



FOTOGRAFIA: UM RECURSO PARA ELABORAR TAREFAS MATEMÁTICAS FORA DA SALA DE AULA

PHOTOGRAPHY: A RESOURCE FOR DESIGNING OUTDOOR MATHEMATICAL TASKS

LA FOTOGRAFÍA: UN RECURSO PARA EL DISEÑO DE TAREAS MATEMÁTICAS FUERA DEL AULA

Isabel Vale¹
Ana Barbosa²

Resumo: A literatura refere que fotografar ao ar livre motiva os alunos para a aprendizagem/compreensão matemática. No entanto, não temos ainda conhecimento suficiente sobre como os futuros professores criam tarefas matemáticas em contextos da vida real. Neste artigo descreve-se um estudo onde futuros professores tiram fotos de elementos no ambiente fora da sala de aula que lhes permitam desenhar tarefas matemáticas. Os resultados sugerem que nas fotos foram privilegiados objetos relacionados com edifícios e mobilizados conteúdos de Geometria e Medida. Os participantes referiram que a experiência foi positiva, proporcionando-lhes um “olhar matemático” sobre os objetos, mais consciente, apesar de expressarem que desenhar tarefas de nível cognitivo elevado é difícil.

Palavras-chave: Fotografia. Desenho de tarefas. Formulação de problemas. Resolução de problemas. Formação inicial de professores.

Abstract: Literature refers that outdoor photography motivates students for the understanding of math contents. However, we do not have enough knowledge about how preservice teachers pose problems in real life contexts. This paper describes a study where preservice teachers capture photos in the environment that allow mathematical task design. Results suggest that the participants chose photos privileging elements related with buildings, mobilizing contents of Geometry and Measurement. The experience had a positive impact on them, providing a “math eye” at everyday objects, searching for the underlying mathematics more consciously, however they expressed that the design of high-level cognitive tasks is hard.

Keywords: Photography. Task design. Problem posing. Problem solving. Preservice teacher training.

Resumen: La literatura refiere que la fotografía al aire libre motiva a los estudiantes a comprender los contenidos matemáticos. Sin embargo, no tenemos suficiente conocimiento sobre cómo los profesores en formación plantean problemas en contextos de la vida real. Este artículo describe un estudio en el que estos profesores capturan fotografías en el entorno que permiten el diseño de tareas matemáticas. Los resultados sugieren que los participantes eligieron fotografías privilegiando elementos relacionados con edificios, que movilizaron contenidos de Geometría y la Medida. La experiencia tuvo un impacto positivo en ellos, brindándoles un "ojo matemático" para los objetos cotidianos, buscando las matemáticas subyacentes de manera más consciente, pero expresaron que el diseño de tareas cognitivas de alto nivel es difícil.

Palabras-clave: Fotografía. Diseño de tareas. Creación de problemas. Resolución de problemas. Formación de profesores.

Submetido 17/05/2021

Aceito 15/10/2021

Publicado 19/10/2021

¹ Doutora em Didática. Professora coordenadora do Instituto Politécnico de Viana do Castelo (Portugal). ORCID. iD 0000-0001-6155-7935. E-mail: isabel.vale@ese.ipv.pt.

² Doutora em Estudos da Criança – Matemática Elementar. Professora adjunta do Instituto Politécnico de Viana do Castelo (Portugal). ORCID iD 0000-0002-6314-7080. E-mail: anabarbosa@ese.ipv.pt



