

AS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA AULA DE MATEMÁTICA: CONCEÇÕES E PRÁTICAS DE ENSINO DE PROFESSORES

João Torres e Joana Brocardo

Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Setúbal

Resumo

O estudo que se apresenta centra-se nas práticas curriculares do professor de Matemática e pretende contribuir para a compreensão da utilização de Tecnologias Digitais (TD) no ensino desta disciplina, perspetivando a sua integração na prática letiva pela ótica dos docentes.

Há já alguns anos que o processo de introdução das TD no ensino começou. Esperava-se que estas alterassem profundamente as metodologias e que tivessem implicações ao nível da comunicação na sala de aula, bem como nos papéis desempenhados pelo professor e pelo aluno no processo de ensino-aprendizagem (Papert, 2000). No entanto, dados recentes indicam que, apesar de poderem constituir uma mudança de metodologia de ensino estas ferramentas são apenas absorvidas e integradas nos métodos que já eram utilizados pelos professores.

Em termos metodológicos, optámos por realizar três estudos de caso, usando como critérios para a escolha dos professores a sua experiência profissional (mais de 15 anos) e o nível de ensino que lecionam. Solicitámos aos professores que respondessem a um conjunto de questões relacionadas com o modo como perspetivam a utilização das tecnologias e como caracterizam as suas práticas letivas. Para a recolha de dados foram utilizados três tipos de fontes: (i) observação de práticas letivas, (ii) entrevistas e (ii) análise documental. Para a análise dos dados recorreremos ao suporte teórico proposto por Mishra e Koehler (2006) - conhecimento tecnológico, pedagógico e de conteúdo (TPACK) – e ao modelo “orquestração instrumental” proposto Trouche (2004). A fase de recolha de dados decorreu no ano letivo 2013/2014, estando neste momento centrados na sua análise. Nesta comunicação apresentamos alguns dos resultados preliminares do estudo que a suporta.

Palavras-chave: Professores; matemática; tecnologias

Objetivo e questões do estudo

O principal objetivo do estudo do qual decorre este artigo é compreender as práticas profissionais de professores de Matemática que utilizam as TD nas aulas de Matemática, analisando o modo como são utilizadas e os fatores que favorecem ou dificultam a sua integração do ponto de vista desses professores.

O estudo incidiu sobre três professores de Matemática com mais de 15 anos de experiência e lecionando três ciclos de ensino diferentes: 2º, 3º e Secundário. A cada um dos professores foram colocadas as seguintes questões:

- Perspetivas sobre a utilização das tecnologias:
 - Que papel atribui às TD na aula de Matemática?
 - De que modo evoluíram, ao longo da carreira profissional, as suas perspetivas acerca da utilização das TD?
 - Qual a importância que atribui ao contexto escolar, em especial, dos colegas e dos alunos?
- Caracterização da respetiva prática letiva relativamente ao uso das TD:
 - Como usa a tecnologia para preparar as suas aulas?
 - De que modo usa as TD na aula de Matemática?
 - Como relaciona o uso da tecnologia com os tópicos do programa?
 - Quais os problemas identificados, pelo professor, relacionados com a utilização das TD na prática da sala de aula? Como são ultrapassados? Que propostas apresenta para a sua resolução?

Fundamentação teórica

Nos últimos anos têm sido utilizadas diversas tecnologias no processo de ensino/aprendizagem da Matemática. Algumas dessas tecnologias foram adaptadas ao uso na sala de aula, como as folhas de cálculo que surgiram para dar resposta a necessidades do mundo empresarial, enquanto outras foram criadas somente para esse fim, como o *software* de Geometria Dinâmica (GD) ou linguagem de programação LOGO, (Pimm & Johnston-Wilder, 2005).

