gente, fechem outros aplicativos que não estiverem usando para não sobrecarregar os aparelhos de vocês.*

0:17:05 Eduarda: *Achei um com 5º, sor!*

0:17:09 Professor: *Que legal! E como é o nome do lugar?*

0:17:13 Eduarda: *Deixa eu ver aqui... É Burnaby, vou por no chat.*

0:17:18 Professor: *Que nome diferente, legal! Então tá gente, quando vocês acharem lugar com 5º anotem o nome da cidade, a temperatura e a cor.*

0:17:34 Victor: *14, 9, 8...*

0:17:39 Eduardo: *Deixa eu ver aqui... Eu não achei ainda essa cidade.*

0:17:45 Victor: *Eu só achei com 8º graus, foi o máximo.*

0:17:50 Professor: *Sigam procurando, gente.*

0:17:54 Eduarda: *Aqui **nesse lugar que eu tô**, tem um monte de lugar que tá com 5 graus.*

0:18:01 Eduardo: *Minha filha, **onde que tu tá? Tu tá na Sibéria?***

0:18:07 Eduarda: ***Olha não sei onde é. (É na) Tasmânia!** (Em tom de brincadeira)*

0:18:14 Eduardo: *Meu deus, **ela tá aonde? Na Nigéria?** [...]*

Entendemos que em um primeiro momento, os estudantes estão estabelecendo relações e se reconhecendo com a TD (o Windy): “Não, eu fui lá para baixo!”, “Aqui nesse lugar que eu tô, tem um monte de lugar que tá com 5 graus.”, “onde que tu tá? Tu tá na Sibéria?” e em “Olha, não sei onde é. (É na) Tasmânia”. Além disso, percebemos que essas passagens traduzem relações entre a posição e o deslocamento na superfície terrestre com a temperatura observada no Windy naquele instante, o que estabelece, a nosso ver, indícios de pensarem-com-o-software.

Fisicamente, seus corpos materializados não estão “indo lá para baixo”, para a Sibéria ou qualquer outro local no mundo, pois estão parados. O que ocorre é que há uma identificação com o Windy e a movimentação realizada com esse software, a qual é descrita pelo ato do ser-com-Geografia-com-TD, pois o “ser” se projeta na TD, que se torna o meio de revelação, o qual potencializa a relação de associação de um local com uma temperatura apresentada no software.

Portanto, compreendemos que a educação STEAM busca, entre outras coisas, promover a interdisciplinaridade, que “[...] compõe-se por um grupo de disciplinas conexas e com objetivos comuns” (Japiassu, 1976, p.72), e aqui vemos uma interlocução entre as disciplinas de Ciências, no caso, Geografia (localização geográfica – Sibéria, Tasmânia), Física (temperatura), com a Matemática (representação numérica da temperatura 5°C), com Artes (representação cromática do mapa - *uma parte aqui que tá tudo vermelho*) e com a própria Tecnologia de forma transversal (experiência com o software Windy).

Dessa forma, entendemos que essa relação é possível devido ao fato de o ser-com-TD estar em curso, ou seja, em que o ser se projeta na TD e manifesta-se como ser, com o seu entorno e, neste caso, com o Windy esse “ser” se conecta ao mundo cibernético. O Windy se torna o meio pelo qual o ser se percebe, de forma consciente,

ao mostrar-se e, também, acaba sabendo-fazer-com-TD, o que significa um modo de interagir com esse mundo, permitindo que o “ser” possa estar localizando a temperatura de 5° C em qualquer parte do planeta (Rosa, 2018). Assim, a nosso ver, há um movimento de revelação na articulação desses conceitos provenientes de diferentes áreas, de um “ser” que se mostra na TD e age em vias de atingir um objetivo proposto.

