

NOVAS TECNOLOGIAS: O USO DE SOFTWARES EDUCACIONAIS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FURAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS

Rômulo Maziero¹; Gustavo de Oliveira Andrade²; Juan Carlos Campos Rubio³

Resumo

Hoje, o uso de novas tecnologias educacionais é inevitável em vários tipos de ensino, como é o caso do ensino da usinagem de materiais, que necessitam de significativos controles nos processos de furação de peças. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi analisar alguns softwares educacionais disponibilizados gratuitamente para auxílio no processo de ensino e aprendizagem da usinagem de materiais compósitos. A pesquisa neste artigo foi de caráter teórico, onde observou-se uma abordagem tímida com relação ao uso dos softwares educacionais como ferramentas de apoio ao ensino da usinagem de compósitos.

Palavras-chave: Tecnologias; compósitos; softwares educativos.

Abstract

Today, the use of new educational technologies is inevitable in many types of teaching, such as the teaching of material machining, which require significant controls in the process of drilling parts. In this context, the objective of this work was to analyze some educational software available free of charge to aid in the teaching and learning process of composite materials machining. The research in this article was theoretical, where a timid approach was observed regarding the use of educational software as tools to support the teaching of composite machining.

Keywords: Technology; composites; educational software.

1 Introdução

Materiais compósitos são constituídos pela combinação de dois ou mais materiais de propriedades distintas com o objetivo de formar um terceiro material com propriedades combinadas. Esses materiais são extensamente utilizados na produção de elementos otimizados que necessitam de reduzida massa, como em componentes automotivos e aeronáuticos. Neste contexto, compreender o comportamento desses materiais durante as operações de usinagem são interessantes para estabelecer requisitos que atendam as inúmeras categorias de aplicações.

O processo de usinagem de compósitos, parte do princípio da necessidade de confeccionar peças com dimensões geométricas e acabamentos que permitam atender as especificações técnicas para um determinado produto ou projeto, no qual o processo convencional de

¹ Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (Área de Concentração: Propriedades Físicas e Químicas dos Materiais) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais - PROPEMM do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo- IFES. E-mail: maziero.ifes@gmail.com.

² Doutorando no programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação (PPCTE) do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ; professor na Universidade Estácio de Sá (UNESA) no Rio de Janeiro e no Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Barra de São Francisco. E-mail: andradegol@hotmail.com.

³ Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo-UFMG; professor Titular do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG. E-mail: juan@ufmg.br.

fabricação de compósitos dificilmente obteria. Dentre as classificações dos processos convencionais de usinagem para compósitos, pode-se citar o torneamento, o fresamento e a furação. Quanto a furação (base para este artigo), denominada uma das operações mais utilizadas na concepção de furos em peças, devido a inúmeras montagens de componentes com materiais conjugados, como por exemplo, elementos estruturais nas indústrias automobilística e aeronáutica, o estudo desta operação é importante para controle dos parâmetros de corte utilizados na obtenção de acabamentos de peças compostas.

Esse tipo de usinagem em materiais compósitos pode causar delaminação na entrada e saída dos furos, rebarbas, erros de circularidade e imperfeições decorrentes da temperatura do processo, ocasionando perdas da integridade superficial dos furos. Sendo assim, o uso de softwares educacionais como ferramentas de ensino complementar no estudo do comportamento de material compósito, diante do processo de furação de peças, justifica-se pelo controle na qualidade dos processos utilizados, especificação dos produtos obtidos da furação dos materiais por meio de simulações e compreensão do usuário quanto aos procedimentos envolvidos na usinagem de compósitos.

Os softwares educacionais garantem a melhoria da qualidade do processo de ensino, pois oferece a possibilidade de uma apresentação visual do conhecimento, um extenso banco de dados de informações disponíveis e a possibilidade de pesquisa em diversos temas. Além disso, oferece o suporte para estilos de aprendizagem individuais, fornece a possibilidade de simulação dentro da qual, além de interações de navegação, os alunos podem usar várias ferramentas intelectuais, jogos, vários materiais, entre outros (STANISAVLJEVIĆ-PETROVIĆ; STANKOVIĆ; JEVTIĆ, 2015). Deste modo, a presente pesquisa bibliográfica teve como objetivo analisar os softwares educacionais existentes como recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem na usinagem de materiais compósitos.