A utilização das TD no processo de ensino/aprendizagem da Matemática tem merecido a atenção da comunidade científica e sido alvo de diversos estudos e projetos de investigação (Laborde, 2008; Lagrange, Artigue, Laborde & Trouche, 2003; Pimm & Johnston-Wilder, 2005; Wong, 2003) e existem já propostas de utilização das TD que trazem associados autênticos projetos pedagógicos que veem as tecnologias como instrumentos capazes de revolucionar o modo de funcionamento da própria escola (Figueiredo, 2002; Papert, 2000; Sousa & Fino, 2008).

Vários estudos têm mostrado, entre outros aspetos, que a utilização das TD na aula de Matemática permite (i) a realização rápida das tarefas rotineiras e cálculos complexos, (ii) múltiplas visualizações e (iii) testar e refutar conjecturas falsas (Borwein, 2005; Zbiek, Heid, Blume & Dick, 2007). No entanto, a exploração efetiva das potencialidades das TD coloca no professor a decisão sobre como articular a atividade matemática técnica – as que dizem respeito

à resolução de tarefas rotineiras e repetitivas – com a atividade matemática conceptual – as tarefas que envolvem pesquisas, articulação entre diferentes saberes e demonstrações (Zbiek et al., 2007). As TD podem assumir-se como determinantes na escolha e criação das tarefas que o professor propõe aos discentes (Papert, 2000; Figueiredo, 2002; Sousa & Fino, 2008) e a natureza destas tarefas traz alterações nas interações na sala de aula e no papel que é esperado do professor. Este tenderá a deixar o papel de “transmissor de conhecimento” para passar a ser um gestor de ambientes de aprendizagem onde o aluno tem um papel mais ativo (Stein, Engle, Smith & Hughes, 2008). O papel da gestão da comunicação na sala de aula revela-se assim extremamente importante (Ponte & Serrazina, 2004; Stein et al., 2008), passando o desafio do professor a estar não só ao nível da escolha/preparação das tarefas e materiais mas também em garantir que as discussões em grande grupo se traduzem em conhecimento matemático efetivo para toda a turma (Stein et al., 2008), sendo fundamental que o professor seja capaz de identificar, refletir e antecipar problemas e dilemas de carácter curricular.

No que diz respeito à utilização das TD pelos professores no processo de ensino/aprendizagem têm surgido algumas teorias que procuram ajudar a compreender o modo como são utilizadas. De seguida analisamos duas dessas teorias que utilizaremos no nosso estudo.

TPACK e modelo de Orquestração Instrumental

Inspirados no trabalho de Shulman, em finais da década de 1980, Mishra e Koehler (2006) definem o conceito de conhecimento tecnológico e pedagógico de conteúdo – *Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)* – como sendo o conhecimento que os professores precisam de ter para ensinar utilizando tecnologias na sua área disciplinar e no seu nível de ensino. Esquemáticamente este conhecimento estará na interseção entre o conhecimento de conteúdo, o conhecimento pedagógico e o conhecimento de tecnologias (ver *figura 1*). Nesta representação podemos observar as áreas onde estas três principais componentes se sobrepõem, sendo que a área onde se cruzam o conhecimento de conteúdo e o conhecimento pedagógico é designada por Conhecimento Pedagógico do conteúdo (PKC), já anteriormente definida por Shulman.

O conhecimento de tecnologias isoladamente será o conhecimento que o professor tem do sistema operativo ou de ferramentas genéricas como o processador de texto, o correio eletrónico ou folha de cálculo. Inclui ainda a habilidade de se adaptar a novas tecnologias, num mundo em constante mudança. No entanto, este conhecimento, para ser levado para a sala de aula, vai ser cruzado como os outros dois tipos de conhecimento, gerando assim três novas áreas de interseção.

