

Ensinar Matemática com TIC: Em Busca de um Referencial Teórico

**Patrícia Alexandra da Silva Ribeiro Sampaio e Clara Maria Gil Fernandes
Pereira Coutinho¹**

Resumo

A integração da tecnologia no processo de ensino/aprendizagem não tem trazido grande sucesso educativo, tendo-se constatado que o apetrechamento das escolas com ferramentas educativas não é uma solução por si só. Torna-se necessário refletir sobre esta integração, surgindo um modelo teórico que interliga três componentes (pedagogia, tecnologia e conteúdo) com o contexto em que se está inserido. No caso particular da Matemática, este referencial denomina-se de TPACK matemático e desenvolve-se em torno de quatro grandes áreas: conceção e desenvolvimento de experiências e ambientes digitais de aprendizagem; ensino, aprendizagem e currículo matemático; análise e avaliação; produtividade e prática profissional. No entanto, não há uma aquisição imediata do TPACK por parte dos professores de Matemática, precisando de passar por um processo de cinco etapas para enfrentarem a decisão final de aceitar ou rejeitar uma tecnologia específica para o ensino da Matemática.

Palavras-chave: Tecnologia educativa; TPACK; Matemática.

Introdução

Ensinar com tecnologia não é uma tarefa fácil! Várias investigações têm sido levadas a cabo sobre a integração da tecnologia no processo de ensino/aprendizagem e, por diversas vezes, se concluiu que as metodologias usadas deveriam ser repensadas, não ocorriam melhorias no sucesso educativo, os professores não se sentiam confortáveis com a utilização dessas tecnologias e havia uma grande falta de recursos nas escolas (Culp, Honey, & Mandinach, 2003).

1 Patrícia Alexandra da Silva Ribeiro Sampaio - Bolseira da Fundação para a Ciência e Tecnologia. E-mail: patisampaio@gmail.com

Clara Maria Gil Fernandes Pereira Coutinho - Instituto de Educação, Universidade do Minho. E-mail: ccoutinho@ie.uminho.pt

Até que ponto, faz sentido afirmar que a utilização das tecnologias educativas traz melhores resultados escolares na disciplina de Matemática? Através de diversos projetos, desenvolvidos ao longo dos últimos vinte e sete anos, as escolas portuguesas têm sido apetrechadas com vários equipamentos tecnológicos, facilitando o acesso à Internet, a disponibilização de computadores portáteis, a manipulação de *software*, a fácil visualização de materiais pelos inúmeros vídeo-projetores existentes nas salas de aula, a interatividade e motivação promovida pelos quadros interativos, a formação de professores em competências digitais ... No entanto, terá realmente ocorrido uma alteração do paradigma usado até agora nas aulas? Os professores serão capazes de usar as tecnologias de informação e comunicação (TIC) com eficácia? Torna-se pois fundamental refletir sobre o modo como as TIC deverão ser integradas em contexto de sala de aula, diferindo de disciplina para disciplina, de conteúdo para conteúdo, de acordo com objetivos próprios, tendo em conta o contexto escolar em que a turma e o professor estão inseridos.

Neste artigo, apresenta-se uma breve descrição dos projetos tecnológicos que têm sido levados a cabo pelo Ministério da Educação nas escolas portuguesas, expondo-se um referencial teórico, TPACK, de integração da tecnologia educativa no processo de ensino/aprendizagem, refletindo-se sobre a necessidade de formação contínua dos professores, que deverá basear-se no conteúdo e não na tecnologia em si, retratando a diversidade de atividades de aprendizagem baseadas no conteúdo, para se apresentar um quadro teórico de integração da tecnologia no processo de ensino/aprendizagem da Matemática.

As TIC nas Escolas Portuguesas

As tecnologias de informação e comunicação (TIC) têm sido bastante promovidas em Portugal, nos últimos vinte e sete anos, através de diferentes iniciativas. Entre 1985 e 1994, decorreu o primeiro projeto financiado pelo Ministério da Educação que se denominava de MINERVA (meios informáticos no ensino: racionalização, valorização, atualização), que tinha como objetivos promover a investigação sobre o uso das TIC e desenvolver *software* educativo assim como equipar as escolas com equipamento informático e fornecer formação aos professores para tal (Coelho, Monteiro, Veiga, & Tomé, 1997). Posteriormente, entre 1996 e 2002, desenvolveu-se o programa Nónio Século XXI (programa de tecnologias de informação e comunicação na educação) com um propósito semelhante, passando pela aplicação, desenvolvimento e formação em TIC, a criação e o desenvolvimento de *software* educativo, mas também a difusão de informação e a cooperação internacional (ibidem, 1997). Em simultâneo, entre 1997 e 2003, desenvolveu-se a iniciativa uARTE (unidade de apoio à rede

telemática educativa), que contribuiu para o processo de instalação e ligação das escolas à Internet (Freitas, 1999).

Já em 2005, o Ministério da Educação criou a Edutic (unidade para o desenvolvimento das TIC na educação) no GIASE (gabinete de informação e avaliação do sistema educativo), numa perspectiva de continuação do Programa Nónio Século XXI, mas nesse mesmo ano transferiu as suas funções para a Equipa de Missão CRIE (computadores, redes e Internet na escola), a qual já funcionou no âmbito da DGIDC (direção-geral de inovação e de desenvolvimento curricular), tendo terminado este projeto em 2007. Teve como “missão a concepção, desenvolvimento, concretização e avaliação de iniciativas mobilizadoras e integradoras no domínio do uso dos computadores, redes e Internet nas escolas e nos processos de ensino-aprendizagem” (ME, 2005, p. 11100). Em 2008, as funções da equipa CRIE foram transferidas para a ERTE/PTE (equipa de recursos e tecnologias educativas/ plano tecnológico da educação), através do Despacho n.º 18871/2008, em que se pretendia:

- a) Desenvolvimento da integração curricular das Tecnologias de Informação e Comunicação nos ensinos básico e secundário;
- b) Promoção e dinamização do uso dos computadores, de redes e da Internet nas escolas;
- c) Concepção, produção e disponibilização dos recursos educativos digitais;
- d) Orientação e acompanhamento da actividade de apoio às escolas desenvolvida pelos Centros de Competências em Tecnologias Educativas e pelos Centros TIC de Apoio Regional. (ME, 2008, p. 31259)

Através de diversos projetos, pode-se afirmar que ocorreu um enorme investimento financeiro no apetrechamento das escolas públicas portuguesas com computadores, projetores multimédia, quadros interativos e Internet de banda larga. Mas terão ocorrido alterações efetivas nas práticas letivas dos professores? A adaptação dos docentes a novas práticas de ensino não é um processo simples e imediato, devendo a formação contínua de professores proporcionar experiências para os envolver no planeamento, na prática e na reflexão.

TPACK – Um Referencial Teórico

Mishra e Koehler (2006) propuseram um referencial teórico para a tecnologia educativa baseado na formulação de Shulman (1986) do conhecimento pedagógico do

conteúdo (PCK), denominado conhecimento pedagógico e tecnológico do conteúdo (originalmente TPCK, agora conhecido também como TPACK). Para Niess et al. (2009) trata-se de um pacote total que integra verdadeiramente três componentes (conteúdo, pedagogia e tecnologia) na construção do currículo. Vários estudos foram realizados sobre as vantagens/desvantagens da tecnologia no ensino, tendo-se concluído que devemos nos focar não na tecnologia em si, mas, ao invés, no modo como é utilizada (Costa et al., 2008; Koehler & Mishra, 2005). Como refere Ponte (2000, p. 74), “O uso fluente de uma técnica envolve muito mais do que o seu conhecimento instrumental, envolve uma interiorização das suas possibilidades e uma identificação entre as intenções e desejos dessa pessoa e as potencialidades ao seu dispor”. De acordo com Mishra e Koehler (2006, p. 1025) “As relações entre o conteúdo (o assunto atual que deve ser aprendido e ensinado), pedagogia (o processo e a prática ou métodos de ensino e aprendizagem) e tecnologia (ambos comuns, como quadros negros, e avançadas, tais como computadores digitais) são complexas”. Este referencial teórico enfatiza as conexões entre conteúdo, pedagogia e tecnologia e o contexto (cf. figura 1). Os professores devem compreender a forma complexa como os três domínios, e os contextos em que são formados, coexistem e se influenciam uns aos outros.

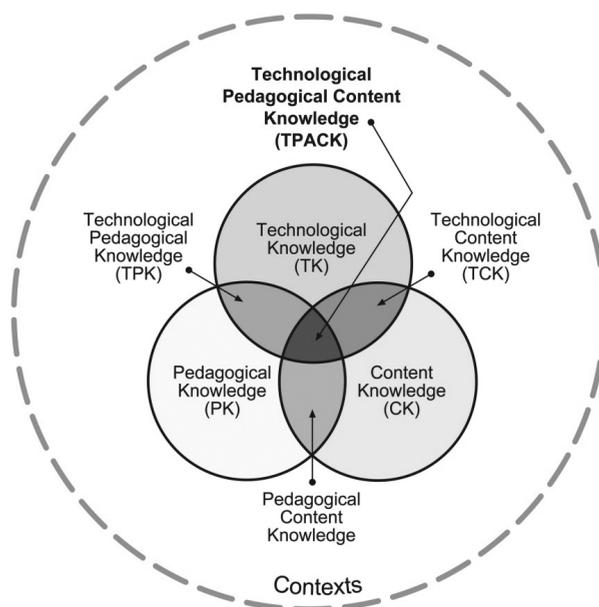


Figura 1 O quadro teórico TPACK e os seus componentes do conhecimento (Koehler & Mishra, 2009).

O conhecimento de conteúdo (CK) é o conhecimento sobre o assunto atual que está a ser aprendido ou ensinado. O conhecimento pedagógico (PK) é o conhecimento profundo sobre os processos e métodos de ensino/aprendizagem, relacionando-se diretamente com a gestão da sala de aula. O conhecimento da tecnologia (TK) é o conhecimento sobre as tecnologias padrão (livros, giz, quadro negro ...) e mais avançadas (Internet, vídeo digital ...), que envolve as habilidades necessárias para operar com tecnologias específicas.

O conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) é consistente com a ideia de Shulman (1986) de que o conhecimento da pedagogia é aplicável ao ensino de conteúdos específicos. Inclui saber que abordagens de ensino se devem ajustar ao conteúdo. O conhecimento tecnológico do conteúdo (TCK) está relacionado com a forma como o conteúdo pode ser alterado pela aplicação da tecnologia. Os professores têm de conhecer bem as TIC para selecionarem as que melhor se enquadram com objetivos e conteúdos específicos. O conhecimento pedagógico tecnológico (TPK) permite ao docente saber como o processo de ensino/aprendizagem pode ser alterado em função do uso de tecnologias específicas, sendo capazes de adaptar as TIC para o propósito de ensino específico que visam.

TPCK é a base de um bom ensino com tecnologia e requer uma compreensão da representação dos conceitos que usam tecnologias, técnicas pedagógicas que utilizam as tecnologias de forma construtiva para ensinar o conteúdo, conhecimento do que faz conceitos difíceis ou fáceis de aprender e como a tecnologia pode ajudar a corrigir alguns dos problemas que os alunos enfrentam; conhecimento do conhecimento prévio dos alunos e das teorias da epistemologia, e conhecimento de como as tecnologias podem ser usadas para construir sobre os conhecimentos existentes e desenvolver novas epistemologias ou reforçar as antigas. (Mishra & Koehler, 2006, p. 1029)

Não existe uma solução tecnológica que se aplica a todos os docentes, cursos, alunos, conteúdos, metodologias de ensino... Ao invés, a qualidade do ensino requer o desenvolvimento de uma compreensão diferenciada das complexas relações entre tecnologia, conteúdo e pedagogia, no sentido de se desenvolverem estratégias específicas para um certo contexto de ensino.

