

# O PROFESSOR E A INTEGRAÇÃO DA CALCULADORA GRÁFICA NO ENSINO DA MATEMÁTICA

**Helena Rocha**

*Universidade Nova de Lisboa*

[hcr@fet.unl.pt](mailto:hcr@fet.unl.pt)

**Resumo.** Anos depois das primeiras recomendações de utilização das calculadoras gráficas no ensino da Matemática e numa fase em que alguns estudos começam a mostrar que a utilização efectiva permanece aquém das expectativas, importa reflectir nas razões para tal. Partindo da análise da literatura existente, são ponderados aqueles que para muitos autores parecem ser os factores determinantes: as crenças e concepções do professor face à Matemática e os papéis e comportamentos adoptados pelo professor na sua prática. Os estudos analisados apontam para a interferência da calculadora gráfica com o papel desempenhado pelo professor, que passa de um definidor de tarefas ou de um expositor, para um orientador, um colega de investigação ou um recurso. Em consequência diminui o recurso ao método expositivo e aumenta o tempo de aula dedicado a actividades de investigação e o trabalho de grupo, com os alunos a desempenharem um papel mais activo na sua aprendizagem. Estas alterações, no entanto, ocorrem de forma inconsistente, o que leva vários autores a ter em conta o estilo individual de cada professor e as suas concepções e crenças face à Matemática. A este nível os resultados existentes sugerem que os professores que encaram a Matemática como cálculo vêem a calculadora gráfica como um obstáculo à aprendizagem, razão pela qual entendem que a sua utilização só deve ocorrer depois de os conceitos estarem dominados. Pelo contrário, os professores que têm uma visão da Matemática menos centrada em regras, encaram esta tecnologia como uma fonte de aprendizagem, pelo que consideram que a sua utilização deve decorrer em simultâneo com a aprendizagem dos conceitos. Paralelamente aos aspectos referidos, é ainda abordado um outro que tem vindo a ser alvo da atenção de alguns investigadores: o conhecimento que o professor detém relativamente à calculadora. Inicialmente ignorado, este factor tem ganho progressivamente importância, à medida que os estudos realizados vão acentuando as dificuldades que a formação de professores (inicial e contínua) tem enfrentado, com os professores a mostrar uma forte tendência para continuarem a pensar pedagogicamente da forma como foram ensinados enquanto alunos. A finalizar são levantadas algumas questões que permanecem em aberto e que poderiam constituir um contributo decisivo para alcançar a ambicionada integração das calculadoras gráficas na aprendizagem da Matemática.

## **Integração da calculadora gráfica ao longo do tempo – factores que a têm influenciado**

As calculadoras gráficas pelas grandes capacidades que possuem, nomeadamente, mas não exclusivamente, ao nível gráfico, há já algum tempo que despertaram o interesse dos que se dedicam ao ensino da Matemática. Este interesse veio a traduzir-se em recomendações relativamente à sua utilização no ensino da Matemática em documentos vários, como por exemplo as *Normas para o currículo e a avaliação em Matemática escolar* (NCTM, 1989) ou os *Princípios e normas para a Matemática escolar* (NCTM, 2000).

Também em Portugal foi dada atenção a esta tecnologia, tendo as primeiras recomendações de utilização expressas pelo Ministério de Educação, surgido no início do ano lectivo de 1995/1996, nas orientações de gestão do programa de Matemática do ensino secundário. Um pouco mais tarde, em 1997, esta posição era reforçada com a publicação de um programa reajustado de Matemática para o ensino secundário, onde as calculadoras gráficas passavam a ser consideradas de uso obrigatório. Pouco depois, a permissão de utilização de calculadoras gráficas nos exames nacionais de Matemática a

partir do ano lectivo de 1997/1998 constituía mais um incentivo à integração destas máquinas no processo de ensino-aprendizagem (Silva, 1996; Rocha, 2000).