Na interseção do conhecimento tecnológico com o conhecimento de conteúdo temos uma área que os autores denominam de Conhecimento Tecnológico de Conteúdo (*Technological Content Knowledge* - TCK) que relaciona a tecnologia com o conteúdo a lecionar. O professor deverá perceber os impactos que as tecnologias podem trazer aos conteúdos a lecionar. O software de geometria dinâmica, por exemplo, ao possibilitar que o aluno “brinque” com as construções arrastando pontos, vai permitir formas de provar ou refutar conjecturas que anteriormente não eram possíveis. Assim, a tecnologia altera também os próprios conteúdos que o professor deverá dominar.

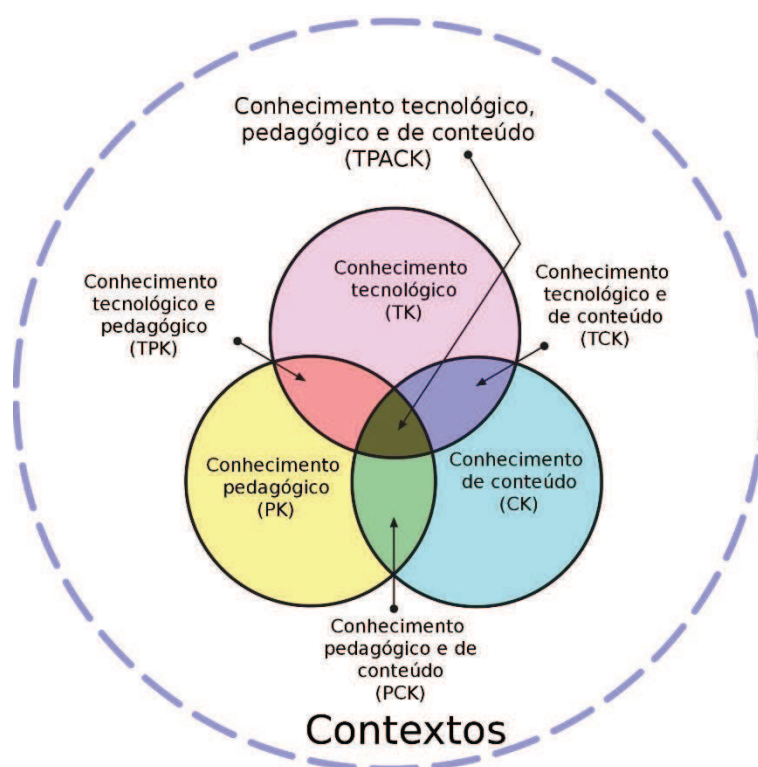


Figura 1: Esquema TPACK

Por sua vez, na interseção do conhecimento tecnológico com o conhecimento pedagógico temos uma área que os autores denominam de “Technological Pedagogical Knowledge” (TPK). O professor deverá conhecer as características pedagógicas das diferentes ferramentas disponíveis para poder decidir, por exemplo, qual deve utilizar em determinado conteúdo. Por vezes essas ferramentas são de uso genérico, como as folhas de cálculo, e o professor deverá saber como utilizá-las pedagogicamente e para quê. Uma sala de chat, por exemplo, pode ser utilizada no ensino, desde que o professor esteja consciente de como fazê-lo e ao serviço de que objetivos.

Finalmente temos a área onde os três conhecimentos se cruzam e que os autores designam de Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e de Conteúdo (TPACK) e que vai além dos três componentes que o compõem quando considerados isoladamente e que, nas palavras de Palis (2009), é:

a base para um ensino efetivo com tecnologia incluindo a compreensão de representações de conceitos usando tecnologia, técnicas pedagógicas que empregam tecnologia para ensinar conteúdos, de como uma tecnologia pode ajudar a lidar com as dificuldades dos alunos. (p. 436)

A Association of Mathematics Teacher Educators (AMTE), partindo do trabalho de Mishra e Koehler (2006), tem vindo a trabalhar, desde 2007, num referencial teórico para pensar o TPACK em Matemática, propondo o referencial denominado Conhecimento Tecnológico e Pedagógico de Conteúdo na área da Matemática (*Mathematics Tpack*) (AMTE, 2009; Palis, 2009). Esse referencial estabelece objetivos para a integração da tecnologia na aula de Matemática mas não fornece, no entanto, indicações de como o professor se pode apropriar progressivamente desse conhecimento (Niess et al., 2009).

