

SELEÇÃO DE METODOLOGIAS DE ENSINO PARA PROCESSOS DE USINAGEM, BASEADA EM PROGRAMAS DE GRADUAÇÃO BRASILEIROS E ESTRANGEIROS

SELECTION OF TEACHING METHODOLOGIES FOR MACHINING PROCESSES, BASED ON
BRAZILIAN AND FOREIGN GRADUATION PROGRAMS

Felipe Ribeiro Toloczko¹, Maria Clara Coimbra Gonçalves², Emílio Carlos Baraldi³

RESUMO

Para se adequarem às exigências do mercado, as indústrias necessitam empregar profissionais que dominem as técnicas de fabricação e estejam capacitados a realizar esses processos com qualidade. Visto isso, almeja-se com este artigo estudar como as instituições de ensino superior brasileiras e estrangeiras treinam esses futuros profissionais para atuar no mercado, tanto na parte teórica quanto prática, especificamente no ensino dos processos de fabricação por usinagem. Com base nas informações obtidas, uma técnica é proposta para a seleção de diferentes metodologias de ensino de modo a fornecer um instrumento orientado na preparação de aulas. O método é constituído por um mecanismo de escolha fundamentado em tabelas e um fluxograma. Por fim, um exemplo é criado com a finalidade de demonstrar a aplicação, recomendações e particularidades no desenvolvimento do plano de aula.

Palavras-chave: ensino; engenharia; usinagem; processos de manufatura; metodologias ativas.

ABSTRACT

To fit the market's needs, industries are required to employ professionals who master manufacturing techniques and are able to perform those processes with quality. Given this, we aim to study how Brazilian technical and engineering schools train these future professionals to work in the market, both theoretically and practically, specifically in the teaching of machining processes. Based on the obtained information, a new technique is proposed for selecting one or more teaching methodologies in order to provide an oriented tool for planning classes. The method consists of a mechanism of choice based on tables and a flowchart. Finally, an example is created to demonstrate its application, recommendations and particularities in the development of the lesson plan.

Keywords: education; engineering; machining, manufacturing processes; active learning methodologies.

¹ Prof. Me., Faculdade de Tecnologia de São Paulo e Itaquera, felipe.toloczko@yahoo.com.br

² Mestranda em Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, mclara.coimbra@usp.br

³ Doutor em Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, emiliobaraldi@usp.br

INTRODUÇÃO

A sociedade como um todo sofre mudanças constantes nos campos econômico, político e social. Deste modo diversas áreas de aplicação e transmissão do conhecimento também têm experimentado variadas mudanças que são frutos dessas mesmas transformações. Principalmente no mundo atual, no qual a influência da tecnologia moderna vem modificando cada vez mais o modo de pensar e existir do ser humano, estas rápidas mudanças trouxeram também uma grande necessidade de adaptação (LOPES, 2000; KHON; MORAES, 2007; FERREIRA; BASÍLIO, 2006; SUTTON, 2013).

Neste contexto, o ensino tem posição de destaque exatamente por ser a base de praticamente todas as áreas de conhecimento da sociedade (CAVICHIOLO, 2010). Desta maneira, na busca por integrar as atuais necessidades, várias instituições de ensino e pesquisadores no Brasil e no exterior têm buscado modelos, filosofias e técnicas que atendam às exigências do mercado. O setor de ensino superior é um dos que demanda mais esforços tendo em vista a complexidade do conteúdo administrado (MASSETO; QUADROS, 2018), especialmente no que tange à área de exatas (ROCHA; VASCONCELOS, 2016), possivelmente devido à natureza do trabalho a ser ensinado no quesito prático.

Os processos de fabricação por usinagem são de grande importância para a indústria, em setores variados, como o automobilístico, o aeronáutico, da mineração, da siderurgia, o aeroespacial, o têxtil, o hospitalar entre outros; todos esses utilizam-se de processos de fabricação por usinagem (TRENT; WRIGHT, 2000). Assim, as escolas de ensino superior assumem um papel essencial na formação de profissionais qualificados para o mercado. Entretanto, para que isto ocorra de maneira satisfatória, é necessária a adaptação das escolas aos requisitos contemporâneos com uma metodologia de ensino adequada (NASCIMENTO; HETKOWSKI, 2009).

Um dos maiores desafios na educação de manufatura está relacionado ao ensino teórico e

prático (SILVA, 2010), principalmente devido à dificuldade em habilitar o aluno a associar estas duas vertentes.

Observando este panorama, o objetivo deste trabalho é realizar uma pesquisa bibliográfica do tema, verificando os diferentes estudos e técnicas de ensino que possam ser aplicadas nas disciplinas ligadas aos processos de fabricação por usinagem no Brasil. Por fim, uma proposta na seleção de metodologias de ensino é apresentada.