Formação Contínua

Apesar de diferentes esforços de integração da tecnologia na prática letiva dos docentes, pode-se afirmar que ainda há uma grande falta de habilidade e conhecimento por parte dos professores para conseguirem ensinar com sucesso através do recurso

da tecnologia (Coutinho, 2011; Meireles, 2006; Vicente & Melão, 2009). De acordo com Boavida (2009, p. 107), “Como principais motivos para a não utilização das TIC na sala de aula referem: insuficiente formação no uso das tecnologias (...), falta de apetrechamento multimédia na sala de aula, falta de suporte técnico na escola (...) e falta de conhecimentos técnicos”. Torna-se um desafio preparar os professores para ensinar um determinado conteúdo com tecnologia.

Se alguma coisa deveria ter sido aprendida com a investigação no campo da tecnologia educativa, por pesquisadores e praticantes da mesma, é que uma ferramenta em si não vai mudar o sistema educativo ou mesmo implicitamente encorajar uma nova pedagogia. Se a Internet e os computadores vão chegar ao seu muito elogiado potencial como ferramentas verdadeiramente revolucionárias, então algo fundamental na forma como a pesquisa da tecnologia educativa é feita tem de mudar — e acreditamos que isso pode ocorrer. Em primeiro lugar, essa mudança requer uma alteração no nosso conceito de tecnologia. A tecnologia é muito mais do que *hardware*. (Amiel & Reeves, 2008, p. 31)

Todos desejamos o sucesso escolar dos nossos alunos, a crescente motivação, a inovação educativa, a acessibilidade e a utilização das TIC para fins pedagógicos. As escolas, em Portugal, estão a ser equipadas tecnologicamente. Mas de que servem todos estes equipamentos se os professores não responderem ao desafio de modernização / inovação e se os alunos utilizarem as TIC para fins que não são os desejados? Assim, será necessário que os professores vejam as novas ferramentas tecnológicas como um aliado na árdua tarefa de motivar, cativar e despertar para o caminho do conhecimento. (Ricoy & Couto, 2009, p. 147)

Se as atividades preparadas para a sala de aula, que se suportam na tecnologia, não são específicas para certos conteúdos e objetivos, mas, ao invés, são desenvolvidas em termos neutros de conteúdo e contexto, estamos perante uma forma bastante superficial e incompleta de integração da tecnologia no processo de ensino/aprendizagem. Ferdig (2006, p. 752) acrescenta que “uma boa inovação é consequentemente definida em relação ao que é e como é implementada”. Perspetiva corroborada por Mishra e Koehler (2006, p. 1033) quando referem que “saber apenas como usar a tecnologia não é o mesmo que saber ensinar com ela”.

Existem três critérios importantes para determinar o desempenho de uma inovação (Ferdig, 2006): i) uso apropriado das tecnologias (apesar do modo como é implementada pelo professor afetar o sucesso de utilização de uma certa tecnologia, há momentos em que as tecnologias podem possuir características que as tornam mais ou menos propícias à aprendizagem); ii) uso de ferramentas cognitivas para avaliar resultados de aprendizagem (muitas vezes, a tecnologia é colocada em sala de

aula desprovida de qualquer conteúdo e objetivos de aprendizagem, salientando-se apenas pela inovação, sendo necessária a sua integração efetiva com os conteúdos de aprendizagem e consequente avaliação); iii) utilização de diversos métodos para uma análise mais completa (os sucessos e insucessos de inovações tecnológicas não devem ser decididos em pressupostos ocultos e expectativas, mas na pedagogia ou metas que os professores construíram para essas tecnologias).

Tendo em conta a falta de experiência ou mesmo alguma prática inadequada de vários professores relativamente à integração da tecnologia no processo de ensino/aprendizagem, estes consideram-se comumente pouco preparados para introduzir as TIC na sala de aula, surgindo uma necessidade de formação contínua que interligue todos os três componentes (pedagogia, tecnologia e conteúdo) com o intuito de se desenvolver o TPACK e provocar uma efetiva alteração na prática letiva dos docentes. Através da participação dos professores num modelo de formação mais colaborativo, baseado no lema “aprender a aprender”, Koehler e Mishra (2005) consideram que o conhecimento é construído com objetivos e conteúdos específicos de ensino e é influenciado pelas interações existentes, fortalecendo as conexões existentes entre pedagogia, tecnologia e conteúdo.

Segundo Cox (2008), um professor só conseguirá tomar decisões fundamentadas de integração das TIC, na sua sala de aula, se souber manusear as tecnologias, num certo âmbito curricular, através de uma estratégia didática, numa circunstância educativa, como promoção da construção do conhecimento do estudante, para contribuir para o alcance de um determinado objetivo específico. Mas como irão os professores adquirir uma compreensão operacional da complexidade das relações entre conteúdo, pedagogia e tecnologia?

Harris, Mishra e Koehler (2007) salientam que aprender competências tecnológicas por si só não é suficiente para desenvolver uma efetiva integração da tecnologia no processo de ensino/aprendizagem, já que aprender sobre a tecnologia é diferente de aprender o que fazer com ela educacionalmente. Harris e Hofer (2006) acrescentam que para uma melhor compreensão do TPACK, respeitando a especificidade de cada disciplina, deve-se começar por conhecer as atividades de aprendizagem baseadas no conteúdo e saber selecionar e combinar diferentes tipos. Existem diversos recursos que não podem ser separados do conteúdo ou da atividade estruturante, daí que as atividades que respeitam o TPACK devam ser sempre apresentadas de acordo com a especificidade da disciplina e não com a tecnologia incorporada.

