

Transnumeração em contexto STEM: Um cenário de aprendizagem desenvolvido por futuros professores com alunos do 8.º ano

Transnumeration in STEM context: A learning scenario developed by prospective teachers with 8th grade students

Ana Henriques e Hélia Oliveira

Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, Portugal

Resumo

Este estudo, realizado no âmbito de uma experiência de formação inicial, centrou-se nas atividades de transnumeração dos alunos que decorreram da aplicação de um cenário de aprendizagem, numa perspectiva de articulação de estatística e física, com base numa tarefa de investigação explorada com recurso ao *TinkerPlots*. Os dados recolhidos através das resoluções escritas dos alunos da tarefa, dos registos do seu trabalho no *TinkerPlots* e as gravações vídeo das discussões coletivas da tarefa, analisados qualitativamente, revelam que os alunos tendem a usar progressivamente a transnumeração de forma apropriada e intencional, tirando partido das potencialidades do *software*, para apoiar a interpretação de dados e obter evidência para as suas inferências. Estes resultados permitem refletir sobre a preparação dos futuros professores para lecionarem em contextos STEM.

Palavras-chave: Representação de dados, STEM, cenário de aprendizagem, formação inicial de professores

Abstract

This study, carried out as part of a pre-service teacher experience, focused on students' activities of transnumeration that resulted from implementing a learning scenario, in a perspective of articulation of statistics and physics, based on an inquiry task explored with *TinkerPlots*. Data collection include the students' written work on the task, the records of their work with the *TinkerPlots*, and the video recording of the collective discussions of the task. A qualitative analysis of data show that students tend to progressively use transnumeration in an appropriate and intentional way, taking advantage of the software's potential to support data interpretation and to obtain evidence for their inferences. These results allow us to reflect on the preparation of future teachers to teach in STEM contexts.

Keywords: Data representation, STEM, learning scenario, pre-service teacher education

1. Introdução

O desenvolvimento do raciocínio estatístico dos alunos tornou-se uma prioridade na educação estatística, respondendo à necessidade de preparar os alunos do século XXI para terem sucesso na atual sociedade de informação (Batanero, Burrill e Reading, 2011; Franklin et al., 2007). Pelas suas características, o raciocínio estatístico tem uma clara dependência de uma representação adequada dos dados para apoiar a tomada de decisões e a argumentação, processo que se tem revelado problemático para os alunos (Chick, 2003). Compete à escola repensar os métodos de ensino e recursos usados na educação estatística, proporcionando aos alunos oportunidades para desenvolverem a sua capacidade de analisar dados e de usá-los de forma efetiva e crítica na previsão e tomada de decisões importantes nos mais diversos campos do conhecimento, facilitando a compreensão do mundo em que vivem (Fitzallen et al., 2018).

Uma possível abordagem pedagógica para promover a aquisição de tais competências é o uso de cenários de aprendizagem que promovam a integração das ciências e da

matemática com tecnologia (Fitzallen et al., 2018). Estes autores defendem que trabalhar numa perspetiva de STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) pode ser significativa para o raciocínio estatístico, dado o seu potencial para alterar as atitudes dos alunos em relação à estatística e para aprofundar a sua compreensão sobre o propósito e a utilidade dos dados na criação do significado do mundo real, um aspeto sugerido nos documentos curriculares mas que tem sido pouco valorizado na educação estatística. Apesar da atual ênfase na educação STEM e nas suas potencialidades para a aprendizagem dos alunos, a sua natureza aberta e interdisciplinar torna a sua implementação difícil e, em particular, não é comum a consideração de representações de dados e referências específicas ao raciocínio estatístico nas atividades STEM para a sala de aula (Lesseig, Slavit e Nelson, 2017).

Sendo a atuação dos professores determinante na promoção das aprendizagens dos alunos, será necessário contar com professores com uma formação adequada para utilização desta abordagem. Portanto, é essencial que os futuros professores (FP), na sua formação inicial, se envolvam em atividades que melhorem a sua confiança e eficácia no desenvolvimento de cenários de aprendizagem em contextos de educação STEM (Ní Ríordáin, Johnston e Walshe, 2016).

Apesar de alguns autores discutirem a aprendizagem dos alunos e a formação de professores em contextos STEM (por exemplo, Ní Ríordáin, Johnston e Walshe, 2016), são necessários estudos empíricos que documentem os benefícios que os alunos retiram de cenários de aprendizagem em contextos de STEM envolvendo tópicos estatísticos (Huey et al., 2018). Refletindo estas preocupações, este estudo decorre de uma experiência de formação de professores, envolvendo FP de matemática e de física e química, em que estes planearam, conjuntamente com as formadoras, e lecionaram um cenário de aprendizagem numa perspetiva de articulação de duas áreas, estatística e física, no 8.º ano, tendo por base uma tarefa de investigação com recurso a tecnologia e que requer tomada de decisão e argumentação com base em dados. Após termos analisado as perspetivas dos FP sobre o papel da estatística no referido cenário de aprendizagem (Oliveira, Henriques e Baptista, em publicação), neste estudo centramonos na atividade dos alunos no que respeita à Estatística, neste contexto. Em particular, analisamos as ações de transnumeração utilizadas por alunos do 8.º ano quando recorrem ao *software TinkerPlotsTM* (Konold e Miller, 2005) na exploração de uma tarefa de investigação.

2. Transnumeração em contexto STEM

O uso de contextos STEM em experiências de aprendizagem em sala de aula tem sido reconhecido como favorável para a aprendizagem dos alunos (Berlin e Lee, 2005). Em particular, as atividades de integração STEM têm o potencial de incorporar a educação estatística em contextos significativos para os alunos, sendo que muitas dessas atividades requerem e simultaneamente incentivam-nos a criar representações gráficas e a interpretá-las para apoiar a formulação de inferências e argumentos com base em dados (Fitzallen et al., 2018).

As abordagens que envolvem raciocínio com base em dados dependem de uma grande diversidade de representações que sustentem a compreensão e favoreçam a comunicação de ideias. Contudo, o uso de diferentes representações pode destacar ou ocultar características de uma situação, determinando a identificação de possíveis tendências e a formulação de inferências, e representações efetivas só são possíveis se

os dados forem transformados adequadamente (Chick, 2003). Assim, a eficiência das representações para uma comunicação bem-sucedida de dados depende do conhecimento dos alunos sobre: (i) os tipos de representação que são úteis; e (ii) um conjunto de operações específicas para transformar dados que conduzam a tais representações ou para alterar a sua estrutura, tornando-as convincentes em termos da evidência e significados de relações estatísticas que se obtém dos dados, processo comumente referido como *transnumeração* (Wild e Pfannkuch, 1999).