O CENÁRIO ATUAL

Atualmente, no Brasil, o método de ensino tradicional é o mais disseminado. Essa metodologia baseia-se na centralização da figura do professor (STACCIARINI; ESPERIDIÃO, 1999; LOBATO; QUADROS, 2018), que prepara aulas expositivas e avalia o aprendizado dos alunos através de testes (KRUGER; ENSSLIN, 2013). Esse método algumas vezes dificulta o aprendizado do aluno por aplicar apenas uma ferramenta de ensino e avaliação.

Segundo Anastasiou (2001), a origem do método tradicional utilizado no Brasil teve influência nas primeiras instituições escolares, que foram organizadas seguindo os moldes de escolas jesuítas. Nesse modelo, utilizava-se o método chamado escolástico, que era fundamentado no professor através da leitura de textos e sua interpretação do tema, aos alunos cabiam memorizar exercícios e registrar o conteúdo por meio de um caderno.

Essa forma de ensino foi predominante em diversas escolas europeias dando origem ao modelo francês, denominado *modus parisiensis* (*parisiense*). Nessa técnica a eficácia dependia da formação e personalidade de cada professor. O método de aprendizado era baseado na memorização e exposição similar a uma palestra e no final exercícios eram apresentados. Esse sistema hierárquico, em que o aluno é obediente e passivo, possui mais de 500 anos de existência e muitos dos seus elementos permanecem até hoje na sala de aula (KRUGER; ENSSLIN, 2013).

A predominância de metodologias tradicionais e conservadoras se deve muito à necessidade do professor em cumprir um conteúdo programático extenso (SILVA, 2017).

Em contraposição a esse método, surgiram outras concepções como a escolanovista, por exemplo. Nesta, o aluno é centro do processo formativo e educativo. As metodologias ativas têm esta característica em que acontece uma “migração do ‘ensinar’ para o ‘aprender’ e o desvio do foco do docente para o aluno, que assume a corresponsabilidade pelo seu aprendizado” (SOUZA; IGLESIAS; A., 2014).

METODOLOGIAS DE ENSINO

Considerando as diversas dificuldades presentes na área do ensino dos processos de fabricação por usinagem, principalmente em relação à sua natureza prática, assim como a utilização e disponibilidade de recursos no Brasil, alguns trabalhos foram publicados no país e no mundo, fornecendo experiências, ideias e sugestões que podem ser utilizadas para a melhoria no ensino.

Observando os processos de fabricação por usinagem e sua proximidade com outras áreas, Pertence, Santos e Jardim (2001) apresentaram uma metodologia baseada na construção de modelos tridimensionais por meio do conceito de prototipagem rápida com a finalidade de melhorar a percepção geométrica e o raciocínio espacial no ensino de desenho mecânico. A técnica consistiu em desenhar uma peça em *software* CAD (desenho assistido por computador) e depois usinar em uma fresadora didática CNC (comando numérico computadorizado).

Na mesma perspectiva, os pesquisadores Ribeiro, Godoy e Junior (2003) realizaram um trabalho para o ensino de tecnologias avançadas de manufatura. Neste trabalho, o aluno desenhava as peças em uma sala e visualizava sua usinagem em outra sala, integrada por rede às máquinas de usinagem (com a utilização de monitores e câmeras).

É possível ainda destacar o artigo de Consalter (2005), que discorre sobre a

implantação de um trabalho interdisciplinar através de um sistema de Fábrica-Escola, em que os alunos, na forma de estágio, participam de diversas atividades extraclasse ao longo de alguns semestres, incluindo a fabricação de protótipos de modo similar aos trabalhos citados. Neste aspecto, um estudo desenvolvido por Fernandes e Guedes (2003) concluiu que disciplinas práticas têm maior índice de aprovação e eficiência no ensino do conteúdo.

Foram observadas também metodologias alternativas como o estudo feito por Arienti e Cupello (2005). No trabalho, são relatadas as experiências adquiridas através da elaboração de artigos técnicos como método de ensino e avaliação para uma disciplina de processos de fabricação por usinagem.

Observando a necessidade de ensinar os fenômenos dos processos de fabricação por usinagem, Dias e Ferrer (2013) utilizaram um dinamômetro do tipo rotativo para avaliação do torque no fresamento como ferramenta didática no ensino.

Por fim, em um trabalho recente, Rocha et al. (2018) utilizou madeira para construir ferramentas de usinagem. O estudo permitiu ao discente fixar os conceitos de ângulos da ferramenta através do desenvolvimento de um projeto prático.

No mundo, alguns países se destacam por possuir instituições de referência em educação e pesquisa. Nesse aspecto, os Estados Unidos têm uma posição de prestígio com diversas universidades classificadas entre as melhores do mundo (TOP UNIVERSITIES (2018); TIMES HIGHER EDUCATION’S WORLD UNIVERSITY RANKING, 2018).

O Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), por exemplo, oferece a disciplina de Projeto de Engenharia e Manufatura II para a área de Engenharia Mecânica, na qual são apresentados para os alunos temas referentes à manufatura como CAD/CAM e algumas aulas em específico de processos de fabricação por usinagem. A técnica aplicada consiste em uma média entre várias atividades que são constituídas por 40% de aulas teóricas e 2 questionários, 30% de aula em laboratório e relatórios, 10% de trabalho extraclasse e 20% de encontros do grupo e

apresentação dos projetos feitos na disciplina (CHUN; KIM, 2004).

Ainda nos EUA, o Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech) é outra organização de grande notoriedade. No programa de Engenharia Mecânica oferecido segundo Caltech Undergraduate, (2018), o aluno tem uma carga equilibrada entre aulas teóricas em sala de aula, experiências em laboratório e projetos, com ênfase na formulação de problemas e desenvolvimento de habilidades como autoconfiança, criatividade, liderança, ética, desenvolvimento profissional, projetos extraclasse e pesquisa científica.

Na disciplina de Prototipagem Mecânica, por exemplo, os alunos aprendem sobre projeto assistido por computador (CAD), assim como introdução aos processos de fabricação por usinagem e construção de protótipos (CATÁLOGO CALTECH, 2018). No Caltech tanto os professores quanto os alunos têm à disposição um Centro para Ensino, Aprendizagem e Divulgação, que oferece serviços de assistência como criação de materiais para as aulas e projeto de experimentos práticos. (TEACHING ASSISTANT HANDBOOK, 2018).

Já no ensino superior alemão as aulas são divididas entre teóricas, seminários, exercícios práticos, tarefas extraclasse e visitas educacionais (KMK, 2017). A Universidade Técnica de Munique, por exemplo, considerada uma das 100 melhores do mundo (TOP UNIVERSITIES, 2018), aplica diversas destas metodologias. Os alunos têm a oportunidade de participar das tradicionais aulas teóricas com acesso a ferramentas, como elementos de aprendizagem eletrônica (*e-learning*), cursos e outros arquivos *on-line*. Além disso, os discentes também são submetidos a métodos como aprendizagem baseada em problemas e projetos, pesquisas científicas, estágios supervisionados, tutoriais para técnicas autodidatas, aulas práticas entre outras. (LEHRFORMATE, 2018; PROLEHRE ERFOLGSFAKTOREN, 2018; FLEISCHMANN; JÄGER; STRASSER, 2018). A universidade também oferece programas de assistência ao aluno, como aconselhamento e ajuda psicológica, e auxílios

aos professores como suporte no desenvolvimento e melhoria das aulas (PROLEHREMEDIEN UND DIDAKTIK, 2018).

No continente asiático, a China tem muitas representações entre as 100 melhores do mundo (TOP UNIVERSITIES, 2018). O sistema de ensino possui diferenças significativas na metodologia, em que a filosofia é focada em regras e teorias para incentivar a inteligência; nos EUA a meta é mais concentrada na capacidade de encontrar e praticar a personalidade individual (BAI; ZHANG, 2009). Outra diferença é no método de avaliação: na China o maior peso da nota está nas provas. A Universidade de Tsinghua, uma das melhores do mundo, possui um programa especializado para talentos (TSINGHUA UNIVERSITY, 2018), além de treinamento e assistência aos professores.

Na maior parte das instituições pesquisadas nota-se a aplicação de metodologias baseadas em problemas e projetos de modo habitual além de diversos meios de auxílio tanto ao aluno como ao professor. Um ponto de destaque é a presença de pesquisa científica como parte do processo de ensino na maioria das instituições.

PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA

Com base na pesquisa realizada, uma proposta é apresentada com o objetivo de sugerir algumas diretrizes na preparação de aula para o ensino de processos de fabricação por usinagem em cursos de graduação. A técnica de seleção utilizada foi baseada nos trabalhos de Kaminski, Ferreira e Theuer (2004), que aborda o desdobramento da Função na Qualidade (QFD) aplicado ao ensino; Silva e Kaminski, 2016; e Baraldi e Kaminski (2018), com metodologias de gerenciamento e desenvolvimento do produto. O método é constituído pelas Tabelas 1, Tabela 2 e pelo fluxograma da Figura 1.

A primeira parte consiste na apresentação de um conjunto de dez ferramentas possíveis na aplicação da metodologia sugerida, a

construção da Tabela 1 foi determinada a partir dos exemplos da literatura citados.

O entendimento e consulta da Tabela 1 é a etapa inicial da seleção de técnicas, precedida por um conjunto de perguntas e por um

fluxograma, de modo a direcionar e auxiliar na preparação do conteúdo a ser ministrado em aula.

Tabela 1 – Ferramentas de ensino para consulta.