Introdução

Atualmente, vivemos mudanças profundas em diferentes áreas da sociedade, em particular na educação matemática. Assim, a matemática escolar requer um ensino eficaz que, por meio de experiências individuais e colaborativas, envolva os alunos numa aprendizagem significativa, dando-lhes oportunidades de comunicar, raciocinar, ser criativo, pensar criticamente, resolver problemas, tomar decisões e dar sentido às ideias matemáticas (NCTM, 2014). Neste contexto, devemos destacar a importância de complementar a aprendizagem com outras experiências matemáticas como as que se podem realizar em ambientes fora da sala de aula, sendo um exemplo o meio envolvente onde as escolas se inserem. Esta opção fundamenta-se pelo facto de o processo de aquisição de informações e de desenvolvimento do conhecimento pelos alunos poder ocorrer de diversas formas e em diversos locais, pois a sala de aula é apenas uma das “casas” onde ocorre a educação (Kenderov et al., 2009), pelo que a utilização do meio envolvente como contexto educacional pode promover atitudes positivas e motivação adicional para o estudo da matemática, permitindo que os alunos entendam sua aplicabilidade e suas conexões com situações da realidade (Kenderov et al., 2009; Vale & Barbosa, 2019). Assim, consideramos que através de fotos (imagens digitais), captadas por uma câmara digital, pode ser uma boa estratégia de aprendizagem ao permitir estabelecer a conexão entre a matemática estudada dentro da sala de aula com a descoberta fora da sala de aula, não as considerando como entidades separadas. Por outro lado, vários autores (e.g. Silver, 1997) afirmam que, ao longo da resolução de problemas, os professores devem propor tarefas de formulação de problemas, como uma experiência matemática importante que os alunos devem desenvolver, pois permite-lhes aplicar seus conhecimentos matemáticos, ao mesmo tempo que permite ao professor perceber o que os alunos sabem de matemática. Além disso, resultados da investigação mostram que a resolução de problemas matemáticos e a formulação de problemas estão intimamente relacionados com a criatividade, sendo assim um caminho possível para os alunos desenvolverem essa habilidade (e.g. Leikin, 2009; Silver, 1997).

Este trabalho pretende promover o contacto com uma matemática contextualizada, com enfoque no quotidiano, percorrendo e analisando o local onde vivemos, identificando alguns dos seus detalhes, através de tarefas de resolução de problemas matemáticos, concebidas por professores do ensino fundamental (6-12 anos) durante a sua formação inicial. O objetivo principal é desenvolver uma atitude positiva em relação à matemática, através da

observação e exploração de um ambiente urbano onde a instituição de formação se insere. É importante que os futuros professores tenham consciência da matemática que os rodeia, com toda a complexidade que envolve, mas também pela beleza e desafio que ela encerra. Por outro lado, é uma oportunidade para os alunos formularem/elaborarem problemas, o que implica tomar decisões sobre o que considerar e o que ignorar nas situações que identificam, aplicando e mobilizando os seus conhecimentos matemáticos pessoais perante essas situações da realidade.

Neste contexto, as imagens de uma situação real, captadas através de uma câmara digital, têm uma importância fundamental na resolução e formulação de problemas, desempenhando um importante papel cognitivo no ensino e aprendizagem da matemática (Arcavi, 2003). Então, o nosso grande desafio foi obter alguns insights do modo como os professores em formação inicial desenham tarefas matemáticas, quando recorrem à fotografia de elementos/objetos em contextos da vida real, caracterizando o papel de capturar fotografias (fotos) fora da sala de aula com o propósito de formular tarefas matemáticas, estabelecendo conexões entre a matemática e a realidade. Assim, pretendemos responder às seguintes questões: 1) Que características do meio ambiente foram privilegiadas pelo olhar matemático dos professores de formação inicial?; 2) Como se caracterizam as principais dificuldades que apresentaram no desenho das tarefas; e 3) Como se caracterizam as reações evidenciadas durante esta experiência?

O *design* de tarefas

Os alunos devem ter experiências matemáticas fora da sala de aula, observando o património natural e arquitetónico da vida cotidiana, em torno de suas escolas, para descobrir as conexões da matemática escolar com vários dos seus elementos (e.g. edifícios, jardins, ruas, sombras, quedas de água, sinais de trânsito), criando e resolvendo tarefas em contextos reais (e.g. Bragg & Nicol, 2011; Kenderov et al., 2009; Meier, Hannula & Toivanen, 2018). Deste modo, é importante criar oportunidades para que os professores de formação inicial apliquem os seus conhecimentos sobre formulação e resolução de problemas para criar tarefas fora da sala de aula para os seus futuros alunos do ensino fundamental. Formular problemas ajuda os futuros professores (e alunos) a consolidar os seus conhecimentos e habilidades matemáticas, assim como desenvolver as suas capacidades de resolução de problemas. Além disso, ao fazê-lo no meio ambiente, permite estabelecer conexões matemáticas com aspetos da

vida cotidiana, vendo a aplicabilidade da matemática, bem como desenvolvendo sua própria criatividade.