Neste contexto, será apresentada uma revisão sistemática sobre os softwares educacionais, os aspectos da usinagem dos materiais compósitos poliméricos (PCM) e a relevância do processo de furação desses materiais, assim como o uso de softwares educacionais no ensino e nas pesquisas de usinagem dos PCM.

2 Referencial Teórico

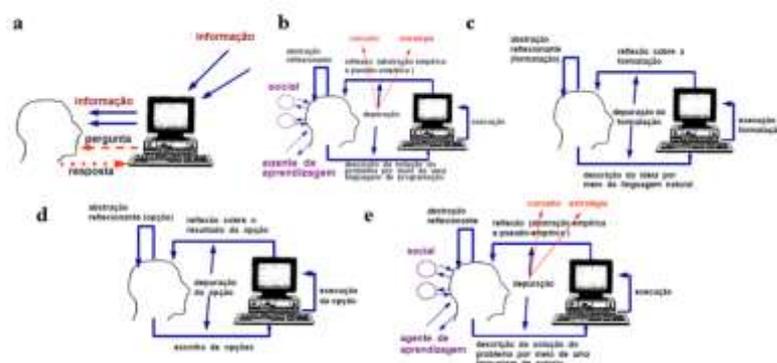
2.1 Softwares educacionais

Hoje em dia, todo campo usa tecnologias à sua maneira e cada um requer o conhecimento de computadores e programas necessários. Nesse sentido, a moderna tecnologia educacional se torna uma ferramenta pedagógica cada vez mais inevitável, aplicada a todos os níveis de ensino, desde instituições pré-escolares até instituições de ensino superior (STANISAVLJEVIĆ-PETROVIĆ; STANKOVIĆ; JEVTIĆ, 2015).

Os softwares educativos são programas de computador criados com o propósito de serem utilizados como facilitadores do processo de ensino e, conseqüentemente, do processo de aprendizagem, sendo as principais características a facilidade de uso, a interatividade e a possibilidade de personalizar a velocidade de aprendizagem (ZULMA, 2000; MIRANDA-PALMA; CANCHE-EUÁN; LLANES-CASTRO, 2015). Na gama de diferentes possibilidades oferecidas pelas novas tecnologias educacionais nas escolas, destaca-se a aplicação de livros didáticos eletrônicos e softwares educacionais no processo de ensino (NADRLJANSKI; NADRLJANSKI, 2008; MONGE; MOLINA, 2010).

Os softwares educacionais são classificados quanto a função em tutoriais, programação, processador de texto, simulações e modelagens, jogos, software multimídia e software para construção de multimídia (VALENTE, 1999), conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Tipos de softwares educacionais: (a) tutoriais; (b) programação; (c) processador de texto; (d) uso de multimídia e de internet; (e) desenvolvimento de multimídia ou páginas na internet.



Fonte: Valente, 1999.

Software educativo representa tecnologia intelectual e abrange programas de computador que podem ser usados no processo de ensino, incluindo linguagens de programas, ferramentas de software, organização específica de aprendizagem e ensino, bem como vários programas de ensino que invariavelmente caracterizam o software educacional como didático, com intenção

pedagógica, com apoio curricular, com material pedagógico e, como uma ferramenta de ensino (NADRLJANSKI; NADRLJANSKI, 2008; MONGE; MOLINA, 2010).

Hoje, os computadores e tablets são amplamente utilizados em escolas e universidades em países desenvolvidos e estão sendo rapidamente introduzidos nas salas de aula dos países em desenvolvimento. Muitas ferramentas de aprendizado para computadores ou tablets foram criadas, desde jogos educativos até software de apoio ao professor (MARTIN, 2004).

Há uma variedade de benefícios que resultam da implementação de algum tipo de software educacional na sala de aula, conforme Tabela 1 (MIRANDA-PALMA; CANCHE-EUÁN; LLANES-CASTRO, 2015).

Tabela 1 - Características dos softwares educacionais.