Chick (2003) relata que, para obter uma representação adequada e eficaz, é preciso progredir através de quatro fases interligadas, nas quais os dados são transformados, e que incorporam o processo de *transnumeração*: (1) tomar uma decisão sobre qual a mensagem a transmitir a partir dos dados; (2) determinar qual o tipo de representação necessária; (3) escolher um método para transformar os dados; e (4) usar os dados transformados na terceira etapa numa representação. O autor acrescenta, ainda, que as fases da transnumeração de escolha da representação e de transformação dos dados podem depender de uma fase inicial de identificação da mensagem nos dados. Na sequência, Chick (2004) propôs um conjunto de técnicas de transnumeração que facilitam a representação de dados, algumas das quais são: ordenar, agrupar, cálculo de frequências, proporções ou de medidas estatísticas e a representação gráfica.

Estes estudos (Chick, 2003, 2004) também apontam que a escolha da representação em tarefas de análise de dados tem-se mostrado problemática e o processo de transnumeração de representar dados pode ser mais difícil do que o processo de interpretação dos dados. O autor refere que muitos estudantes não usam representações estatísticas, gráficas ou de outra forma para apoiar as afirmações que fazem sobre o que os dados em análise mostram e uma das razões para que a representação de dados seja problemática decorre de uma falta de entendimento de como representar diferentes tipos de dados adequadamente. Portanto, como recomendado nos documentos curriculares para o ensino da Estatística (Franklin et al., 2007; NCTM, 2000), é necessário dar especial atenção à representação dos dados para orientar os alunos a compreenderem como organizar os dados de modo a permitir-lhes realizar uma análise adequada para responder às questões formuladas ou tirar conclusões. Outros autores também expressam a necessidade de proporcionar oportunidades aos alunos para criarem as suas próprias representações como ferramentas para a compreensão de dados, sem estarem limitados a representações padrão (Russell, 1991).

A natureza das experiências que se proporcionam aos alunos através das tarefas a explorar e das abordagens a adotar é um elemento determinante para as suas aprendizagens. Nesse sentido, diversos estudos enfatizam a natureza aberta e desafiante das tarefas como uma característica que promove o uso de múltiplas representações e estratégias de resolução e conseqüentemente o raciocínio estatístico dos alunos (Garfield e Ben-Zvi, 2010; Henriques e Oliveira, 2016). Estes autores valorizam a realização de investigações em contextos diversificados e tirando partido da riqueza de dados reais e dos recursos tecnológicos atualmente disponíveis, sobretudo educacionais. Ao experienciarem a estatística como um processo investigativo para resolver problemas reais, os alunos são motivados a colocar as suas próprias questões (hipóteses) sobre um fenómeno significativo, a usar um plano para recolher dados apropriados (que podem já estar disponíveis), a seleccionar métodos gráficos e numéricos adequados para os analisar e, a partir dessa análise, formular conclusões e inferências (Franklin et al, 2007). Deste modo, o ciclo de investigação estatística (Wild e Pfannkuch, 1999) permite aprofundar a compreensão do propósito e utilidade dos dados para dar significado ao

mundo real (Zieffler et al., 2008).

As abordagens orientadas para a exploração de dados podem beneficiar do uso da tecnologia, particularmente dos ambientes dinâmicos de aprendizagem estatística, como o *TinkerPlots* (Chance et al., 2007), apoiando o raciocínio estatístico dos alunos e dando-lhes oportunidade de exibirem “novas formas de expressividade” (Hegedus e Moreno-Armella, 2009, p. 397). O uso de ferramentas dinâmicas, nomeadamente as suas capacidades representacionais, permite que os alunos explorem informalmente um conjunto de dados para formularem conjeturas e que depois usem os resultados experimentais para as testar e modificar (Makar e Confrey, 2008). Quando trabalham com o *TinkerPlots* os alunos também têm oportunidade de desenvolver o que English (2014) refere como competência meta-representacional pois criam e recriam uma variedade de representações que são significativas para eles, para darem sentido aos dados através da sua manipulação e observando de imediato os resultados, e criticam e comparam a adequabilidade de tais representações para obter evidências e retirar conclusões a partir dos dados. As potencialidades de um *software* estatístico dinâmico para apoiar uma transnumeração apropriada, segundo Lee et al. (2014), incluem a capacidade de realizar com a tecnologia diversas ações de transnumeração que os autores categorizaram em: (i) criar e visualizar representações de dados e medidas estatísticas; (ii) articular representações de forma dinâmica; e (iii) melhorar representações gráficas através de acréscimos. Ben-Zvi (2006) sugere que os alunos usam o *TinkerPlots* não apenas como uma ferramenta de representação mas também como uma ferramenta de argumentação, para expressar suas ideias para os outros, quando desafiados a desenvolver um argumento baseado em evidência para as suas respostas.

Por fim, diversos estudos têm sugerido introduzir atividades de planificação e implementação de cenários de aprendizagem envolvendo contextos STEM, nos programas de formação inicial de professores (por exemplo, Kim e Bolger, 2017). Estes autores mostraram que a experiência de desenvolver planos de aula STEM trouxe aprendizagens significativas para os FP nesta temática, nomeadamente: conhecimento dos tópicos; perceção da sua capacidade para criar materiais para a educação STEM; confiança e compromisso para implementar aulas de integração STEM na sua futura prática; perceção do potencial da educação STEM para tornar a aprendizagem significativa, permitindo aos alunos ver a conexão entre as Ciências e a Matemática e seu uso na vida quotidiana; e perceção da necessidade de usar o trabalho colaborativo para realizar essa integração. Brown e Bogiages (2017) enfatizam que, para serem efetivos na integração das duas áreas, os professores de matemática precisam estar cientes do potencial das ciências para fornecer contextos significativos para a realização de diversas atividades, por exemplo, investigações estatísticas. Da mesma forma, os professores de ciências, para implementarem investigações e argumentação científica nas suas aulas, precisam estar cientes dos laços estreitos entre essas atividades e as ferramentas estatísticas para a tomada de decisões.