Sigla	Técnicas de ensino	Descrição	Ações e recursos possíveis para ministrar o conteúdo
ATE	Aula teórica expositiva	O conteúdo teórico é apresentado de modo direto em seus detalhes conforme a literatura consagrada na área de aplicação. O professor é o centro do conhecimento e responsável por determinar o ritmo da aula.	- Lousa, projetor de imagens, objetos ilustrativos, outros recursos audiovisuais, textos, tabelas, gráficos, ferramentas de internet e recursos virtuais.
ATD	Aula teórica dialogada	O conteúdo é exposto com a participação do aluno, onde o professor incentiva o questionamento e discussão do tema. Neste modelo o conhecimento prévio do discente é importante.	- Mesmos recursos aplicados a aula teórica expositiva. - Aproveitamento do conteúdo ministrado anteriormente em outras disciplinas. - Sala inversa (alunos estudam o conteúdo em casa antes da aula).
AP	Aula prática	Os conceitos, quando possível, são apresentados por uma abordagem prática.	- Desenvolvimentos práticos em laboratório específico e/ou em sala com recursos (equipamentos e dispositivos) práticos adequados (sala ambiente).
ABPr	Aprendizagem baseada em problemas	Estratégia de ensino para a análise, entendimento e solução de problemas críticos, com o objetivo de produzir conhecimento individual e em grupo. Neste método o foco principal é no aluno e o professor trabalha como um tutor.	- Livros, artigos e recursos digitais como celular e computador com acesso a internet. - Objetos de exemplo como dispositivos e acessórios.
ABPj	Aprendizagem baseada em projetos	Estratégia de ensino colaborativa entre professor e alunos para o desenvolvimento de um projeto baseado em assuntos correlatos a disciplina e algumas vezes multidisciplinar. Neste método o foco principal também é o aluno e o professor trabalha como um tutor.	- Mesmos itens contidos na aula prática e aprendizagem baseada em problemas.
QUIZ	Questionários	O professor elabora questões relativas ao tema ministrado em aula para os alunos responderem. Um número de perguntas reduzido e simplificado é elaborado de modo a treinar os conceitos chaves. Ferramenta de auxílio pedagógico muito aplicada como apoio extra aula.	- Questionário na forma escrita entregue em aula e/ou digital através de ferramentas de internet como <i>e-mails</i> , disco virtual, sites institucionais, <i>softwares</i> específicos online (Socrative, Kahoot, Plickers, etc).
GD	Grupos de discussão	O professor ou a instituição elabora um ou mais grupos formado por alunos de modo a discutir os assuntos mais pertinentes a disciplina e tirar dúvidas. Pode ser aplicado como ferramenta durante a aula ou extraclasse.	- Reuniões presenciais. - Grupos virtuais e fóruns.
VM	Visitas monitoradas	Parte do conteúdo é ministrada com apoio de uma visita monitorada dos alunos aos locais de interesse da disciplina como empresas e órgãos governamentais, por exemplo. Pode ser parte integral do conteúdo de uma aula ou complemento extraclasse.	- Visitas programadas a entidades de interesse.

Fonte: elaborada pelos autores.

O método foi estruturado a fim de se verificar o tempo de execução para cada tarefa e quantificar sua intensidade de aplicação na aula com algumas recomendações. O sistema é definido para aplicação nas aulas semanalmente. Primeiramente, é necessário converter o número de aulas durante este período em horas, este será o valor correspondente a 100% do tempo de aula.

Em seguida, deve-se identificar se a disciplina já está em andamento com alguma metodologia de ensino, neste caso, consultar a Tabela 1 a fim de verificar o (os) método(s) já aplicados em aula; em caso de uma disciplina nova, apenas identificar as possibilidades na Tabela 1 e seguir para a Tabela 2.

Tabela 2 – Grupo de questões para seleção do método.

Sigla	Questão	Técnica
Q1	Quanto da aula teórica pode ser simplificada para aplicação de outras metodologias? Marcar o tempo da aula.	ATE
		ATD
Q2	Das teorias apresentadas através de imagens, desenhos, vídeos ou exemplos existe alguma que pode ser demonstrada ou exemplificada de modo simples e prático através dos recursos que estão a disposição ou que possam ser transportados até a sala?	AP
Q3	Alguma parte do conteúdo pode ser transformado em um problema real para ser resolvido na sala de aula?	ABPr
		GD
Q4	Qual o exemplo mais simples de ser explicado, mas funcional, que pode ser apresentado como problema para discussão?	ABPr
		GD
Q5	O conhecimento já adquirido (inclusive de outras disciplinas se for relevante) pode ser utilizado para o problema ser discutido pelos alunos e tentar encontrar uma ou mais soluções?	ABPr
		GD
Q6	Alguma parte ou tópico da aula pode ser explicado na prática, através de recursos disponíveis como laboratórios, salas ambientes ou outro local adequado?	AP
		VM
Q7	Existe alguma parte da aplicação prática que pode ser transformada em um projeto?	ABPj
Q8	O projeto pode ser concluído em uma aula?	ABPj
Q9	É possível o projeto ser concluído extra sala de aula?	ABPj
Q10	É possível aplicar questionários extra sala de aula (trabalho de casa)?	QUIZ

Fonte: elaborada pelos autores.