Inspirados num modelo proposto por Rogers (1995), para a difusão de inovações, Niess et al. (2009) propõem um modelo em que o professor passa por cinco etapas até atingir um conhecimento TPACK que lhe permita integrar a tecnologia na sua atividade. Para a construção deste modelo Niess e seus colaboradores observaram durante quatro anos professores que utilizaram a folha de cálculo nas suas aulas. As fases que propõem são: (i) Reconhecimento, (ii) Aceitação, (iii) Adaptação, (iv) Exploração e (v) Avançado (figura 2)

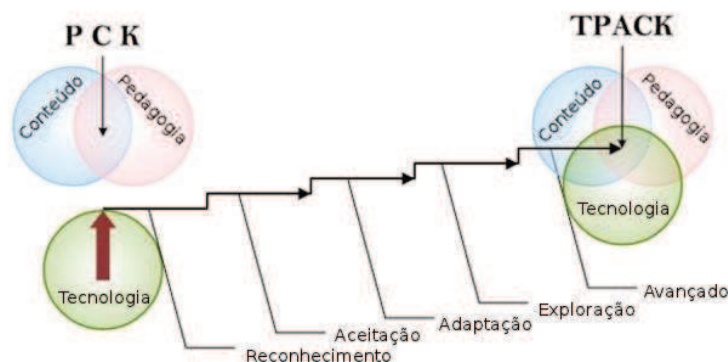


Figura 2: Descrição visual dos níveis de progressão

Este modelo teórico ajuda a situar os professores num determinado nível de utilização das TIC e é um contributo para a investigação e o desenho de formação nesta área. Niess et al. (2009) trabalharam no desenvolvimento de descritores, com exemplos do que pode ser, em cada um dos níveis propostos, o pensamento do professor em relação ao currículo, à avaliação, ao ensino, à aprendizagem e ao acesso às TD.

Outro modelo que tem sido proposto é o de “Orquestração instrumental¹¹” que foi desenvolvido por Trouche (2004) para caracterizar as práticas dos professores de Matemática que utilizam ferramentas digitais nas suas aulas. Para apresentar a sua teoria, o autor começa por distinguir “artefacto” de “instrumento”. Enquanto o primeiro se refere a um objeto físico concreto, o segundo é uma construção psicológica que não existe por si só mas apenas quando o “sujeito” é capaz de se apropriar dele e de o integrar na sua atividade. Este autor compara mesmo um instrumento a um “órgão” que seria uma extensão do próprio corpo:

Mais precisamente, um instrumento pode ser considerado como uma extensão do corpo, um órgão funcional constituído por um componente de artefacto (um artefacto, ou parte de um artefacto mobilizado na atividade) e um componente psicológico. (Trouche, 2004, p. 285)

Considera que a construção deste “órgão”, a que chama *génese instrumental*, é um processo complexo, que precisa de tempo, e que está relacionado com as características do artefacto, com as suas potencialidades e limitações. O utilizador vai associando “esquemas” mentais à utilização do artefacto tornando-o num instrumento que usa para realizar determinadas tarefas. Para apoiar a génese instrumental dos alunos na aula de matemática o professor apoia ou “dirige” os seus alunos no processo de transformação de artefactos em instrumentos (Trouche, 2004).

Drijvers, Doorman, Boon, Gisbergen e Reed (2009) contribuem para precisar o conceito de orquestração instrumental definindo-o como sendo a organização intencional e sistemática por parte do professor e o uso dos diferentes artefactos disponíveis na sala de aula para levar a cabo uma determinada tarefa matemática, orientando a génese instrumental dos seus alunos. A palavra ‘orquestração’ tem por detrás a metáfora de uma orquestra onde cada aluno toca o seu instrumento, dirigido pelo professor para, em conjunto, fazer um som harmonioso e coerente (Drijvers et al., 2009).