3. Contexto e metodologia

3.1. Cenário de aprendizagem e participantes

Este estudo foi realizado no âmbito de uma experiência de formação, com 10 FP de física e química ($n = 4$) e de matemática ($n = 6$) que frequentavam o 1.º ano do mestrado para o ensino que habilita para a docência do 3.º ciclo e ensino secundário, nas

respetivas áreas. Os FP, organizados em grupos mistos de três ou quatro elementos, e em colaboração com as formadoras¹, desenvolveram um cenário de aprendizagem assente numa perspetiva de articulação das duas áreas científicas, tendo por base uma tarefa de *inquiry* designada “O degelo no Alasca”. A tarefa tem um contexto real (figura 1), baseado num concurso anual que ocorre numa região no Alasca, e solicita aos alunos que formulem conjecturas sobre o degelo num certo rio e procurem uma resposta com base em dados estatísticos disponíveis e explorados usando o *TinkerPlots*, e que apresentem argumentos científicos para as suas respostas.

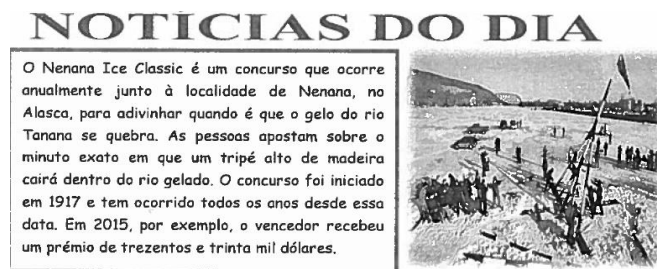


Figura 1. Contexto da tarefa “O Degelo no Alasca”

O cenário foi levado à prática pelos FP em três aulas (um grupo por aula), numa turma do 8.º ano, com o apoio da professora de física e química da turma e de uma das formadoras. Estas aulas abordaram diversos tópicos das duas áreas disciplinares, sendo os da Estatística, representação gráfica e interpretação de dados estatísticos; medidas de tendência central; e investigação estatística (sem recolha de dados), com os objetivos específicos de integrar conceitos estatísticos e físicos, para compreender o fenómeno do degelo; analisar, tratar, representar graficamente e interpretar dados, recorrendo ao *TinkerPlots*; fazer previsões, apresentar argumentos e contra-argumentos científicos para fundamentar a sua posição. Ao longo das aulas, os alunos do 8.º ano trabalharam de forma autónoma e em pequenos grupos (G1 a G12), ao utilizarem o *TinkerPlots*, recurso com que já estavam familiarizados. Após o trabalho autónomo dos alunos, em cada aula, ocorreu uma discussão em grupo turma para promover os processos de argumentação que são centrais na tarefa.

3.2. Metodologia

O estudo segue uma metodologia qualitativa interpretativa (Erickson, 1986). Os dados foram recolhidos através das resoluções escritas dos alunos da tarefa, dos registos digitais das suas resoluções no *TinkerPlots* e também das gravações áudio e vídeo das discussões coletivas geridas por cada um dos grupos de FP no final das aulas, após a realização de cada uma das partes da tarefa. A análise de dados centra-se nas ações de transnumeração (Chick, 2003) utilizadas pelos alunos na exploração da tarefa com o *software* para realizarem inferências (formulando previsões) e apoiarem a sua argumentação. A seguir apresentamos os resultados da análise organizados por aula lecionada, correspondendo cada uma delas ao trabalho em torno de uma parte da tarefa, apoiados em excertos do trabalho dos alunos, fazendo uma breve contextualização do modo como a tarefa foi introduzida e discutida coletivamente.

¹ As formadoras foram as autoras do texto e a Professora do Mestrado de Física e Química que participou na experiência de formação.

4. Resultados

4.1. Aula 1 (Parte I da tarefa)

Uma das FP do grupo responsável por esta aula inicia-a com a apresentação da tarefa aos alunos, informando-os sobre o trabalho a realizar nas três aulas previstas para a sua resolução. Prevendo algumas dificuldades na interpretação do enunciado da tarefa, onde se descreve o concurso *Nenana Ice Classic*, as FPs tentam garantir que todos os alunos o compreendem e reconhecem o seu contexto como uma situação real. Por exemplo, apresentam um vídeo para apoiar a visualizar e compreender como objetivamente é definido o momento em que se dá a quebra do gelo no rio, descrito na tarefa, e que está na origem dos dados recolhidos desde 1917, disponibilizados no *TinkerPlots*.

Os alunos iniciam a exploração da tarefa registando as suas respostas intuitivas à questão: *Em que altura do dia vamos apostar [para a quebra do gelo]?*. Todas as respostas dos alunos situam a quebra do gelo num momento após as 12h, quando a temperatura está mais alta. A seguir, os alunos exploram os dados no *TinkerPlots*, tendo oportunidade de formular argumentos e inferências baseados em dados, para responder à mesma questão. Para que reconheçam a necessidade dos dados para as inferências são solicitados a completar a seguinte frase: “Os dados recolhidos indicam que... porque...”. Como os cartões dos dados já se encontravam disponíveis no *TinkerPlots*, a criação desta representação de dados não foi considerada uma ação de transnumeração dos alunos, mas o seu uso foi considerado na análise quando os alunos os utilizam para fazer articulações entre dados e gráficos.

Todos os alunos seleccionam corretamente a variável ‘hour’ e criam uma representação com base no gráfico de pontos, como as que se observam na figura 2. Esta opção pode ser adequada para responder a uma questão simples, como o momento do dia em que em que o degelo ocorre mais frequentemente, mas são as ações de transnumeração sobre as representações que permitem obter uma resposta fundamentada. A maioria dos alunos arrasta os pontos do gráfico para os representar numa escala contínua, permitindo-lhes visualizar a distribuição dos dados pelas horas do dia (figura 2).

A transnumeração realizada por grande parte destes alunos, exemplificada na figura 2(G8), envolveu organizar e empilhar os dados, para facilitar a identificação visual da hora em que o degelo ocorreu mais vezes nos 100 anos em análise que os alunos reconhecem corretamente como a moda. Por exemplo, com base nesta representação, há alunos que respondem que “A partir dos dados recolhidos podemos concluir que dá-se o degelo em maior número às 15 horas” porque “a partir do gráfico que fizemos reparámos que às 15h repete-se mais vezes do que as outras horas” (G11). Outros, baseados na mesma representação, afirmam que “é às 15h00 que o gelo se quebra” porque a partir do gráfico conseguiram visualizar que “a moda que era 15h00” (G1).