Nesse sentido, cerca de 30 minutos após o início da atividade, conseguimos observar a imersão dos estudantes na TD. Destacamos algumas passagens nas quais as ações de ser-com, pensar-com e saber-fazer-como-Windy se expressam. Ou seja, ao se localizar no planeta Terra com o *software*, cada estudante indica a identificação de um corpo situado no local digital reconhecido, no qual cada um deles se projeta no mundo com esse mundo digital. Há, para nós, uma indicação de indício de resposta a nossa questão diretriz, uma vez que essa projeção é explícita quando Eduarda manifesta que “*Aqui nesse lugar que eu tô, tem um monte de lugar que tá com 5 graus*” encontrando lugares em que atribuí ao número cinco positivo uma cor, uma temperatura e uma localização regional (posição geográfica). São vários sentidos atribuídos a um número inteiro positivo próximo a zero. Na sequência do encontro, encontramos o seguinte diálogo:

[...] 0:30:30 Eduardo: **Mano, eu tô no Alasca, literalmente.**

0:30:35 Eduarda: **Eu também tava, mas aí tu vai achar muito mais do que -6.**

0:30:40 Eduardo: Não, já até achei -6 aqui. Qual outro (lugar tenho que achar)?

0:30:46 Victor: Eu acho -6, mas não acho nenhum lugar perto...

0:30:51 Eduardo: **Vai para o Alasca. Lá em determinado lugar tem – 6.**

0:31:01 Eduarda: Terminei.

0:32:49 Eduardo: **Eu tô usando uma tática muito boa: eu clico no lugar para aparecer, né, a temperatura e eu vou andando até achar a que eu quero.**

0:32:56 Victor: Legal

Percebemos que quando Eduarda afirma “*Eu também tava, mas aí tu vai achar muito mais do que -6*”, ela se identifica com o mapa do Windy, como na Figura 3, se materializando como se fosse um ser composto por *bits* e *bytes* que é consciente e que pode fazer coisas fisicamente impossíveis como estar no Alasca e logo depois não estar mais, pois ela também estava no Alasca, interagindo com a fala de Eduardo (“*Mano, eu tô no Alasca, literalmente*”), a qual também permite dizer que Eduardo se transportou para o outro lado do continente em instantes, sentindo-se lá, se identificando e atribuindo pertencimento a um *lócus* reconhecido por ele. Isso manifesta a ação de ser-com-TD (Rosa, 2018) uma vez que são eles que estão lá, sendo naqueles lugares.

Além disso, é possível percebermos que a fala “*muito mais do que -6*” traduz a ideia de que a temperatura percebida é de um frio ainda mais intenso que o de -6°C, um frio que o excede, portanto, uma temperatura com um número inteiro associado que é inferior a -6. Dessa forma, há aqui a externalização de uma correspondência criada entre o fato de uma temperatura mais baixa ter o sentido de ser maior em módulo, mas percebida no sentido negativo.