Tabach (2011) chama a atenção para a necessidade de termos algum cuidado na utilização desta metáfora uma vez que quando um maestro dirige uma orquestra sinfónica ou banda jazz tem à sua frente músicos profissionais, especialistas experientes na execução de música. No entanto, em ambas as situações há um objetivo comum ao grupo: tocar música harmoniosa, num dos casos, e aprender Matemática, no outro. O professor pode ser visto como o maestro, no sentido em que é ele que organiza, define os papéis e dirige os trabalhos. No entanto, como numa banda de jazz, onde o maestro tem que ter em conta a especificidade dos músicos e contar com um grau de improvisação, também o professor tem que ter em conta os aspetos específicos dos

¹¹ Instrumental Orchestration, no original

seus alunos e definir os objetivos didáticos de acordo com as suas ações e reações (Tabach, 2011).

Drijvers et al. (2009) distinguem três elementos na orquestração instrumental: configuração didática, modo de exploração e desempenho didático. Na configuração didática, o professor escolhe e dispõe os artefactos com que os alunos vão trabalhar. Estes artefactos podem ser as ferramentas tecnológicas, mas também as tarefas que vão ser propostas. Em relação à metáfora da orquestra, a configuração didática pode ser comparada à escolha dos instrumentos a incluir na orquestra e à sua disposição pelo espaço, de modo a que os diferentes sons possam produzir, em conjunto, a melhor harmonia possível. O modo de exploração é a maneira como o professor decide explorar a configuração didática para atingir os seus objetivos. Isto inclui as decisões sobre a forma como a tarefa é apresentada e trabalhada, as possíveis funções dos artefactos e o papel que cabe aos alunos. Na metáfora da orquestra corresponderia à escolha da partitura que cada músico interpretaria. O desempenho didático envolve as decisões *ad hoc* do professor durante a execução da própria tarefa, como lidar com aspetos inesperados da tarefa matemática ou da ferramenta tecnológica. Na metáfora musical corresponderia à própria execução da peça musical.

Na orquestração instrumental, se, por um lado, está em evidência a génese instrumental dos alunos que utilizam artefactos, por outro, num nível distinto, podemos também encontrar a génese instrumental do professor, que trabalhando com artefactos que podem ou não ser os mesmos dos alunos também se envolve num processo de génese instrumental durante o processo de ensino-aprendizagem (Drijvers, 2009).

Embora este modelo não se encontre ainda referenciado em muita literatura foi já adotado em alguns estudos. Drijvers et al. (2009) analisaram 38 aulas de três professoras experientes e definiram os diferentes tipos de orquestração instrumental que as mesmas utilizaram bem como a frequência com que cada tipo de orquestração era utilizada. Também Tabach (2011) realizou um estudo em que utilizou como referencial teórico quer o TPACK, para análise do conhecimento profissional dos professores, quer a orquestração instrumental para análise das suas práticas.

Os dois modelos descritos, e os seus descritores, são uma referência importante para estudos na área onde este estudo se insere.

Metodologia

O objeto em análise neste estudo é o professor e as suas práticas curriculares com recurso a TD, perspectivadas a partir do seu ponto de vista. Interessa perceber as práticas profissionais e o

modo como se relacionam com o conhecimento didático e tecnológico que o professor foi construindo ao longo do seu percurso profissional, enquanto docente de Matemática. De acordo com este objetivo optou-se por uma investigação interpretativa, tomando por *design* da investigação o estudo de caso. No contexto do paradigma interpretativo, o objeto de análise é formulado em termos de ação, uma ação que abrange “o comportamento físico e ainda os significados que lhe atribuem o ator e aqueles que interagem com ele. O objeto da investigação social interpretativa é a ação e não o comportamento” (Erickson, 1986, p. 127). Interessa pois, numa investigação deste tipo, conhecer a realidade tal como ela é vista pelos atores que nela intervêm diretamente (Ponte, 2006) o que vai ao encontro do objetivo estabelecido para este estudo.