Características	Descrição
Fácil de usar	Sempre que possível, auto-explicativo e com sistemas de apoio.
Habilidades motivacionais	Manter o interesse dos alunos.
Relevância curricular	Relacionado com as necessidades dos professores.
Versatilidade	Adaptável aos recursos do computador disponíveis.
Abordagem pedagógica	Deve ser atual: construtivista ou cognitivo.
Orientado pelo aluno	Com controle sobre o conteúdo.
Avaliação	Com módulos de avaliação e monitoramento.

Fonte: Miranda-Palma; Canche-Euán; Llanes-Castro, 2015.

Por meio da Tabela 1, nota-se que para se obter um software educacional considerado “bom” no processo de aprendizagem, é necessário que o professor utilize-o adequadamente com a turma com o intuito de mapear os principais benefícios para a aprendizagem dos alunos (MIRANDA-PALMA; CANCHE-EUÁN; LLANES-CASTRO, 2015).

2.2 Aspectos da usinagem dos PCM e a relevância do processo de furação

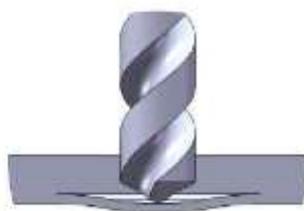
A usinagem de peças de materiais compósitos poliméricos (PCM) está relacionada aos seguintes recursos específicos (BAUROVA; MAKAROV, 2017):

- i. o enchimento que entra na composição do PCM (por exemplo, uma fibra de vidro) exerce um efeito abrasivo na ferramenta de corte, o que leva ao desgaste intenso;
- ii. a força relativamente baixa de PCM durante o cisalhamento entre as camadas pode causar a separação sob forças de corte;
- iii. a baixa condutividade térmica da maioria dos PCM resulta em intenso aquecimento da ferramenta de corte.

As condições de usinagem de peças PCM dependem substancialmente do tipo de ligante, do tempo de processamento contínuo e dos requisitos impostos à qualidade da superfície. As condições de corte (velocidade, avanço) são especificadas para um determinado material e é impossível evitar completamente a usinagem de peças PCM, especialmente no estágio de reparo. Como regra, a usinagem é usada para remover rebarbas, cortar extremidades e flanges e fazer furos roscados e de montagem (NOVIKOV; PETROV; MALYSHEVA, 2014; BAUROVA; MAKAROV, 2017). A operação de furação tem recebido a atenção da academia, principalmente devido aos danos causados na entrada e saída da ferramenta na peça, caracterizados principalmente pela presença de trincas, delaminação da peça ou ainda descolamento das fibras da matriz (RUBIO et al., 2007).

A furação de placas em compósitos laminados é normalmente executada com uma broca helicoidal (DURÃO et al., 2012). A furação é geralmente um processo final e qualquer defeito durante esta etapa conduz à rejeição do componente usinado. Na indústria aeronáutica, a delaminação durante a furação é responsável por 60% de rejeição de peças, sendo que o impacto econômico é significativo devido ao custo de processos anteriores (KHASHABA, 2004; RUBIO et al., 2007). Este tipo de dano pode ser provocado quando a ponta da broca se encontra próxima do lado oposto ou inferior da placa, causando o descolamento das camadas inferiores, denominado “push-down”, representado na Figura 2 (DURÃO et al., 2012).

Figura 2 - Mecanismo de delaminação.

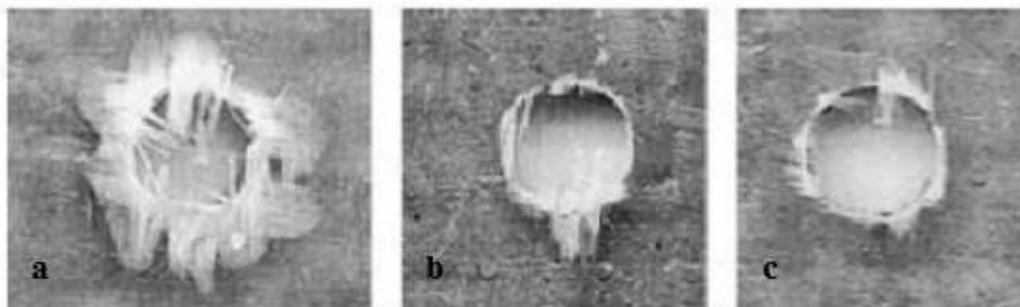


Fonte: durão et al., 2012.