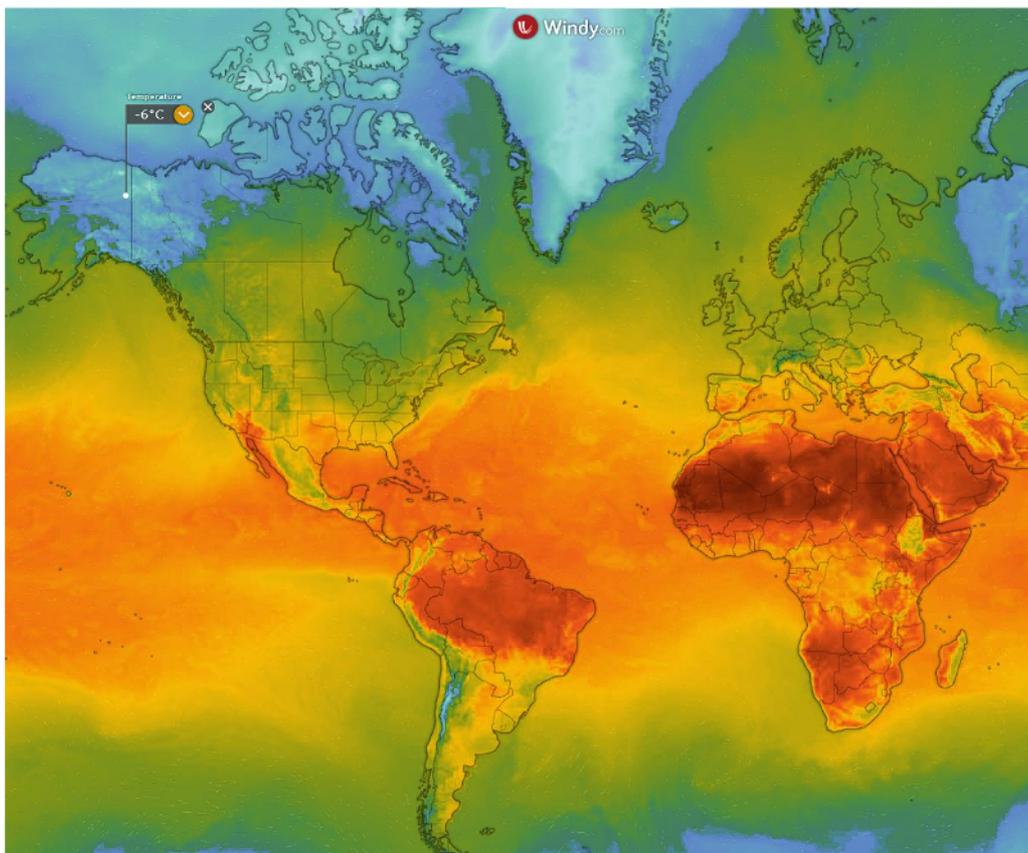


Figura 3. “Vai para o Alasca”. Fonte: Windy.com. Acesso em 25/09/2022

Ou seja, percebemos que é feita uma associação de que a distância da origem do sistema, ao -6 é inferior à distância da origem até a temperatura de um local no Alasca, sendo essa uma comparação entre Números Inteiros negativos feita sem que qualquer formalização da comparação de Inteiros tenha sido feita. Essa relação é entendida pela interdisciplinaridade entre a Matemática e a Tecnologia do STEAM, de modo que o ser-com-Números-Inteiros-e-Windy seja atravessado intrinsecamente pelo pensar-com-o-Windy, com-a-TD. Além disso, através da observação da cor do local, há a possibilidade da percepção de que o frio seja mais intenso que o constatado, tendo em vista a fala “*muito mais do que -6* ” ser acompanhada da observação dos locais do Alasca cuja temperatura percebida, sobretudo através da cor, lhe passou a sensação de ser mais baixa que -6 C. Essa externalização representa um ato de ser-com-Artes-e-TD, o qual mostra a comparação entre uma cor, cuja temperatura relacionada a ela é conhecida, e a sensação de que outra cor passa, nesse caso, de um frio mais intenso (Silva, 2021). Há, então, uma compreensão implícita do significado de cores frias, os diferentes tons de azul dispostos e correlacionados a temperaturas negativas iguais a -6 °C ou ainda mais baixas. O sentido relativo a números negativos assume importância por meio das próprias cores e na forma de localizarem os demais lugares que a atividade exigia, a exemplo, o local mais frio do Brasil e o do planeta.

Ressaltamos aqui a fala do Eduardo que explicita a experiência vivenciada e articulada ao processo de constituição do conhecimento com TD. Notamos o favorecimento do desenvolvimento da resolução de problemas não rotineiros, objetivado

pela STEAM assim como a adaptabilidade (Bybee, 2010). “*Eu tô usando uma tática muito boa: eu clico no lugar para aparecer, né, a temperatura e eu vou andando até achar a que eu quero.*” Entendemos que este participante está efetivando o ato de ser-com-TD, pois, ao explicitar que, inclusive, criou uma técnica, mostra sua efetiva conexão com o software. Ele cria uma técnica para solucionar o problema proposto, mas que ele toma para si. Mostra, então, que está se manifestando com o meio, com o Windy e com juízo de valor (*uma tática muito boa*). Mais que isso, ao clicar e se movimentar até encontrar o valor desejado, ele pensa-com-o-Windy, ele raciocina sobre um possível caminho para atingir seu objetivo (encontrar o valor solicitado), concretizando assim o que Rosa (2018) chama de pensar-com-TD. Não obstante, Eduardo estabelece o saber-fazer-com-TD como o produto dessas interações, pois ele afirma que “vai andando”, ou seja, movimenta o cursor até localizar a temperatura, numericamente representada e que ele deseja alcançar/descobrir. Isso, a nosso ver, demonstra a ação “[...] de agir com TD de forma que, ao fazer, me perceba fazendo e reflita sobre isso, de modo a constituir conhecimento ao mesmo tempo em que me construo como ser” (Rosa, 2018, p. 162). Dessa maneira, percebemos que há uma relação direta com a Física e com a concepção de temperatura que pode ser comparada, pois numericamente Eduardo localiza sob uma reta valores numérico e se dirige para a direita ou esquerda conforme o número desejado, crescendo ou diminuindo os valores em módulo. Essa situação é entendida como ser-com-Física-e-TD, uma vez que Eduardo se conecta ao Windy e atribui sentido aos Números Inteiros sob um viés crescente ou decrescente de valores correlacionados às cores e temperaturas.