Paralelamente às recomendações de utilização e à crescente presença desta tecnologia nas salas de aula de Matemática, aumentava também a investigação sobre essa utilização. Inicialmente analisando os contributos que as calculadoras poderiam trazer à aprendizagem da Matemática e procurando concluir se as aprendizagens efectuadas desta forma eram mais significativas (Doerr & Zangor, 2000), e, com o passar do tempo, explorando progressivamente novos aspectos.

Os resultados alcançados vieram reforçar a importância desta tecnologia, ao concluir que as calculadoras gráficas podem e devem desempenhar um papel importante na educação matemática (Hembree & Dessart, 1992; Dunham e Dick, 1994), com um impacto profundo na mudança do clima da sala de aula (Dunham, 2000). Farrel (1996) aborda este último aspecto de forma detalhada, concluindo que podem ocorrer mudanças não só ao nível dos objectivos que se pretendem alcançar, dos conteúdos abordados e dos métodos de avaliação, mas também ao nível da atitude do professor, da estrutura das aulas e da utilização que é feita do tempo, do comportamento de professores e alunos, bem como das interações que se estabelecem entre estes.

O papel desempenhado pelo professor assume assim particular importância, no entanto, a relação entre o conhecimento profissional e as estratégias pedagógicas e a consequente utilização da calculadora gráfica é uma área que permanece largamente por estudar, como referem Doerr & Zangor (2000), e, mais recentemente, Kastberg & Leatham (2005), e que ganha uma cada vez maior relevância quando se começa a constatar que o papel das calculadoras gráficas permanece muito aquém dos objectivos preconizados por todos aqueles que apontaram as suas muitas potencialidades para a aprendizagem da Matemática (Fleener, 1995; Dunham, 2000). Uma questão se coloca então: o que tem obstado à integração da calculadora?

A investigação tem apontado diversas razões, muitas das quais são enumeradas por Dunham (2000): as crenças e concepções que os professores detêm sobre a Matemática e sobre o seu ensino, a falta de calculadoras para utilização nas aulas, a falta de materiais curriculares, a falta de formação inicial e contínua dos professores, o pouco tempo de que os professores dispõem para planificar as aulas, os poucos incentivos que recebem para integrar as calculadoras na sua prática e o pouco apoio administrativo de que dispõem. A estes aspectos Fleener (1995) acrescenta as perspectivas individuais do professor e ainda a cultura de sala de aula e as normas da comunidade. Por seu turno Hoban (2002) aponta a experiência pessoal do professor e a sua resistência à mudança, enquanto Powers & Blubaugh (2005) abordam os conhecimentos que os professores têm da calculadora.

Trata-se pois de uma longa lista que inclui aspectos distintos, mas que engloba também aspectos que embora diferentes se podem considerar afins ou relacionados, como é o caso da formação dos professores e dos seus conhecimentos sobre a calculadora. Assim, e numa tentativa de sistematizar um pouco alguns dos diferentes resultados alcançados pela investigação, vou centrar-me em três aspectos. Nos métodos de ensino porque, segundo Robova (2002), é o factor que mais interfere com o desenvolvimento de conceitos por parte dos alunos e está directamente relacionado com as concepções e crenças dos professores relativamente à Educação Matemática, sendo este último um factor muito referido por diversos autores. Nas concepções e crenças que o professor detém da Matemática porque parece ser o factor mais referido nos estudos analisados. E, por fim, no conhecimento que os professores têm da calculadora porque este é um aspecto abordado em poucos estudos mas que muitos autores (por exemplo

Penglase & Arnold (1996), Doerr & Zangor (2000) e Powers & Blubaugh (2005)) reconhecem como importante e necessitado de uma análise mais profunda. A opção por estes três aspectos não se prende pois com a ideia que estes possam ser mais importantes que outros, baseando-se antes na convicção de diversos autores de que estes são aspectos importantes e, como tal, merecedores de atenção.