A incorporação, com qualidade, das TIC na prática docente não ocorre de imediato, necessitando de um longo e complexo processo de apropriação (Ponte, 2000), sendo que as TIC têm um impacto bastante relevante na natureza do trabalho do professor

e na sua identidade profissional (Ponte, Oliveira, & Varandas, 2003). Sampaio e Coutinho (2011, p. 150) acrescentam que para um professor integrar efetivamente as TIC em contexto de sala de aula “deve ter tempo para frequentar formação no uso das tecnologias, tempo para planejar atividades curriculares inovadoras onde se integrem as TIC e conhecimentos ao nível do potencial educativo das tecnologias de informação e comunicação”.

Atividades Baseadas no Conteúdo

Na criação dos planos de aula, o conhecimento tecnológico e pedagógico dos professores é operacionalizado, em parte, através de atividades de aprendizagem que eles selecionam, combinam, sequencializam, e redesenham de acordo com o conteúdo (Harris, 2008). Harris e Hofer (2009), por seu lado, defendem que para um professor planejar uma atividade de aprendizagem segue cinco passos básicos: define os objetivos, toma decisões pedagógicas, seleciona e sequencializa tipos de atividades adequados, reflete sobre a avaliação e seleciona os recursos mais apropriados. Um ensino com sucesso requer, então, o conhecimento das estruturas de atividades (combinações de segmentos de atividade, isto é, de partes individuais de uma aula) que são adequadas para o ensino de conteúdos específicos assim como as formas de integração das TIC numa aula. Para Harris, Mishra e Koehler (2009), se os professores usarem focos de conteúdo como planificadores cognitivos para a aprendizagem, podem aprender a reconhecer, diferenciar, discutir, escolher entre, combinar e aplicar atividades baseadas no currículo, de acordo com o TPACK. Hofer e Harris (2011) desenvolveram taxonomias de atividades de aprendizagem em seis áreas do currículo: alfabetização, artes de idioma inglês, ciências, estudos sociais, línguas do mundo e matemática, estando disponíveis numa *wiki* (<http://activitytypes.wmwikis.net/>) onde professores são incentivados a fornecer *feedback* sobre o conteúdo de cada taxonomia.

Tais taxonomias de atividades de aprendizagem podem, então, servir como coleções organizadas de opções para os professores considerarem, uma vez que os objetivos de aprendizagem são selecionados, as restrições contextuais são reconhecidas, os estilos de aprendizagem e as preferências dos alunos são observados. Como tecnologias compatíveis são sugeridas dentro destas taxonomias para cada tipo de atividade de aprendizagem, enquanto os professores selecionam as atividades de aprendizagem (para combinar com os objetivos de aprendizagem, as necessidades e preferências dos estudantes, e realidades pedagógicas/contextuais), eles estão simultaneamente – e autenticamente – a

aprender a integrar tecnologias educativas nos seus planos de aula. Chamamos “fundamentada” a esta abordagem de integração da tecnologia porque as tecnologias selecionadas para o uso estão baseadas na pedagogia específica do conteúdo. (Harris et al., 2010, p. 576)

No caso particular da Matemática, Grandgenett, Harris e Hofer (2011) consideraram sete tipos de atividades de acordo com os padrões do Conselho Nacional de Professores de Matemática (NCTM): considerar, praticar, interpretar, produzir, aplicar, avaliar e criar.

Se os objetivos de aprendizagem tiverem sido selecionados corretamente, se as decisões pedagógicas tiverem sido tomadas de acordo com a realidade educacional e contextualizada dos alunos, e se os tipos de atividades e estratégias de ensino tiverem sido selecionados para corresponder a esses objetivos e realidades, então as escolhas das ferramentas e dos recursos educativos apropriados para usar na experiência de aprendizagem planeada são mais óbvias e plausíveis. (Harris & Hofer, 2009, p. 107)

Estas taxonomias não são listas únicas que privilegiam certas tecnologias ou recomendam abordagens pedagógicas específicas. Trata-se apenas de uma identificação de tipos de atividades distintos e a forma como tecnologias específicas são usadas com cada atividade, no sentido de os docentes tomarem consciência das opções possíveis para conseguirem selecionar as atividades e tecnologias mais adequadas, realizar combinações apropriadas aos alunos, às suas necessidades de aprendizagem e ao contexto.

Uma tarefa matemática pode assumir diferentes naturezas e, deste modo, apelar a diferentes níveis cognitivos (Felício & Rodrigues, 2010), salientando-se a pertinência de todos os tipos de tarefas nas aulas de Matemática (explorações, investigações, problemas, exercícios, projetos ...), mas reforçando-se a importância, em particular, de tarefas mais abertas e desafiantes, devendo ocupar um espaço significativo no trabalho quotidiano dos alunos. As diferentes tarefas usadas pelos professores representam diferentes tipos de pensamento por parte dos alunos, de acordo com o nível de exigência conceitual das mesmas e da forma como são implementadas (Stein & Smith, 1998). Um professor deve procurar novas tarefas e implementá-las de acordo com o contexto, possuindo os fundamentos das tarefas que concretiza (Rodrigues, 2008).

A seleção das tarefas a propor aos alunos constitui um dos aspetos essenciais do trabalho do professor. Mais do que descobrir uma ou outra tarefa motivante para “amenizar” uma sequência de aulas mais “árida”, o professor tem de

considerar todo o conjunto das tarefas a propor na unidade, incluindo naturalmente a sua diversidade (em termos de complexidade, nível de desafio e contexto matemático/não matemático), tempo de realização e representações e materiais a utilizar. (Ponte & Sousa, 2010, p. 35)

As recomendações atuais, resultantes da investigação em educação Matemática, apontam para que o docente diversifique as tarefas que propõe aos alunos, dando grande importância à atividade dos alunos no processo de ensino/aprendizagem, desempenhando cada tipo de tarefa um papel específico na concretização dos objetivos propostos (NCTM, 2007).

