

# TPACK: uma proposta de integração da tecnologia na aula de matemática

## **Ricardo Silva**

Centro de Ciência Viva do Alviela  
rpratas@alviela.cienciaviva.pt

## **Isabel Raimundo**

Escola Básica do Tovim  
raimundoisabel@sapo.pt

## **Virgílio Rato**

Instituto Politécnico de Coimbra, UIEFI, ESEC  
virgilor@esec.pt

## **Fernando Martins**

Instituto Politécnico de Coimbra, UIEFI, ASSERT, ESEC  
Instituto Politécnico de Coimbra, IIA, RoboCorp  
Instituto de Telecomunicações, Delegação da Covilhã  
fmlmartins@esec.pt

## Resumo

Os dispositivos tecnológicos são uma presença constante no cotidiano dos Nativos Digitais, estando também disponíveis em contexto escolar. Esta realidade implica que a tecnologia não deve ser encarada como algo externo aos processos de ensino e de aprendizagem, mas sim integrada na sala de aula em articulação com o currículo. O modelo conceptual *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) permite ao professor estruturar uma abordagem que inclua de forma equilibrada conhecimentos a nível dos conteúdos, a nível pedagógico e, também, a nível tecnológico, partindo sempre do contexto único do grupo de alunos a quem se destinam as propostas didáticas.

Neste artigo apresenta-se uma proposta de integração da tecnologia, baseada no modelo conceptual TPACK, na prática de sala de aula com base numa experiência de ensino efetuada numa turma do 1.º ano do 1.º CEB, cujo foco incidiu na modelação matemática como ambiente de aprendizagem, recorrendo a manipulativos virtuais, para desenvolver a compreensão dos sentidos da adição e da subtração. A sequência didática criada possibilitou ao professor fazer um acompanhamento diferenciado dos alunos, permitindo também que estes tirassem partido do ambiente de aprendizagem estabelecido para autorregular as suas aprendizagens.

**Palavras-chave:** TPACK, prática de sala de aula, modelação matemática, manipulativos virtuais.

## Abstract

The technological devices are a constant presence in the daily life of the Digital Natives, being also available in a school context. This reality implies that technology should not be perceived as something external to the teaching and learning processes but integrated in the classroom in articulation with the curriculum. The conceptual model *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) allows the teacher to design an approach that includes, in a balanced way, knowledge at the content level, pedagogical level and, also, technological level, taking the unique context of the group of students to whom the teaching proposals were designed into consideration.

This paper presents a proposal for integration of technology, based on the TPACK conceptual model, in classroom practice based on a teaching experience carried out in a 1st Grade of Elementary School class, whose focus was on mathematical modelling as a

learning environment, using virtual manipulatives, promote the understanding of the senses of addition and subtraction. The created teaching sequence made possible for the teacher to engage in differentiated monitoring of the students, also allowing them to take advantage of the learning environment established to self-regulate their learning.

**Keywords:** TPACK, classroom practice, mathematical modelling, virtual manipulatives.

## 1. Introdução

A integração das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) nas salas de aula e nos processos de ensino e de aprendizagem tem sido um desafio para os diferentes sistemas educativos a nível mundial (Rocha, Mota, & Coutinho, 2011). O Plano Tecnológico da Educação proporcionou um maior acesso, em ambiente escolar, a computadores, projetores e quadros interativos, contribuindo também a constante evolução e redução do custo de aquisição de tablets, smartphones e computadores portáteis para que estes dispositivos se tornassem presença habitual no quotidiano das gerações mais novas.

É este o contexto dos atuais alunos do 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB), considerados Nativos Digitais (Prensky, 2001); tendo em conta que as TIC são parte integrante da sua rotina diária, estas não devem ser excluídas da sala de aula. A integração das TIC na educação matemática (Clements, 1999), ao colocar o aluno no centro das aprendizagens, permitindo-lhe participar de forma significativa e ativa na construção do seu conhecimento, contribui positivamente para o processo educativo.

Mishra e Koehler (2006), baseando-se em Shulman (1986), desenvolvem um modelo conceptual de integração da tecnologia nos processos de ensino e de aprendizagem – *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) – que proporciona suporte às propostas didáticas que incluam as TIC (ou qualquer outra forma de tecnologia). Com base neste modelo podem-se trabalhar conhecimentos a nível dos conteúdos, a nível pedagógico e também a nível tecnológico de uma forma dinâmica e relacional, que vai para além da dimensão isolada destes tipos de conhecimento, partindo sempre do contexto único dos destinatários das propostas didáticas elaboradas (Koehler & Mishra, 2009).