Partirmos, então, à apresentação de um recorte do segundo encontro, o qual apresenta nosso terceiro eixo.

4.2. Segundo encontro: Como está o clima lá fora?

No segundo encontro, os participantes já haviam encontrado os diversos locais requeridos na atividade 1, apresentada na Figura 2. As cores identificadas em cada um dos locais foram definidas conforme a temperatura apresentada no local e no instante em que fora observada. No aplicativo, por sua vez, há uma predefinição cromática que determina quais cores deverão aparecer conforme a temperatura do local, conforme a Figura 4.

Aos 16 minutos de gravação do segundo encontro, o seguinte diálogo é apresentado:

[...] 0:16:46 Professor: *É possível encontrar uma cidade com a temperatura de 20 graus e a cor do local ser azul?*

0:16: 55 Eduarda: *Não. (fala baixinho)*

0:16: 59 Professor: *Será que tem como? O quê que vocês acham? Por que não?*

0:17:03 Eduarda: ***É porque é sempre que tem azul é quando o local está muito gelado, tá muito frio. Na verdade, quando está abaixo de zero, normalmente tá roxo. [...]***

-70	°C	rgb(115,70,105)	[remove line]
-55	°C	rgb(202,172,195)	[remove line]
-40	°C	rgb(162,70,145)	[remove line]
-25	°C	rgb(143,89,169)	[remove line]
-15	°C	rgb(157,219,217)	[remove line]
-8	°C	rgb(106,191,181)	[remove line]
-4	°C	rgb(100,166,189)	[remove line]
0	°C	rgb(93,133,198)	[remove line]
1	°C	rgb(68,125,99)	[remove line]
10	°C	rgb(128,147,24)	[remove line]
21	°C	rgb(243,183,4)	[remove line]
30	°C	rgb(232,83,25)	[remove line]
47	°C	rgb(71,14,0)	[remove line]

Figura 4. Predefinições da escala cromática de temperaturas do Windy. **Fonte:** Windy.com. Acesso em 25/09/2022.

Ao ver locais com a temperatura azul, podemos perceber que a estudante pensa-com-TD ao fazer uma associação da sensação térmica com a cor apresentada no *software*. Esse movimento de se lançar na TD e expressar uma ligação entre cor e temperatura manifesta o eixo de ser-com-Arte-e-TD, em que o indivíduo manifesta um movimento em que o “ser” no mundo digital traz à consciência e cria elos interdisciplinares com o que experiencia. Ainda notamos nessa relação uma associação entre cores frias e temperaturas negativas, assim como, cores quentes e temperaturas acima de 10°C, uma vez que a afirmação contra positiva foi manifestada. Percebendo, então, na cor azul a impossibilidade da ligação com uma temperatura mais quente, Eduarda revela sua compreensão e apresenta uma possível explicação para a impossibilidade de uma ligação direta entre a cor azul e temperatura de 20°C. Assim, o fato da cor azul ser uma cor fria, usada para representar água e gelo artisticamente, não serviria para representar a temperatura de 20°C, isto “É, porque [...] sempre que tem azul é quando o local está muito gelado, tá muito frio”, logo, não faria sentido relacioná-la (a cor azul) com uma temperatura quente.

Nesse sentido, a solicitação do professor (É possível encontrar uma cidade com a temperatura de 20 graus e ter a cor do local ser azul?) buscou indagar as relações traçadas entre as cores e as temperaturas associadas a elas. Pela fala da estudante Eduarda depreendemos que, pela ótica dessa, a temperatura de 20°C não se associa com a cor azul, de tal forma que a cor azul indica que “tá muito frio”, diferente do que sentiria com 20°C. Mesmo que, com a fala da estudante, não consigamos precisar a temperatura exata de um local com a cor azul, inclusive porque há várias tonalidades de azul, isso não impede de matematicamente a estudante compreender que locais com a cor azul certamente tem a temperatura menores que 20°C. O comparativo entre cores e valores numéricos da temperatura garante uma forma de pensar matemático e de atribuição de sentido numérico ao valor 20 quando relacionado à temperatura do ambiente.

