

**Modelo de *Project-Based Learning* para ensino de Planejamento de Processos por meio da Abordagem *Toyota Kata***

**Project-Based Learning's Model for Teaching Process Planning through the Toyota Kata Approach**

---

Danilo Ribamar Sá Ribeiro\* – [danilo\\_saribeiro@hotmail.com](mailto:danilo_saribeiro@hotmail.com)

Steffan Macali Werner\* - [steffan\\_m\\_w@yahoo.com.br](mailto:steffan_m_w@yahoo.com.br)

Fernando Antônio Forcellini\* - [fernando.forcellini@ufsc.br](mailto:fernando.forcellini@ufsc.br)

Milton Pereira\* - [milton.pereira@ufsc.br](mailto:milton.pereira@ufsc.br)

\*Universidade Federal de Santa Catarina – (UFSC), Florianópolis, Santa Catarina

---

**Article History:**

Submitted: 2018 - 09 - 26

Revised: 2018 - 11 - 30

Accepted: 2018 - 12 - 05

---

**Resumo:** A competitividade acirrada tem imposto cada vez mais às organizações o desenvolvimento de produtos com maior qualidade, em tempo curto e com baixos custos. Influenciando diretamente o tempo de desenvolvimento, a fase de Planejamento de Processo ao representar uma oportunidade para a melhoria, ao impactar na eficiência produtiva da organização. O Planejamento de Processo descreve e especifica em detalhes a sequência de operações de fabricação de uma peça ou produto. Mesmo sabendo da importância desta temática, há o desinteresse dos alunos em aulas expositivas. Com isto, o objetivo deste trabalho é propor um modelo teórico de aprendizagem baseada em projetos (PBL - *Project-Based Learning*) para ensino do Planejamento de Processo de usinagem por meio da abordagem *Toyota Kata*. Em que um modelo teórico para o ensino foi elaborado com 4 Fases, cada uma contém os elementos que configuram sua entrega. Para alcançar cada entrega, os alunos utilizam uma rotina sistematizada com pequenas experimentações e reflexões das ações realizadas. O trabalho contribuiu ao fornecer um modelo de como operacionalizar um PBL para o aprendizado do Planejamento de Processo por meio de pequenos experimentos, objetivando promover o aprendizado dos alunos e buscando o engajamento dos mesmos para com a aula.

**Palavras-chave:** Modelo; Planejamento de Processos, Usinagem de Peças, *Project-Based Learning* e Abordagem *Toyota Kata*.

**Abstract:** The fierce competition has imposed increasingly on the organizations the development of products of greater quality, in short time and with low costs. By directly influencing the development time, the Process Planning phase represents an opportunity for improvement, by impacting on the productive efficiency of the organization. Process Planning describes and details the sequence of manufacturing operations of a part or product. Even knowing the importance of this subject, there is the disinterest of students in lectures. With this, the objective of this work is to propose a theoretical model of project-based learning (PBL) for teaching the Planning of Machining Process through the Toyota Kata approach. In which a theoretical model for teaching was elaborated with 4 Phases, each one contains the elements that configure its delivery. To achieve each delivery, the students use a systematized routine with small experiments and reflections of the actions taken. The work contributed by providing a model of how to implement a PBL for the learning of Process Planning through small experiments, aiming to promote the students' learning and seeking the engagement of the same to the class.

**Keywords:** Model; Process Planning, Part's Machining, Project-Based Learning, and Toyota Kata Approach.

## 1. Introdução

A busca em atender adequadamente as expectativas dos clientes, acirra a competitividade entre as organizações, impondo cada vez mais a elas desenvolverem produtos com maior qualidade, em um espaço curto de tempo e com baixos custos, isto é, diferenciais competitivos. À vista disso, buscam métodos para adaptarem a atual realidade e manterem-se no mercado, deforma a atender a necessidade do cliente (Henning, Bernardo e Walter, 2017; Dos Santos *et al.*, 2018; Wang, Li e Huang, 2018).

Estas organizações utilizam tecnologias de ponta na manufatura ao longo de uma cadeia de geração de valor, que se inicia no projeto de desenvolvimento do produto até sua fabricação efetiva. Neste desenvolvimento, uma das etapas importantes é o Planejamento de Processo (Melo, 2003; Ribeiro, 2017). Desta forma, o Planejamento de Processos, na manufatura de peças mecânicas, torna-se um desafio para os projetistas, pois estes têm de selecionar a combinação mais econômica de processos para fazer um produto com alta qualidade e com preço competitivo (Grzesik, 2008).

Neste âmbito, o Planejamento de Processo é uma etapa realizada na fase de projeto detalhado de um produto (Rozenfeld *et al.*, 2006). Nela a sequência de operações de fabricação de uma peça ou produto é definida e especificada, tais como: a determinação e seleção de máquinas, ferramentas, condições tecnológicas e instruções de trabalho necessárias para converter a matéria-prima em produto acabado, com base no projeto (Rodrigues, Rozenfeld e Favaretto, 1993; Rozenfeld *et al.*, 2006; Rocha, 2006).

De acordo com Alting e Zhang (1989), Planejamento de Processos é definido como a determinação sistemática de processos que permitem que um produto seja manufaturado de forma econômica e competitiva. Apesar das aparentes diferenças entre as definições, o que se procura enfatizar é o processo de transformação de um material bruto em um produto acabado.

O Planejamento de Processos resulta na formalização da sequência de atividades para manufaturar o produto. Esta sequência pode ser representada por um Plano de Usinagem de produtos, este por sua vez, contém as variáveis envolvidas na fabricação do produto, possibilitando a identificação de melhores soluções tecnológicas para redução dos custos e menor tempo de fabricação. Preocupando-se em atingir a qualidade descrita nas especificações do projetista, desta forma gera diferenciais competitivos para o produto.

De acordo com Ferreira (1996), o Planejamento de Processo é um processo que não possui uma metodologia formal e padronizada a ser seguida. A literatura apresenta algumas orientações que sofrem variações de acordo com o processo a ser utilizado. Cada planejamento de processo pode ser realizado de formas distintas, as quais ocorrerão de acordo com a forma da peça desejada, maquinário e ferramentas disponíveis e relação custo/benefício.

Tendo em vista que um aprendizado mais efetivo e duradouro pode ser alcançado em um ambiente de aprendizado ativo, em que os alunos planejam suas pesquisas, analisam, relatam suas descobertas e estruturam seu entendimento. A aprendizagem baseada em projetos (*Project-Based Learning* – PBL) pode ser utilizada. PBL é definida como os esforços dos alunos por um determinado período para alcançar um resultado específico por meio de uma participação ativa (Bilgin, Karakuyu e Ay, 2015). Para a área de engenharia, a utilização da abordagem ativa, ainda é recomendada nas “Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Graduação em Engenharia”, que está em consulta pública. Esta diretriz realça preferencialmente a utilização da aprendizagem ativa no processo formativo das engenharias (MEC, 2018).