Dentro de um paradigma de tipo interpretativo, o estudo de caso visa conhecer o “como” e os “porquês” de um fenómeno ou identidade bem definida que constitui o caso quando o investigador não tem controlo sobre os acontecimentos e não é possível ou desejável manipular as causas potenciais do comportamento dos participantes (Yin, 2010).

Os casos em estudo neste projeto são três professores de Matemática que utilizam regularmente as TD nas suas aulas.

Trata-se de três estudos de caso analíticos (Ponte, 1994; Yin, 2010) uma vez que procuramos problematizar em torno da experiência e da prática dos participantes, confrontando os resultados obtidos com resultados que têm vindo a ser relatados no âmbito de outras investigações e com modelos teóricos que têm vindo a ser utilizados no estudo das práticas dos professores.

A visão dos professores sobre o uso das TD: uma análise inicial

Encontramo-nos neste momento na fase de análise dos dados pelo que aqui apenas se analisam alguns aspetos preliminares.

Alberto é professor desde 1978/79 e leciona no Ensino Secundário, Joaquim é professor desde 1992/93 e leciona no 3.º Ciclo e Ana leciona desde 1986/87 e é professora no 2.º Ciclo.

Alberto participou no Projeto Minerva¹² estando destacado num dos seus polos. É formador de professores na área das TD e autor de manuais. Tem muita experiência de utilização de ferramentas de GD área em que tem sido formador nos últimos anos.

¹² Projeto de apoio à Introdução às TIC nas escolas portuguesas que funcionou entre 1985 e 1994.

As TD são um instrumento de uso diário nas suas aulas, os alunos usam diariamente calculadoras gráficas (12.º ano) e projeta informação dinâmica, gerada por programas de GD, para ajudar a visualizar e compreensão de conceitos.

Mesmo quando preparo coisas para as aulas, muitas das coisas que preparo, preparo em GSP. Depois utilizo a calculadora gráfica, uso só porque de alguns pontos de vista permite fazer coisas que obviamente não se consegue fazer com a calculadora gráfica, mesmo ao nível das funções, e evidentemente ao nível da geometria. (1.ª entrevista com o prof. Alberto)

Joaquim está ligado à utilização das calculadoras no ensino, tendo sido colaborador de uma das principais marcas dando formação nesta área e criando materiais de apoio à sua utilização pedagógica. É também autor de manuais. É um professor muito reflexivo e com muita experiência na utilização sobretudo de calculadoras e folha de cálculo no ensino.

As TD são usadas, sobretudo, para realização de tarefas específicas. Nas aulas a que assistimos foi utilizada a calculadora e a folha de cálculo excel para realização de tarefas em grupo. Nessas tarefas alunos usaram as TD para resolver tarefas problemas matemáticos. Usa também diariamente as TD para preparação das aulas e como suporte para passar informação aos alunos utilizando a plataforma *Moodle* e o e-mail.

Eu nunca fui um entusiasta da utilização massiva das TIC nas aulas, percebes? Eu sempre achei que alguma utilização trazia benefícios, mas, quer dizer, pelo menos nunca pensei nisso, quer dizer, por exemplo dar um capítulo inteiro com as tecnologias. Nunca fiz isso. Fiz sempre algumas atividades pontuais, uma coisa ou outra trabalhar com o excel trabalhar agora com o Geogebra. Mas nunca fui muito além disso. (1.ª entrevista com o prof. Joaquim)

Ana obteve o diploma de Mestrado em utilização de tecnologias no ensino e esteve ligada ao Projeto Minerva como formanda, onde deu os primeiros passos na utilização da linguagem de programação LOGO. É uma professora muito reflexiva, utiliza blogues educativos com os seus alunos e como ferramenta de organização de trabalho com colegas. Na investigação que levou a cabo na tese de mestrado utilizou pedagogicamente a linguagem de programação Scratch, desenvolvida no Massachusetts Institute of Technology (MIT). As aulas assistidas, no âmbito desta investigação foram também em torno da utilização desta linguagem de programação.