TPACK da Matemática

O professor de Matemática, para ensinar com sucesso, necessita de uma compreensão profunda da Matemática (conteúdo), do processo de ensino/aprendizagem (pedagogia) e da tecnologia, de uma forma integrada, isto é, os docentes, quando planificam as suas aulas, “pensam sobre determinados conceitos matemáticos, em simultâneo, consideram como poderiam ensinar as ideias importantes incorporadas nesses conceitos matemáticos de tal forma que a tecnologia coloque o conceito de uma maneira compreensível para os seus alunos” (Niess, 2006). No entanto, os docentes, na generalidade, apresentam um conhecimento limitado sobre tecnologia educativa e a sua possível aplicação no processo de ensino/aprendizagem da Matemática, reforçando-se a ideia da necessidade de uma formação contínua dos professores que integre a tecnologia educativa segundo o quadro teórico TPACK.

Niess et al. (2009, pp. 18-19) apresentaram um referencial teórico de integração do TPACK no ensino/aprendizagem da Matemática, “Mathematics TPACK”, organizado de forma semelhante ao proposto pelo Comitê de Tecnologia da AMTE (2009), em torno de quatro áreas:

1. Conceção e desenvolvimento de experiências e ambientes digitais de aprendizagem – os professores concebem e desenvolvem autênticos ambientes de aprendizagem e experiências incorporando ferramentas e recursos digitais apropriados para maximizar a aprendizagem da Matemática no contexto.
2. Ensino, aprendizagem e currículo matemático – os professores implementam planos curriculares que incluem métodos e estratégias para aplicar tecnologias

apropriadas para maximizar a aprendizagem e a criatividade matemática dos alunos.

3. Análise e avaliação - os professores aplicam a tecnologia para facilitar uma variedade de estratégias de análise e avaliação eficazes.
4. Produtividade e prática profissional - os professores usam a tecnologia para melhorar a sua produtividade e prática profissional.

A partir deste referencial teórico são definidas metas para a integração da tecnologia na Matemática. Mas como se realiza esta progressão do desenvolvimento do TPACK da Matemática? Niess et al. (2009, p. 9) propõem um modelo que exhibe a progressão do TPACK da Matemática de acordo com a integração da tecnologia na Matemática realizada pelos docentes, inspirado no modelo de processo de decisão de inovação introduzido por Rogers (2003). Deste modo, os docentes necessitam de passar por um processo de cinco etapas para enfrentarem a decisão final de aceitar ou rejeitar uma inovação específica para o ensino da Matemática com tecnologia:

1ª Reconhecer (conhecimento) - onde os professores são capazes de usar a tecnologia e reconhecer o alinhamento da mesma com o conteúdo da Matemática, mas ainda não integram a tecnologia no ensino e aprendizagem da Matemática.

2ª Aceitar (persuasão) - onde os professores formam uma atitude favorável ou desfavorável para o ensino e aprendizagem da Matemática com uma tecnologia apropriada.

3ª Adaptar (decisão) - onde os professores se envolvem em atividades que conduzem a uma escolha para aprovar ou rejeitar o ensino e a aprendizagem da Matemática com uma tecnologia adequada.

4ª Explorar (execução) - onde os professores integram ativamente o ensino e a aprendizagem da Matemática com uma tecnologia apropriada.

5ª Avançar (confirmação) - onde os professores avaliam os resultados da decisão de integrar o ensino e a aprendizagem da Matemática com uma tecnologia apropriada.

O Comitê de Tecnologia da AMTE criou uma descrição visual (cf. figura 2) deste referencial teórico, salientando a não linearidade do processo, isto é, a transição de um nível para o outro não apresenta uma progressão regular. Diferentes experiências podem conduzir a uma regressão do nível ou pelo contrário à aceitação de uma nova tecnologia. Um docente pode atingir níveis distintos relativamente a diferentes aspetos da sua atividade.

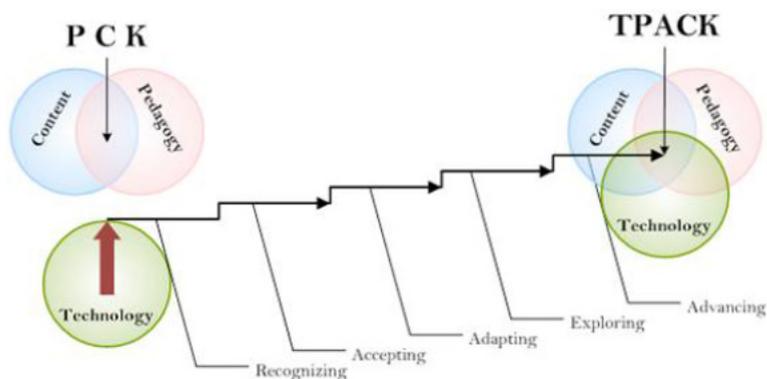


Figura 2 - Desenvolvimento do TPACK (Niess et al., 2009, p. 10).

Tendo em conta que esta interpretação do desenvolvimento do TPACK não está diretamente relacionada com a Matemática, o Comitê de Tecnologia da AMTE decidiu criar um modelo do desenvolvimento do TPACK Matemático do professor (cf. tabela 1), desenvolvendo um conjunto de descritores de acordo com quatro grandes temas: currículo e avaliação, aprendizagem, ensino, acesso.

Tabela 1
Descritores do TPACK da Matemática, Traduzido de Niess et al. (2009, p. 11)

Temas	Descritores
Currículo e Avaliação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Currículo, o tratamento do assunto; ▪ Avaliação, avaliando a aprendizagem dos alunos.
Aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Concentração no assunto (ou seja, a aprendizagem de tópicos da Matemática); ▪ Demonstração de concepções de como os alunos aprendem (ou seja, desenvolvimento de habilidades de raciocínio dos alunos).
Ensino	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Concentração no assunto (ou seja, a aprendizagem de tópicos da Matemática); ▪ Abordagens educacionais; ▪ O ambiente da sala de aula; ▪ Desenvolvimento profissional.
Acesso	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso (se os alunos estão ou não autorizados a utilizar a tecnologia); ▪ Barreiras (como os professores conduzem as barreiras à integração da tecnologia); ▪ Disponibilidade (como a tecnologia faz com que os níveis mais elevados e a Matemática fiquem mais disponíveis para a investigação de um número maior e mais diverso de estudantes).