Neste mesmo âmbito de rotina estruturada, a abordagem *Toyota Kata*, descrita por Mike Rother, busca desenvolver o engajamento dos participantes, por preconizar uma rotina sistematizada que se utiliza da experimentação em ciclos curtos. A abordagem foca no aprender fazendo, isto é, o instrutor (*coach*) corrige as ações dos colaboradores conforme suas necessidades. Assim, os colaboradores vão se desenvolvendo ao mesmo tempo que vão melhorando o processo (Rother, 2009).

Assim, uma metodologia adequada para captar o conhecimento é essencial para as tomadas de decisão no planejamento de processos, que contribuía na construção de uma base de conhecimento para apoiar o planejamento e a tomada de decisões (Yang *et al.*, 2018). Mas mesmo sabendo da importância do Planejamento de Processos, para com a execução dos processos de fabricação, e dos possíveis impactos deste no desempenho da empresa. Em aulas expositivas tradicionais, o seu ensino apresenta dificuldades, assim como o desinteresse dos alunos. Nas aulas expositivas, modelo tradicional, os professores transmitem grande quantidade de informações com poucas interrupções (questionamentos). Muitas vezes esta forma é necessária para atender as restrições de tempo determinada pela duração da disciplina (Minhas, Ghosh e Swanzy, 2012). Além disto, em uma aula expositiva, o aluno assiste passivamente a

fatos e conceitos, não oferece previsões de como um aluno atuaria de forma real em um problema (Kruschke, 2008).

Com isto, o objetivo deste trabalho é propor um modelo teórico de PBL para ensino do Planejamento de Processo de usinagem por meio da abordagem Toyota Kata. Espera-se elaborar um modelo com os principais conceitos que caracterizem as etapas a serem desenvolvidas. Desta forma, cada etapa apresenta um conjunto de requisitos que representam a entrega por parte dos alunos, sendo esta entrega alcançada por meio da abordagem *Toyota Kata*. A contribuição deste artigo é fornecer uma nova estrutura para a orientação do ensino de elaboração do Planejamento de Processos, ao promover a participação ativa e o engajamento dos alunos nesta atividade.

## 2. Fundamentação teórica

Neste tópico, os assuntos relacionados ao Planejamento de Processos, o PBL e a abordagem *Toyota Kata* são apresentados brevemente, para embasar os a estruturação do PBL.

### 2.1 Planejamento de processos

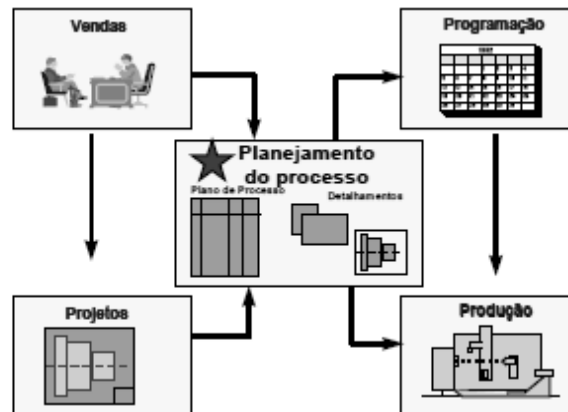
Planejamento do processo é responsável pela determinação dos processos e sua sequência para a transformação da matéria-prima na peça acabada, isto é, aparece como elemento de ligação entre atividades do projeto do produto e manufatura usando recursos de fabricação disponíveis de um modo economicamente adequado e competitivamente. Esta ponte entre a concepção e a fabricação de produtos exerce uma grande influência nos custos de produção (Groover, 1987; Huang, 1988; Ferreira, 1996; Melo, 2013, Rozenfeld *et al.*, 2006).

Segundo Xia *et al.* (2018), o planejamento de processos é uma atividade intensiva em conhecimento que transforma o modelo de design de produto em processos de fabricação e determina as sequências de operação ideais para a produção. Como uma ponte de conexão entre o design do produto e a produção, o planejamento do processo desempenha um papel fundamental na manutenção de altos níveis de capacidade de resposta e adaptabilidade, ao mesmo tempo em que propaga variedade de produto para processo. No entanto, nas abordagens convencionais de planejamento de processo de usinagem, um plano de processo de usinagem é gerado para uma única peça (Xu, Wang e Newman, 2011).

O planejamento dos processos de produção tem uma influência significativa no desempenho dos sistemas de manufatura (Frazzon, Kück e Freitag, 2018). A organização garante que suas decisões operacionais por meio do Planejamento de Processo, isto é, é definido

o que, quando, quanto e como produzir e comprar de acordo com as necessidades operacionais, ditadas pelo objetivo estratégico e pelo mercado (Melo, 2013). A Figura 1 representa a localização do Planejamento de processo dentro de uma organização.

Figura 1 – Localização do Planejamento do Processo



Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006)

O detalhamento do planejamento do processo origina um documento chamado Plano de Processo, que contém informações necessárias para transformar o desenho da peça em um produto acabado (Melo, 2013). De acordo com Hammes, Rosa e Walker (2017), na maioria das vezes, em um processo de fabricação, existe mais de um método que pode ser aplicado para produzir um determinado componente e a seleção do método a ser aplicado depende de uma série de fatores, além de que, há necessidade de diferentes processos para se alcançar o produto final.

Dentre os processos de manufatura utilizados para converter matérias-primas em peças acabadas, destacam-se os processos de usinagem. Segundo Machado *et al.* (2009) a usinagem pode ser definida uma operação que ao confere à peça forma, dimensões e acabamento, por meio da remoção de cavacos. E por cavaco entende-se: porção de material da peça retirada pela ferramenta e caracterizada por apresentar forma geométrica irregular.

O processo de usinagem é composto de um número de operações através das quais as matérias primas são transformadas em peças acabadas (Leite *et al.*, 2018). Essas operações de fabricação de peças podem incluir o torneamento, fresamento, furação, retificação, brochamento, etc. Para que se alcance a qualidade desejada de uma peça, são necessários planos de processo bem planejados. Após um novo produto ser projetado, deve-se elaborar o planejamento do processo para a fabricação dos seus componentes, apresentado na Figura 2 (Rozenfeld *et al.*, 2006).