Ademais, Eduarda ainda faz o seguinte apontamento: “Na verdade, quando está abaixo de zero, normalmente tá roxo.” Isso evidencia que a cor roxa foi associada a

temperaturas que certamente estão abaixo de 0°C , porque normalmente foi a cor que ela encontrou em locais de temperaturas extremamente baixas, as quais condizem com a escala da Figura 4. Isso, então, nos permite interpretar que há uma associação entre tons de roxo e números negativos, os quais se referem a locais muito frios. O sentido atribuído a números negativos é condicionado à Colorimetria azul de forma acentuada, chegando à cor roxa e teria uma temperatura menor que um local com a cor azul anil, por exemplo, pois trata-se de uma temperatura com um número negativo associado e mais distante do zero, mais distante da origem.

Este excerto mostra que é possível e propício para a educação STEAM que a tecnologia participe dos processos de ensino e de aprendizagem como meio de revelação (Rosa, 2020) de sentidos e percepções que conduzem à constituição do conhecimento matemático, ou seja, ao ser, pensar e saber-fazer-com-TD, há uma potencialização no que é visto, sentido, experienciado e vivenciado com o mundo cibernético. Há uma relação cognitiva que é construtiva ao se estabelecer uma associação entre as cores, temperaturas e locais no Windy, favorecendo, a nosso ver, nesta situação, uma tendência à espontaneidade de compreensão da ordenação dos Números Inteiros (em termos de números maiores, números menores e suas respectivas cores atribuídas – frias ou quentes, mais frias ou menos frias inclusive). Logo, a nosso ver, há uma percepção empírica de Reta Numérica por parte dos estudantes, quando acessam a tabela cromática apresentada no software (Figura 4) e quando expressam em seus cadernos de aula uma tabela do menor número ao maior, conforme Figura 5.

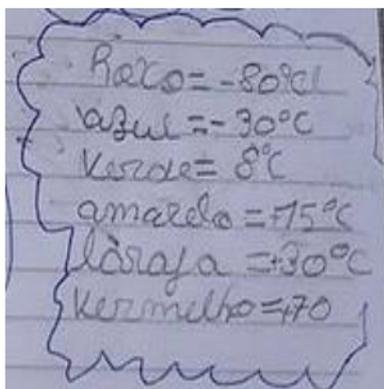


Figura 5. A escala de cores. Fonte: A pesquisa.

Esta classificação quanto às cores e às temperaturas veio da requisição de que os estudantes colocassem em ordem as cores e justificassem a escolha da ordem utilizada. Podemos notar que houve coerência na classificação, pois houve uma boa aproximação entre a classificação feita na Figura 5 e na escala padrão do aplicativo, na Figura 4. De todo modo, os sentidos dados aos Números Inteiros foram correlacionados às cores, assumindo uma escala, de modo similar a constituição de uma Reta Numérica. Empiricamente o roxo mais que azul, referiu-se aos negativos mais que números pequenos ou positivos muito próximos a zero. Para nós, a atividade de STEAM favoreceu essas relações e a atribuição de sentidos, o que favorece a constituição de conhecimento de estudantes que participam desse tipo de atividade.

Com isso, passamos às nossas considerações finais, evidenciando nossos resultados. Assumimos, então, os três eixos apresentados como modos de evidenciar indícios de resposta a nossa pergunta de pesquisa.