Em suma, foi desenvolvido um modelo de integração da tecnologia educativa no processo de ensino/aprendizagem da Matemática, denominado TPACK Matemático, que se desenrola em cinco fases: reconhecimento, aceitação, adaptação, exploração e avanço, de acordo com quatro grandes temas: currículo e avaliação, aprendizagem, ensino, acesso.

Discussão

O impacto das tecnologias no sucesso educativo varia muito, já que a qualidade do uso das TIC não está diretamente relacionada com a tecnologia em si, mas com a forma como essa tecnologia é aplicada pelo professor em contexto de sala de aula, após uma seleção cuidada de um conjunto de atividades de aprendizagem que se enquadrem com objetivos e conteúdos específicos.

Vários projetos têm sido levados a cabo para apetrechar as escolas públicas portuguesas e os próprios alunos com computadores, acesso de banda larga à Internet, liberalização de *software* didático para diferentes disciplinas, melhorando consideravelmente o acesso das TIC por todos. No entanto, a maioria destes projetos baseava-se apenas no fornecimento de tecnologias, ignorando o desenvolvimento profissional dos professores. Deste modo, este fornecimento de ferramentas tecnológicas não trouxe impacto no sucesso educativo das nossas escolas.

Torna-se urgente ensinar os professores a ensinarem com as TIC os seus conteúdos. Não é uma tarefa tão simples como inicialmente se pensava, tendo em conta os resultados de inúmeros projetos desenvolvidos ao longo de vários anos. Mas como ajudar os professores a integrarem as tecnologias nas suas aulas de uma forma eficiente? A resposta a esta questão é bastante complexa, surgindo o TPACK como um referencial teórico que se foca não na pedagogia, na tecnologia ou no conteúdo em si, mas na interação que estes três componentes estabelecem.

Quando um carpinteiro pensa em construir uma mesa, em primeiro lugar, elabora um plano da construção, como um desenho da mesa, por exemplo, depois seleciona os materiais que irá necessitar para a mesa e só finalmente irá escolher as ferramentas necessárias para concretizar essa construção. Será que um carpinteiro alguma vez se perguntaria: tendo esta ferramenta que móvel poderei construir? Pois bem, no caso do ensino, estamos perante o inverso! Quantas vezes se assumiu a ideia, por exemplo, de querer usar uma folha de cálculo e só depois construir um plano de aula para um conteúdo qualquer. Não se deve selecionar primeiro a ferramenta de trabalho, ao invés, devemos escolher cuidadosamente os conteúdos e objetivos específicos de ensino, para se elaborar um plano de aula, optando pela metodologia mais adequada e só depois se definem os recursos necessários e as TIC. Chega de *desenhar uma casa à volta de uma torneira!*

Conclusão

Numa entrevista publicada no jornal *Público*, no dia 7 de julho de 2010, Don Tapscott, referindo-se à iniciativa *e-escola*, no âmbito do Plano Tecnológico da Educação, dizia o seguinte: “Isto não é apenas uma questão tecnológica. Algumas pessoas pensam que sim, mas estão enganadas. É uma questão de mudar o modelo de pedagogia, afastá-lo do modelo de transmissão unidireccional. Todas as instituições precisam de mudar” (p. 5). Esta é uma opinião que partilhamos na íntegra porque acreditamos que a integração da tecnologia no ensino tem influência no modo como ensinamos, mas também no que ensinamos. A tecnologia por si só não constitui uma mais-valia, necessita de estabelecer conexões fortes com a pedagogia de ensino e o próprio conteúdo. É necessário um conhecimento flexível para se enquadrar as diferentes matérias do currículo com a pedagogia que se vai utilizar e a tecnologia que vai auxiliar essa aprendizagem, respeitando-se sempre o contexto em que se está inserido. Tudo interfere com o processo de ensino/aprendizagem: as tecnologias disponíveis, a duração da aula, o conhecimento prévio dos alunos, o espaço físico disponível, a atitude dos alunos e dos professores, o próprio conhecimento do professor, as dinâmicas interpessoais que se estabelecem, a diversidade cultural existente numa turma, as condições socioeconómicas dos alunos, ... Ser professor de Matemática é uma tarefa árdua que requer constante atualização do conteúdo em si, dos conhecimentos pedagógicos a aplicar em contexto de sala de aula e dos conhecimentos tecnológicos, que estão sempre a sofrer alterações. Através das reformulações dos programas de Matemática, os alunos devem saber manusear um conjunto de instrumentos e ferramentas tecnológicas, que terão de ser assistidas pelo professor. Deste modo, a tecnologia impõe-se aos professores de Matemática. Mas, como usar a tecnologia educativa de uma forma eficiente na Matemática?

Mishra e Koehler (2006) consideram que o ensino é uma atividade extremamente complexa que recorre a diversos tipos de conhecimentos: pedagógico, tecnológico e de conteúdo, que se relacionam entre si, propondo um referencial teórico de integração da tecnologia no processo de ensino/aprendizagem denominado TPACK. Harris, Mishra e Koehler (2009) acrescentam que os docentes podem aprender a identificar, diferenciar, debater, optar, combinar e empregar atividades de aprendizagem baseadas no currículo, de acordo com o TPACK, se organizarem as suas aulas em torno dos conteúdos, tendo sido desenvolvidas algumas taxonomias de atividades de aprendizagem baseadas no conteúdo. Em particular, no caso da Matemática, Grandgenett, Harris e Hofer (2011) consideraram sete tipos de atividades: considerar, praticar, interpretar, produzir, aplicar, avaliar e criar.