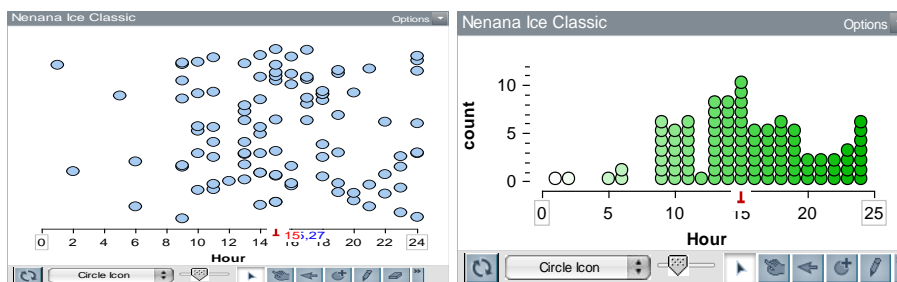


Figura 2. Gráficos de pontos com escala contínua e resumos estatísticos (G12;G8)

Para além disso, uma parte significativa dos alunos adicionou um ou mais resumos estatísticos dos dados às suas representações. As medidas estatísticas mais usadas nesta ação de transnumeração foram percentagens, média e mediana, sobrepostas no gráfico. Nalguns casos, como por exemplo o apresentado na figura 2(G8), os alunos simplesmente adicionaram os símbolos icónicos para a média ou mediana, sem uma intencionalidade de uso, uma vez que a organização que fizeram dos dados lhes permitiu responder a partir da interpretação visual dos gráficos. Noutros casos, os alunos adicionaram também o valor da medida ao respetivo símbolo, como observado na representação da figura 2(G12). Estes alunos, apesar de terem optado por uma escala contínua, não organizaram os dados e, como tal podem ter sentido necessidade de recorrer a medidas estatísticas (média e mediana), para apoiar a sua resposta. No entanto, a argumentação que apresentam, “calculámos a média e a mediana e deu às 15h00”, não clarifica a seleção de ambas as medidas nem porque consideram a mediana na resposta.

Na generalidade dos casos em que os alunos criam gráficos de pontos com escala intervalar, como os exemplificados na figura 3, as suas respostas refletem essa organização ao estabelecerem um intervalo de tempo para a ocorrência do degelo, ao invés de uma hora em que deveriam apostar: “Ao observar o gráfico podemos concluir que a hora em que o tripé poderia cair é entre as 12:00 e as 15:00” (G9).

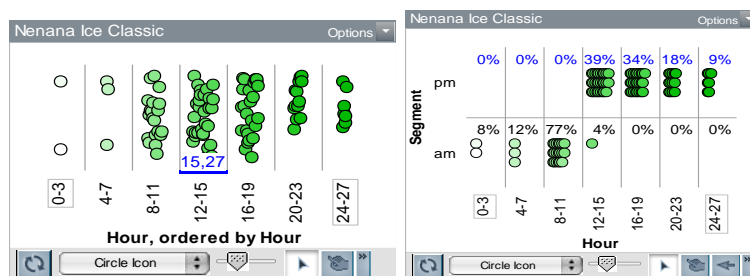


Figura 3. Gráficos de pontos com escala intervalar e resumos estatísticos (G9; G2)

Contudo, a amplitude dos intervalos de escala criados pelos alunos para representar os dados é diversificada e as suas respostas não evidenciam uma intencionalidade para a amplitude selecionada, tal como por vezes acontece com as medidas estatísticas que adicionam às suas representações. Por exemplo, o G9, apesar de ter incluído a média dos dados na sua representação (figura 3) não a utiliza na sua argumentação, baseando-se apenas na quantidade de dados que visualiza: “através do gráfico observamos que a maior parte dos dados encontram-se reunidos entre as 12 e as 15”. Na sua representação (figura 3), o G2 realiza diversas ações de transnumeração, entre as quais a adição de percentagens e de uma segunda variável (*Segment*). A sua resposta “A melhor hora é o intervalo de tempo das 12h a 15h” tem por base a observação do intervalo de tempo com maior percentagem de ocorrências, que associam à moda, mas a justificação “Nós utilizámos o gráfico de círculos e vimos a moda que era 15h00” está focada numa hora exata, evidenciando uma incorreta interpretação do intervalo correspondente ao segmento *pm* que inclui as 13h e 14h.

Na discussão coletiva realizada no final da aula, após o trabalho dos alunos, as FP procuram perceber e promover o raciocínio estatístico dos alunos envolvido na análise dos dados. Solicitam aos alunos a partilha e justificação das suas respostas, focando-os na interpretação das diversas representações que emergem das ações de transnumeração realizadas pelos alunos, como mostra o diálogo seguinte:

FP: Depois de fazerem a análise no *TinkerPlots*, o que é que vocês acham? Ou seja, os dados indicam que...

Diogo: Que o intervalo é entre o meio-dia e as 3 horas.

FP: Todos estão de acordo com o Diogo?

Aluna: Mais vezes às 15 horas.

FP: E esta ideia, toda a gente está de acordo? E porquê?

Aluna: Porque tem mais bolas.

(...)

FP: Alguém disse que estava na média. Quem mais usou a média? E eu sei que usaram outras medidas. Quem usou outras medidas?

Aluno: Somamos os valores e depois dividimos por todos os valores. A moda é o valor que aparece mais vezes.

As FP usaram esta intervenção para discutir também conceitos, pedindo aos alunos para explicarem o significado da média e da moda que alguns tinham incluído nas suas representações. O aluno que respondeu dá uma explicação procedimental da média, o que pode ter contribuído para a já referida dificuldade comum em usar este conceito na argumentação. Uma vez que poucos alunos criaram mais do que uma representação dos dados e mesmo estes não tiraram partido de uma articulação estática ou dinâmica entre elas, na discussão são ainda desafiados a realizarem ações de transnumeração e conexões entre representações: “Quantas pessoas aqui fizeram um gráfico? Quantos grupos fizeram um gráfico e acharam que era suficiente? Quantos grupos fizeram dois gráficos? Quem fez mais do que dois? Para respondermos a uma questão devemos ficar por um gráfico ou devemos tentar fazer mais? E chegaram à conclusão que todos serviam ou um era melhor do que os outros?”.

4.2. Aula 2 (Parte II da tarefa)

A questão “*Em que mês apostarias [para a ocorrência da quebra do gelo]?*” é semelhante à questão colocada na parte I da tarefa, requerendo igualmente que os alunos completem a frase “Os dados recolhidos indicam que... porque...”, mas agora focada na variável mês. Nas suas respostas intuitivas a esta questão, os alunos foram unânimes em apostar “na época de verão (...) nos meses de junho, julho e agosto” (Ricardo Estrela e Pedro Patinho), por estar mais calor, baseados no conhecimento comum. Apenas um dos grupos (G10) apostou em “novembro”, por se ter equivocado na localização do Alasca, mas usa um argumento semelhante explicando “por ser verão no Alasca”.