A formulação (design, elaboração, criação) de problemas pode ser considerada como o processo pelo qual, os alunos constroem interpretações matemáticas de situações concretas, com base nas suas experiências e conhecimentos matemáticos pessoais (e.g. Brown & Walter, 2005; Silver, 1997; Stoyanova, 1998). Brown e Walter (2005) propõem duas estratégias para a formulação de problemas. A primeira estratégia, *Aceitando os dados*, parte de uma situação estática, que pode ser uma expressão, uma tabela, uma condição, uma imagem, um diagrama, uma frase, um cálculo ou simplesmente um conjunto de dados, a partir dos quais formulamos perguntas para ter um problema, sem mudar a situação inicial. A segunda estratégia, *E se em vez de...* estende uma determinada tarefa, alterando o que é fornecido. A partir das informações contidas no problema inicial, identificamos o que é conhecido, o que é solicitado e quais são as limitações da resposta ao problema. Ao modificar uma ou mais dessas condições ou questões, mais questões podem ser colocadas dando origem a novos problemas (Barbosa & Vale, 2018). Para Sullivan e Liburn (2002) existem três características principais subjacentes à criação de boas perguntas, que são a base de um problema: requerem mais do que lembrar um fato ou reproduzir um procedimento; permitem que os alunos aprendam quando respondem às perguntas e os professores aprendem com as tentativas de cada aluno; e permitem várias abordagens ou processos para obter as respostas. Portanto, ao fazer boas perguntas obtém-se uma boa tarefa. Estes autores propõem dois métodos práticos e acessíveis para a formulação de questões recorrendo a um processo em três etapas. Método 1: *Trabalhar do fim para o princípio* que inclui – Identificar um conteúdo; - Pensar numa pergunta fechada e anotar a resposta; - Fazer uma pergunta que inclui (ou aborda) a resposta. Método 2: *Adaptar um pergunta rotineira* que inclui: Identificar um tópico; Pensar numa pergunta padrão; Adaptá-la de modo a obter uma boa pergunta. Estes métodos também são úteis para nos dar informações sobre a maneira como escolhemos uma foto matemática; ou procuramos o potencial matemático de um objeto (ou fenômenos) numa foto ou procuramos um objeto que corresponda a um assunto predefinido. Qualquer uma destas estratégias ou métodos pode gerar tarefas de diferentes níveis de exigência cognitiva (Smith & Stein, 2011).

A fotografia e a matemática

Vários pesquisadores (e.g. Meier et al., 2018; Munakata & Vaidya, 2012) têm trabalhado as conexões entre a matemática e a vida real através da fotografia fora da sala de aula, como forma de motivar os alunos, aumentando o interesse e a compreensão de determinados conteúdos. Este tipo de abordagem dá aos alunos também oportunidade de procurar o seu sentido estético. Este tipo de fotografia, a que Bragg e Nicol (2011) chamam de foto matemática ou imagem problema, é uma imagem fotográfica de um objeto, fenômeno, atividade ou situação real que vem acompanhada de uma ou mais questões ou de um problema matemático baseado no contexto da foto. Segundo estes autores, uma pergunta baseada em imagens pode estimular a curiosidade dos alunos para responder à pergunta, bem como o seu envolvimento durante o processo de criação de perguntas diretas ou de um problema. Gutstein (2006) argumenta que as boas tarefas não residem necessariamente na tarefa em si, mas sim na relação entre a tarefa e o resolvidor (aluno ou professor), relacionada com os interesses e a vida dos resolvidores, aspecto que reforça o uso de fotos (imagens digitais) porque são escolhidas pelo resolvidor. Este aspecto proporciona uma relação afetiva entre situações do cotidiano e conceitos matemáticos, ou seja, o ponto de partida, para resolver a tarefa parte de quem a vai resolver e não é proposta quer por um manual ou professor (Meier et al., 2018; Vale & Barbosa, 2019).

Desenvolver o “olho matemático” é uma competência real que os alunos devem adquirir, pois vivemos num mundo onde os recursos visuais são um componente crucial na sociedade e também em muitas profissões. Aplicamos o termo comum “olho matemático” quando queremos nos referir ao uso da matemática como uma lente para ver e interpretar o que nos rodeia. Significa ver o invisível, interpretar o mundo como uma oportunidade sem limites e descobrir a matemática envolvida ao ver o mundo ao nosso redor com novos olhos, olhos que estão abertos para a beleza da matemática e sua relação com a natureza dessa beleza (Stewart, 1997).