Figura 2 – Atividades no Planejamento de Processo no contexto da Usinagem



Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Neste Planejamento do Processo, uma análise pormenorizada da estrutura da peça, especificações do material, volume de produção e condições de fabricação deve ser realizada, para que se tomem as decisões de forma apropriada referentes à fabricação da peça (Rozenfeld *et al.*, 2006).

De acordo com Rozenfeld *et al.* (2006), as decisões que são tomadas no Planejamento do Processo incluem:

- Seleção da matéria-prima e seu método de fabricação: A matéria-prima é selecionada de acordo com o desenho da peça, levando em consideração as exigências de propriedades mecânicas e o custo da peça;
- Seleção dos processos de usinagem das superfícies das peças, dependendo da forma desejada, dimensões, precisão e qualidade superficial da peça;
- Determinação da sequência de operações: Os componentes básicos de processos de usinagem são as operações. Uma operação é uma porção completa de um processo para usinar uma peça (ou várias peças simultaneamente) numa única fixação. Uma operação é caracterizada pela utilização do mesmo equipamento e mesma peça. A determinação das operações e sua sequência é uma tarefa determinante para a definição das outras informações do plano de processo, mas ela também depende das demais informações;
- Determinação do método de fixação da peça para cada operação: A fixação consiste do posicionamento e sujeição da peça. Depois de ser posicionada, a peça deve estar na posição correta em relação à máquina ou ao dispositivo de fixação.

A sujeição consiste da fixação da peça naquela posição. A determinação do dispositivo de fixação é necessária para garantir a qualidade de fabricação. Em grandes séries, os dispositivos garantem também uma alta taxa de produção. Os dispositivos podem ser especiais, universais e modulares;

- Seleção dos equipamentos e ferramentas para as operações de usinagem;
- Determinação das cotas e tolerâncias de fabricação para as operações de usinagem: Todas as cotas e tolerâncias, os acabamentos superficiais para todas as superfícies, e especificações especiais (por exemplo, o peso) devem ser claramente indicados;
- Seleção das condições de usinagem e determinação dos tempos padrões para cada operação.

De acordo com Rozenfeld *et al.* (2006), a definição da máquina ou equipamento, que realiza uma operação, e a própria determinação da operação estão intimamente ligadas, pois as duas tarefas de planejamento do processo são realizadas praticamente em conjunto, e uma não existe sem a outra. Sendo assim, a seleção da máquina-ferramenta uma dada operação influi tanto na precisão quanto na produtividade e no custo de usinagem. Além disto, a definição da máquina-ferramenta condiciona aos meios de fixação e as ferramentas necessárias para determinada operação.

Por sua vez, a seleção de ferramentas de corte leva em conta aspectos como a geometria, o material, o tamanho, a rigidez da ferramenta a ser selecionada. Estes aspectos dependem em grande parte do método de usinagem, da estratégia adotada, das dimensões da superfície a ser trabalhada, do material da peça a ser usinada e da precisão desejada. Sempre que possível deve-se optar por ferramentas padronizadas (Rezende, 1993).

Dispositivos de fixação são necessários para sujeitar a peça na máquina-ferramenta. Sempre que possível deve-se utilizar dispositivos de fixação padronizados como placas, pinças e prismas (Rezende, 1993).

Cada dimensão de projeto, com as respectivas tolerâncias, é obtida por meio de uma série de operações de usinagem. Em cada operação executada numa superfície, busca-se obter uma dada dimensão e acabamento superficial.

No planejamento do processo, o problema de maior importância a ser resolvido é como atingir a precisão especificada no projeto. Quando um plano de processo é implementado, ele deve proporcionar que todas as exigências de qualidade sejam atingidas, sem depender da habilidade do operador (Rozenfeld *et al.*, 2006).

## 2.2 Aprendizagem por meio de Project Based Learning

No ensino, os processos em que os alunos fazem suas próprias perguntas, planejam suas pesquisas, analisam e expressam suas próprias descobertas e estruturam seu próprio entendimento, possibilitam um aprendizado mais efetivo e duradouro. Porém, as instruções baseadas em pesquisa requerem uma grande interação entre ambiente, conteúdo, materiais, professor e aluno (Orlich *et al.*, 2012). Dar ao aluno a oportunidade de questionar é importante para que este expresse suas opiniões e proponha soluções para os problemas. Desta forma, os resultados do ensino, tende a ser positivos, trazendo o fato de os alunos serem ativos, terem melhor compreensão e desenvolverem habilidades para entender melhor a natureza da ciência (Metz, 2004; Wallace *et al.*, 2003). Uma abordagem de ensino que proporciona um ambiente de aprendizagem concreto e permite que os alunos participem de um ambiente de aprendizado ativo é uma abordagem de aprendizagem baseada em projetos – PBL (Zacharia e Barton, 2004).

O objetivo deste método de aprendizagem é capacitar os alunos a aprender os assuntos de forma integrada (Hamurcu, 2003). No geral, a PBL é definida como os esforços de estudo dos alunos por um determinado período para alcançar uma meta ou resultado específico, seja individualmente ou em grupo, por meio de uma participação ativa. O principal objetivo da PBL é ajudar os alunos a assumir responsabilidade por sua própria aprendizagem e incentivá-los a trabalhar com os outros de forma colaborativa (Saban, 2000). O PBL é um bom método para aqueles alunos que não gostam de sentar e ouvir lições e melhora o pensamento crítico e as habilidades de síntese de ideias dos alunos (Bilgin, Karakuyu e Ay, 2015).

Para que a PBL seja bem-sucedida, Thomas (2000) apresenta cinco critérios fundamentais, correspondendo à: (i) ensino centralizado na PBL; (ii) existência de uma questão direcionadora; (iii) necessidade de uma investigação construtivista, desenvolvendo conhecimento ou habilidades dos alunos; (iv) incentivo à autonomia e (v) realismo - com foco em problemas reais.

Sabendo destas características da PBL, uma estrutura para sua condução e gestão é necessária. Desta forma, a rotina da abordagem Toyota Kata pode ser empregada para esta



condução/gestão ao estruturar pequenos ciclos de experimentação para as soluções propostas, e assim, registrar o aprendizado adquirido.