A delaminação prejudica a vida útil do material, as propriedades mecânicas, ou seja, o desempenho fica comprometido, sendo considerado o defeito mais significativo. Esse tipo de defeito pode ser observado na Figura 2. Mas outros defeitos são também muito prejudiciais, tais como “pull-out”, danos térmicos e cratera na matriz (KHASHABA, 2004; RUBIO et al., 2007).

A Figura 3 apresenta a delaminação em materiais compósitos causada pela operação de furação, com e sem suporte de apoio para a peça.

Figura 3 - (a) Furo com delaminação e sem suporte; (b) Furo sem delaminação e com amortecedor; (c) Furo sem delaminação e com suporte.



Fonte: KHASHABA, 2004; RUBIO et al., 2007.

Consequentemente, o estudo da furação de compósitos é importante, pois o uso de materiais compostos como o de carbono-carbono está ganhando a posição significativa na fabricação de mísseis, ônibus espaciais e outras estruturas avançadas. Esses materiais são principalmente caros por natureza e o custo de furação desses materiais aumenta o custo de fabricação do produto final. Por isso, deve-se ter cuidado na furação desses compósitos conjugados. Os parâmetros do processo de corte devem ser escolhidos com atenção para minimizar os danos e melhorar a qualidade do furo perfurado, já que a rugosidade superficial é o problema mais sério no processo de perfuração de compósitos de carbono-carbono (KRISHNA SASTRY; SESHAGIRIRAO, 2015)

2.3 O uso de softwares educacionais no ensino e nas pesquisas de usinagem dos PCM

De acordo com Pardanjac, Karuović e Eleven (2018), o uso de softwares educacionais aumentam a qualidade do ensino e o sucesso na motivação dos alunos em relação ao ensino realizado de forma tradicional. Com isso, o professor não é mais marcado como o elemento ativo e único dentro da cadeia de transferência de conhecimento, mas o veículo para a geração contínua de conhecimento ativo (COCOVI-SOLBERG; MIRÓ, 2015).

Os estudantes no atual contexto tecnológico possuem um novo papel como os gerentes reais da própria aprendizagem em uma estrutura de avaliação formativa (COCOVI-SOLBERG; MIRÓ, 2015). Além disso, pelo fato de os alunos aprenderem novos conteúdos de maneira mais divertida e acessível, os professores, ao mesmo tempo, melhoram o nível de desenvolvimento profissional (PARDANJAC; KARUOVIĆ; ELEVEN, 2018). Nesse sentido, as ferramentas das modernas tecnologias educacionais são atrativas, atraem a atenção dos alunos, ativam os sentidos, quebram a monotonia e desempenham um papel significativo no contexto escolar atual, porque o uso durante as aulas regulares e atividades complementares, bem como durante atividades extracurriculares podem contribuir significativamente para a melhoria de uma

escola, processo e aprendizagem ativa (BENDER; WALLER, 2011; KAPUR, 2011; STANISAVLJEVIĆ-PETROVIĆ; STANKOVIĆ; JEVTIĆ, 2015).

Atualmente, os engenheiros precisam acessar dados de atributos de materiais e, como a quantidade de dados é alta e os métodos tediosos de serem implementados manualmente, ferramentas baseadas em computador são necessárias para permitir a seleção correta de materiais dependendo da aplicação (ASHBY; CEBON; SILVA, 2012; RODRÍGUEZ-PRIETO et al., 2018). Rodríguez-Prieto et al. (2018) desenvolveram um software educacional para reforçar a aprendizagem abrangente de seleção de materiais. Conforme os autores, esta ferramenta de informática representa um grande valor para fins educacionais, com impacto especial na aprendizagem combinada e a distância, simplificando a tarefa árdua de seleção de materiais para uma ampla gama de aplicações e promovendo um ambiente de trabalho colaborativo, facilitando a criação de pequenos grupos analisando diferentes casos de estudo.

Segundo Almeida, Stipkovic Filho e Novaski (2004), quando menciona-se escolas e universidades de engenharia, as disciplinas que versam sobre usinagem possuem carga teórica e de laboratório, sendo intensivo o uso de máquina-ferramentas, em geral por Comando Numérico Computadorizado (CNC). Tais máquinas sejam industriais ou didáticas, tem alto custo de aquisição e conseqüentemente, são em número reduzido quando comparado ao número de alunos no laboratório. Uma alternativa mais barata então é o uso de simuladores de usinagem.