5. Considerações finais

A presente pesquisa buscou investigar como o conceito de números inteiros ganha sentido em uma aula de matemática na abordagem STEAM com Tecnologias Digitais. Sob a perspectiva da dimensão tecnológica, a qual evidencia a experiência com Tecnologias Digitais, defendida por Rosa (2008, 2018, 2022), analisamos nossos dados e evidenciamos três eixos, quais sejam: ser-com-Geografia-e-TD, ser-com-Física-e-TD e ser-com-Artes-e-TD. Assim, esse estudo evidencia que os sentidos que os Números Inteiros ganham por meio da abordagem STEAM com Tecnologias Digitais perpassa as relações interdisciplinares que são estabelecidas pelos estudantes no decorrer da realização das atividades. Essas relações materializam esses sentidos com a interlocução entre matemática e ciências, no caso, geografia e física, por exemplo. Essa materialidade toma forma quando os estudantes identificam e realizam a associação entre a temperatura e o número inteiro. Também, as relações entre matemática e artes emergem quando os estudantes associam cores frias e quentes com os Inteiros. Assim, a materialidade de sentidos emerge com a experiência-com-o-Windy na constituição do conhecimento matemático de forma que os Números Inteiros e sua função tornam-se “palpáveis”. Há a elaboração de técnicas para resolução de atividades, há ações de identificação com software, de reconhecimento do ambiente, de inserção nesse, de movimentação e raciocínio com esse. Há o que assumimos analiticamente como ser-com-o-Windy, pensar-com-o-Windy e saber-fazer-com-o-Windy e isso mostra as conexões com a Tecnologia Digital e seus modos de provocar sentidos lógicos e situacionais do que são e para que servem os Números Inteiros.

Analisamos, então, nossos dados sob a ótica da dimensão tecnológica, a qual assume as TD como partícipes da constituição do conhecimento matemático. Do mesmo modo, as TD são consideradas e propositivamente alocadas no processo educacional como meios de revelação (Rosa, 2020), o que as torna transversais a todo processo de emersão de sentidos na constituição do conhecimento matemático sobre Números Inteiros. A saber, o software usado em sua engenharia aloca as temperaturas, as cores e as localizações no mapa-múndi em tempo real. Nesse sentido, não é um software educacional propriamente dito, mas, na abordagem didático-pedagógica proposta com ele, então, se torna educacional. A intencionalidade na produção das atividades-matemáticas-com-TD (Rosa & Mussato, 2015; Mussato & Rosa, 2019), sob a abordagem STEAM, proporciona aberturas de sentidos e relações possíveis de serem manifestadas. A cor, a temperatura e a localização geográfica estão no software, mas precisa de uma movimentação propositiva docente em buscar experienciar os horizontes pedagógicos antevistos com a TD. Nosso movimento de produção das atividades, ancora-se na dimensão tecnológica da concepção de forma/ação com professor² denominada Cyberformação (Friske & Rosa, 2019; Friske & Rosa, 2021a, 2021b), a qual estima o papel das TD como partícipes do processo de constituição do conhecimento. Dessa forma, nosso movimento nesta pesquisa possibilitou desde a constituição das atividades com o Windy até sua realização em sala de aula, perceber as ações de ser, pensar e saber-fazer-com-TD, de modo que tais ações, a nosso ver, favoreceram nossa própria forma/ação, bem como a forma/ação dos estudantes, uma vez que a articulação das áreas do conhecimento previstas na abordagem STEAM foram favorecidas e potencializadas pela própria área de Tecnologia. Logo, a Matemática, a Ciências (Geografia e Física) e as Artes se atravessaram, fluíram, se misturaram por meio de uma

² O gênero neutro é propositalmente atribuído na sua concepção teórica como marcador social e político de equidade de gêneros (Rosa, 2022).

prática embasada na experiência com Tecnologias como princípio. Embora saibamos que todas as áreas poderiam ser ainda mais exploradas, inclusive com maior profundidade, trazemos indícios de atividades proporcionadas em dois encontros somente. Isso gera o ímpeto de continuarmos, de fazermos uma maior exploração da Arte, por exemplo. Sabemos que Arte é muito mais do que a relação com cores, mas, não poderíamos deixar de assumir essa relação também como Arte, uma vez que faz parte da Colorimetria e foi um dos dados que emergiram naturalmente em relação a Números Inteiros. É importante, então, que cada professor atente que a abordagem STEAM realizada por meio de algumas atividades não conseguirá em um curto espaço de tempo aprofundar um determinado assunto. Ou seja, cores não resumem a Arte, assim como, a localização não resume a Geografia e a temperatura não resume a Física, mas a importância de tratar essas temáticas interligadas na aula de matemática com Números inteiros é o que se evidencia como provocador da educação matemática propriamente dita. Relações, conexões, sentidos emergentes à matemática, possibilitam um modo de pensar que não é mecânico, autômato e reprodutivo.