## **Métodos de ensino**

Determinantes na caracterização dos métodos de ensino dos professores são as actividades de ensino a que este recorre e o papel que assume. Estes dois aspectos têm vindo a ser alvo de análise, sendo que alguns estudos apontam para a existência de relações entre as opções tomadas pelos professores e a forma como a calculadora gráfica é integrada (ou não) no processo de ensino-aprendizagem.

De acordo com Farrel (1996), a presença da tecnologia na sala de aula não é neutra, interferindo com o papel desempenhado pelo professor e, conseqüente, com as actividades de aprendizagem em que os alunos se envolvem, uma vez que existe uma relação entre estes dois aspectos. Quando a calculadora gráfica passa a estar presente na sala de aula, o papel do professor altera-se, passando de um definidor de tarefas ou de um expositor, para um orientador, um colega de investigação ou um recurso (Doerr & Zangor, 2000). Esta mudança acarreta alterações na frequência com que o professor recorre às diferentes actividades de ensino e o método expositivo deixa de ser a mais utilizada, para ceder o seu lugar à resolução de exercícios e às actividades de consolidação ou prática (Farrel, 1996). A autora refere ainda um aumento no tempo de aula dedicado a actividades de investigação e ao trabalho de grupo. Isto permite aos alunos assumir um papel mais directivo do que aquele que teriam numa aula com características tradicionais, tornando-se eles os definidores de tarefas e responsáveis por encontrar as explicações para aquilo com que se deparam, o que, por seu turno, os torna mais responsáveis pela sua própria aprendizagem e os leva a recorrer a capacidades de um nível superior.

Também Penglase & Arnold (1996) mencionam uma aprendizagem mais centrada nos alunos como a principal consequência da introdução das calculadoras. Apontam alterações ao nível das questões colocadas pelo professor, que passam a exigir um raciocínio de nível superior; ao nível da forma como os exemplos são explorados e ao nível da valorização que passa a ser feita dos gráficos e de questões em torno da aproximação. Referem ainda o conseqüente envolvimento dos alunos na formulação de conjecturas e generalizações.

No entanto, as alterações referidas nem sempre ocorrem. Num estudo conduzido por Simmt (1997) este não constatou qualquer alteração no papel assumido pelo professor ou nas actividades de ensino propostas. Um aumento no número de gráficos apresentados aos alunos foi a única diferença encontrada. Os professores envolvidos no estudo não recorreram à calculadora para promover a discussão, para encorajar a formulação de conjecturas ou para provar ideias. Embora este tenha sido um estudo bastante curto, em que a calculadora apenas foi utilizada num número de aulas que variou entre quatro e dez, Simmt considera que a verdadeira razão para a ausência de alterações não se deve a este factor, mas antes às crenças e concepções que os professores detêm relativamente à Matemática e ao seu ensino.

Também Farrel (1996) encontrou professores relativamente aos quais não identificou alterações na sua prática na sequência da introdução da calculadora. Tratavam-se de professores que já apresentavam uma prática com características semelhantes às que seriam de esperar na sequência da introdução da calculadora e que já faziam um uso mais reduzido do método expositivo e envolviam intensamente os alunos em exercícios e actividades de consolidação e prática.

Um aspecto interessante, para que Farrel (1996) chama a atenção no seu estudo, é o facto de em nenhuma das turmas observadas ocorrerem todos os dias as mudanças que se consideravam esperadas como consequência da presença da tecnologia. As diferenças registadas foram pontuais, parecendo de certo modo contrariar a ideia expressa pelo NCTM (1989) de que a tecnologia faria surgir uma nova dinâmica de sala de aula onde alunos e professores se tornariam parceiros no desenvolvimento de ideias matemáticas e na resolução de problemas. Ainda assim, a autora faz questão de frisar que foram notados acontecimentos impressionantes em todas as salas de aula. A rotina TPC – exposição – novo TPC foi evitada, mas tal deveu-se fundamentalmente ao tipo de problemas em questão, que era suficientemente rico para, com o apoio da tecnologia, permitir extensões e abordagens diversas (Farrel, 1996).