De acordo com a interdependência das dimensões do conhecimento proposta pelo TPACK, tal como opções pedagógicas adequadas influenciam positivamente a prática docente ao melhorar a exploração do conteúdo, também a integração adequada da tecnologia educativa pode alterar as opções pedagógicas à disposição dos professores, já que as tecnologias atuais possibilitam abordagens anteriormente impossíveis, permitindo aos professores captar a atenção e estimular o envolvimento dos Nativos Digitais no processo de aprendizagem, melhorando assim o processo de ensino (Paterson, 2019).

Neste artigo apresenta-se uma sequência didática delineada tendo por base o modelo conceptual TPACK para uma turma do 1.º ano do 1.º CEB, recorrendo a aprendizagem colaborativa (Dillenbourg, 1999) suportada por computadores (Jeong & Hmelo-Silver, 2016). Procurou-se a integração adequada de manipulativos virtuais (MV) nas práticas de sala de aula, usando a Modelação Matemática como ambiente de aprendizagem (MMCAA), com a finalidade de permitir aos alunos assumir um papel ativo na construção do seu conhecimento matemático relacionado com a promoção do desenvolvimento dos sentidos da adição e da subtração.

## **2. Revisão da literatura**

Numa sociedade em que é notório o envolvimento e desenvolvimento tecnológico, para uma adequada integração da tecnologia nos processos de ensino e de aprendizagem é necessária uma conceptualização do uso da tecnologia que permita aos professores e alunos aprender sobre e com tecnologia de forma estruturada e contextualizada (Roblyer & Doering, 2010).

Alguns investigadores (Harel & Papert, 1991; Cobb et al., 2003), que se debruçaram sobre a concetualização do uso da tecnologia, procuraram aproximar a investigação em educação da prática docente. É nessa perspetiva que se sugere o modelo conceptual de integração da tecnologia no processo de ensino e de aprendizagem TPACK. Tem sido crescente o interesse da comunidade científica por este modelo conceptual, contribuindo alguns autores para esta perceção, oferecendo uma revisão sistemática do estado da arte (Sampaio & Coutinho, 2012; Voogt et al., 2013; Yigit, 2014; Harris, 2016).

Alicerçado nos conceitos do Pedagogical Content Knowledge (Shulman, 1986), tirando partido de uma linguagem familiar à comunidade educativa e científica, o TPACK facilita a discussão da integração da tecnologia nos processos de ensino e de aprendizagem

(Hammond & Manfra, 2009), defendendo uma interdependência de três dimensões do conhecimento (Figura 1), influenciados por variáveis contextuais, como cultura, *status* socioeconómico e estruturas organizacionais (Harris, 2008).

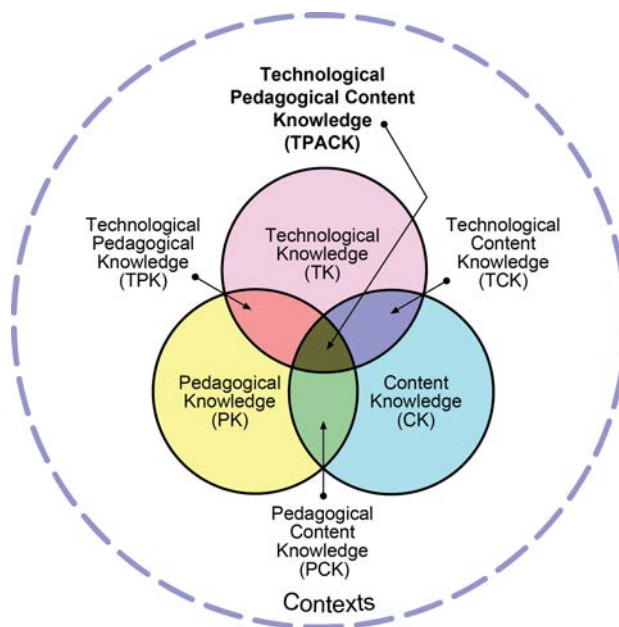


Figura 5 – Modelo TPACK (reproduzido com a permissão do autor, © 2012 by tpack.org)

No centro do modelo TPACK encontra-se uma complexa interdependência das três dimensões principais do conhecimento (Koehler & Mishra, 2009): Content – conhecimento do professor acerca do conteúdo curricular a ser ensinado e/ou aprendido; Pedagogy – conhecimento do professor de estratégias didáticas, métodos e processos de ensino e de aprendizagem; Technology – dimensão difícil de definir, correndo o risco de qualquer definição ficar rapidamente desatualizada: no modelo TPACK opta-se por uma definição próxima da Fluency of Information Technology, em que se exige que o professor compreenda suficientemente a tecnologia de forma a aplicá-la de modo produtivo, sendo capaz de reconhecer como a tecnologia pode condicionar ou contribuir para a consecução de um objetivo e adaptar-se continuamente às mudanças na tecnologia.