O próximo passo é constituído por um conjunto de questões de modo a selecionar as técnicas mais recomendadas. A ordem de importância de cada um foi definida de acordo com a dificuldade de execução, partindo dos que necessitam de recursos mais simples até os mais complexos, como acessórios e dispositivos. A cada pergunta deve ser atribuído inicialmente um tempo estimado de execução e depois testado em aula, de modo a se obter o valor real para realimentação do método. O valor em horas deve ser transformado na porcentagem em relação ao total de 100%.

É importante lembrar que algumas técnicas podem ser inviáveis por diversos motivos, como falta de recursos físicos ou financeiros. Nestes casos, deve-se atribuir o valor 0 ao tempo de aula.

Com a finalidade de facilitar a aplicação do método, algumas recomendações e considerações podem ser feitas: questão 1) para facilitar essa etapa, explicações que necessitam ter imagens, vídeos, recursos visuais, objetos de demonstração e exemplos podem ser indicadores para aplicar outras perguntas e assim verificar se há alguma outra técnica

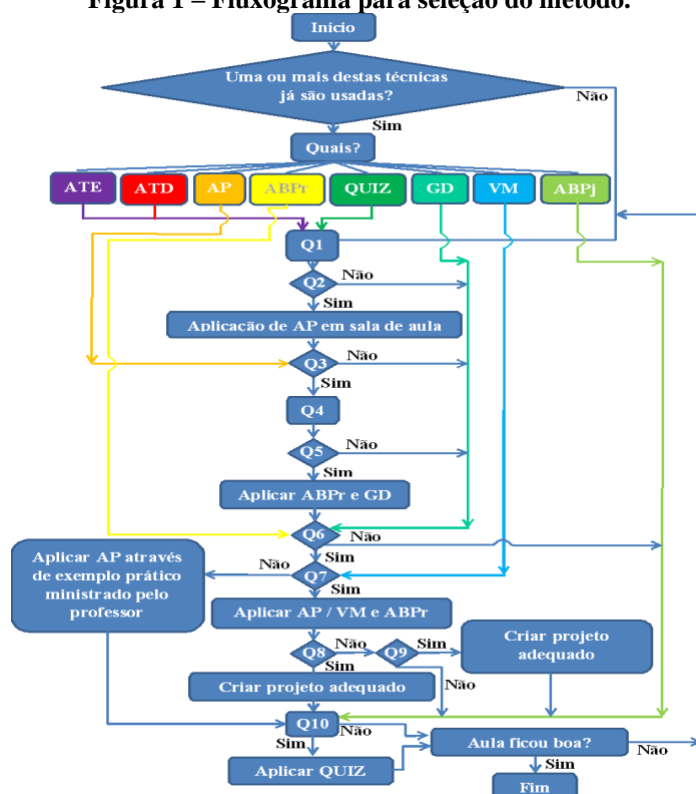
melhor que possa ser usada além da apresentação teórica. Dentro do possível é recomendado optar por metodologias dinâmicas e que necessitem da participação do discente, seja na observação e no preenchimento de um relatório ou na construção de uma peça ou dispositivo. Figuras, imagens e vídeos podem ser indicadores da necessidade de múltiplos sentidos no aprendizado e muitas vezes podem ser transformadas em aplicação prática. É recomendada, para as aulas baseadas em apresentação por slides ou similares, a atribuição do tempo máximo de um minuto por slide, somar ao tempo dos recursos visuais que não podem ser aplicadas a outras técnicas – recursos que necessitam de mais tempo podem ser indicadores da possibilidade de aplicação de outras questões de modo positivo. Para aulas sem recursos audiovisuais, é recomendado realizar testes cronometrando o tempo utilizado. Para ambos os casos é sugerida a divisão da aula de modo a encontrar a menor partícula (normalmente é constituída por um *slide*, imagem ou trecho de um assunto), verificar parte a parte aplicando a pergunta Q1; questão 2) a criatividade é um ponto importante

para a aplicação dessa questão, a discussão com os alunos e com outros professores pode ajudar em caso de dúvidas quanto ao que pode ser usado em aula, recursos simples além de normalmente serem mais fáceis de adquirir e fazer manutenção, muitas vezes podem facilitar o aprendizado; questões 6 e 7) a participação do aluno é importante na aplicação desta técnica que pode ser conseguida através do preenchimento de relatórios ou questões em aula, evitando a monotonia. Sendo possível, é recomendável a participação do aluno no desenvolvimento do conteúdo que pode ser conseguido com o projeto e construção de algo relacionado ao tema, por exemplo.