Diante do apresentado, o uso de softwares educacionais em salas de aula e laboratórios para o ensino da usinagem de materiais compósitos se torna interessante, pois é possível selecionar materiais e por meio de simulações e modelagens é possível conhecer e/ou antever os aspectos envolvidos no comportamento em serviço na furação de peças laminadas, pois a usinagem de materiais compósitos poliméricos é um problema crescente no campo automotivo e aeronáutico. Em particular, a perfuração desses materiais, necessária para montagem de diferentes partes, ocasiona uma série de defeitos na entrada, na parede e na saída dos compósitos laminados, isso pode afetar consideravelmente a força da estrutura (RAHME et al., 2015; RAHME et al., 2017).

Embora existam diversos softwares para auxiliar na programação de máquinas, como a Manufatura Auxiliada por Computador (CAM), estes não foram desenvolvidos para o ensino e aprendizagem de usinagem ou tecnologia CNC e, em geral, também não estão disponíveis em português. Adicionalmente estes produtos têm licenças demasiadamente caras e preparam o profissional exclusivamente para o uso de determinada interface (ALMEIDA; STIPKOVIC FILHO; NOVASKI, 2004).

Em estudos realizados por Almeida, Stipkovic Filho e Novaski (2004), os mesmos desenvolveram versões de softwares educacionais de simulação de processos de usinagem, com o intuito de melhorar o ensino de operações de usinagem utilizando tecnologia CNC em instituições de nível técnico e superior. Duas versões foram criadas, uma para operações de torneamento e outra para operações de fresamento e furação, esta última com processos de simulação tridimensional. Conforme os autores, a justificativa principal reside no fato de que existe uma carência de recursos computacionais didáticos de origem nacional, de baixo custo e desempenho compatível com a base computacional instalada em escolas, as quais sejam capazes de promover o ensino e aprendizagem de processos de usinagem. Optou-se pela tecnologia CNC como facilitadora deste processo, uma vez que se trata de uma forma flexível e programada, passível de implementação via software.

Em outro estudo, Durão et al. (2012) analisaram a furação de laminados carbono/epóxico por meio do uso de Modelo de Elementos Finitos (MEF). De acordo com os autores, este tipo de simulação para o estudo da usinagem de materiais tem despertado interesse, especialmente em aspectos relativos à remoção de material, modelos de corte ortogonal, corte oblíquo e mecanismo de formação da apara. No entanto, a maior parte destes estudos é dedicada à usinagem de materiais metálicos, sendo escassos os casos de estudos publicados relativos à aplicação do MEF na furação de materiais compósitos.

Entretanto, algumas pesquisas realizadas com o uso de softwares educacionais são propostas por alguns pesquisadores e apresentadas no estudo de Durão et al. (2012), como: i. simulação do corte ortogonal utilizando um critério de tensão máxima para iniciar o corte; ii. simulação da formação da apara adotando o critério de Tsai-Hill; iii. estudo da influência da velocidade de corte, avanço e teor em fibras da peça no acabamento superficial, variações dimensionais e forças axiais de corte que podem causar a delaminação; iv. simulação da formação da apara para laminados unidirecionais de grafite/epóxico com base no mecanismo de corte ortogonal, considerando sete diferentes casos de orientação das fibras relativamente à aresta de corte; v. aplicação de um método incremental na simulação da furação, para a determinação de tensões residuais; vi. modelo tridimensional considerando o uso de elementos de interface que incorporam um modelo de dano de modo misto, permitindo simular o início e a propagação da delaminação.

3 Metodologia

O presente trabalho teve uma abordagem qualitativa, sendo realizado em duas etapas de pesquisa. A primeira etapa consistiu de uma breve revisão em periódicos sobre os softwares

educacionais no ensino e na usinagem de materiais e, na segunda etapa foi apresentado alguns dos principais tipos de softwares educativos aplicados ao processo de ensino, pesquisa e produção em processos de usinagem de materiais conjugados, em especial a furação desses materiais. Utilizou-se de repositórios que disponibilizam softwares e aplicativos gratuitos. Nesta etapa, ainda foram selecionados e avaliados alguns dos principais softwares utilizados de acordo com a interface, usabilidade, acessibilidade, portabilidade, qualidade metodológica e pedagógica.