Considerando as interseções representadas na Figura 1, obtém-se:

- PCK – conhecimento da pedagogia aplicável ao ensino do conteúdo curricular específico;
- TCK – compreender a relação que existe entre tecnologia e conteúdo e de que forma se influenciam e condicionam, de modo a poder escolher a tecnologia mais adequada para abordar o conteúdo curricular específico e

de que forma o conteúdo curricular determina e/ou modifica a tecnologia, e vice-versa;

- TPK – compreender as mudanças que podem ocorrer nos processos de ensino e de aprendizagem quando uma determinada tecnologia é usada de forma específica, o que implica conhecer as potencialidades e restrições pedagógicas de um vasto leque de recursos tecnológicos e como podem ser aplicadas nas estratégias de ensino e de aprendizagem.
- TPACK – uma forma de conhecimento resultante das três dimensões nucleares que o compõem e que vai para além destas, permitindo uma verdadeira integração da tecnologia no processo de ensino e de aprendizagem (Koehler & Mishra, 2009).

Alguns autores (Kurt, Akyel, Koçođlu, & Mishra, 2014; Knoef, 2015; N. Martins, F. Martins, Costa, Silva, 2018) sugerem o uso do modelo conceptual TPACK na formação de professores com o intuito de promover as suas competências de integração da tecnologia no processo de ensino e de aprendizagem, sendo também apontado como um contributo positivo para o desenvolvimento profissional docente (Sampaio & Coutinho, 2014; Jaipal-Jamani & Figg, 2015).

### 3. Opções metodológicas

A sequência didática que aqui se apresenta faz parte de um estudo mais alargado (Silva, 2018), tendo a metodologia escolhida para a sua consecução obedecido aos princípios de uma investigação qualitativa de índole interpretativa e design investigação-ação (Bogdan & Biklen, 2013).

Criou-se uma sequência didática em que as aulas foram planificadas com base no modelo conceptual TPACK, uma vez que esta abordagem permite estruturar sequências didáticas que partem do currículo estabelecido, colocando o aluno no centro das aprendizagens e integrando adequadamente a tecnologia no processo de ensino e de aprendizagem (Hofer & Harris, 2015). Para tal, deve seguir-se a taxionomia de atividades identificada, observando um processo flexível de cinco passos, podendo a sua ordem ser respeitada, modificada ou recorrer a um processo recursivo, consoante o contexto (Hofer & Harris, 2015): 1) escolher objetivos de aprendizagem; 2) considerar os contextos de sala de aula e escola; 3) 3. Selecionar os tipos de atividade para combinar e sequenciar; 4. Selecionar ferramentas e/ou recursos; 5. Selecionar estratégias de avaliação. Apresenta-se de seguida o modo como este processo foi aplicado neste estudo.

Foi através da observação participante (Cohen, Manion, & Morrison, 2007) que foram observadas nos alunos dificuldades na resolução de tarefas relacionadas com os sentidos da adição e subtração. De seguida, procurou perceber-se de que forma se poderia contribuir para melhorar a compreensão nestes dois sentidos da adição e da subtração.

Tratando-se de uma turma do 1.º ano do 1.º CEB de uma escola do centro de Coimbra, fazendo a tecnologia parte do seu quotidiano – dentro e fora da escola, com especial destaque para o quadro interativo, computadores, tablets e smartphones – podem considerar-se Nativos Digitais (Prensky, 2001). A biblioteca da escola, disponível uma vez por semana, possui computadores portáteis com ligação à internet, espaço apropriado para a disposição da turma e uma zona com sofás e pufes, que possibilita a discussão das tarefas num registo mais informal e descontraído. Ambientes de aprendizagem colaborativa, com momentos de discussão e opções pedagógicas que colocam os alunos no centro das aprendizagens eram parte das rotinas de sala de aula, tendo todos estes fatores influenciado as decisões que nortearam o desenho da sequência didática.

Antes de se escolher os tipos de atividades, procedeu-se à avaliação da literacia informática do grupo em estudo, sob a forma de questionário. Optou-se pela MMCAA por este ser um ambiente de aprendizagem onde os alunos exploram situações com referência na realidade, usando a matemática como mediador, através da problematização e da investigação (Barbosa, 2003), devendo os grupos serem constituídos por dois ou três alunos (Stender, 2012). Os 26 alunos foram agrupados em 13 pares de acordo com as condições da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) (Vygotsky, 1980), cujos níveis de discrepância ótima foram estabelecidos de acordo com um mapeamento das dificuldades dos alunos. Tendo em conta estes pressupostos, de acordo com a taxionomia proposta por Sampaio e Coutinho (2015), as tarefas desenhadas enquadram-se no 2.º quadro de atividades matemáticas, Praticar.