Para qualquer uma das metodologias ser otimizada para o menor tempo possível de realização, se o valor for superior a 30% do tempo da aula para alguma técnica, considerar substituir por outra ou transformar em trabalho extra-aula; na impossibilidade, ponderar aumentar em uma aula o conteúdo da disciplina. É recomendada a leitura e reflexão das questões antes da aplicação do fluxograma.

De modo a organizar a sequência de análise das questões, um fluxograma foi criado conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma para seleção do método.



Fonte: elaborada pelos autores.

A sequência do caminho a percorrer é selecionada de acordo com a condição inicial de preparação da aula, que pode ser tanto para uma nova criação quanto para atualização do método aplicado em um conteúdo. As setas indicam o sentido e ordem de análise. O processo é iterativo, no qual a observação dos resultados aplicados permite que novas melhorias sejam feitas de modo a encontrar a melhor combinação de técnicas.

Em caso de existir mais de uma metodologia sendo aplicada, iniciar o fluxograma por cada uma delas e considerar as perguntas repetidas uma vez até que a condição abaixo seja satisfeita.

Nº de perguntas para responder = 10 - nº técnicas já usadas.

Em seguida, há que se seguir o fluxograma, inclusive retornando ao início, se necessário, até que número de perguntas seja completado.

A fim de demonstrar a metodologia, como exemplo, foi criada uma aula piloto através da pesquisa de conteúdo nos livros dos autores Ferraresi, 1977; Diniz; Marcondes; Coppini, 2014 e Machado; Coelho; Abrão, 2009. Essas literaturas são muito utilizadas em cursos ligados aos processos de fabricação por usinagem. É admitida uma disciplina de usinagem referente aos fenômenos e fundamentos, na qual o aluno já possui conhecimentos prévios básicos sobre o processo e as máquinas aplicadas.

Foi assumido um período total de uma semana, com um tempo de 4 horas e uma aula; o tema escolhido foi “desgaste e vida da ferramenta” (Tabela 3).

Uma aula teste do tipo teórico-expositiva foi criada. Como esse método possui o foco no docente, foi possível realizar uma aula teste sem os alunos. O tempo de aula foi de 2 horas, admitindo 5 minutos no final para perguntas, totalizando, portanto, 50% do total da aula. Nessa parte foi assumida uma explanação sobre os temas da Tabela 3, foram identificadas também possibilidades de aplicação de outras técnicas para os temas de fatores de influência na vida e curvas de vida.

Tabela 3 – Tópicos da aula em análise.

Tema	Descrição
Conceito de desgaste e vida da ferramenta	Fundamentos teóricos
Mecanismos causadores do desgaste	
Valor limite para o desgaste	
Fatores de influência na vida	Influência dos parâmetros de usinagem e condições do processo
Curvas de vida	Cálculo de curvas de vida (equação de Taylor)

Fonte: elaborada pelos autores.

Seguindo o fluxograma, observou-se a possibilidade de aplicação de outras cinco metodologias com o tempo restante de 2 horas (50%). A princípio, em uma primeira iteração, somente as questões Q6 e Q10 puderam ser aplicadas, quando foi admitido um tempo de 1 hora (25% do tempo de aula) para a realização de Q6 e 0 hora para Q10. Foi identificada a possibilidade de demonstrar de modo prático, assumindo a utilização de um laboratório dedicado, considerando a disponibilidade de um torno universal e um microscópio digital simples com *software* de medição. A aula consiste em tornear uma peça de modo a estudar a influência dos parâmetros de usinagem induzindo o desgaste da ferramenta e medindo sua evolução no microscópio. O tema “valor limite de desgaste” foi descartado por necessitar de muito tempo para a realização. Aos alunos foi atribuída a tarefa de coletar os resultados através de um relatório específico elaborado pelo professor.

Na segunda iteração foi identificado que os resultados obtidos na aula prática poderiam ser utilizados para aplicação das questões Q3, Q4, Q5. Desta forma, os 25% da aula restante (1 hora) foram reservados para discussão dos resultados em sala de aula, quando foi proposto um problema baseado na influência dos parâmetros de usinagem, seus efeitos na vida da ferramenta e nas curvas de desgaste.

CONCLUSÃO

Em grande parte dos artigos nota-se principalmente a utilização de metodologias ativas de aprendizagem; isso demonstra uma tendência na área da educação e também para o ensino dos processos de fabricação por usinagem.

No que diz respeito às instituições fora do Brasil foi possível observar variadas técnicas de aprendizagem e capacitação de docentes, com destaque para os grupos dedicados de auxílio ao professor como ferramenta de melhoria e aplicação de pesquisa científica como ferramenta de aprendizagem.