Os Números Inteiros (Matemática) podem ganhar sentido matemático, quando os estudantes comparam temperaturas entre diferentes locais, quando identificam que a movimentação para diferentes pontos da Terra (Geografia) implica em uma mudança significativa de temperatura (Física) e quando, por sua vez, essas comparações e mudanças são condicionadas por uma escala de cores (quente e frias) (Arte) percebidas por meio de Tecnologias Digitais (Tecnologia). Nessa pesquisa isso aconteceu, então, os sentidos atribuídos ao tópico matemático Números Inteiros se mostraram nas relações entre as variações de temperatura bem como na classificação de cores e temperaturas.

Ademais, compreendemos que a importância deste trabalho é marcada pelo fato de percebermos a interdisciplinaridade se materializando em diversos momentos que articularam as áreas da STEAM. Com alguns recortes apenas, acreditamos que conseguimos apresentar que a Ciência, a Arte, a Matemática e a Tecnologia puderam fazer trocas simultâneas durante nossas atividades projetadas e realizadas com base na dimensão tecnológica. Afirmamos também que compreendemos que a educação STEAM se mostra frutífera na promoção da constituição do conhecimento por meio de práticas interdisciplinares que não assumam as TD de forma instrumental (ferramenta e prótese), mas de forma reveladora, ou seja, como meio de revelação, entendendo-as como meios e partícipes do processo educacional.

6. Referências bibliográficas

- Arcoverde, R. D. L. (2007). Prática de letramento no ambiente digital. *Revista Língua Escrita*, (2). Bianchini, E. Matemática: 6a série. São Paulo: Moderna, 1991.
- Bacich, L., & Holanda, L. (2020). STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica. Ed. Penso.
- Birt, J., & Cowling, M. (2017). Toward future'mixed reality'learning spaces for STEAM education. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 25(4).
- Bogdan, R. C. & Biklen, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329(5995), 996-996.

- Bulla, F. D., & Rosa, M. (2017). O Design de Tarefas-Matemáticas-com-Realidade-Aumentada: uma autorreflexão sobre o processo. *Acta Scientiae*, 19(2).
- Capobianco, L. (2010). Comunicação e literacia digital na internet: estudo etnográfico e análise exploratória de dados do Programa de Inclusão Digital AcessoSP-ONLINE [Tese de Doutorado], Universidade de São Paulo).
- Castro-Alonso, J., Ayres, P. & Paas, F. (2015). The Potential of Embodied Cognition to Improve STEAM Instructional Dynamic Visualizations. In: Ge, X., Ifenthaler, D., Spector, J. (eds) *Emerging Technologies for STEAM Education. Educational Communications and Technology: Issues and Innovations*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02573-5_7
- Cavalheiro, M. (2020). A arte e sua potencialidade na abordagem STEAM.
- Costa, M. M. A. F. F. da. (2020). Social STEAM Maker, do digital ao barro: tecnologia social, integrativa e prática para o ensino médio. 185f. Tese (Educação, Arte e História da Cultura) -Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.
- Friske, A. L., & Rosa, M. (2019). Formação com Professores por meio da Construção de Atividades-Matemáticas-com-Memes. *Simpósio+ Exposição MUSEUdeMEMES: a política dos memes e os memes da política*, 1(2019), 233-247.
- Friske, A., & Rosa, M. (2021a). Memes, Matemática e formação com professores/professoras: uma perspectiva sociopolítica. *Revista de Educação Matemática*, (18), 14.
- Friske, A. L., & Rosa, M. (2021b). Cybereducación: discutir el habitus de los profesores en un contexto de producción de actividades-matemáticas-con-memes. *Paradigma (Maracay)*. Vol. 42, n. 2 (dez. 2021), p. 206-225.
- Japiassu, H. Interdisciplinaridade e patologia do saber. Imago Editora, 1976.
- Lavicza, Z., Fenyvesi, K., Lieban, D., Park, H., Hohenwarter, M., Mantecon, J. D., & Prodromou, T. (2018). Mathematics learning through Arts, Technology and Robotics: multi-and transdisciplinary STEAM approaches. In *East Asia Regional Conference on Mathematics Education*. National Taiwan Normal University.
- Kang, N. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea, *Asia-Pacific Science Education*, 5(1), 1-22. doi: <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0034-y>
- Mussato, S., & Rosa, M. (2019). Cyberformação e o design de atividades-matemáticas: cultura, contextos e horizontes que se desvelam. *Revista Eletrônica de Educação Matemática. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2019. Vol. 14, n. 1 (2019) p. 1-20.*
- Prensky, M. (2001). Nativos digitais, imigrantes digitais. *On the horizon*, 9(5), 1-6.
- Rosa, M. (2008). A Construção de identidades online por meio do Role Playing Game: relações com o ensino e aprendizagem de matemática em curso à distância. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/gpimem/downloads/teses/rosa%20m%20doutadodo.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- Rosa, M. (2018). Tessituras teórico-metodológicas em uma perspectiva investigativa na Educação Matemática: da construção da concepção de Cyberformação com