### 2.3 Abordagem Toyota Kata

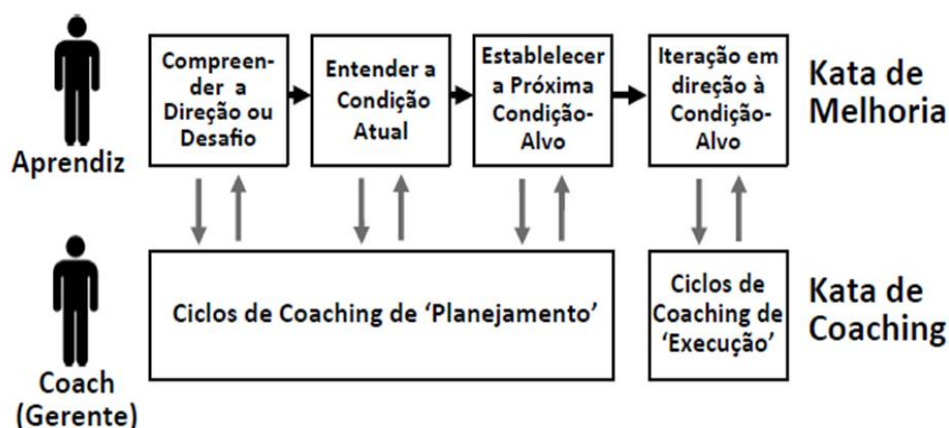
Segundo Rother (2009), Toyota Kata constitui-se como uma rotina de melhoria de processos, desenvolvido na Toyota, que permite navegar no território da incerteza dando um pequeno passo de cada vez. Refere-se à forma ou padrão que pode ser praticada para desenvolver habilidades particulares e uma nova mentalidade, por meio da aplicação do método científico seguindo o ciclo de PDCA, isto é, assim como os métodos ágeis, faz-se uma pequena mudança de processos, avalia-se o resultado, e finaliza-se com a adaptação os planos em resposta às aprendizagens.

O termo *Kata*, compreende as rotinas de ensino utilizadas para gerar o conhecimento, preservar e transmitir o *know-how*, tendo como significado “forma de fazer”. Ele se refere a forma ou padrão que pode ser praticada para desenvolver habilidades particulares e uma nova mentalidade (Rother, 2009).

O conceito *Kata*, pode ser desdobrado a todos os níveis da organização, de modo que ela se oriente para a melhoria contínua. Objetivando desenvolver maneiras sistemáticas e científicas de desenvolver soluções em situações dinâmicas e incertas (Rother, 2009).

O objetivo é desenvolver circuitos mentais bem treinados, não para soluções, mas para maneiras sistemáticas e científicas de desenvolver soluções em situações dinâmicas e incertas. Desta forma, destaca-se que a prática de *Kata* está fundamentada em dois conceitos, conforme ilustra a Figura 3, sendo estes: *Kata de Melhoria* e *Kata de Coaching* (Rother, 2009).

Figura 3 - Kata de Melhoria e Kata de *Coaching*



Fonte: Rother (2009)

### 2.3.1 Kata de melhoria

Kata de Melhoria visa fazer a melhoria contínua ser uma capacidade sistemática, tem o propósito de treinar e ensinar a toda a organização. Rother (2009) aponta quatro passos de Kata de Melhoria.

Estes passos são descritos como:

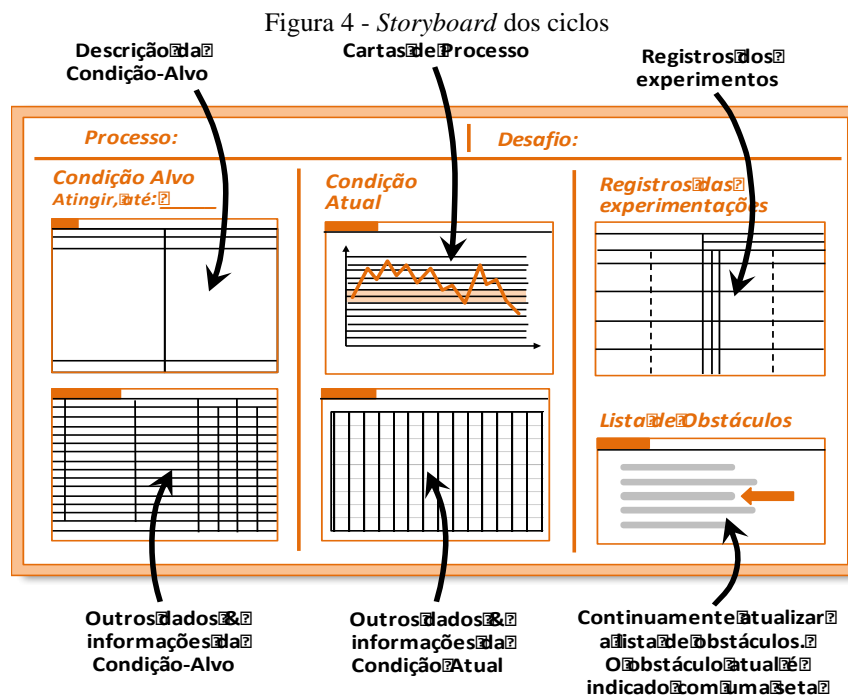
1. Definir qual é o desafio. Antes de uma equipe agir, ela deve identificar um desafio, que esteja geralmente na direção da visão no longo prazo da organização.
2. Compreender a situação atual. Cuidadosamente, devem ser analisados os fatos e dados de onde você está agora.
3. Estabelecer a próxima condição-alvo. Uma condição-alvo descreve uma combinação de atributos que você quer, em uma data específica no futuro. Alcançar uma condição-alvo é uma tarefa de aprendizado, pois você não tem pleno conhecimento dos obstáculos para alcançá-la.
4. Navegar da Condição Atual até a Condição-alvo. A abordagem Kata de Melhoria incorpora uma rotina sistemática e iterativa para navegar pela zona cinzenta imprevisível entre a condição atual e a Condição-Alvo. Conduzindo os ciclos PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) como experimentos rápidos, as equipes aprendem conforme elas se esforçam para alcançar sua condição-alvo e adaptar-se baseadas no que estão aprendendo.

Cada ciclo de PDCA realizado em direção ao alvo, é um “degrau”, ou seja, um passo para a solução do problema, uma vez testada a propensa solução, pode-se verificar o que se aprendeu e o que pode influenciar no próximo “degrau” em direção a situação desejada (Rother, 2009).

### 2.3.2 Kata de coaching

Kata de *Coaching*, é a maneira com a qual ensina-se a rotina de Kata de Melhoria. O *coach* fornece suporte ao aprendiz, assim como um treinador experiente, que influencia o atleta (aluno) a praticar os novos comportamentos desejados. A presença do treinador favorece a prática do caminho de forma eficiente e eficaz para o processo de mudança de mentalidade e domínio do novo padrão (Kosaka, 2013). Além disto, o *coach* deve garantir que o aprendiz está realizando os passos de Kata de Melhoria, e ainda, deve ajudar o aprendiz a estabelecer as condições alvo que irão ser motivadoras e que trarão resultados para a empresa e para o aprendizado da equipe.