No entanto, as representações criadas pelos alunos, ao explorarem os dados com o *TinkerPlots* para responderem a esta questão, são mais diversificadas e intencionais do que as usadas anteriormente na resolução da parte I da tarefa. Para além disso, um número significativo de alunos também criou e articulou intencionalmente mais do que uma variável e/ou representação para justificar a sua resposta, revelando que consideraram o questionamento e o desafio das FP na discussão da aula anterior.

Os alunos começam por selecionar corretamente a variável ‘*month*’ para criarem gráficos de pontos e arrastam-nos para os separar em duas secções correspondentes às duas cores de pontos que observam no gráfico e que reconhecem estarem associadas aos dois meses (abril e maio) em que há registos da ocorrência do degelo. Esta situação é

evidente na resposta do grupo G12, com base na sua representação da figura 4, quando referem que “desde 1917 até 2016 o degelo ocorreu sempre em abril ou maio” porque “com ajuda do *TinkerPlots* criámos um gráfico onde mostra os meses de degelo”. Contudo, estas alunas não usam mais ações de transnumeração sobre a representação nem indicam um mês mais provável para a ocorrência do degelo, ainda que seja facilmente observável no gráfico um maior número de ocorrências em maio.

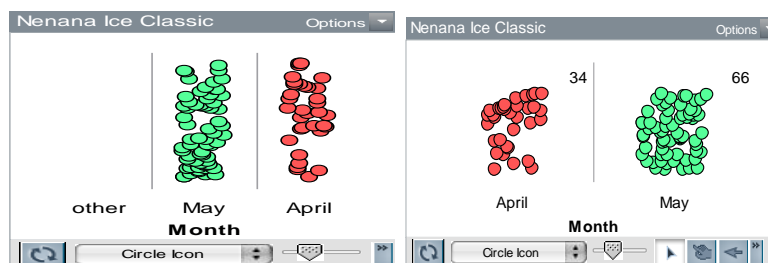


Figura 4. Gráficos de pontos para a variável ‘month’ (G12;G4)

Todos os restantes alunos responderam que o degelo iria ocorrer no mês de maio, tendo por base as representações já apresentadas na figura 4 e também as apresentadas na figura 5, que resultam de ações de transnumeração, o que parece evidenciar a sua utilidade. Por exemplo, os alunos do G8 justificam a aposta em “maio” porque “de acordo com o gráfico o mês de maio obteve maior número de dados que o mês de abril”. Nestas representações os alunos organizam os dados e adicionam outros elementos facilitadores da sua interpretação, como as frequências (absolutas ou relativas).

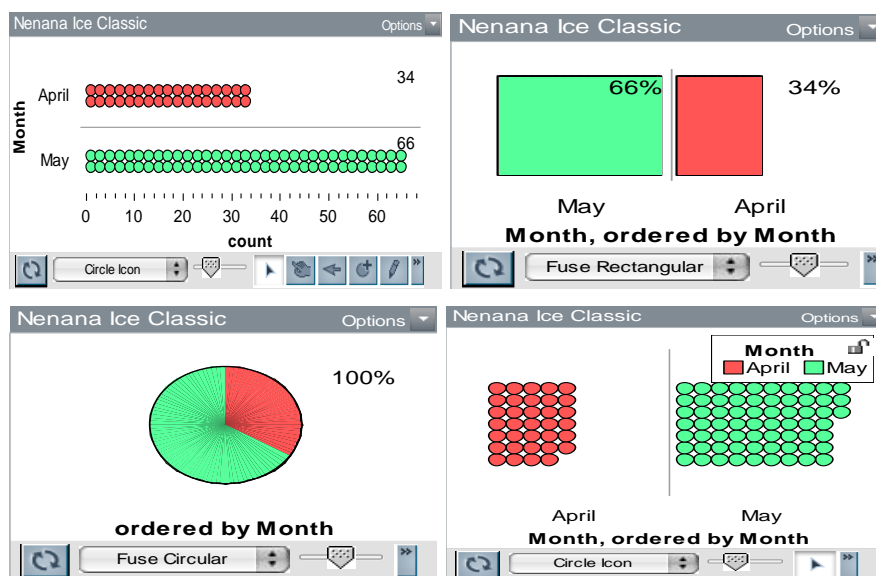


Figura 5. Representações para a variável ‘month’ (G1;G1;G1;G8)

É de salientar, ainda, que diversos grupos de alunos criaram mais do que uma representação para fundamentarem a sua resposta a esta questão da tarefa. Por exemplo, as alunas do G1 afirmam que “Nós conseguimos obter a nossa resposta a partir dos três gráficos [figura 5]. De acordo com o gráfico circular, de barras e de contagem, concluímos que maio é o mês em que o tripé caiu mais vezes”. No entanto, não fica claro qual o contributo de cada uma das representações e como as articulam para obter a resposta.

Outros alunos fizeram uma análise muito interessante dos dados articulando as representações acima referidas com outras representações, como as da figura 6, que

criam para estabelecer relações entre duas variáveis, ‘month’ e ‘day’. Nestes casos, os alunos apostam no mês de maio, não só por ter uma maior probabilidade de ocorrência do degelo, observada a partir da frequência, mas também porque observam que as ocorrências do degelo no mês de abril estão concentradas nos últimos dias do mês e, portanto, mais próximas do mês de maio. Esta intencionalidade dos alunos na criação e articulação destas representações é evidente na resposta dos alunos do G11: “O mês mais provável a dar-se o degelo é maio. [Porque] os dados recolhidos indicam que 66% das vezes o degelo acontece em maio e quando o degelo acontece em abril (34%) os dias são muito próximos a maio”.

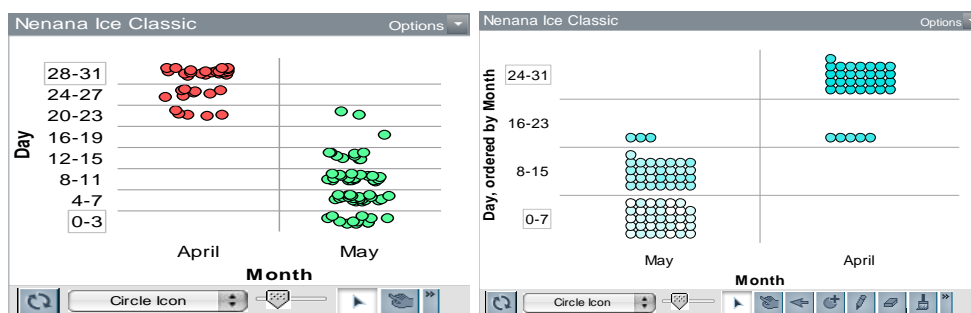


Figura 6. Representações articulando duas variáveis ‘month’ e ‘day’ (G4;G11)

Na discussão coletiva do trabalho dos alunos nesta questão da tarefa, as FP baseiam-se em exemplos de representações que eles criaram, que projetam no quadro, e focam-se nas evidências que eles poderão retirar dessas representações para os apoiar nas suas inferências, questionando-os: “como é que este gráfico te permite responder à pergunta?” e “Aqui, no grupo 1, temos um gráfico diferente (...) Como é que com este gráfico vocês puderam responder à questão?”. De um modo geral, os alunos foram capazes de justificar as suas respostas com base em evidências obtidas a partir das suas representações.