Globalmente, Farrel (1996) concluiu que o comportamento do professor se alterou em função da presença da tecnologia, o que até pode parecer natural, uma vez que são de esperar novos comportamentos perante novas ferramentas. No entanto, a autora frisa que nem todos os professores fizeram o mesmo com a tecnologia. Cada um manteve um estilo individual, apesar de a tecnologia proporcionar a incorporação de novos comportamentos e o assumir de novos papéis.

Esta conclusão parece corroborar a perspectiva de Robova (2002), que considera que embora as calculadoras gráficas estejam repletas de potencialidades para o ensino-aprendizagem da Matemática, o resultado dessa utilização é indissociável do professor. Ou seja, a não observação das diferenças esperadas na sequência da introdução da calculadora, com casos de diferenças irrelevantes ou mesmo inexistentes, obriga a colocar o foco na importância relativa entre o estilo individual do professor e o acesso à calculadora e nas crenças e concepções que este tem relativamente à Matemática.

### **Crenças e concepções face à Matemática**

A relação entre a forma como a calculadora é utilizada e as crenças e concepções do professor foi objecto de um estudo por parte de Tharp, Fitzsimmons & Ayers (1997). Este estudo indicou que os professores que têm uma perspectiva sobre a aprendizagem da matemática menos centrada em regras, estão mais disponíveis para adoptar a calculadora como parte integrante do processo de ensino, do que aqueles que vêem a matemática como algo centrado em regras. Além disso, os professores que não têm uma perspectiva centrada em regras têm um estilo de ensino que questiona mais os alunos e que é flexível quanto ao recurso à calculadora, permitindo que sejam os alunos a decidir quando e como a devem utilizar. Doerr & Zangor (2000) consideram assim que o estudo de Tharp, Fitzsimmons & Ayers sugere que existe uma importante relação entre os conhecimentos e as perspectivas do professor, as suas estratégias pedagógicas e a forma como os alunos utilizam a calculadora. Algo de semelhante parece poder concluir-se relativamente aos professores que participaram no estudo de Simmt (1997). Com efeito, estes professores são descritos como tendo uma visão da matemática que favorecia fortemente uma abordagem tradicional dos problemas, o que sugere que seriam

professores que tenderiam a centrar-se em regras e menos predispostos a adoptar uma utilização mais integrada da calculadora. Também Futch & Stephens e Tharp, Fitzsimmons & Ayers (1997 e 1997, referidos em Dunham, 2000) concluíram, com base num estudo que realizaram, que os professores que têm uma visão da Matemática baseada em regras têm mais hipóteses de ver a calculadora como um obstáculo e não como fonte de aprendizagem.

Uma questão inevitável quando se considera a utilização da calculadora gráfica diz respeito aos conhecimentos que os alunos já devem ter antes de recorrer à máquina. E este parece ser um aspecto delicado para muitos professores. Segundo um estudo realizado por Fleener (1995), os professores estão divididos quanto à conveniência de os alunos aprenderem primeiro o conceito e só depois usarem a calculadora. Ainda assim, parece haver algo em comum entre os que defendem que se deve aprender primeiro a fazer sem a máquina. De acordo com Fleener (1995) estes professores em geral tendem a ver a Matemática como cálculos e não como raciocínio, um processo para regularidades e resolução de problemas. Num outro estudo, o mesmo autor (1995) acrescenta que os professores com perspectivas diferentes relativamente à conveniência de dominar primeiro o conceito, exibiam também posturas diferentes quanto ao controle, à compreensão dos conceitos e à importância da reflexão crítica. Analisando todos os elementos o autor acaba por concluir que mudanças significativas só serão possíveis nos casos em que os professores valorizem a reflexão crítica.