Também podemos usar o termo “olho geométrico”, cunhado por Godfrey (1910), como o poder de ver as propriedades geométricas que se destacam numa figura. Para a maioria das pessoas, a matemática que as cerca frequentemente permanece “invisível” para o olho destreinado ou desatento, temos por isso que educar esse olhar, o olhar matemático, para que possam identificar contextos e elementos a partir dos quais permitam construir tarefas matemáticas ricas (Vale & Barbosa, 2019). Quando dizemos que os alunos devem

desenvolver o seu olho matemático, em particular o geométrico, significa que têm de descobrir novas formas de olhar e considerar as coisas familiares, seja no dia a dia, no trabalho ou dentro/fora da sala de aula. Significa ver objetos comuns numa nova perspetiva, cujo nível de detalhe varia de acordo com o conhecimento e a experiência de cada indivíduo. Barnbaum (2010) usa a metáfora de um detetive quando observa uma cena de crime. O detetive verá muito mais detalhes do que uma pessoa comum. Barnbaum também refere que a arte de *re-seeing* deve ser ensinada, isto é, ver através dos olhos do professor, observar ou reconhecer algo. Este aspeto está relacionado com a visualização que segundo Arcavi (2003) deve ter um papel mais preponderante no ensino da matemática. Arcavi discute a visualização matemática num sentido mais figurativo e profundo, isto é, *vendo o invisível*, não só o que *está à vista*, mas também o que somos incapazes de ver, o que constitui uma ferramenta útil na aprendizagem matemática (Vale, Pimentel & Barbosa, 2018). O uso de fotos (imagens digitais) oferece oportunidades de usar o mundo real como ponto de partida e contexto para desenvolver o olho matemático e criar problemas matemáticos, e para um maior desenvolvimento matemático, proporcionando aos professores conhecimento sobre a atenção visual dos alunos. Além disso, de acordo com Meier et al. (2018), para além da motivação o uso de fotos desenvolve a criatividade e propicia que “o cotidiano ao ar livre e as ciências/matемática possam se relacionar de forma significativa por meio da experiência de fotografar” (p.147).

Metodologia e principais resultados

Neste estudo adotou-se uma metodologia qualitativa de natureza exploratória (Erickson, 1986) com um grupo de 13 alunos de um curso de formação inicial de professores do ensino fundamental (6-12 anos), realizado em uma escola de educação numa unidade curricular de Didática da Matemática (Vale & Barbosa, 2019; 2020a, 2020b). Ao longo das aulas, estes alunos, futuros professores, tiveram experiências diversificadas, distribuídas por vários módulos curriculares, em particular na formulação e resolução de problemas, onde privilegiamos a aprendizagem fora da sala de aula, a criatividade e o estabelecimento de conexões, principalmente entre matemática e vida cotidiana. A estes alunos foi proposto que, em pares: 1) explorassem os arredores, onde se situa a instituição de formação que frequentam fazendo um tour pela cidade, analisando a rica área arquitetónica urbana, tendo que tirar um conjunto de fotos (20) com potencial para formular tarefas matemáticas. Estes alunos

recorreram às câmeras dos seus celulares; 2) escolhessem algumas das fotos (10). As escolhas resultaram da análise da matemática subjacente a cada foto e da discussão em grupo e deveriam obrigatoriamente ter que ser resolvidas no local, o que implicava a recolha de dados que não eram facultados no enunciado da tarefa, nem na imagem apresentada; 3) formulassem as tarefas e apresentassem as respetivas resoluções. Para criar uma tarefa a partir de fotos utilizariam a respetiva imagem digital, recorrendo à estratégia aceitando os dados (Brown & Walter, 2005) e utilizariam o método 1/método 2 para colocar questões, da proposta de Sullivan e Liburn (2002); 4) criassem um poster que deveria incluir a foto, as tarefas formuladas e suas soluções; e 5) apresentassem, discutissem e avaliassem os pósteres de todos os alunos que participaram nesta experiência, utilizando para o efeito uma grelha de avaliação que se focou na fotografia em si, no rigor e criatividade das tarefas formuladas e resolvidas, e sobre a qualidade do poster em termos globais, estética e clareza. Estes futuros professores também fizeram um relatório escrito descrevendo a sua reação à experiência ao longo das diferentes fases, incluindo como escolheram e criaram as tarefas. A Figura 1 ilustra alguns dos diferentes momentos dessa experiência.