Considerando as orientações NCTM (2014), que sugerem a integração curricular de ferramentas matemáticas e tecnologia como recursos essenciais, optou-se por MV, não só porque os alunos haviam já trabalhado com materiais manipuláveis concretos – material multibásico –, respeitando assim a progressão do concreto para o abstrato, mas também devido às suas características: auxiliam os alunos a visualizar relações matemáticas (Moyer-Packenham, Ulmer, & Anderson, 2012); permitem aplicar conceitos matemáticos e explorar processos de representar esses mesmos conceitos (Moyer-Packenham, Salkind, & Bolyard, 2008); integram representações visuais, verbais e simbólicas, ao mesmo tempo que

permitem que os alunos movam objetos da mesma forma que movimentariam manipulativos concretos (Johnson, Campet, Gaber, & Zuidema, 2012); contribuem para melhoria da compreensão dos conceitos, motivação dos alunos para as tarefas, proporcionam feedback instantâneo e validação imediata da tarefa (Gningue, Menil & Fuchs, 2014).

Diversos autores (Drickey, 2000; Suh, 2005; Suh & Moyer-Packenham, 2016) defendem a utilização de MV em sala de aula como benéfica para a compreensão de conceitos matemáticos, assim como a importância das restrições e especificidades de cada MV, que deve ser escolhido cuidadosamente para o objetivo pretendido. Tendo em conta as suas características, potencialidades e restrições, foram escolhidos os MV *Base Blocks*, *Base Blocks Addition* e *Base Blocks Subtraction*, do repositório da NLVM ([www.http://nlvm.usu.edu/](http://nlvm.usu.edu/)) e *applets* com reta numérica estruturada criadas pela equipa de investigação no software GeoGebra.

Optou-se pela avaliação formativa, tirando partido das características do ambiente de aprendizagem e ferramentas escolhidas para fazer acompanhamento diferenciado dos alunos, oferecer *feedback* sempre que possível e analisando a recolha de dados – *screen recording*, registos escritos, áudio e notas de campo – para monitorizar o progresso dos alunos relativamente aos objetivos estabelecidos (de acordo com uma grelha de critérios criada pela equipa de investigação) e adaptar ou reformular a sequência didática sempre que necessário.

Este conjunto de decisões esteve na génese da sequência didática que se apresenta de seguida:

### **Avaliação da literacia informática dos alunos**

**Fase inicial** – Individualmente, cada aluno resolveu um conjunto de tarefas escritas, compostas por situações problemáticas relativas a cada um dos sentidos das operações adição (juntar e acrescentar) e subtração (retirar, comparar e completar), cuja análise permitiu mapear as dificuldades dos alunos, procurar melhorias no plano de ação e formar pares de acordo com as condições ZDP.

**Fase de intervenção** – conjunto de seis sessões suportadas pela MMCAA em que foram usados MV. A primeira sessão foi dedicada à sua exploração pelos alunos, para que fossem um contributo positivo e não um obstáculo às aprendizagens. As restantes cinco sessões foram dedicadas a cada um dos sentidos da adição e da subtração. Antes do início de cada



sessão, a turma desloca-se para a biblioteca da escola, sentando-se os pares sempre nos mesmos lugares. De seguida é distribuído o enunciado das tarefas, resolvidas de forma colaborativa entre o professor e os alunos, cabendo ao primeiro acompanhar os processos dos alunos, através do diálogo e questionamento, sempre com o objetivo de auxiliar a investigação e descoberta dos alunos. Concluída a resolução das tarefas tem lugar a sua discussão – tempo reservado para os pares explicarem o que fizeram, justificando os passos dados – e avaliação da sessão pelos alunos; esta última parte ocorre numa área da biblioteca onde existem sofás e pufes.

Procedeu-se à análise crítica dos dados recolhidos em cada sessão de intervenção após o seu término, procurando melhorias na planificação da seguinte no que diz respeito à aprendizagem, autonomia e acompanhamento diferenciado dos alunos e competências do professor associadas ao uso pedagógico dos MV em contexto de Modelação Matemática.

**Fase final** – Idêntica à proposta da fase inicial, sendo as produções escritas dos alunos analisadas para aferir acerca da sua progressão na compreensão dos sentidos da adição e da subtração.

Devido à natureza do presente artigo, não é possível apresentar resultados relativos aos 13 pares. Com o intuito de ilustrar o trabalho desenvolvido com toda a turma, optou-se por recorrer aos contributos de cinco pares, constituídos respetivamente pelos alunos A e B; C e D; E e F; K e L e M e S.