Jost (1992, referido em Penglase & Arnold, 1996) estudou as perspectivas dos professores face à calculadora gráfica, as suas práticas e as características do currículo com que trabalhavam. Da análise que efectuou conclui que certos estilos de ensino são mais compatíveis com as calculadoras gráficas do que outros. Segundo esta autora, os professores que mostravam uma preferência por metodologias mais interactivas recorriam mais à calculadora do que os professores que preferiam outras abordagens. Além disso, notou uma relação entre as perspectivas dos professores face à utilização da calculadora e a integração que depois era feita desta tecnologia no processo de ensino. Com efeito, os professores que viam a calculadora como uma ferramenta a que recorrer para executar cálculos, tendiam a valorizar os objectivos centrados nos conteúdos e consideravam que os alunos aprendem escutando atentamente o professor. Por seu turno, os professores que encaravam a calculadora como uma ferramenta de ensino, tinham objectivos centrados nos alunos e na disciplina, valorizando um estilo de ensino centrado no aluno.

São igualmente as concepções e crenças do professor que Doerr & Zangor (2000) apontam como determinantes na utilização que é feita da calculadora. Neste caso foi a valorização que o professor envolvido no estudo fazia da compreensão e o seu desejo de impedir que a calculadora funcionasse como uma caixa negra que miraculosamente proporcionava respostas, que marcou a utilização da calculadora. O recurso a um modelo construído pelos alunos para encontrar uma curva que adequadamente representasse um conjunto de pontos, em detrimento do recurso à função pré-instalada da calculadora é disso ilustrativo.

Dunham (2000) acaba por sintetizar a ideia que transparece em todos estes estudos, ao reconhecer que a investigação já realizada mostra que as concepções dos professores sobre a Matemática afectam as suas concepções sobre o uso da calculadora.

## Conhecimento da calculadora gráfica

Não parece razoável esperar que um professor use nas suas aulas algo que desconhece ou de que apenas possui um conhecimento superficial que, conseqüente, não lhe permite sentir-se confiante para utilizar. É portanto importante atender aos conhecimentos que o professor possui da calculadora gráfica antes de nos permitirmos fazer uma análise daquilo que o professor faz com a calculadora nas suas aulas e até mesmo antes de ponderarmos a opinião que o professor detém sobre esta tecnologia. Hunt & Bohlin (1993, referidos em Fleener, 1995) apontam a experiência do professor com a tecnologia como um aspecto de grande importância na formulação de uma opinião sobre a sua utilização no ensino. No entanto, muitos dos estudos que têm sido levados a cabo não fazem qualquer referência a este aspecto. A experiência anterior do professor na utilização destas máquinas e o conhecimento que detinha sobre o seu funcionamento simplesmente não são referidos. E este é um dos aspectos de que Penglase & Arnold (1996) se aperceberam, na meta-análise que realizaram, e que criticam. Ainda assim, alguns autores têm consciência da importância deste aspecto e não deixam de o referir.

Powers & Blubaugh (2005) frisam que o professor fará uma utilização adequada da tecnologia nas suas aulas se estiver familiarizado com ela e se se sentir confortável a usá-la. Além disso, estes autores chamam a atenção para a importância do professor ter vivido experiências bem sucedidas de ensino com recurso à tecnologia. Os elementos recolhidos por Powers & Blubaugh (2005) permitem-lhes valorizar a experiência do professor e em especial aquilo que ele viveu enquanto aluno. Segundo estes, o professor tem alguma tendência para continuar a pensar pedagogicamente da forma como foi ensinado, em vez de pensar no potencial que a tecnologia pode trazer à aprendizagem.