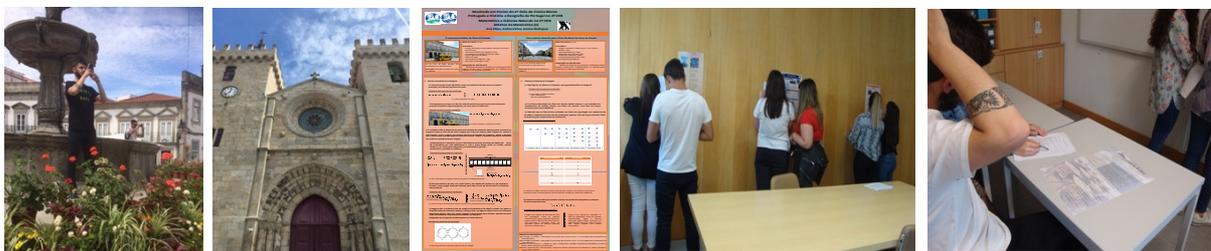


Figura 1. Exemplos de diferentes momentos da experiência

Os dados foram recolhidos de forma holística e interpretativa, incluindo observações ao longo de toda a experiência e as produções escritas realizadas (o conjunto de fotos escolhidas, as tarefas construídas, os pósteres, a grelha de avaliação e os relatórios escritos). Os dados foram cruzados e analisados de forma indutiva, e de acordo com a sua natureza e das questões de pesquisa, levaram à identificação de três categorias principais de análise: características do ambiente e fotos; apresentação de problemas e suas dificuldades; reações à experiência.

As fotos escolhidas pelos participantes no estudo para os cartazes apresentados mostraram que o seu olhar se centrou em elementos como edifícios/fachadas, floreiras e

também precários. A escolha das fotos baseou-se nas "possibilidades para boas perguntas". Apenas um grupo procurou fotos que “se encaixassem” nos conteúdos que gostariam de usar nas tarefas a propor. A partir das fotos, conseguiram construir propostas adequadas aos conteúdos já em mente, podendo evidenciar naturalmente as conexões entre a matemática e o meio ambiente. Os participantes referiram que a seleção das fotos foi baseada nos conteúdos matemáticos sugeridos pelas imagens obtidas. Mencionaram que essas fotos foram as que mais os inspiraram para formular as tarefas. Os objetos da realidade foram transformados em objetos matemáticos, tendo suscitado, na sua maioria, a mobilização de conteúdos no âmbito da Geometria e Medição, seguida de Números e Operações. O nível de exigência cognitiva da maioria das tarefas propostas foi baixo, utilizando a aplicação de conceitos e procedimentos básicos. Por exemplo, na Figura 2 podemos ver duas das tarefas criadas pelos participantes. Consideramos que a primeira tarefa tem um nível de exigência baixo e também pode ser resolvida sem necessitar que o resolvidor esteja presente no local. A outra tarefa tem um nível de exigência mais elevado e o resolvidor precisa de estar no local para recolher os dados necessários para resolver a tarefa.

	<p>Margarida recebeu pelo seu aniversário 100 euros. Com esse dinheiro, decidiu fazer compras numa loja de moda, que tinha a tabela de preços na montra, como mostra a imagem. Ajuda a Margarida a decidir o que pode comprar na loja com o dinheiro que recebeu.</p>		<p>Observe a Avenida. Para a Feira Medieval, a Avenida será decorada com fitas de lenços coloridos colocados em zigue-zague apoiados nos lampiões ao longo da Avenida (1 fita para cada dois lampiões). Quantas fitas serão necessárias para decorar todas as lâmpadas?</p>
---	---	--	---

Figura 2. Exemplos de duas tarefas

Um grupo de alunos escolheu a foto de um vaso de flores e propôs um problema rotineiro de geometria (Figura 3). Porém, apesar de terem a oportunidade de resolver a tarefa no local, tendo contacto com a floreira, forneceram no texto da tarefa a medida do raio do vaso (que não deveria ser facultada) indicando ser 3 metros. Trata-se de um valor irreal, pois, mas a medida era de aproximadamente 20 centímetros.



O jardineiro quer construir uma cerca ao redor do vaso de flores. Descubra o comprimento mínimo da cerca a ser colocada em torno do vaso, sabendo que o raio do vaso tem 3 metros de comprimento.