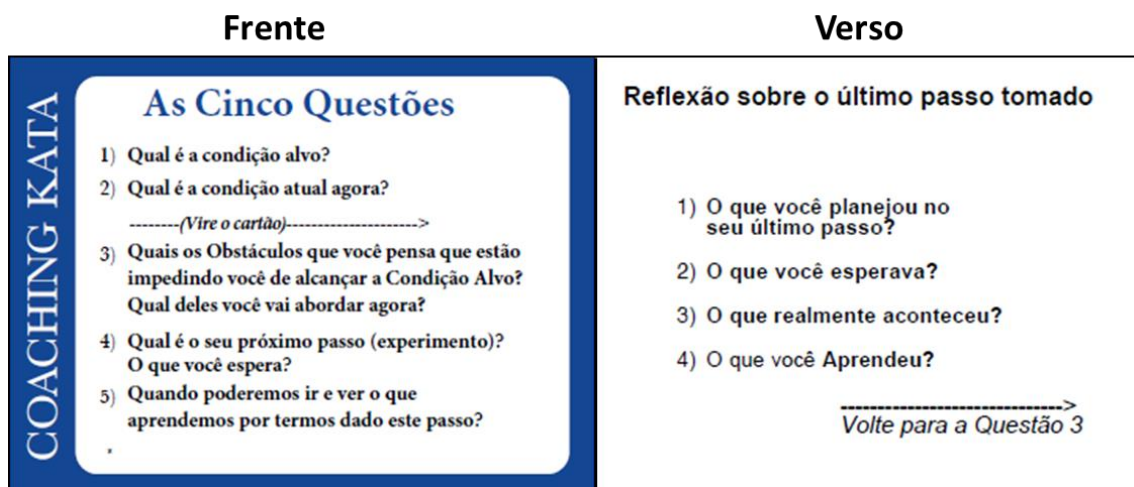
Kata de *Coaching* apresenta-se como um padrão de treinamento para ensinar e ajudar o aprendiz a internalizar a abordagem Kata de Melhoria, de forma cíclica, ou seja, fazendo que as melhorias no sistema da organização não sejam apenas formadas por eventos ou ainda apenas recolher ideias dos colaboradores por meio de programas temporários da empresa. Estes ciclos são registrados em um *storyboard*, conforme Figura 4.



Fonte: Adaptado de Rother e Aulinger (2017)

Para cada ciclo, Rother (2009) propõe cinco perguntas chave em que o coach faz para o aprendiz, conforme apresenta o Figura 5.

Figura 5 - Cinco perguntas para um círculo de treinamento

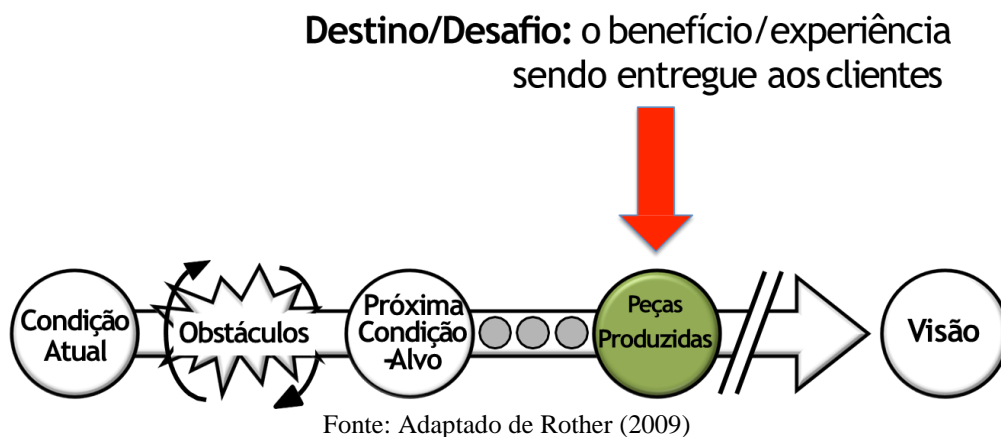


Fonte: Adaptado de Rother (2009)

### 3. Modelo

Para a proposição do modelo teórico, as informações necessárias para a elaboração do Planejamento de Processos foram associadas com os conceitos de aprendizado ativo da PBL para a sua elaboração. Como em cada fase há a necessidade que os alunos elaborarem uma solução, a rotina da abordagem Toyota Kata pode ser utilizada para operacionalizar/conduzir os alunos dentre estas fases. Assim, uma adaptação da abordagem Kata de Melhoria é constitui proposta. Esta adaptação visa tratar os problemas para alcançar cada fase do Planejamento de Processos, em uma perspectiva sistêmica, de forma que as ações de transformações e saída do sistema estejam orientadas as entregas para alcançar a Condição-Alvo desejada, enquanto desenvolve o conhecimento dos alunos (Visão), conforme Figura 6.

Figura 6 – Visão geral da adaptação da Kata de Melhoria para o Planejamento de Processos



Este modelo tem como propósito mostrar como é possível organizar e sequenciar o Planejamento de Processos em pequenas experimentações, promovendo a aprendizagem ativa dos alunos. A condução do modelo teórico baseia-se na aplicação da rotina da Abordagem *Toyota Kata*, que resulta no sequenciamento de Condições-Alvo direcionadas de acordo com a Visão.