4.3. Aula 3 (Parte III da tarefa)

A questão colocada aos alunos nesta parte da tarefa, “*Achas que o degelo tem vindo a ocorrer mais cedo ao longo do ano?*”, permite um foco maior nos dados dado que os alunos têm de os usar para defender posições contraditórias. É solicitado, a diferentes grupos de alunos, que procurem argumentos para defender a ideia que o degelo está a ocorrer mais cedo ou para sustentar a ideia contrária: “Os dados que apoiam a nossa posição são...” e “Os argumentos que contrariam a nossa posição são...”.

Embora as representações criadas pelos alunos para responder a esta questão sejam globalmente adequadas e resultem de acréscimos ao gráfico de base, as ações de transnumeração realizadas por eles foram determinantes para uma interpretação correta dos dados e para apoiar a ideia que são solicitados a defender. Por isso, esta questão revelou-se complexa para alguns alunos, que evidenciaram dificuldades em defender uma posição por falta de argumentos apoiados pelas suas representações. Todos os alunos começam por selecionar corretamente a variável ‘year’ para criar uma representação e organizam estes dados em intervalos, como mostra a figura 7, embora por vezes com amplitudes diversas. Apenas um grupo de alunas, G8, responde com base nesta representação (figura 7), fazendo uma interpretação incorreta dos dados e da representação: “De acordo com o gráfico no ano 1980-1999 teve maior número de dados, logo o Paulo [defende que o degelo está a ocorrer mais cedo] tem razão”. Estas

alunas não se apercebem que os dados representados no gráfico correspondem ao número de anos de cada intervalo e que o de 2000-2019, embora tenha a mesma amplitude, só inclui dados de 17 anos, porque os registos terminam no ano 2016. A sua resposta também revela uma dificuldade na interpretação da questão porque consideram que um maior número de ocorrências de degelo corresponde a uma ocorrência mais tardia do degelo. Os restantes alunos, reconhecendo que uma representação como as da figura 7 não permite responder à questão, decidem incluir uma segunda variável no gráfico, criando representações como as apresentadas nas figuras 8 e seguintes.

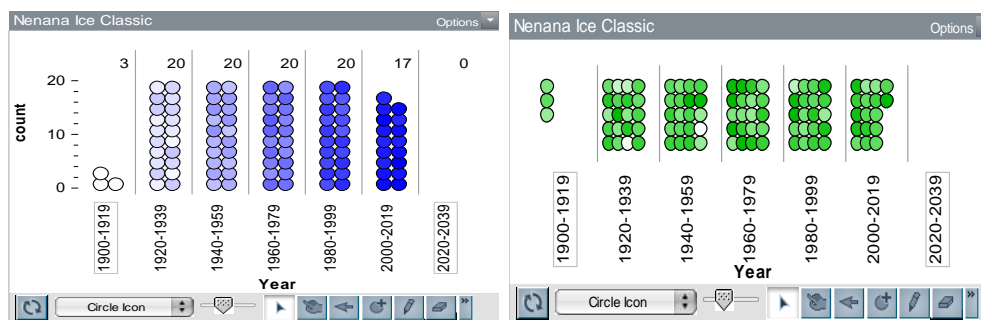


Figura 7. Representação da variável ‘year’(G10;G8)

Um grupo de alunas, G9, opta por incluir a variável ‘month’ e acrescenta as frequências relativas de cada intervalo de anos, como mostra a figura 8, o que lhes permite observar que, nos primeiros quatro intervalos de tempo, o degelo ocorre com maior frequência no mês de maio, situação que se inverte nos dois últimos. Concluem, assim, que “ao passar dos anos o degelo acontece mais cedo [em abril] enquanto que no início acontecia mais tarde [em maio]”. No entanto, esta representação não fornece argumentos às alunas para defenderem a ideia contrária e, como não procuram criar outra representação, a sua resposta fica incompleta.

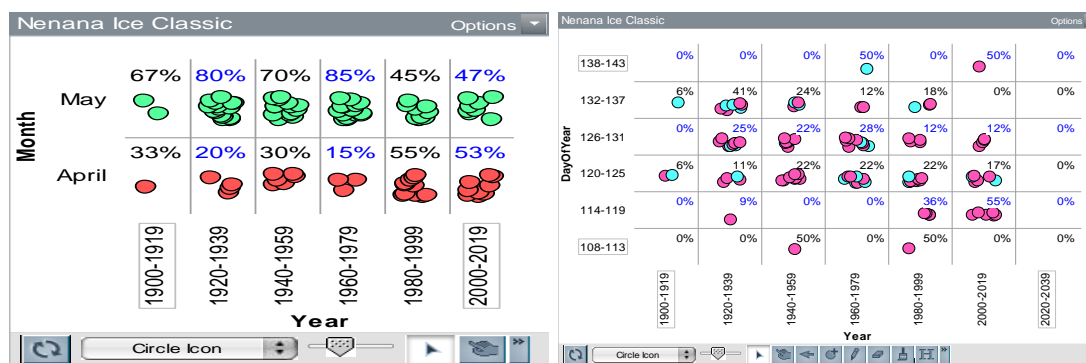


Figura 8. Representações articulando duas variáveis: ‘year’ e ‘month’ ou ‘day of the year’, com acréscimos (G9;G12)

A figura 8(G12) exemplifica as representações criadas pelos restantes alunos que selecionam ‘day of the year’ como segunda variável a incluir no gráfico, organizando-a igualmente numa escala intervalar, embora nem todos os alunos tenham selecionado os mesmos intervalos ou acrescentado ao gráfico as percentagens. Esta representação já permitiu aos alunos defenderem as duas posições contrárias, identificando exceções ao padrão das percentagens a que recorrem para apoiar os seus argumentos. Por exemplo, as alunas do G12, baseadas nesta representação, defendem que ao longo dos anos o degelo tem ocorrido mais cedo pois “entre 1920 e 1939 a percentagem de degelos que ocorreram entre os dias 132-137 é de 41% e entre 1940-1959 é de 21% e assim vai sendo cada vez mais cedo, aumentando as percentagens de degelos ocorridos entre os

dias 114 a 125”. Para além disso, estas alunas indicam dados que contrariam esta ideia, tendo para isso estabelecido uma conexão dinâmica entre os dados desta representação e os dados apresentados nos cartões, permitindo-lhes identificar anos e dias particulares que são exceção à tendência referida antes: “no ano de 1964 e 2013 o degelo ocorreu nos dias 141 e 140, respetivamente, sendo assim ocorreu mais tarde nesses dois anos”. Esta resposta evidencia também que estas alunas usufruíram da conexão que estabeleceram.