Figura 3. Exemplo de uma tarefa com dados irrealis

Todos os futuros professores estiveram envolvidos nesta experiência, porém, disseram que a formulação das tarefas não foi um processo fácil, principalmente na diversificação da natureza e dos conteúdos das tarefas. Eles também afirmaram intenções de usar a fotografia e esta experiência com os seus próprios alunos do ensino fundamental quando forem professores.

Algumas ideias a concluir

Para concluir, faremos uma síntese das ideias principais levando em consideração as questões da pesquisa que nortearam o estudo e os dados que emergiram do trabalho empírico. As principais características do ambiente privilegiado pelo olhar matemático dos futuros professores centraram-se, em particular, em construções/edifícios. Estudos já realizados mostram que os detalhes arquitetônicos são os que chamam mais a atenção em termos de possibilidade de exploração matemática (e.g. Barbosa & Vale, 2018). A escolha das fotos baseou-se principalmente nas possibilidades para fazer boas perguntas (Bragg & Nicol, 2011). O uso de fotos como meio de promover a aprendizagem da matemática teve um impacto positivo nos alunos, proporcionando um "olhar mais atento" para os objetos do cotidiano, procurando a matemática subjacente de forma mais consciente e intencional (e.g. Barbosa & Vale, 2018; Meier et al., 2019, Vale & Barbosa, 2019). A formulação de tarefas não foi um processo fácil para esses futuros professores, situação que pode ser explicada pelo fato de eles não possuírem muita experiência na elaboração/design de tarefas, assim como na flexibilidade dos diferentes temas matemáticos para os níveis mais elementares. Estes fatos terão estado da base das dificuldades que sentiram em ir além dos problemas rotineiros de aplicação direta de um conceito ou procedimento, formulando tarefas de baixo nível cognitivo e que careciam de originalidade. Estas conclusões implicam que haja um trabalho regular sobre a formulação de problemas, em paralelo com a resolução de problemas, para que haja um impacto positivo na qualidade das propostas. De acordo com as ideias defendidas por Barnbaum (2010), quanto mais conhecimento, instrução e experiência se tiver, mais detalhado e profundo será o olhar

matemático. Podemos, no entanto, salientar que alguns alunos conseguiram formular tarefas desafiadoras e todos conseguiram construir propostas com conteúdos adequados para alunos do ensino fundamental, podendo estabelecer naturalmente conexões entre a matemática e o meio ambiente (Gutstein, 2006). A reação positiva dos alunos está relacionada com a novidade da experiência, mas também, pelo que refere Gutstein (2006), que o ambiente fora da sala de aula envolve os alunos, motivando-os a tirar fotos que os inspiram de diferentes maneiras, influenciando positivamente a aprendizagem, na medida em que relacionam a sua aprendizagem escolar com aspetos correntes da vida diária que normalmente não acontece.

Este estudo reforçou o nosso entendimento de que fotografar ao ar livre pode ajudar os alunos no design de tarefas como um aspeto significativo no desenvolvimento do currículo de matemática e de nossa prática como formadores de professores. Contudo, continuamos a precisar de mais estudos que nos ajudem a incluir uma instrução para professores (formação inicial ou continuada) para desenvolverem o seu “olho matemático”, bem como para criar tarefas ricas adequadas para os alunos do ensino fundamental no âmbito da educação matemática fora da sala de aula. Por outro lado, os programas de formação de professores devem fornecer oportunidades de vivenciar experiências didáticas durante a instrução que estimulem o conhecimento dos (futuros) professores em formação, resolvendo as mesmas tarefas e usando os mesmos princípios de ensino e aprendizagem que se espera que usem com seus próprios (futuros) alunos. Acreditamos, conforme Bragg e Nicol (2011) defendem, que através de fotos matemáticas ou imagens problema professores e alunos verão a matemática através de uma nova lente.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do Projeto Inovação Curricular e Sucesso em Matemática, PTDC/CED-EDG/32422/2017.

Referências

- ARCAVI, A. The role of visual representations in the learning of mathematics. **Educational Studies in Mathematics**, v. 52, n.3, p. 215-241. 2003.
- BARBOSA, A.; VALE, I. Math trails: a resource for teaching and learning. In Gitirana, V.; Miyakawa, T.; Rafalska, M.; Soury-Lavergne, S.; Trouche L. (eds.) **Proceedings of the Re(s)ources 2018 International Conference**, Lyon: ENS de Lyon, p. 183-186, 2018.
- BARNBAUM, B. **The art of photography: An approach to personal expression**. San Rafael, CA: Rockynook, 2010.