A metodologia para a preparação de aulas é apresentada como uma opção, reunindo diversas técnicas e fornecendo uma sugestão na padronização do método de ensino utilizado em aula.

A aplicação do método em um tema relacionado aos processos de fabricação por usinagem resultou na seleção de cinco técnicas diferentes, permitindo maior flexibilização do conteúdo e disponibilizando mais ferramentas ao professor para o desenvolvimento das atividades.

REFERÊNCIAS

- ANASTASIOU, L. G. C. **Metodologia de ensino na universidade brasileira**: elementos de uma trajetória. Temas e textos em metodologia de ensino superior. Campinas: Papirus, 2001.
- ARIENTI, L. L.; CUPELLO, C. R. P.; ARIENTI, S. R. R. A elaboração de artigos técnicos. **Anais... Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE**, 2005.
- BARALDI, E. C.; KAMINSKI, P. C. **Reference model for the implementation of new assembly processes in the automotive sector**. Cogent Engineering, v.5, 2018.
- BAI, J.; ZHANG, X. **Comparative Study on Engineering Education in China and USA**. Worcester Polytechnic Institute, 2009.
- CALTECH UNDERGRADUATE. Disponível em: <http://www.mce.caltech.edu/academics/ugrad>. Acesso em 29 nov. 2018.
- CATÁLOGO CALTECH. **Caltech Courses**. Caltech, Section Five, 2018.
- CAVICHIOLO, R. G. C. Sociedade do conhecimento: a educação como pilar. **Revista de Educação**, v. 13, 2010.
- CHUN, J. H.; KIM, S. G. **Design and Manufacturing II**. Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare. Disponível em: <https://ocw.mit.edu>. License: Creative Commons BY-NC-SA, 2004.
- CONSALTER, L. A. Fábrica-escola: uma proposta de complementação e qualificação curricular para a engenharia mecânica. **Anais... Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, COBENGE**, 2005.
- DIAS, V. M. M.; FERRER, J. A. G. Utilização de dinamômetro rotativo como ferramenta didática aplicada ao ensino da Tecnologia de Usinagem. **Anais... 7º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, COBEF**, 2013.
- DINIZ, A.E.; MARCONDES, F.C.; COPPINI, N.L. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. Artliber, 2014.
- FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. Edgard Bluncher Ltda, 1977.
- FERNANDES, N. V.; GUEDES, L. F. M. Disciplinas práticas e motivacionais nas engenharias mecânica e mecatrônica. **Anais... Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia - COBENGE**, 2003.
- FERREIRA, D. P.; BASÍLIO, V. C. O papel do professor frente às novas tecnologias. Estamos preparados? **TRANSVERSAL - Revista Anual do IEDA**, v. 4(4), 2006.
- FLEISCHMANN, A.; JÄGER, C.; STRASSER, A. **A competency model for higher education - Kompetenzmodellhochschullehrebroschueren**. MCTS ProLehre, Technical University of Munich, 2018.
- KAMINSKI, P.C.; FERREIRA, E.P.F.; THEUER, S.L.H. Evaluating and improving the quality of an engineering specialization program through the QFD Methodology. **International Journal of Engineering Education**, v. 20, n. 6, p. 1034-1041. Inglaterra, 2004.

KHON, K.; MORAES, C. H. O impacto das novas tecnologias na sociedade: conceitos e características da Sociedade da Informação e da Sociedade Digital. **Anais...** XXX Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação, INTERCOM, 2007.

KMK. **The Education System in the Federal Republic of Germany 2015/2016**. Secretariat of The Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the Lander in the Republic of Germany. Eurydice, 2017.

KRUGER, L. M.; ENSSLIN, S. R. Método Tradicional e Método Construtivista de ensino no processo de aprendizagem. **Organizações em contexto**, v. 9, 2013.

LEHRFORMATE, T. **Formatos de Ensino**. TechnicalUniversity of Munich, 2018. Disponível em: <<https://www.lehren.tum.de/themen/lehre-gestalten-didaktik/lehrformate/>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

LOBATO, A. C.; QUADROS, A. L. Como se constitui o discurso de professores iniciantes em sala de aula. **Educação e Pesquisa**, v. 44, 2018.

LOPES, A. O. Aula expositiva: superando o tradicional. In: VEIGA, I. P. A. (Org.). **Técnicas de ensino: por que não?** Papyrus, 2000.

MACHADO A.R., COELHO R.C, ABRÃO A. M. **Teoria da Usinagem dos Materiais**. Blucher, 2009.

MASSETO, M. T.; QUADROS, A. L. Desafios para a docência no ensino superior na contemporaneidade. Didática e prática de ensino: diálogos sobre a escola, a formação de professores e a sociedade. **Anais...** Compilação de artigos do XII ENDIPE, v. 4, p. 3, 2018.