Outro grupo de alunas, G4, também estabelece a conexão entre as duas representações (cartão e gráfico), o que lhes permite observar a variabilidade dos dados e considerá-la na sua argumentação. As alunas, apesar de reconhecerem a tendência para o degelo estar a ocorrer mais cedo, com base nas médias do dia do degelo, que adicionam ao gráfico (figura 9), para cada intervalo de anos, argumentam que a incerteza associada à variabilidade dos dados torna difícil defender uma posição: “há anos em que o degelo ocorre mais tarde, como por exemplo, (...) no ano 2013 em que o degelo aconteceu mais afastado do que nos outros anos e que prova que o degelo não ocorre sempre nos mesmos dias” e “outro argumento é que a média [também] varia (aumenta e diminui) ao longo das décadas”.

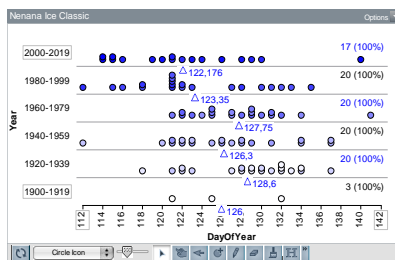


Figura 9. Representação articulando duas variáveis: ‘year’ e ‘day of the year’, com acréscimos (G4)

Finalmente, algumas das respostas dos alunos apenas descrevem o que observam nas suas representações e não concluem nem apresentam argumentos que defendam as posições solicitadas, tal como evidenciado nas respostas do G3: “o degelo ocorre mais tarde no ano 1960/1979 e no ano de 1920/1939” e “No ano de 1940/1959 ocorre mais cedo e no ano 1980/1999 ocorre também mais cedo”.

Na discussão coletiva final, a turma é organizada em dois grandes grupos. Os alunos de um grupo são solicitados, pela FP que gere a discussão, a apresentar argumentos baseados nas representações que criaram para defenderem a ideia que o degelo está a ocorrer mais cedo, enquanto os alunos do outro grupo apresentam argumentos para sustentar a ideia contrária. A FP termina e sintetiza a discussão salientando a importância das representações estatísticas para apoiar a tomada de decisão: “ao haver casos que provam tendências não quer dizer que não haja exceções. Quer dizer que tanto o Paulo como a Joana tinham argumentos estatísticos para fundamentar as suas posições” e “repararam também que diferentes representações gráficas levam-nos a diferentes interpretações dos resultados. E daí as estatísticas e as representações gráficas terem peso nas nossas decisões”.

A concluir

Este estudo, realizado no âmbito de uma experiência de formação inicial, centrou-se nas atividades de transnumeração dos alunos que decorreram da aplicação de um cenário de aprendizagem, numa perspetiva de articulação de Estatística e Física, com base numa

tarefa de *inquiry* explorada com recurso ao *software TinkerPlotsTM* (Konold e Miller, 2005) e que requeria a tomada de decisão e argumentação com base em dados.

Os resultados indicam que o trabalho realizado em torno das representações permitiu orientar os alunos a compreender como organizar os dados e analisá-los de modo a responder às questões formuladas ou tirar conclusões, conforme sugerido pelas orientações curriculares (Franklin et al., 2007; NCTM, 2000). Foi interessante observar que os alunos selecionaram as variáveis adequadas à mensagem a transmitir a partir dos dados, aspeto que se verificou essencial para a sua argumentação e tiveram oportunidade de criar as suas próprias representações, sem estarem limitados a representações padrão, tornando-as significativas para si, o que facilita a compreensão dos dados segundo (Russell, 1991). Para além disso, fizeram escolhas apropriadas de representações gráficas e realizaram intencionalmente ações de transnumeração que facilitam a representação de dados, capacidades associadas às fases que Chick (2003) defende como essenciais para obterem uma representação adequada e eficaz. Os alunos, em geral, tiraram partido das potencialidades do *software TinkerPlots* recorrendo às suas ferramentas para incluírem alguma forma de acréscimo gráfico nas representações criadas para apoiar a interpretação dos dados e obter evidência para as suas afirmações. O acréscimo mais comum foi a adição de resumos estatísticos relacionados com a questão que estavam a analisar, como percentagens, média e mediana, o que não é surpreendente pois estas medidas são comumente usadas pelos alunos para caracterizar conjuntos de dados e o *software* permite facilmente a incorporação destas estatísticas nas representações gráficas, através de um botão da barra de ferramentas. A maioria dos alunos tirou vantagem de outras formas de acréscimo gráfico, por exemplo, criando gráficos de pontos duplos com acréscimos resultantes de ações de transnumeração de agrupar e ordenar. Alguns alunos também tiraram partido da articulação estática e dinâmica de representações para suportar a sua argumentação. No geral, o propósito para a articulação dinâmica, clicando num caso particular no gráfico e usando o cartão dos dados para determinar o valor da variável, foi identificar um valor particular usado como contra-exemplo. Estas ações, pouco utilizadas mas aparentemente poderosas, permitiram aos alunos estabelecerem relações entre variáveis e, por isso, poderão receber uma ênfase maior e explícita no ensino, beneficiando-os no que respeita ao aumento do seu repertório de ferramentas de transnumeração para produzir mais e melhores representações. Finalmente, vale a pena referir que, mesmo nos casos em que são consideradas pouco adequadas, as representações criadas pelos alunos não obscurecem os dados, pois como Chick (2003) refere, as respostas podem ser obtidas a partir delas desde que alguma informação extra seja incluída. O que se destaca nestes casos é que algumas representações e transformações sobre elas são melhores que outras para ‘contar a história dos dados’ (Lee et al., 2014), diferenciando o trabalho dos alunos com as representações e a argumentação usadas nas suas respostas.