BRAGG, L.; NICOL, C. Seeing mathematics through a new lens: using photos in the mathematics classroom, **Australian Mathematics Teacher**, v. 67, n.3, p. 3-9. 2011.

BROWN, S.; WALTER, M. **The art of problem posing**. Mahwah, NJ: Erlbaum, 2005.

ERICKSON, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In Wittrock, M. C. (ed.), **Handbook of research on teaching**. New York, NY: Macmillan, 1986. p. 119-161.

GODFREY, C. The Board of Education Circular on the Teaching of Geometry, **Mathematical Gazette**, v. 5, p. 195-200, 1910.

GUTSTEIN, E. **Reading and Writing the World with Mathematics: Toward a Pedagogy for Social Justice**. New York: Routledge, 2006.

KENDEROV, P.; REJALI, A.; BARTOLINI BUSSI, M.; PANDELIEVA, V.; RICHTER, K.; MASCHIETTO, M.; KADIJEVICH, D.; TAYLOR, P. **Challenges Beyond the Classroom—Sources and Organizational Issues**. In Barbeau, E; Taylor, P. (eds.), **Challenging Mathematics In and Beyond the Classroom – New ICMI Study Series 12**. Springer. 2009, p. 53-96.

LEIKIN, R. Exploring mathematical creativity using multiple solution tasks. In Leikin, R; Berman, A; Koichu, B. (eds.), **Creativity in mathematics and the education of gifted students**. Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers. 2009, p. 129-145.

MEIER, A.; HANNULA, M.; TOIVANEN, M. Mathematics and outdoor photography experience – exploration of an approach to mathematical education, based on the theory of Dewey’s aesthetics, **LUMAT. International Journal on Math, Science and Technology Education**, v. 8, n. 2, p.146-166, 2018.

MUNAKATA, M.; VAIDYA, A. Encouraging creativity in mathematics and science through photography. **Teaching Mathematics and its Applications**, 31, 121-132, 2012.

NCTM. **Principles to actions: ensuring mathematical success for all**. Reston: NCTM, 2014

SILVER, E. Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing. **ZDM**, v. 29, n. 3, p. 75–80. 1997.

SMITH, M.; STEIN, M. K. **Five practices for orchestrating productive mathematics discussions**. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, 2011.

STEWART, I. **The Mathematical Maze: Seeing the world through mathematical eyes**. Hoboken, NJ: Wiley, 1997.

STOYANOVA, E. Problem posing in mathematics classrooms. In McIntosh, A.; Ellerton, N. (eds.), **Research in Mathematics Education: a contemporary perspective**. Edith Cowan University: MASTEC. 1998, p. 164-185.

SULLIVAN, P.; LIBURN, P. **Good questions for math teaching**. Sausalito, CA: Math Solutions publications, 2002.

VALE, I.; BARBOSA, A. A fotografia na aula de matemática: uma experiência promotora de conexões. In AMADO, N., CANAVARRO, A.P., CARREIRA, S., TOMÁS FERREIRA, & VALE, I. (eds), **Livro de Atas do EIEM 2019**, Lisboa: SPIEM, 2019, p. 183-186.

VALE, I.; BARBOSA, A. Photography: a resource to capture outdoor Math. In LUDWIG, M; JABLONSKI, S; CALDEIRA, A.; MOURA, A. (eds) **Research on Outdoor STEM Education in the digital Age. Proceedings of the ROSETA Online Conference**, 2020a, p. 179-186. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871440.0.22>



VALE, I.; BARBOSA, A. Photography outdoor: a resource in teacher training. In DONEVSKA-TODOROVA, A; FAGGIANO, E.; TRGALOVA, J.; LAVICZA, Z.; WEINHANDL, R.; CLARK-WILSON, A.; WEIGAND, H. (eds.), **Mathematics Education in the digital Age (MEDA) – Proceedings**. Linz: Linz School of Education, 2020b, p. 327-334.

VALE, I.; PIMENTEL, T; BARBOSA, A. The power of seeing in problem solving and creativity: an issue under discussion. In: AMADO, N., CARREIRA, S., JONES, K. (eds.), **Broadening the scope of research on mathematical problem solving: A focus on technology, creativity and affect**. Cham, CH: Springer. 2018. p. 243-272.