Segundo um estudo realizado por Doerr & Zangor (2000), a confiança do professor nos seus conhecimentos e capacidades e a flexibilidade com que ele próprio utilizava a calculadora, proporcionaram a criação de um ambiente de sala de aula onde os alunos se sentiam livres para utilizar a calculadora da forma que entendiam e em que, além disso, eram incentivados a confirmar e a explorar ideias matemáticas. Foi igualmente o conhecimento do professor relativamente às limitações da calculadora que o levou a criar uma postura de questionamento face aos resultados exibidos pela máquina e conseqüentemente a desenvolver um ambiente onde a calculadora era uma ferramenta que necessitava de ser analisada à luz dos conhecimentos e do raciocínio e argumentação matemáticos. Contrariamente aos receios de Williams e de Wilson & Krapfl (1993 e 1994, referidos em Doerr & Zangor, 2000), a calculadora não se tornou uma autoridade matemática na sala de aula.

Parte da resistência dos professores relativamente à tecnologia tem por base a falta de conhecimento dos resultados da investigação, a falta de conhecimento das capacidades da máquina, a falta de conhecimento sobre como usar a calculadora adequadamente e a falta de conhecimento sobre o funcionamento da máquina (Dunham, 2000). As acções de formação de professores podem ser muito importantes neste contexto. Como menciona Spath (1990, referido em Dunham 2000) as inovações não substituem facilmente os currículos existentes. Segundo Terranova (1990, referido em Dunham 2000) poucos professores referem ter aprendido algo sobre as calculadoras ou sobre a investigação em torno destas na sua formação inicial, o que vem colocar sobre a formação contínua uma importância extrema. Dunham (2000) alerta ainda para a importância dos esforços de formação em torno das calculadoras não se situarem apenas no *como*, mas de abordarem também o *porquê*, ou seja as razões por que é importante

utilizar as calculadoras. E isto, claro, sem esquecer de abordar as concepções e crenças dos professores relativamente à matemática que, segundo Tharp, Fitzsimmons & Ayers (1997) são afinal a razão dos receios e das ideias erradas relativamente à calculadora e que frequentemente permanecem à margem da formação (inicial ou contínua) dos professores.

### **A integração da calculadora gráfica – algumas questões em aberto**

Os estudos analisados lançam alguma luz sobre aspectos importantes relativos à utilização que os professores fazem da calculadora gráfica. No entanto, deixam também em aberto diversas questões que será importante ponderar e investigar, se quisermos que a integração da calculadora gráfica no processo de ensino-aprendizagem da Matemática se torne numa realidade plena.

A influência das concepções e crenças que os professores detêm relativamente à Matemática sobre a utilização que fazem da calculadora gráfica parece ser consensual entre os autores analisados. É também crescente o número de autores que reconhecem que as calculadoras não estão a conseguir alcançar todo o potencial que lhes é atribuído. Neste contexto, seria então importante perceber que factores podem contribuir para alterar essas concepções e crenças que se revelam marcantes e, conseqüentemente, modificar a utilização que é feita da calculadora.

De igual modo, existindo um reconhecimento de que o conhecimento sobre a calculadora afecta a utilização que é feita desta, seria importante perceber melhor como é que tal sucede, que tipos de conhecimentos precisam os professores de ter e que tipos de formações os podem proporcionar.

Sendo verdade que há ainda muito por estudar relativamente à utilização que os professores fazem da calculadora, são cada vez mais os estudos que apontam factores vários que interferem com essa utilização. A diversidade crescente de factores apontados sugere então a necessidade de uma análise global que procure perceber como é que estes factores interagem uns com os outros e qual ou quais (se algum) os mais influentes. Só uma visão profunda, mas ampla, permitirá a definição de estratégias e de metas que possibilitem aos professores a plena integração da calculadora nas suas práticas.