Para Ana as TD são sobretudo um instrumento para os alunos desenvolverem competências. Sentiu, no ano da recolha de dados, grande pressão com os exames e dificuldades de implementar aulas com as TD devido a ter muitos alunos por turma turmas;

Quando eu tinha 21 ou 22 alunos, (...) eu conseguia organizar os trabalhos, uns iam para os computadores, outros não iam, uns faziam trabalho de grupo... (1.ª entrevista com a prof. Ana)

Para Ana os alunos devem desenvolver os seus próprios projetos em atividades muito “abertas” e partilhar os resultados com a turma e com todo o mundo...

(...) Mas depois aparece na Internet! Portanto o passo seguinte seria eles depois a fazer isso e a criarem os seus espaços e para isso é que eu sinto que há cada vez menos tempo porque isso envolve um gasto de tempo... (1.^a entrevista com a prof. Ana)

Breve síntese

Os três professores em estudo têm percursos de muitos anos ligados à utilização das TD no ensino da Matemática. Todos têm experiência na sua utilização e têm utilizado essas TD ao longo dos seus percursos profissionais. Existem, no entanto, diferenças no modo como as utilizam e no tipo de atividades que concebem com elas. Não será alheio a isso o percurso de cada um destes professores, os níveis que lecionam e as condições de que dispõem na escola.

Ana identifica claramente constrangimentos que, particularmente, no ano em que recolhemos os dados, condicionam a utilização que pode fazer das TD com os seus alunos. Também no discurso de Alberto e Joaquim se nota alguma preocupação com as condições que as escolas têm para utilização das TD que reconhecem já terem sido mais valorizadas na vida da escola.

Da análise preliminar que fizemos dos dados recolhidos não ficam dúvidas que estes três professores acreditam que a utilização das TD pode ser uma mais-valia no processo de ensino/aprendizagem da Matemática. Têm, no entanto, visões diferentes sobre o modo como as utilizam e estão em fases muito avançadas em relação ao modelo TPACK.

Referências bibliográficas

- AMTE. (2009). *Mathematics TPACK framework*. (Disponível online em <http://www.amte.net/sites/all/themes/amte/resources/MathTPACKFramework.pdf> consultado em outubro de 2011)
- Borwein, J. M. (2005). The experimental mathematician: The pleasure of discovery and the role of proof. *International Journal of computer for Mathematical Learning*, 10, 75-108.
- Drijvers, P. (2009). Instrumental orchestration: Theory and practice. In *Proceedings of CERME 6* (pp. 1349-1358). Lyon France.
- Drijvers, P. (2012). Teachers transforming resources into orchestrations. In *Mathematics teacher education - volume 7: From text to 'lived' resources - mathematics curriculum materials and teacher development* (pp. 265-281). Springer.
- Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., Gisbergen, S. van & Reed, H. (2009). Teachers using technology: Orchestrations and profiles. In M. Tzekaki, M. Kaldrimidou & H. Sakonidis (Eds.), *Proceedings of the 33rd conference of the international group for the psychology of mathematics education in search for theories in mathematics education* (Vol. 2, pp. 481-488). PME.

- Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching, third edition* (pp. 119-160). Nova York: MacMillan.
- Figueiredo, A. D. (2002). Redes e educação: A surpreendente riqueza de um conceito. In *Redes de aprendizagem, redes de conhecimento*. Lisboa: Conselho Nacional de Educação.
- Laborde, C. (2008). Technology as an instrument for teachers. In *Proceedings of working group 4: Resources and technology throughout the history of ICMI, symposium on the occasion of the 100th anniversary of ICMI*. Rome, Italy. (Disponível em: <http://www.unige.ch/math/EnsMath/Rome2008/WG4/Papers/LABORD.pdf>, acessado em agosto de 2010)
- Lagrange, J.-B., Artigue, M., Laborde, C. & Trouche, L. (2003). Technology and mathematics education: a multidimensional study of the evolution of research and innovation. In A. J. Bishop, M. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & F. K. Leung (Eds.), *Second international handbook of mathematics education* (pp. 237-269).
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Niess, M. L., Ronau, R. N., Shafer, K. G., Driskell, S. O., Harper, S. R., Johnston, C., Browning, C., Koca, S. A. Özgün & Kersaint, G. (2009). Mathematics teacher TPACK standards and development modelstein. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 4-24.
- Palis, G. D. L. R. (2009). Desenvolvimento curricular e pesquisa participante: Integração de um sistema de computação algébrica na transição do ensino médio para o superior em matemática. In C. Dujet-Sayyed & L. M. Moura (Eds.), *Proceedings of the 1st international congress of mathematics, engineering and society*. Curitiba, Brasil: PUCPR.
- Papert, S. (2000). What's the big idea? Toward a pedagogy of idea power. *IBM Systems Journal*, Vol. 39, 39(3 & 4), 720-729.
- Pimm, D., & Johnston-Wilder, S. (2005). Technology, mathematics and secondary schools: a brief UK historical perspective. In S. Johnston-Wilder & D. Pimm (Eds.), *Teaching secondary mathematics with ICT* (pp. 13-16). Maidenhead: Open University Press.
- Ponte, J. P. (1994). O estudo de caso na investigação em educação matemática. *Quadrante*, 3(1), 3-18.
- Ponte, J. P. (2006). Estudos de caso em educação matemática. *Bolema*, 25, 105-132.
- Ponte, J. P., & Serrazina, L. (2004). As práticas dos professores de Matemática em Portugal. *Educação e Matemática*, 80, 8-12.
- Rogers, E. M. (1995). Diffusion of innovations. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Sousa, J. M., & Fino, C. N. (2008). As TIC abrindo caminho a um novo paradigma educacional in. *Revista Educação & Cultura Contemporânea*, 5(10), 11-26.
- Stein, M. K., Engle, R. A., Smith, M. S. & Hughes, E. K. (2008). Orchestrating productive mathematical discussions: Five practices for helping teachers move beyond show and tell. *Mathematical Thinking and Learning*, 10, 313-340.
- Tabach, M. (2011). A mathematics teacher's practice in a technological environment: A case study analysis using two complementary theories. *Technology, Knowledge And Learning*.
- Trouche, L. (2004). Managing the complexity of human/machine interactions in computerized learning environments: Guiding students' command process through instrumental

orchestrations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9, 281-307.

Wong, N.-Y. (2003). The influence of technology on the mathematics curriculum. In A. J. Bishop, M. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & F. K. Leung (Eds.), *Second international handbook of mathematics education* (pp. 271-321). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Yin, R. K. (2010). *Estudo de caso: planejamento e métodos* (4ª ed.). São Paulo: Bookman.

Zbiek, R. M., Heid, M. K., Blume, G. W. & Dick, T. P. (2007). Research on technology in mathematics education: A perspective of constructs. In J. Frank K. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 1169-1207). Charlotte, NC: Information Age.

Zbiek, R. M., & Hollebrands, K. (2008). A research-informed view of the process of incorporating mathematics technology into classroom practice by inservice and prospective teachers. In M. K. Heid & G. W. Blume (Eds.), *Research on technology and the teaching and learning of mathematics: Syntheses, cases and perspectives* (Vol. 1, pp. 287-344). Charlotte, NC: Information Age.