4 Resultados e Discussão

4.1 Aplicação de softwares educacionais

Os principais tipos de softwares e aplicativos que auxiliam nas áreas de ensino, pesquisa e produção aplicados em processos de usinagem, especificamente na furação de PCM, foram selecionados e avaliados. Cita-se:

- i. Sinutrain Sinumerik 808D on PC V4.4: software desenvolvido pela Sandvik Coromant;
- ii. SecoCut: software desenvolvido pela Seco Tools;
- iii. Simulador Fagor: software desenvolvido pela Fagor Automation;
- iv. CNC Simulator Pro: software desenvolvido pela Bulldog Digital Technologies;
- v. Ifind: aplicativo desenvolvido pela Sandvik Coromant;
- vi. Wear Optimization App: aplicativo desenvolvido pela Walter Tools;
- vii. Dormer Pramet Calculators: aplicativo desenvolvido pela Dormer Pramet;
- viii. Tung-Navi: aplicativo desenvolvido pela Tungaloy.

Foram avaliados qualitativamente critérios de interface, usabilidade, acessibilidade, portabilidade, qualidade metodológica e pedagógica, de acordo com critérios estabelecidos nos próprios repositórios que disponibilizam softwares e aplicativos gratuitos, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Classes de diferentes softwares e aplicativos gratuitos.

Categorias		Critérios				
		Interface	Usabilidade	Acessibilidade	Portabilidade	Qualidade
Softwares	Sinutrain Sinumerik 808D on PC V4.4	alta	alta	alta	alta	alta
	SecoCut	alta	alta	alta	média	média
	Simulador Fagor	alta	alta	média	média	média
	CNC Simulator Pro	alta	alta	alta	média	alta
Aplicativos	Ifind	alta	alta	alta	alta	alta
	Wear Optimization App	alta	alta	alta	alta	alta

Dormer Pramet Calculators	média	média	alta	alta	baixa
Tung-Navi	média	média	alta	baixa	média

Fonte: Autor, 2018.

Observa-se na Tabela 2, que o aplicativo Tung-Navi necessita de várias melhorias quanto ao item programação, entretanto, a maioria dos softwares e aplicativos selecionados nesta pesquisa apresentam qualidade metodológica e pedagógica, suficientemente satisfatória para o ensino e aprendizagem da usinagem. Grande parte estão disponíveis para sistema Windows, iOS, Android, tablets, smartphones e também para qualquer dispositivo, como o Ifind.

5 Conclusão

A implementação de softwares educacionais no ensino da usinagem de materiais compósitos poliméricos em escolas e universidades de engenharia, não substitui ou altera os conteúdos apresentados em salas de aula, mas sim complementa os conceitos. Este complemento ajuda no reforço, na memorização e interação aluno-computador-professor.

Observou-se que o software Sinutrain Sinumerik 808D on PC V4.4 e os aplicativos Ifind e Wear Optimization App, foram os que destacaram para um melhor ensino da usinagem de materiais.

Contudo, existem vários outros softwares e aplicativos gratuitos no mercado e, muitos são aplicados no estudo do comportamento de materiais em processos de fabricação. Entretanto, nota-se que há ainda uma exploração insuficiente dessas tecnologias educacionais no ensino da furação de materiais compósitos na literatura e que, deste modo, novas práticas pedagógicas para a aprendizagem efetiva devem ser repensadas e praticadas pelos professores.

É importante que se promova a aplicação de tecnologias modernas, especialmente software educacional, com intuito de melhorar práticas existentes e reestruturar os métodos tradicionais de ensino.

Referências

ALMEIDA, S. L. R.; STIPKOVIC FILHO, M.; NOVASKI, O. Simulação gráfica de CNC para operações de usinagem com objetivo educacional. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGE 2004, Brasília. 2004.

ASHBY, M. F.; CEBON, D.; SILVA, A. Teaching engineering materials: CES EduPack, Granta teaching resources, Granta Design, Cambridge (UK). 2012.