### **Referências**

- Burril, G. et al. (2002). *Handheld graphing technology in secondary mathematics: research findings and implications for classroom practice*. Michigan: Texas Instruments.
- DES (1997). *Matemática – programas 10º, 11º e 12º anos*. Lisboa: Editorial do Ministério da Educação.
- Doerr, H. & Zangor, R. (2000). Creating meaning for and with the graphing calculator. *Educational Studies in Mathematics*, 41, pp.143-163.
- Dunham, P. (2000). Hand-held calculators in mathematics education: a research perspective. Em E. Laughbaum (Ed.), *Hand-held technology in mathematics and*

- science education: a collection of papers* (pp.39-47). Columbus, OH: The Ohio State University.
- Dunham, P. & Dick, T. (1994). Research on graphing calculators. *Mathematics Teacher*, 87 (6), pp.440-445.
- Farrel, A. (1996). Roles and behaviours in technology-integrated precalculus classrooms. *Journal of Mathematical Behavior*, 15, pp.35-53.
- Fleener, M. (1995). The relationship between experience and philosophical orientation: a comparison of preservice and practicing teachers' beliefs about calculators. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 14 (3), pp.359-376.
- Futch, L. & Stephens, J. (1997). The beliefs of Georgia teachers and principals regarding the NCTM standards: a representative view using the Standards' Belief Instrument. *School Science and Mathematics*, 97, pp.242-247.
- Hembree, R. & Dessart, D. (1992). Research on calculators in mathematics education. Em J. Fey & C. Hirsch (Eds.), *Calculators in Mathematics Education* (pp.23-32). Reston, Va.: NCTM.
- Hoban, G. (2002). *Teacher learning for educational change*. Buckingham: Open University Press.
- Hooper, J. (1993). Issues of Mathematics classroom use of graphing calculators. *The Mathematics Educator*, 4 (2), pp.45-50.
- Hunt, N. & Bohlin, R. (1993). Teacher education students' attitudes toward using computers. *Journal of Research on Computing in Education*, 25(4), pp.487-497.
- Jost, K. (1992). The implementation of technology in the calculus classroom: an examination of teacher beliefs, practice and curriculum change. *Dissertation Abstracts International*, 53/06, 1876.
- Kastberg, S. & Leatham, K. (2005). Research on graphing calculators at the secondary level: implications for mathematics teacher education. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 5 (1), pp.25-37.
- Lee, H. (2005). Facilitating students' problem solving in a technological context: prospective teachers' learning trajectory. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 8 (3), pp.223-254.
- NCTM (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Reston, Va.: NCTM.
- NCTM (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, Va.: NCTM.
- Penglase, M. & Arnold, S. (1996). The graphics calculator in mathematics education: a critical review of recent research. *Mathematics Education Research Journal*, 8(1), pp.58-90.
- Powers, R. & Blubaugh, W. (2005). Technology in mathematics education: preparing teachers for the future. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 5 (3/4), pp.254-270.
- Robova, J. (2002). Graphing calculator as a tool for enhancing the efficacy of mathematics teaching. Em *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on the Teaching of Mathematics*, Hersonissos – Grécia.
- Rocha, H. (2000). *A utilização da calculadora gráfica por alunos do ensino secundário*. Lisboa: APM.



- Silva, J. (1996). Are graphing calculators the catalyzers for a real change in mathematics education?. Em P. Gómez & B. Waits (Eds.), *Roles of calculators in the classroom* (pp.21-30). Columbus, OH: The Ohio State University.
- Simmt, E. (1997). Graphing calculators in high school mathematics. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 16 (2/3), pp.269-289.
- Spath, J. (1990). A status study of teacher use of calculators in teaching fifth-grade mathematics: implications for adoption and dissemination of innovations and materials. *Dissertation Abstracts International*, 51, 401A.
- Terranova, M. (1990). A study of teachers' and principals' feelings and beliefs about calculator use in elementary mathematics. *Dissertation Abstracts International*, 50, 1974A.
- Tharp, M., Fitzsimmons, J. & Ayers, R. (1997). Negotiating a technological shift: teacher perception of the implementation of graphing calculators. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 16 (4), pp.551-575.
- Williams, C. (1993). Looking over their shoulders: some difficulties students have with graphing calculators. *Mathematics and Computer Education*, 27(3), pp.198-202.
- Wilson, M. & Krapfl, C. (1994). The impact of graphic calculators on students' understanding of function. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 13(3), pp.252-264.