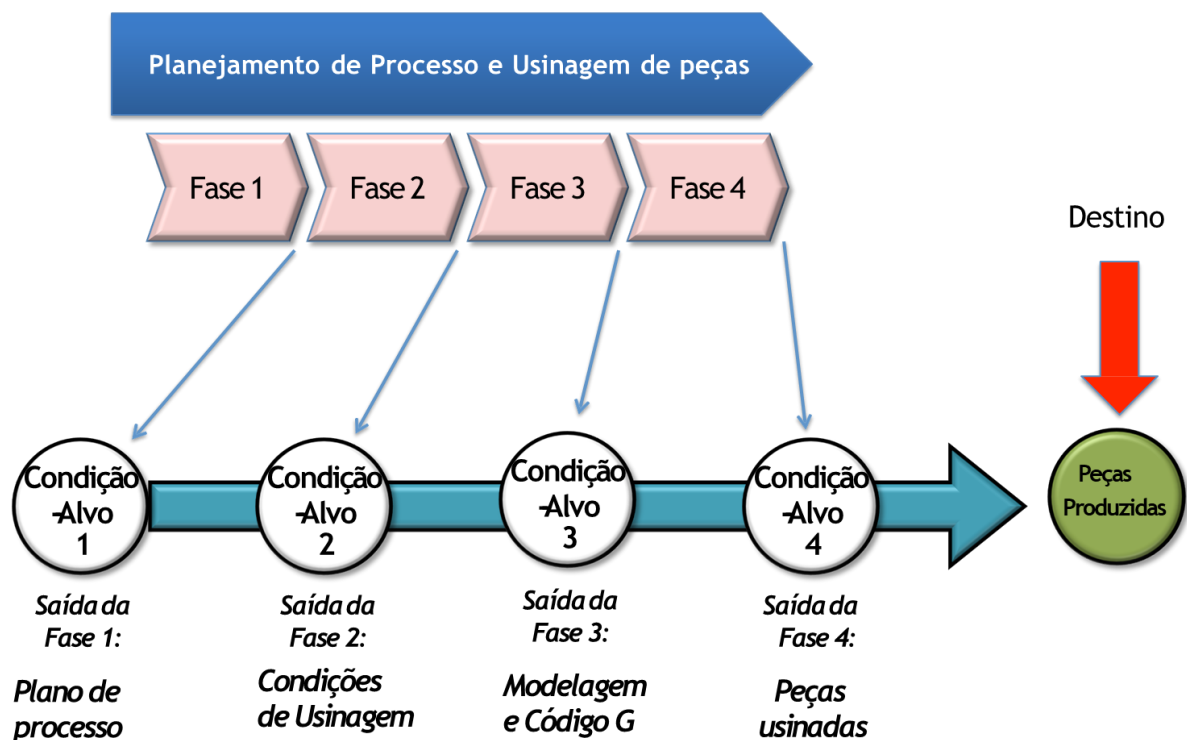
Desta forma compara-se a Condição-Alvo desejada com a Condição Atual para identificar os obstáculos. Ressaltando que a Condição-Alvo não é a lista de atividades a serem realizadas, isto é, um plano de ação, e sim uma combinação de requisitos desejados em uma data específica.

As experimentações planejadas são executadas para transpor estes obstáculos identificados. Porém, antes destas ações ocorrerem, o *coach* avalia o que foi planejado e a descrição do esperado, e caso a ação não seja adequada ou os alunos não consigam descrever o

que esperam, solicita que estes reavaliem o planejamento considerando diferentes informações. Após a execução do planejado, os alunos devem descrever o que aconteceu, destacando os principais itens e ainda descreverem o que aprenderam em relação ao que executaram. Esta rotina incentiva a reflexão em relação ao que aconteceu da ação planejada. O exercício de Kata de Melhoria promove o hábito e comportamento que resulta em uma nova cultura de melhoria contínua na organização, seja em aspectos estratégicos ou operacionais, e que difere dos demais métodos que são estruturados como projetos de melhorias isolados (Rother, 2009).

O modelo visa o alcance de uma situação satisfatória em termos do Planejamento de Processo, a fim de garantir os benefícios de custo, qualidade e adaptabilidade do processo produtivo. Desta forma para facilitar a compreensão o mesmo é apresentado com suas fases, conforme Figura 7. As 4 fases correspondem as atividades do Planejamento do Processo, que necessitam ser alcançadas. Estas fases são apontadas como Condições-Alvos na estrutura da abordagem Kata de Melhoria.

Figura 7 - Estrutura para a elaboração do Planejamento de Processo por meio da Abordagem *Toyota Kata*



Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

#### 4. Modelo teórico

O modelo teórico inicia-se com o primeiro passo da rotina *Kata*, que é definir um Desafio, que deve estar alinhado com a Visão da organização e deve ser desdobrado para os demais níveis da empresa (Ribeiro, 2017). O desafio se caracteriza, neste caso, em ter a peça produzida atendendo as especificações de projeto. Para atingir este Desafio, as Fases devem ser realizadas.

Cada uma destas fases corresponde a uma Condição-Alvo a ser atingida, porém a quantidade de obstáculos a serem superados é desconhecida que pode demandar vários experimentos para serem solucionados. Salienta-se que os ciclos de experimentação devem ser curtos, para que, caso a resposta ou o comportamento do sistema se afaste da direção estabelecida, seja fácil planejar ações que possam redirecionar para a direção estabelecida (Ribeiro, 2017).

Todos os aprendizados gerados pelos experimentos devem ser registrados no *storyboard*, para permitir que todos pensem e reflitam sobre as ações realizadas durante os ciclos. Com essa repetitividade, a rotina Toyota *Kata* torna-se um hábito. Para apoiar a interação entre a Equipe (aprendizes) e o *Coach* neste processo, deve-se utilizar *Storyboard* que documente os elementos e o histórico de aplicação do modelo proposto.

A seguir, apresentam-se o detalhamento das Condições-Alvo do modelo proposto para fazer o planejamento do processo de fabricação.

##### 4.1 Fase 1: Plano de processo

O plano de processo é um documento detalhado para cada operação, que informa ao operador como cada operação deve ser executada. Contém informações de como a peça deve ser fixada, sequência de operações elementares, equipamentos e ferramentas a utilizar (Rezende, 1993).

Antes da realização de qualquer processo e cálculo teórico, é necessário desenvolver um Plano de Processo que englobe toda a operação de usinagem com cada uma de suas operações elementares. Para tanto os alunos recebem como informação inicial: o desenho da peça, com suas cotas e tolerâncias; as máquinas-ferramentas e suas especificações; e os dispositivos de fixação, ferramentas de corte e ferramentas de medição disponíveis.

Vale ressaltar que o passo inicial desta fase pode ser dado pela análise do desenho da peça, pois este contém todas as especificações do projetista tais como a estrutura da peça, as

tolerâncias, observação das superfícies críticas e menos críticas e observações sobre o material a ser utilizado.

A qualidade dos planos de processo influencia diretamente no grau de complexidade do trabalho preparatório para a manufatura (e conseqüentemente na sua duração), na qualidade das peças e produtos fabricados, no grau de complexidade da programação da produção e nos custos de produção. Portanto o planejamento do processo é fundamental para a manufatura (Rozenfeld et al., 2006).

Para esta fase, tem-se como Condição-Alvo as informações necessárias para o Plano de Processos, desta forma a condição alvo deverá conter as seguintes informações: máquinas-ferramenta utilizadas; Ferramentas utilizadas; dispositivos de fixação utilizados; Roteamento da usinagem (sequenciamento do caminho da ferramenta pela peça); e Dispositivos de medição utilizados.

#### *4.2 Fase 2: Condições de usinagem*

Nesta fase, espera-se que os alunos definam os possíveis parâmetros de usinagens, isto é, o detalhamento das especificações de usinagem da fase anterior. Para fazer isto, os alunos utilizam as informações técnicas das máquina-ferramentas e ferramentas, assim como da sequência de operações definidas na fase anterior.