BAUROVA, N. I.; MAKAROV, K. A. Machining of Machine Elements Made of Polymer Composite Materials. **Tekhnologiya Metallov**, n. 2, p. 15-19, 2017.

BENDER, W. N.; WALLER, L. The teaching revolution: RTI, technology, & differentiation transform teaching for the 21st century. Thousand Oaks (California): Corwin, cop. 2011.

COCOVI-SOLBERG, D. J.; MIRÓ, M. CocoSoft: educational software for automation in the analytical chemistry laboratory. **Anal Bioanal Chem.** 407: 6227. 2015.

DURÃO, L. M. P.; GONÇALVES, D. J. S.; MOURA, M. F. S.; MARQUES, F. A. T. Modelação da furação de laminados por elementos finitos. **Revista da Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões**, v. 20, p. 109-116, 2012.

KAPUR, A. Transforming Schools – Empowering Children. New Delhi, Thousand Oaks, London: SAGE Publication. 2011.

KHASHABA, U. A. Delamination in Drilling GFRThermoset Composites. **Composite Structures**, v. 63, p. 313-327, 2004.

KRISHNA SASTRY, K. V.; SESHAGIRIRAO, V. Optimization of Drilling Process Parameters for Minimizing Surface Roughness in Carbon-Carbon Composite Materials. **Advanced Materials Research**, v. 1077, p. 96-105, 2015.

MARTIN, C. Las TIC en la enseñanza: posibilidades y retos”, Universidad Oberta de Catalunya. 2004.

MIRANDA-PALMA, C.; CANCHE-EUÁN, M.; LLANES-CASTRO, E. Use of Educational Software in Mathematics Teaching: Case Yucatan, Mexico. **International Journal of Computer Science Issues**, v. 12, n. 6, 2015.

MONGE, J. J. F.; MOLINA, J. C. Validación de Software Educativo, VII Festival Internacional de Matemática, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2010.

NADRLJANSKI, Đ.; NADRLJANSKI, M. Digitalni mediji – obrazovni softver. Sombor: Pedagoški fakultet u Somboru. 2008.

NOVIKOV, A. D.; PETROV, N. M.; MALYSHEVA, G. V. Air-tightness of the flange joints made of metals and polymer composite materials, **Remont, Vosstanovlenie, Modernizatsiya**, n. 8, p. 44-48, 2014.

PARDANJAC, M. B.; KARUOVIĆ, D.; ELEVEN, E. The Interactive Whiteboard and Educational Software as an Addition to the Teaching Process. **Tehnički vjesnik**, v. 25, n. 1, p. 255-262, 2018.

RAHME, P.; LANDON, Y.; LACHAUD, F.; PIQUET, R.; LAGARRIGUE, P. Delamination-free drilling of thick composite materials. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 72, p. 148-159, 2015.

RAHME, P.; LANDON, Y.; LACHAUD, F.; PIQUET, R.; LAGARRIGUE, P. Experimental investigation of composite materials drilling using a step gundrill. 21st International Conference on Composite Materials. 2017.

RODRÍGUEZ-PRIETO, A.; CAMACHO, A. M.; MERAYO, D.; SEBASTIÁN, M. A. An educational software to reinforce the comprehensive learning of materials selection. **Comput Appl Eng Educ**. v. 26, p. 125-140, 2018.

RUBIO, J. C. C.; ABRÃO, A. M.; FARIA, P. E.; DAVIM, J. P. Análise digital de dano na furação de materiais compósitos laminados. **Ciência e Tecnologia dos Materiais**, v. 19, n. ½, 2007.

STANISAVLJEVIĆ-PETROVIĆ, Z.; STANKOVIĆ, Z.; JEVTIĆ, B. Implementation of Educational Software in Classrooms-Pupils Perspective. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 186, p. 549-559, 2015.

VALENTE, J. A. **Análise dos diferentes tipos de softwares usados na educação**. In: Valente, J. A. (Org.). O computador na sociedade do conhecimento. Campinas, São Paulo: Unicamp. p. 89-99. 1999.

ZULMA, C. **Metodología de diseño, desarrollo y evaluación de Software Educativo**. Tesis de Magíster en Informática. (Versión resumida) Facultad de Informática, UNLP. 2000.