NASCIMENTO, A. D.; HETKOWSKI, T. M. **Educação e contemporaneidade: pesquisas científicas e tecnológicas**. Scielo Books, 2009.

PERTENCE, A. E. M.; SANTOS, D. M. C.; JARDIM, H. V. Envolvimento de modelos didáticos para o ensino de desenho mecânico utilizando o conceito de prototipagem rápida. **Anais...** Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE, 2001.

PROLEHRE ERFOLGSFAKTOREN. **Grundprinzipien und ErfolgsfaktorenguterLehreEineHandreichung**

von ProLehre. MCTS ProLehre, TechnischeUniversitätMünchen, 2018.

PROLEHREMEDIEN UND DIDAKTIK. Disponível em: <<http://www.prolehre.tum.de/home/TechnischeUniversitätMünchen>>. Universidade de Munique, 2018. Acesso em: 03 dez. 2018.

RIBEIRO, J. F.; GODOY, A. F.; JUNIOR, M. V. A integração de sistemas industriais de tecnologias avançadas de manufatura em ambiente de ensino de engenharia. **Anais...** Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE, 2003.

ROCHA, J. S.; VASCONCELOS, T. C. Dificuldades de aprendizagem no ensino de química: algumas reflexões. **Anais...** XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ), 2016.

ROCHA, T. O. S.; GOMES, I. S.; SILVA, D. S.; ANDRADE, J. S.; SILVA, F. X. L.; VILHENA, E. S.; PEREIRA, L. C. O.; FUJIYAMA, R. T. Uso sustentável da palmeira de miriti como matéria-prima e ferramenta didática no ensino/aprendizagem em disciplina de usinagem na engenharia mecânica. **Anais...** XLVI Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia – COBENGE, 2018.

SILVA, A. V. A articulação entre teoria e prática na construção do conhecimento pedagógico do conteúdo. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 112, 2010.

SILVA, M. J. Abordagens tradicional e ativa: uma análise da prática a partir da vivência no estágio supervisionado em docência. **Anais...** XII Congresso Nacional de Educação e IV Congresso Internacional de Representações Sociais, Subjetividade e Educação, 2017.

SILVA, G. C.; KAMISNKI, P. C. Selection Of Virtual And Physical Prototypes In: The Product Development Process. **International Journal Advanced Manufacturing Technology**, v. 84, p. 1513 - 1530, 2016.

SOUZA, C. S.; IGLESIAS, A. G.; A., PAZIN-FILHO. Estratégias inovadoras para métodos de ensino tradicionais – aspectos gerais. **Medicina**, v. 47(3), p. 284–292, 2014.

STACCIARINI, J. M. R.; ESPERIDIÃO, E. Repensando estratégias de ensino no processo de

aprendizagem. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 7(5), p. 59–66, 1999.

SUTTON, B. **The effects of technology in society and education**. A thesis submitted to the Department of Education and Human Development of the State University of New York College, 2013.

TIMES HIGHER EDUCATION'S WORLD UNIVERSITY RANKING. 2018. Disponível em: <<https://www.timeshighereducation.com/>>. Acesso em: 03 dez. 2018.

TOP UNIVERSITIES, Q. QS World University Rankings. Disponível em: <<https://www.topuniversities.com/universities/tech>

nical-university-munich/#wurs>. Acesso em: 20 nov. 2018.

TRENT, E. M.; WRIGHT, P. K. **Metal Cutting**. Butterworth-Heinemann, 2000.

TSINGHUA UNIVERSITY. **Fundamental Industry Training Center of Tsinghua University**. Disponível em: <<https://www.tsinghua.edu.cn/publish/gyxlen/1413/index.html>>. Acesso em: 04 dez. 2018.

UNESCO. **Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2014)**. Brasília: Unesco, 2005.

DADOS DOS AUTORES



Maria Clara Coimbra Gonçalves – Possui graduação em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (2016). Atualmente cursa mestrado em Engenharia Mecânica na área de Projeto e Fabricação na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.



Felipe Ribeiro Toloczko – Possui graduação em Mecânica - Modalidade Processos de Produção pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo (2010) e Mestrado em Ciências na Área de Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (2016). Atualmente cursa Doutorado em Ciências na Área de Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo e é Professor de Ensino Superior I na Faculdade de Tecnologia de Itaquera.



Emilio Carlos Baraldi – Possui graduação em Engenharia Mecânica pela UMC (1989), mestrado em Engenharia Automotiva pela Universidade de São Paulo (2006), MBA pela FIA (2009) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (2017). Atualmente é pós-doutorando pela Universidade de São Paulo no CEA. Seus temas de interesse são: processo de desenvolvimento do produto, desenvolvimento do processo produtivo, lean manufacturing, recall e qualidade.