Estas informações técnicas auxiliam os alunos a calcular a profundidade de corte, a velocidade de corte e o avanço para cada etapa/ferramenta e assim, determinar os tempos padrões de processo. Estas informações têm de respeitar as especificações das ferramentas e máquinas-ferramentas disponíveis e ao mesmo tempo atender aos requisitos de usinagem, como as tolerâncias e a rugosidade. Vale considerar que conforme os parâmetros selecionados, há a necessidade de utilizar fluído de corte. Assim, as condições de corte utilizadas numa operação influenciam de forma significativa na precisão dimensional e na qualidade superficial obtidas, assim como na vida da ferramenta e produtividade de um processo (Rezende, 1993).

Para esta Fase, tem-se como Condição-Alvo as informações de parâmetros de usinagem necessárias, tais como: a velocidade de corte, velocidade de avanço e de profundidade de cada ferramenta em cada etapa da usinagem, assim como a necessidade ou não do fluído de corte para a mesma. Além disto, deve-se ter definido os procedimentos de medição utilizados, com local e momento para as medições.

### 4.3 Fase 3: Modelagem e Código G

Para a modelagem em Código G, o aluno pode realizar a modelagem da peça utilizando softwares CAD com integração CAM (*Computer Aided Manufacturing*), com o propósito de incluir desenhos representando as trajetórias das ferramentas, ou ainda, elaborar de forma manual, transcrevendo as rotas de usinagem para o Código G. Ressalta-se que a escolha do meio pode ser definida tanto pelo ministrante como pelo aluno, adequando aos recursos disponíveis ou ao objetivo do curso. Nesta Condição-Alvo, espera-se o programa em Código G, para ser utilizado nas máquinas de usinagem.

Desta forma, conhecendo-se o Código G da máquina específica para a execução daquela operação, pode-se utilizar uma "máscara" cujas variáveis serão instanciadas com os valores correspondentes a cada operação (Ferreira e Andriolli, 2001).

Esta Fase pode ser implementada principalmente quando há o intuito do curso ou do ministrante de ensinar e/ou utilizar equipamentos CNC. Caso o ministrante ou curso não dispõem ou não possuem interesse em realizar a esta atividade, pode-se pular esta Fase.

### 4.4 Fase 4: Peças usinadas

A Fase 4 consiste em manufaturar a peça propriamente, colocando em prática o planejado das Fases anteriores. Para esta Fase, os ciclos podem ser realizados em função de cada processo ou etapa do processo, em que a reflexão e o aprendizado advêm de cada atividade realizada na peça. Caso problemas sejam identificados, deve-se alterar o plano de processos para entregar a peça conforme as especificações iniciais. Em cada etapa da usinagem, realiza-se as medições para aferir a conformidade da peça com as especificações.

Para esta Fase, tem-se como Condição-Alvo os parâmetros de projeto da peça que os alunos devem alcançar. Podendo ser representado pelo desenho das peças com as informações de dimensões, tolerância e acabamentos.

## 5. Conclusão

O presente estudo objetivou propor um modelo teórico de PBL para ensino do Planejamento de Processo de usinagem por meio da abordagem Toyota *Kata*. Um modelo teórico de 4 Fases conduzidas por meio da rotina de *Kata* foi proposto, com o intuito estruturar a condução do aprendizado dos alunos de forma ativa, buscando o engajamento dos mesmos e ainda, promover a internalização de uma rotina para a resolução de problemas.



A realização deste trabalho permitiu um maior conhecimento sobre Planejamento de Processos, *Project Based Learning (PBL)*, juntamente com a Abordagem *Toyota Kata*, possibilitando integrá-los. Em que se observou que as metodologias usuais utilizadas para o Planejamento de Processo, são norteadas por um fluxo de atividades a serem realizadas, assim como apontado por Rozenfeld et al. (2006), e que no ensino acaba resultando em tarefas a serem realizadas pelos alunos, sem o engajamento dos mesmos. Assim a utilização da PBL busca desenvolver o engajamento do aluno para com as atividades da elaboração do Projeto de Processos.

O modelo teórico proposto aponta os entregáveis para cada Fase. Uma vez que os alunos compreendam o que tem de ser entregue, a Condição-Alvo de cada Fase, os próprios alunos planejam suas atividades para alcançá-la. Assim, os alunos podem perceber a importância e o impacto de cada atividade para usinar a peça ao final do planejamento. Neste caminho, a Abordagem *Toyota Kata* além de estruturar e operacionalizar a PBL, evidencia o aprendizado de cada experimentação, uma vez que os alunos devem preencher o *storyboard* com o que aconteceu e o que aprenderam em relação a atividade realizada.

Desta forma, a pesquisa contribuiu em fornecer uma estrutura para a condução do ensino de elaboração do Planejamento de Processos ao promover a participação ativa e o engajamento dos alunos. Cabe destacar que o professor deixa de ministrar apenas aulas expositivas e começa a fornecer um suporte para o desenvolvimento dos alunos, uma vez que estes se transformam de pessoas passivas para ativas. Além disto, torna-se possível avaliá-los, além das entregas, pelos registros do *storyboard*. Neste registro, as considerações de seus aprendizados podem evidenciar a compreensão dos assuntos abordados.

A partir desta pesquisa, propõem-se novos trabalhos, que possam ser executados no sentido de ampliar os horizontes do presente trabalho por meio de estudos mais específicos, direcionados a esta abordagem. Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se a aplicação do modelo teórico proposto em casos práticos de modo que o modelo possa ser validado.