#### 4. Apresentação e Discussão de resultados

A sessão dedicada à exploração dos MV teve início com um conjunto de tarefas em que os alunos usaram o MV *Base Blocks* para representar números e o MV *Base Blocks Addition* para representar adições, com e sem composição de unidades de ordem superior. Durante a sua resolução a turma demonstrou ser capaz de descobrir o funcionamento e mecânica dos MV, principalmente através da partilha espontânea; são exemplo desta capacidade o comentário do aluno M (“é assim, está aqui  $4 + 6$ , depois temos de ver o resultado e pôr aqui, depois ali não sei...”), ou da aluna E, ao descobrir que depois de compor uma unidade de ordem superior devia arrastá-la para a coluna das dezenas (“Ah, já sei. Faz assim um quadrado, fica uma barra e puxamos para ali”).

Os alunos manifestaram a sua preferência pelo ambiente de exploração e aprendizagem colaborativa, como fica patente nos comentários feitos durante a avaliação da sessão:

Aluno M: “é assim, eu e o S baralhámo-nos um bocadinho ao princípio, mas depois ele disse que era para puxar para as dezenas e conseguimos fazer” – aludindo ao processo de descoberta de compor unidades de ordem superior e resolução da *applet Base Blocks Addition*.

Aluno A: “gostei também porque foi mais difícil e gostei também porque depois pudemos fazer as contas que queríamos” – acerca do momento de exploração livre, em que puderam criar e resolver operações de forma autónoma, fora da obrigatoriedade do enunciado;

Aluna F: “eu nunca tinha mexido no computador, mas a E ajudou-me e eu consegui” – valorizando a contribuição do par para conseguir usar um computador pela primeira vez.

Os contributos da discussão e avaliação desta sessão ditaram o caminho das sessões seguintes, onde foi dado mais espaço à exploração pelos alunos.

Os dois excertos que se apresentam de seguida são evidência da validação imediata e feedback instantâneo proporcionado pelos MV. No início da sessão dedicada ao sentido da adição acrescentar, o aluno D prefere validar os resultados das primeiras adições (3 + 5 e 9 + 7) com os dedos, passando a confiar no MV por incentivo do par: “Olha, a reta numérica está sempre certa”. Ao resolver a próxima adição, (25 + 18), o aluno D, depois de representar os valores de ambas as parcelas, lê de imediato na reta numérica – “É lá, 43!” (Figura2).

Durante a sessão dedicada ao sentido da subtração retirar, o aluno C representa sem dificuldade as quantidades correspondentes ao aditivo e subtrativo, já o aluno D opta por uma contagem dos blocos para confirmar as quantidades, sugerindo o aluno C diz que não precisa de o fazer – “Olha, não é preciso contares, está aqui a dizer” (Figura 3) –, remetendo para os valores apresentados no lado direito do ecrã.



Figura 2 – Manipulação aluno D

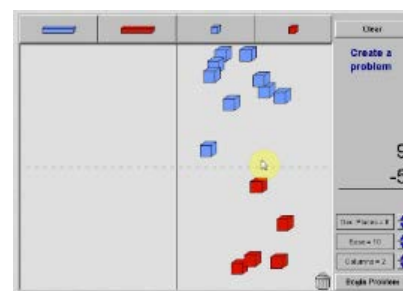


Figura 3 – Feedback do MV

Os dois exemplos que se apresentam abaixo são ilustrativos da possibilidade de o professor fazer um acompanhamento diferenciado dos alunos, fruto das decisões tomadas durante a planificação.

A análise do *screen recording* da sessão dedicada ao sentido da adição acrescentar revelou que um dos pares tinha optado por uma divisão das tarefas em que um aluno usava o MV e o outro limitava-se a registar os resultados obtidos:

- Aluno L: Agora desta vez sou eu na mesma a escrever.
- Aluno K: E eu percebo mais de computadores.

Na sessão seguinte o professor ficou atento a este par, aguardando o momento indicado para intervir, que surgiu quando o aluno K, após realizar todas as interações com o MV, manifestou a sua insatisfação face à postura do par:

- Aluno K: Vê, vê, para aprenderes, porque tu não queres fazer.
- Aluno L: Quero, quero. Só que isso dá-me impressão.

Após uma conversa entre o par e o professor, ficou acordado que seria o aluno L a resolver a próxima subtração com o MV. De modo a garantir que o aluno L não desistia face às dificuldades de manipulação do rato, o professor permaneceu junto do par, preparado para auxiliar a desbloquear situações e ultrapassar obstáculos:

- Professor: Quanto é que é o aditivo?
- Aluno L: 43, aí... 83!
- Professor: Exatamente. Tens de representar o aditivo que é 83. Como é que fazes isso?

A manipulação imprecisa do rato condicionou as diversas tentativas do aluno L, sendo necessário uma demonstração por parte do professor de como obter a representação de diferentes valores no MV. Uma nova tentativa do aluno L foi já mais conseguida, sem conseguir obter a precisão necessária. Uma vez que o seu par, aluno K se prontificou para ajudar, o professor afastou-se, mantendo-se atento ao par. Com a ajuda do colega, o aluno L conseguiu representar o aditivo e o subtrativo para de seguida encontrar a diferença, verbalizando a dificuldade sentida – “Isto faz mais frio na barriga que eu pensava!”.