Neste estudo, os alunos tendem a usar progressivamente uma maior variedade de representações e com um maior nível de sofisticação ao longo das três aulas em que os FP e a professora titular da turma, através de questionamento nas discussões coletivas, os incentivaram a criar diversas representações e a explicar como elas e a sua articulação fornecem evidências para os argumentos que apresentam. Atendendo a estes resultados, será útil refletir sobre como a prática dos professores pode ajudar os alunos a aprender a melhor representar e transformar os dados e a compreender a necessidade dos dados como evidência para afirmações feitas sobre as mensagens neles contidas. Essa reflexão será útil também para repensar a formação inicial no que respeita à preparação dos FP para lecionarem em contextos STEM.

Agradecimentos

Este estudo foi realizado no âmbito do Projeto *Technology Enhanced Learning at Future Teacher Education Lab*, financiado por fundos nacionais pela FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia (contrato PTDC/MHC-CED/0588/2014). Agradecemos a colaboração da Mónica Baptista na realização da experiência de formação que suporta esta comunicação.

Referências

- Batanero, C., Burrill, G. e Reading, C. (2011). Challenges for teaching statistics in school mathematics, and preparing mathematics teachers. Em C. Batanero, G. Burrill e C. Reading (Eds.), *Teaching statistics in school mathematics: challenges for teaching and teacher education* (pp. 407-418). New York, NY: Springer.
- Ben-Zvi, D. (2006). Using Tinkerplots to scaffold students' informal inference and argumentation. Em A. Rossman e B. Chance (Eds.), *Proceedings of the Seventh International Conference on Teaching Statistics*. Salvador de Bahia, Brasil: IASE and ISI. Disponível em: https://iase-web.org/documents/papers/icots7/2D1_BENZ.pdf
- Berlin, D. e Lee, H. (2005). Integrating science and mathematics education: historical analysis. *School Science and Mathematics*, 105(1), 15–24.
- Brown, R. E. e Bogiages, C. A. (2017). How early career math and science teachers respond to experiencing integrated STEM tasks. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(1), 1-18. DOI: 10.1007/s10763-017-9863-x
- Chance, B., Ben-Zvi, D., Garfield, J. e Medina, E. (2007). The role of technology in improving student learning of statistics. *Technology Innovations in Statistics Education*, 1(1), 1-23.
- Chick, H. L. (2003). Transnumeration and the art of data representation. In L. Bragg, C. Campbell, G. Herbert, e J. Mousley (Eds.), *Proceedings of the 26th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp. 207-214). Sydney: MERGA.
- Chick, H. L. (2004). Tools for transnumeration: Early stages in the art of data representation. Em I. Putt, R. Faragher, e M. McLean (Eds.), *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp. 167-174). Sydney: MERGA.
- English, L. D. (2014). Promoting statistical literacy through data modelling in the early school years. Em E. Chernoff e B. Sriraman (Eds.), *Probabilistic thinking: Presenting plural perspectives* (pp. 441-457). Dordrecht: Springer.
- Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. Em M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 119-161). New York, NY: Macmillan.
- Fitzallen, N., Watson, J., Wright, S. e Duncan, B. (2018). Data representations in a STEM context: the performance of catapults Em M. A. Sorto, A. White, e L. Guyot (Eds.), *Proceedings of the 10th International Conference on Teaching Statistics*. Voorburg, The Netherlands: IASE and ISI.
- Franklin, C. A., Kader, G., Mewborn, D., Moreno, J., Peck, R., Perry, M. e Scheaffer, R. (2007). *Guidelines for assessment and instruction in statistics education (GAISE) report: A pre-K–12 curriculum framework*. Alexandria, VA: American Statistical Association.
- Garfield, J. B. e Ben-Zvi, D. (2010). *Developing students' statistical reasoning*.

- Connecting research and teaching practice*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Hegedus, S. e Moreno-Armella, L. (2009). Introduction: The transformative nature of “dynamic” educational technology. *ZDM: International Journal on Mathematics Education*, 41(4), 397-398.
- Henriques, A. e Oliveira, H. (2016). Students’ informal inference in the context of a statistical investigation using TinkerPlots. *Statistics Education Research Journal*, 15(2), 62-80.
- Huey, M., Champion, J., Casey, S. e Wasserman N. H. (2018). Secondary mathematics teachers’ planned approaches for teaching standard deviation. *Statistics Education Research Journal*, 17(1), 61-84.
- Kim, D. e Bolger, M. (2017). Analysis of Korean elementary pre-service teachers’ changing attitudes about integrated STEAM pedagogy through developing lesson plans. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(4), 587-605.
- Kleanthous, I. e Meletiou-Mavrotheris, M. (2016). Early statistical reasoning: an exploratory study of primary school students’ use of a dynamic statistics software package for analyzing and interpreting data. *International Journal of Information Communication Technologies and Human Development*, 8(1), 26-41.
- Konold, C. e Miller, C. D. (2005). *TinkerPlots: Dynamic data exploration*. Emeryville, CA: Key Curriculum Press.
- Lee, H., Kersaint, G., Harper, S., Driskell, S., Jones, D., Leatham, K., Angotti, R e, Adu-Gyamfi, K. (2014). Teachers’ use of transnumeration in solving statistical tasks with dynamic statistical software. *Statistics Education Research Journal*, 13(1), 25-52.
- Lesseig, K., Slavitt, D. e Nelson T. H. (2017). Jumping on the STEM bandwagon: how middle grades students and teachers can benefit from STEM experiences, *Middle School Journal*, 48(3), 15-24.
- Makar, K., e Confrey, J. (2008). Dynamic statistical software: how are learners using it to conduct data-based investigations? In C. Batanero, G. Burrill, C. Reading e A. Rossman (Eds.). *Proceedings of the ICMI Study 18 Conference and IASE 2008 Round Table Conference*. Monterrey: International Commission on Mathematical Instruction e International Association for Statistical Education.
- NCTM (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- Ní Ríordáin, M., Johnston, J. e Walshe, G. (2016). Making mathematics and science integration happen: key aspects of practice. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47(2), 233–255.
- Oliveira, H., Henriques, A. e Baptista, M. (em publicação). Pre-service teachers’ perspectives on the role of statistics in a learning scenario for promoting STEM integration. Em *Proceedings of the 11th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*, Utrecht, The Netherlands: ERME.
- Russell, S. J. (1991). Counting noses and scary things: Children construct their ideas about data. Em D. Vere-Jones (Ed.), *Proceedings of the Third International Conference on Teaching Statistics* (pp. 158-164). Voorburg, The Netherlands: IASE and ISI.
- Zieffler, A., Garfield, J., delMas, R. e Reading, C. (2008). A framework to support research on informal inferential reasoning. *Statistics Education Research Journal*, 7(2), 40-58.
- Wild, C. J, e Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223–248.