Com a realização deste estudo, espera-se que seja despertado um interesse de outros pesquisadores ou profissionais que utilizam a abordagem, os quais poderão, a partir das sugestões apresentadas, desenvolver trabalhos que possam difundir a temática estudada. Salienta-se, que a sistemática proposta também poderá servir como manual por empresas que desejam efetivar melhorias em seu Planejamento de Processo.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo apoio, que permitiu a elaboração deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Alting, L., & Zhang, H. (1989). Computer aided process planning: the state-of-the-art survey. *The International Journal of Production Research*, 27 (4): 553-585. <https://doi.org/10.1080/00207548908942569>
- Bilgin, I., Karakuyu, Y., & Ay, Y. (2015). The effects of project based learning on undergraduate students' achievement and self-efficacy beliefs towards science teaching. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11 (3): 469-477.
- Dos Santos, A.M.N., Rosa, A.F.P., Royer, R., & Porciuncula, G.S. (2018). Aplicação de projeto de experimentos para melhorias nos parâmetros de processo de injeção de duas peças produzidas. *Revista Produção Online*, 18 (3): 920-937. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v18i3.3010>
- Ferreira, J.C.E., & Andriolli, G.F. (2001). Uma Metodologia para a Fabricação de Peças à Distância. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica – COBEM. Uberlândia, Brasil.
- Ferreira, J.C.E. (1996). *Planejamento do Processo Assistido por Computador - CAPP*. Apostila, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica, Florianópolis. Disponível em: <http://www.grima.ufsc.br/capp/apostila/>.
- Frazzon, E. M., Kück, M., & Freitag, M. (2018). Data-driven production control for complex and dynamic manufacturing systems. *CIRP Annals*, 67 (1): 515-518. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2018.04.033>
- Groover, M.P. (1987). Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing. Prentice Hall – USA.
- Grzesik, W. (2008). *Advanced machining processes of metallic materials: theory, modelling and applications*. Elsevier.
- Hammes, J. M., Rosa, A.F.P., & Walker, E. (2017). Otimização do acabamento superficial no torneamento cilíndrico externo de um aço SAE 1045. *Revista GEPROS*, 12 (2): 138. <https://doi.org/10.15675/gepros.v12i2.1640>
- Hamurcu, H. (2003). Project approach to teaching science in preschool education. *Eurasian Journal of Educational Research*, 13: 66-72.
- Henning, E., Bernardo, M.H.S., & Walter, O.M.F.C. (2017). Lean material handling system applied to an order manufacturing process. *Journal of Lean Systems*, 2 (1): 33-51.
- Kosaka, D. (2013). Kata: criando a cultura da melhoria contínua. *Lean Institute Brasil*. Disponível em: [http://www.lean.org.br/comunidade/clipping/clipping\\_265.pdf](http://www.lean.org.br/comunidade/clipping/clipping_265.pdf). Acesso em: 21 julho, 2018.
- Kruschke, J. K. (2008). Bayesian approaches to associative learning: From passive to active learning. *Learning & behavior*, 36 (3): 210-226. <https://doi.org/10.3758/LB.36.3.210>
- Leite, Y.G., Leite, W.B.M., da Silva, A.C., da Silva, B.N., & Velho, L.I. (2018). Proposta de melhoria para aumento de produtividade em um centro de usinagem. *Navus: Revista de Gestão e Tecnologia*, 8 (3): 113-125.
- Machado, Á.R., Abrão, A.M., Coelho, R.T., & Silva, M.B.D. (2009). Teoria da usinagem dos materiais. *São Paulo: Blucher*, 2.
- MEC, Ministério da Educação. (2018). Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Em consulta pública. *Conselho Nacional de Educação*. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=93861-texto-referencia-dcn-de-engenharia&category\\_slug=agosto-2018-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=93861-texto-referencia-dcn-de-engenharia&category_slug=agosto-2018-pdf&Itemid=30192) Acesso em: 29 novembro de 2018.
- Melo, S.P. (2013). *Desenvolvimento e Aplicação de um sistema de Planejamento de Processo auxiliado por computador em um ambiente de usinagem*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/3264>

- Metz, K. E. (2004). Children's understanding of scientific inquiry: Their conceptualization of uncertainty in investigations of their own design. *Cognition and Instruction*, 22 (2): 219-290. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci2202\\_3](https://doi.org/10.1207/s1532690xci2202_3)
- Minhas, P.S., Ghosh, A., & Swanzy, L. (2012). The effects of passive and active learning on student preference and performance in an undergraduate basic science course. *Anatomical sciences education*, 5 (4): 200-207. <https://doi.org/10.1002/ase.1274>
- Orlich, D.C., Harder, R. J., Callahan, R.C., Trevisan, M.S., & Brown, A.H. (2012). *Teaching strategies: A guide to effective instruction*. Cengage Learning.
- Rezende, S.O., Rozenfeld, H. & Monard, M.C. (1993). Implantação de módulos automáticos de planejamento de operações em sistemas CAPP. Anais do 1º Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, Rio Claro - SP.
- Ribeiro, D.R.S. (2017). *Sistemática para implementação de Lean Maintenance em processos de manufatura com base na Abordagem Toyota Kata*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.
- Rocha, J.O.S. (2006). *Otimização de processos de usinagem em uma célula flexível de manufatura*. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.
- Rother, M. (2009). *Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results*. New York: McGraw Hill.
- Rother, M., & Aulinger, G. (2017). *Toyota Kata Culture - Building Organizational Capability and Mindset Through Kata Coaching*. New York, McGraw Hill.
- Rozenfeld, H. & Favaretto, F. (1993). Metodologia de implantação de um sistema de planejamento fino da produção. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica. Brasília, Brasil.
- Rozenfeld, H., Forcellini, F.A., Amaral, D.C., Toledo, J.C., Silva, S.L., Alliprandini, D.H. & Scalice, R.K. (2006). *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva.
- Saban, A. (2000). New theories and approaches in the teaching and learning process. *Ankara: Nobel*.
- Thomas, J. (2000). A review of research on project-based learning. Available at: [https://documents.sd61.bc.ca/ANED/educationalResources/StudentSuccess/A\\_Review\\_of\\_Research\\_on\\_Project\\_Based\\_Learning.pdf](https://documents.sd61.bc.ca/ANED/educationalResources/StudentSuccess/A_Review_of_Research_on_Project_Based_Learning.pdf)
- Wallace, C.S., Tsoi, M.Y., Calkin, J., & Darley, M. (2003). Learning from inquiry-based laboratories in nonmajor biology: An interpretive study of the relationships among inquiry experience, epistemologies, and conceptual growth. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (10): 986-1024. <https://doi.org/10.1002/tea.10127>
- Wang, W., Li, Y., & Huang, L. (2018). Rule and branch-and-bound algorithm based sequencing of machining features for process planning of complex parts. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 29 (6): 1329-1336. <https://doi.org/10.1007/s10845-015-1181-y>
- Xia, Q., Etienne, A., Dantan, J.Y., & Siadat, A. (2018). Reconfigurable machining process planning for part variety in new manufacturing paradigms: Definitions, models and framework. *Computers & Industrial Engineering*, 115: 206-219. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.11.010>
- Xu, X., Wang, L., & Newman, S.T. (2011). Computer-aided process planning—A critical review of recent developments and future trends. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 24 (1): 1-31. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2010.518632>
- Yang, Y., Hu, T., Ye, Y., Gao, W., & Zhang, C. (2018). A knowledge generation mechanism of machining process planning using cloud technology. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s12652-018-0779-2>
- Zacharia, Z., & Barton, A.C. (2004). Urban middle-school students' attitudes toward a defined science. *Science Education*, 88 (2): 197-222. <https://doi.org/10.1002/sce.10110>