professores de matemática a futuros horizontes. Abordagens teóricas e metodológicas nas pesquisas em Educação Matemática. Brasília: Sociedade Brasileira de Educação Matemática.

Rosa, M. (2022). Cyberformação com professorias de matemática: a compreensão da héxis política à pedagogia queer. In.: A. C. Esquinalha (ed.). Estudos de Género e Sexualidades em Educação Matemática: tensionamentos e possibilidades. Brasília: SBEM. Ebook. Disponível em: <http://www.sbembrasil.org.br/sbembrasil/index.php/publicacoes/colecao-sbem>. Acesso em 20 ago. 2022.

Rosa, M., Bairral, M., Gitirana, V. & Borba, M. (2018). Digital Technologies and Mathematics Education: Interlocutions and Contributions Based on Research Developed in Brazil. In: Ribeiro, A., Healy, L., Borba, R., Fernandes, S. (eds) Mathematics Education in Brazil . Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93455-6_7

Rosa, M., & Bicudo, M. A. V. (2018). Focando a constituição do conhecimento matemático que se dá no trabalho pedagógico que desenvolve atividades com tecnologias digitais. *Ser professor com tecnologias: sentidos e significados*. São Paulo: Cultura Acadêmica Editora, 13-44.

Rosa, M. & Caldeira, J. P. S. (2018). Conexões Matemáticas entre Professores em Cyberformação Mobile: como se mostram? *Bolema: Boletim de Educação Matemática* [online], 32 (62), pp. 1068-1091. <<https://doi.org/10.1590/1980-4415v32n62a16>>

Rosa, M., & Mussato, S. (2015). Atividade-matemática-com-Tecnologias-Digitais-e-contextos-culturais: investigando o design como processo de Cyberformação com professores de matemática. *Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática*, 8(4).

Rosa, M., Pinheiro, R. P. (2020). Cybereducation with Mathematics Teachers: Working with Virtual Reality in Mathematics Activities. In: Viggiani Bicudo, M. (eds) Constitution and Production of Mathematics in the Cyberspace. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42242-4_8

Silva, S. F. (2021). Educação matemática e abordagem STEAM: números inteiros e a busca por sentidos. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Matemática.

Schuster, P. E. S., & Rosa, M. (2021). Realidade aumentada e a cyberformação de uma professora de matemática: pontos críticos de funções de duas variáveis. *Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática*. São Paulo, SP. 14 (2), pp. 130-141.

Souza, M. F. D., & Rosa, M. (2021). Cyberformação, produtos cinematográficos e produção de aulas de matemática: em busca de uma educação matemática libertadora. *Educação Matemática em Revista*, 27(71), 72-95.

Taljaard, J. (2016). A review of multi-sensory technologies in a science, technology, engineering, arts and mathematics (STEAM) classroom. *Journal of learning Design*, 9(2), 46-55.

Samuel Fraga da Silva – Licenciado em Matemática pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2021). Atualmente é professor de Matemática do Colégio Marista Graças, em Viamão, e Colégio Farroupilha, atuando no laboratório de Matemática, em Porto Alegre (RS), Brasil. samu.fraggs@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3161-7359>, Brasil

Maurício Rosa - Doutor em Educação Matemática pela Universidade Estadual Paulista – Unesp (2008, Rio Claro - SP). Atualmente é professor da Faculdade de Educação, Departamento de Ensino e Currículo e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). É bolsista de produtividade em pesquisa CNPq-PQ2. Assim, agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro (Processo: 311858/2021-0). mauriciomatematica@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9682-4343> , Brasil.