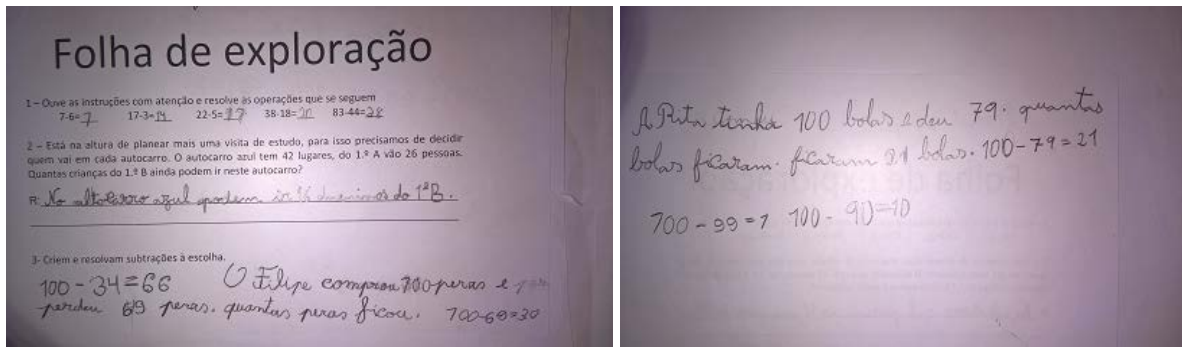


Figura 5 - Folha de exploração dos alunos G e H, frente e verso

As dificuldades sentidas pelo aluno L levou a que o par não tivesse tempo para criar e resolver subtrações à sua escolha (Figura 4), ao passo que outros pares não tiveram qualquer dificuldade na resolução das tarefas propostas, tendo mesmo criado e resolvido situações problemáticas adicionais além de resolverem subtrações por si criadas, sem necessitarem do auxílio do professor (Figura 5).

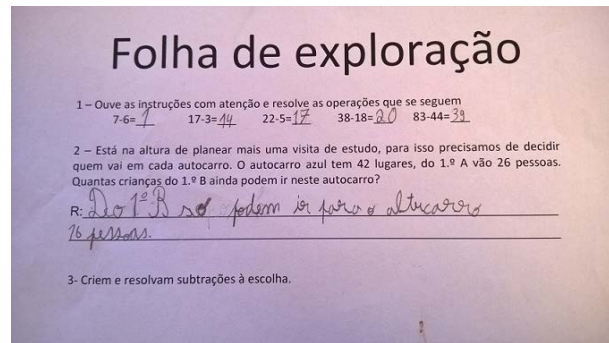


Figura 4 – Folha de exploração dos alunos K e L

A análise do *screen recording* da representação da subtração  $17 - 3$ , durante a sessão dedicada ao sentido da subtração comparar, permite testemunhar a vantagem do trabalho a pares. Neste caso, os alunos conseguiram ultrapassar dificuldades relacionadas com a mecânica do MV, ficando também evidente o contributo desta decisão pedagógica para a criação de condições que fomentam a comunicação matemática e estimulam o uso de linguagem matemática adequada:

- Aluno C: Não precisas de apagar. Isto estava no 7, bastava pones mais uma dezena.
- Aluno D: Então é quanto?
- Aluno C: 7 mais uma dezena?
- Aluno D: 17.

O relato que se segue, retirado da sessão dedicada ao sentido da adição acrescentar, é também ele evidência da vantagem do trabalho a pares. A aluna B prefere realizar a operação no papel e só depois representar o valor encontrado na reta numérica, já o aluno A sugere usar os vetores para obter o valor da soma (“vês, é só isto, é 16”). A análise das gravações da resolução da operação seguinte ( $14 + 9$ ), evidencia que existe já uma

evolução na compreensão do funcionamento do MV e da sua relação com a estrutura da adição:

- Aluno A: Eu faço a soma, 23!
- Aluna B: Não, não é. A soma não é 23.
- Aluno A: É, olha ali. O resultado é 23.
- Aluna B: Ah, então aparece aqui. Eu não estava a perceber uma coisa, mas depois o A...

## 5. Considerações finais

A cadeia de decisões tomadas a nível pedagógico, do conteúdo e da tecnologia, ancoradas no contexto específico da turma, permitiu desenhar uma sequência didática estruturada, motivadora e promotora de experiências de aprendizagem para estes alunos (Harris & Hofer, 2009), que procurou a integração da tecnologia no processo de ensino e de aprendizagem com base no modelo conceptual TPACK e seguindo os cinco passos essenciais para a sua aplicação a tarefas matemáticas (Sampaio & Coutinho, 2015; Hofer & Harris, 2015). As opções pedagógicas e tecnológicas criaram condições para que houvesse acompanhamento diferenciado dos alunos por parte do professor, estabelecendo um ambiente de aprendizagem colaborativo e de exploração (Dillenbourg, 1999; Jeong & Hmelo-Silver, 2016), que em conjunto com o feedback instantâneo e validação imediata por parte dos MV contribuíram para a autorregulação das aprendizagens matemáticas destes alunos (Boekaerts & Corno, 2005).