As tarefas matemáticas (explorações, investigações, problemas, exercícios, projetos ...) como assumem diferentes naturezas, apelam a diferentes níveis cognitivos

(Felicio & Rodrigues, 2010), devendo o professor recorrer a uma grande variedade das mesmas, mas focando-se em tarefas abertas que permitam também o desenvolvimento de capacidades transversais. Na integração da tecnologia no processo de ensino/aprendizagem da Matemática, foi desenvolvido um modelo de integração denominado TPACK Matemático que se desenrola em cinco fases: reconhecimento, aceitação, adaptação, exploração e avanço, de acordo com quatro grandes temas: currículo e avaliação, aprendizagem, ensino, acesso.

Através da formação contínua os professores poderão colmatar algumas das suas dúvidas relativamente à tecnologia educativa e pela partilha de materiais e experiências nas escolas, os docentes poderão evoluir ao longo do TPACK Matemático com certas tecnologias e conceitos. Desde o reconhecimento de que a tecnologia poderá ser ou não útil no processo de ensino/aprendizagem da Matemática até à efetiva integração da mesma na sala de aula e sua avaliação, há um longo caminho a percorrer.

Referências Bibliográficas

- Amiel, T., & Reeves, T. (2008). Design-Based Research and Educational Technology: Rethinking Technology and the Research Agenda. *Educational Technology & Society*, 11(4), 29–40.
- Association of Mathematics Teacher Educators. (2009). *Mathematics TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) Framework*. Consultado a 2 de dezembro de 2011 em http://www.amte.net/AMTE_legacy/Math%20TPACK%20Framework.pdf
- Boavida, C. (2009). Formação Contínua de Professores e Tecnologias de Informação e Comunicação no Distrito de Setúbal: um estudo de avaliação. *Educação, Formação & Tecnologias*, 2(1), 102-109. Consultado a 4 de fevereiro de 2013 em <http://eft.educom.pt>
- Coelho, J., Monteiro, A., Veiga, P., & Tomé, F. (1997). *O Livro Verde para a Sociedade da Informação em Portugal*. Lisboa: Missão para a Sociedade da Informação/Ministério da Ciência e da Tecnologia.
- Costa, F. (Coord.), Rodrigues, A., Peralta, M. H., Cruz, E., Reis, O., Ramos, J. L. ... Valente, L. (2008). *Competências TIC. Estudo de Implementação*. Vol. I. Lisboa: Gabinete de Estatística e Planeamento da Educação (GEPE), Ministério da Educação.
- Coutinho, C. (2011). TPACK: em busca de um referencial teórico para a formação de professores em Tecnologia Educativa. *Revista Paidéi@*, Unimes Virtual, 2(4). Consultado a 14 de novembro de 2011 em <http://revistapaideia.unimesvirtual.com.br>
- Cox, S. (2008). *A conceptual analysis of technological pedagogical content knowledge* (Tese de doutoramento, Brigham Young University, Provo, UT). Consultado em <http://contentdm.lib.byu.edu/cdm/ref/collection/ETD/id/1486>.
- Culp, K., Honey, M., & Mandinach, E. (2003). *A retrospective on twenty years of education technology policy*. Washington, DC: U.S. Department of Education, Office of Educational Technology. Consultado a 2 de dezembro de 2011 em <http://www.nationaledtechplan.org/participate/20years.pdf>
- Despacho n.º 16 793/2005 (2.ª série), de 3 de agosto de 2005. Ministério da Educação. Lisboa.

- Despacho n.º 18 871/2008 (2.ª série), de 15 de julho de 2008. Ministério da Educação – Direção-Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular. Lisboa.
- Felício, C., & Rodrigues, M. (2010). A natureza da tarefa e os desafios da gestão curricular. In *Atas do ProfMat 2010*. Lisboa: Associação de Professores de Matemática.
- Ferdig, R. (2006). Assessing technologies for teaching and learning: understanding the importance of technological pedagogical content knowledge. *British Journal of Educational Technology*, 37(5), 749-760.
- Freitas, J. (1999). De onde vimos e para onde vamos: o futuro da *Internet* na escola. In J. A. Alves, P. Campos, & P. Q. Brito (Coord.), *O futuro da Internet: estado da arte e tendências de evolução* (pp. 183-196). Lisboa: Edições Centro Atlântico.
- Grandgenett, N., Harris, J., & Hofer, M. (2011, fevereiro 13). *Mathematics learning activity types*. Consultado em College of William and Mary, School of Education, Learning Activity Types Wiki: <http://activitytypes.wmwikis.net/file/view/MathLearningATs-Feb2011.pdf>
- Harris, J. (2008). TPACK in in-service education: Assisting experienced teachers' planned improvisations. In AACTE Committee on Innovation and Technology (Ed.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators* (pp. 251-271). New York: Routledge.
- Harris, J., & Hofer, M. (2006). *Planned improvisations: Technology-supported learning activity design in social studies*. Artigo apresentado no National Educational Computing Conference 2006, San Diego, CA. Consultado a 19 de novembro de 2008 em http://center.uoregon.edu/ISTE/NECC2006/program/search_results_details.php?sessionid=13514149
- Harris, J., & Hofer, M. (2009). Instructional planning activity types as vehicles for curriculum-based TPACK development. In C. D. Maddux (Ed.), *Research highlights in technology and teacher education 2009* (pp. 99-108). Chesapeake, VA: Society for Information Technology in Teacher Education (SITE).
- Harris, J., Hofer, M., Schmidt, D., Blanchard, M., Young, C., Grandgenett, N., & Olphen, M. (2010). "Grounded" Technology Integration: Instructional Planning Using Curriculum-Based Activity Type Taxonomies. *Technology and Teacher Education*, 18(4), 573-605.
- Harris, J., Mishra, P., & Koehler, M. (2007). Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge: Curriculum-based Technology Integration Reframed. Artigo apresentado na Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL. Consultado a 30 de dezembro de 2011 em http://tpck.org/tpck/index.php?title=Reference_Library
- Harris, J., Mishra, P., & Koehler, M. (2009). Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge and Learning Activity Types: Curriculum-based Technology Integration Reframed. *Journal of Research on Technology in Education*, 41(4), 393-416.
- Hofer, M., & Harris, J. (2011). *Learning activity types wiki*. Consultado a 30 de dezembro de 2011 em <http://activitytypes.wmwikis.net>
- Koehler, M., & Mishra, P. (2005). What happens when teachers design Educational Technology? The development of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Journal Educational Computing Research*, 32(2), 131-152.

- Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1). Consultado a 6 de maio de 2011 em <http://www.citejournal.org/vol9/iss1/general/article1.cfm>
- Meireles, A. (2006). *Uso dos quadros interactivos em educação: uma experiência em Físico-Químicas com vantagens e "resistências"* (Tese de Mestrado). Consultado em <http://nautilus.fis.uc.pt/cec/teses/alcides/docs/tesecompleta.pdf>.
- Mishra, P., & Koehler, M. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- National Council of Teachers of Mathematics - NCTM (2007). *Princípios e Normas para a Matemática escolar*. Lisboa: APM.
- Niess, M. (2006). Guest Editorial: Preparing teachers to teach mathematics with technology. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 6(2). Consultado a 6 de maio de 2011 em <http://www.citejournal.org/vol6/iss2/mathematics/article1.cfm>
- Niess, M., Ronau, R., Shafer, K., Driskell, S., Harper, S., Johnston, C., Browning, C., Özgün-Koca, S., & Kersaint, G. (2009). Mathematics Teacher TPACK Standards and Development Model. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 4-24.
- Ponte, J. (2000). Tecnologias de informação e comunicação na educação e na formação de professores: Que desafios?. *Revista Iberoamericana de Educación*, 24, 63-90.
- Ponte, J., & Sousa, H. (2010). Uma oportunidade de mudança na Matemática do ensino básico. In GTI (Org.), *O professor e o programa de Matemática do ensino básico* (pp. 11-41). Lisboa: APM.
- Ponte, J., Oliveira, H., & Varandas, J. (2003). O contributo das tecnologias de informação e comunicação para o desenvolvimento do conhecimento e da identidade profissional. In D. Fiorentini (Ed.), *Formação de professores de Matemática: Explorando novos caminhos com outros olhares* (pp. 159-192). Campinas: Mercado de Letras.
- Ricoy, M., & Couto, M. (2009). As tecnologias da informação e comunicação como recursos no Ensino Secundário: um estudo de caso. *Rev. Lusófona de Educação*, 14, 145-156.
- Rodrigues, M. (2008). *A demonstração na prática social da aula de Matemática* (Tese de doutoramento). Consultado em http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1593/1/17214_TESE_doutoramento_margarida%2520rodrigues_VOLUME_1.pdf
- Rogers, E. (2003). *Diffusion of innovations* (5ª edição). New York: Free Press.
- Sampaio, P., & Coutinho, C. (2011). Formação contínua de professores: integração das TIC. *FAED - Revista da Faculdade de Educação*, 9(15), 139-151.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Stein, M., & Smith, M. (1998). Mathematical tasks as a framework for reflection: From research to practice. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 3(4), 268-275.
- Tapscott, D. (2010, julho 7). A Internet deixa-nos mais inteligentes. *Jornal Público*, 5-6.
- Vicente, C., & Melão, N. (2009). A adopção do quadro interactivo pelos professores de matemática do 3º CEB: um estudo empírico nas escolas da Guarda. *Educação, Formação & Tecnologias*, 2(2), 41-57. Consultado a 10 de outubro de 2012 em <http://eft.educom.pt>

Teach Mathematics with ICT

Abstract

The integration of technology in the teaching/learning process hasn't brought great success to education because it was found that the equipment of schools with educational tools is not a solution in itself. It is necessary to reflect about this integration, emerging a theoretical model that links three components (pedagogy, technology and content) to the context in which it is inserted. In the particular case of Mathematics, this reference is called Mathematics TPACK and is developed around four major areas: designing and developing digital-age learning environments and experiences; teaching, learning and the mathematics curriculum; assessment and evaluation; productivity and professional practice. However, there isn't an immediate acquisition of TPACK by Mathematics teachers; they need to go through a five step process to face the final decision to accept or reject a particular technology for Mathematics teaching.

Key-words: Educational technology; TPACK; Mathematics.

L'enseignement des Mathématiques avec les TIC

Résumé

L'intégration de la technologie dans le processus d'enseignement/apprentissage n'a pas apporté beaucoup de succès à l'éducation, on constate que l'équipement des écoles des outils pédagogiques n'est pas une solution en soi. Il est nécessaire de tenir compte de cette intégration, ayant émergé un nouveau modèle théorique qui lie trois composantes (la pédagogie, la technologie et le contenu) au contexte dans lequel elle est insérée. Dans le cas particulier de la Mathématique, cette référence est appelé le TPACK de la mathématique qui se développe autour de quatre grands domaines: l'expérience de conception et de développement de ressources éducatifs digitales et d'environnements numériques de l'apprentissage; l'enseignement, l'apprentissage des programmes de mathématiques; l'analyse et l'évaluation; et la pratique et la productivité professionnelle. Toutefois, l'acquisition du TPACK par les enseignants de mathématique n'est pas immédiate, il faut besoin de passer par un processus en cinq étapes pour faire face à la décision finale d'accepter ou de rejeter une technologie particulière pour l'enseignement des mathématiques.

Mots-clés: Technologie de l'éducation; TPACK; Mathématiques.