O uso de *screen recording* possibilitou analisar o que foi dito e feito pelos alunos, bem como de que forma a intervenção do professor contribuiu para que os alunos conseguissem superar dificuldades ou ultrapassar obstáculos, permitindo uma adequação e procura de melhorias na planificação de aulas e tarefas, assim como na intervenção ajustada do professor. Esta abordagem vai ao encontro do que referem Ghedin, Oliveira e Almeida (2015) sobre a importância de investigar a própria prática. Nesta perspetiva sugere-se o uso de grelhas de instrumentos de avaliação do conhecimento TPACK (Harris, Grandgenett & Hofer, 2010), tecnologia de *screen recording* e registos áudio em tarefas que procurem implementar o modelo concetual TPACK no uso de MV, com o objetivo de permitir aos professores avaliar e desenvolver as dimensões do seu conhecimento TPACK.

Por fim, importa dizer que não se defende o uso de MV ou das TIC em detrimento de outras opções didáticas (Ponte & Serrazina, 1998), mas sim uma integração de qualquer tipo de tecnologia (a que se mostrar mais adequada) no processo de ensino e de aprendizagem,

considerando o contexto para tomar as decisões tecnológicas, pedagógicas e curriculares que forem mais favoráveis aos alunos (Harris, 2008), modificando a forma de ensinar e o que pode ser ensinado.

### Referências bibliográficas

- Barbosa, J. (2003). Modelagem matemática e a perspectiva sócio-crítica. In *Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática*, 2, 1-13. São Paulo: SBEM.
- Boekaerts, M., & Corno, L. (2005). Self-Regulation in Classroom: A Perspective on Assessment and Intervention. *Applied Psychology: An International Review*, 54(2), 199-231.
- Bogdan, R., & Biklen, S. (2013). *Investigação Qualitativa em Educação*. Porto: Porto Editora.
- Clements, D. (1999). Concrete manipulatives, concrete ideas. *Contemporary Issues in Early Childhood*, 1(1), 45-60.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in education research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education* (6.<sup>a</sup> ed). Londres: Routledge.
- Dillenbourg, P. (1999). Introduction: what do you mean by “collaborative learning”? In Pierre Dillenbourg (ed.), *Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches*. Amsterdam: Elsevier, pp. 1-19
- Drickey, N. A. (2000). *A comparison of virtual and physical manipulatives in teaching visualization and spatial reasoning to middle school mathematics students*. Tese de doutoramento. Utah State University. Recuperado a 06/06/19 em <https://www.learntechlib.org/p/125430/>.
- Ghedin, E., Oliveira, E., & Almeida, W. (2015). *Estágio com pesquisa*. São Paulo: Cortez Editora.
- Gningue, S., Menil, V., & Fuchs, E. (2014). Applying Bruner’s Theory of Representation to Teach Pre-Algebra and Algebra Concepts to Community College Students Using Virtual Manipulatives. *Electronic Journal of Mathematics & Technology*, 8(3), 159-177.
- Hammond, T., & Manfra, M. (2009). Giving, prompting, making: Aligning technology and pedagogy within TPACK for social studies instruction. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(2), 160-185.
- Harel I., & Papert, S. (1991). *Constructionism*. Norwood, NJ: Albex.
- Harris, J. (2008). TPCK in in-service education: Assisting experienced teachers’ “planned improvisations”. *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators*, 251-271.
- Harris, J. (2016). In-service teachers’ TPACK development: Trends, models, and trajectories. In *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (pp. 201-216). New York: Routledge.
- Harris, J., Grandgenett, N., & Hofer, M. (2010). Testing a TPACK-based technology integration assessment rubric. In Maddux, Gibson, & Dodge (Eds.), *Research highlights in technology and teacher education 2010* (pp. 323-331). Chesapeake, VA: Society for Information Technology & Teacher Education.
- Harris, J., & Hofer, M. (2009). Instructional planning activity types as vehicles for curriculum-based TPACK development. In *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 4087-4095). AACE.

- Hofer, M., & Harris, J. (2015). Developing TPACK with learning activity types. Hofer, Bell, & Bull (Eds.), *Practitioner's guide to technology, pedagogy, and content knowledge (TPACK): Rich media cases of teacher knowledge*, 7-1.
- Jaipal-Jamani, K., & Figg, C. (2015). A case study of a TPACK-based approach to teacher professional development: Teaching science with blogs. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 15(2), 161-200.
- Jeong, H., & Hmelo-Silver, C. E. (2016). Seven affordances of computer-supported collaborative learning: How to support collaborative learning? How can technologies help? *Educational Psychologist*, 51(2), 247-265.
- Johnson, P., Campet, M., Gaber, K., & Zuidema, E. (2012). Virtual manipulatives to assess understanding. *Teaching Children Mathematics*, 19(3), 202-206.
- Knoef, M. (2015). *Supporting pre-service teacher's technological pedagogical knowledge integration through technology-enhanced lesson planning*. Instructional Science and Technology (IST) – Universidade de Twente.
- Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Kurt, G., Akyel, A., Koçoğlu, Z., & Mishra, P. (2014). TPACK in practice: A qualitative study on technology integrated lesson planning and implementation of Turkish pre-service teachers of English. *ELT Research Journal*, 3(3), 153-166.
- Martins, N., Martins, F., Costa, C., & Silva, R. (2018a). Desenvolvimento do modelo TPACK na formação inicial de professores. In *Atas do Encontro de Investigação em Educação Matemática, EIEM 2018* (pp. 377-397). Coimbra, Portugal: Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Coimbra.
- Mishra, P., & Koehler, M. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017-1054.
- Moyer-Packenham, P., Salkind, G., & Bolyard, J. (2008). Virtual manipulatives used by K-8 teachers for mathematics instruction: Considering mathematical, cognitive, and pedagogical fidelity. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education* [Online serial], 8(3).
- Moyer-Packenham, P., Ulmer, L., & Anderson, K. (2012). Examining pictorial models and virtual manipulatives for third-grade fraction instruction. *Journal of Interactive Online Learning*, 11(3), 103-120.
- NCTM (2014). *Principles to actions: Ensuring mathematical success for all*. Reston: NCTM.
- Paterson R. (2019). The Power of EMPs: Educational Multimedia Projects. In Daniela (Eds) *Didactics of Smart Pedagogy* (pp. 393-414). Springer, Cham.
- Ponte, J., & Serrazina, L. (1998). *As novas tecnologias na formação inicial de professores*. Lisboa: Editorial do Ministério da Educação.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 1. *On the horizon*, 9(5), 1-6.
- Roblyer, M. D., & Doering, A. H. (2010). *Integrating educational technology into teaching* (5th Ed.) Boston, MA: Allyn & Bacon.
- Rocha, A., Mota, P., & Coutinho, C. (2011). TPACK: Challenges for teacher education in the 21st century. *Back to the Future: Legacies, Continuities and Changes in Educational Policy, Practice and Research-15th Biennial of the ISATT*, 37-44.
- Sampaio, P., & Coutinho, C. (2012). Avaliação do TPACK nas atividades de ensino e aprendizagem: um contributo para o estado da arte. *Revista EducaOnline*, 6(3), 39-55.

- Sampaio, P., & Coutinho, C. (2014). Ensinar Matemática com TIC: em busca de um referencial teórico. *Revista Portuguesa de Pedagogia*, 91-108.
- Sampaio, P., & Coutinho, C. (2015). O professor como construtor do currículo: integração da tecnologia em atividades de aprendizagem de matemática. *Revista Brasileira de Educação*, 26(62), 635-661.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Silva, R. (2018). *Modelação Matemática Como Ambiente de Aprendizagem: O Uso De Manipulativos Virtuais No Desenvolvimento Dos Sentidos Da Adição E Da Subtração*. (Relatório Final do Mestrado em Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º Ciclo de Ensino Básico, Escola Superior de Educação de Coimbra, Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, Portugal).
- Stender, P. (2012). Facilitating complex modelling activities - the role of the teacher. In Cho (Ed.), *The Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education, Intellectual and attitudinal challenges*. 3423-3430. Seoul: ICME.
- Suh, J., & Moyer-Packenham, P. (2016). How Affordances and Constraints of Physical and Virtual Manipulatives Support the Development of Procedural Fluency and Algorithmic Thinking in Mathematics. *International Journal for Research in Mathematics Education*, 6(2), 245-265.
- Suh, J. (2005). *Third graders' mathematics achievement and representation preference using virtual and physical manipulatives for adding fractions and balancing equations*. Fairfax, Va.: George Mason University.
- Voogt, J., Fisser, P., Roblin, N. P., Tondeur, J., & van Braak, J. (2013). Technological pedagogical content knowledge—a review of the literature. *Journal of computer assisted learning*, 29(2), 109-121.
- Vygotsky, L. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- Yigit, M. (2014). A Review of the Literature: How Pre-Service Mathematics Teachers Develop Their Technological, Pedagogical, and Content Knowledge. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 2(1), 26-35.