

# PERDAS DOS SISTEMAS PRODUTIVOS: UMA ESTRUTURA METODOLÓGICA PARA SEU ENSINO

Lynceo Falavigna Braghirolli,<sup>a</sup> Marcelo Hoss<sup>b</sup>

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo aprimorar o ensino da produção enxuta nos cursos de engenharia de produção. Para isso desenvolveu-se uma proposta de estrutura metodológica para o ensino conceitual de perdas em um sistema produtivo, visando obter condições mais apropriadas aos resultados deste tipo de aprendizagem. Assim, a estrutura foi composta por três etapas: a exposição dos conceitos teóricos apresentando os sete tipos de perdas de um sistema produtivo, uma dinâmica de grupo envolvendo a simulação de um ambiente fabril e, finalmente, uma discussão em grupo visando ao desenvolvimento da reflexão dos alunos. A validação desta metodologia foi realizada por meio de um estudo de caso, no qual tal metodologia foi aplicada numa turma de graduação do curso de Engenharia de Produção. A estrutura metodológica proposta foi bem aceita pelos alunos quando comparada com o método tradicional expositivo. Além disso, os alunos sinalizaram positivamente para a incorporação desta metodologia no programa da disciplina.

*Palavras-chave:* Metodologia de ensino. Engenharia de produção. Simulação. Sistemas de produção.

## ABSTRACT

This paper aims to improve the lean production teaching in the Industrial Engineering course. To do so, it was developed a proposal for a methodological framework for the conceptual wastes teaching in a production system, aiming to obtain more appropriate conditions to the results of this kind of learning. In this way, the structure was composed of three steps: the exposure of theoretical concepts featuring the seven wastes in a productive system, a group dynamics involving the simulation of a manufacturing environment and, finally, a group discussion aimed at developing the students thinking. The validation of this methodology was carried out through a case study, where this methodology was applied in a class of Industrial Engineering course. The methodological framework proposal was well accepted by the students when compared with the traditional expositive method. In addition, the students positively agreed with the incorporation of this methodology into the academic discipline program.

*Key words:* Teaching Methodology. Industrial Engineering. Simulation. Production systems.

---

<sup>a</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFRGS. Osvaldo Aranha, 99, 5º andar. Porto Alegre - RS. CEP 90.035-190. E-mail: lynceo@producao.ufrgs.br

<sup>b</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFRGS. Osvaldo Aranha, 99, 5º andar. Porto Alegre - RS. CEP 90.035-190. E-mail: marcelohoss@producao.ufrgs.br

## INTRODUÇÃO

Historicamente, os sistemas produtivos evoluíram da produção artesanal, passando pela produção em massa de Henry Ford, até a produção enxuta, iniciada pela Toyota. (RUSSEL; TAYLOR, 2006; WOMACK; JONES; ROOS, 1992). Isso reflete as diferentes formas como a sociedade organizou seus recursos produtivos, capital, mão de obra e tecnologia, buscando atender da forma mais econômica a suas necessidades. Nessa evolução surgiu o engenheiro de produção, responsável pelo estudo e aplicação de técnicas gerenciais que auxiliam a controlar os processos da organização na busca por maior eficiência e eficácia. (ABEPRO, 2007).

A manufatura enxuta contém na essência de sua filosofia a busca incessante pela eliminação das perdas, identificadas como a utilização incorreta dos recursos necessários para produzir aquilo que é desejado pelo cliente. (LICKER, 2004; SHINGO, 1990a,b; OHNO, 1997). Se o cliente está disposto a pagar por uma determinada quantidade de materiais, equipamentos ou mão de obra para produzir o produto, a sub ou sobreutilização dos mesmos pode ser considerada como uma perda. Assim, a eliminação de perdas é uma das formas para reduzir custos e aumentar a lucratividade das empresas. Contudo, esse processo de eliminação passa previamente por duas etapas: primeiro, é necessário entender corretamente o conceito de perdas para; numa segunda etapa, identificá-las. (LIKER, 2004; MANN, 2005). Somente assim é possível alcançar a sua eliminação. Segundo Ohno (1997), um dos fundadores da produção enxuta, o indivíduo deve entender a diferença entre trabalho (atividade que agrega valor ao cliente) e perda (atividade sem valor ao cliente). Após esse entendimento, as perdas poderão claramente ser identificadas como superprodução, espera, transporte, processamento em si, estoque, movimentação desnecessária e fabricação de produtos defeituosos. (SHINGO, 1996a).

Entretanto, esse processo somente ocorre quando as condições de aprendizagem são apropriadas para se construir o conceito de perdas. Spears (2004) relata o treinamento de um norte-americano para o cargo de gerente em uma planta da Toyota nos EUA. Neste relato observa-se que para alcançar uma compreensão ampla do conceito de perdas o responsável pelo treinamento do gerente, chamado de *sensei*, atua como um tutor. O papel do *sensei* na aprendizagem não é en-

sinar explicitamente como realizar as melhorias no processo, mas promover um questionamento que leve o gerente a refletir sobre a natureza da perda e possíveis soluções para sua eliminação. Esta abordagem acaba gerando novos conceitos para o gerente, que se inter-relacionam com seu conhecimento prévio. O objetivo final do treinamento visa a que o futuro gerente utilize essa mesma prática de questionamento ao orientar seus subordinados, valorizando a aprendizagem através da reflexão.

Apesar de esse processo de aprendizagem estar difundido na Toyota, não é apresentado juntamente com uma estruturação teórica capaz de explicá-lo, o que facilitaria sua disseminação. Portanto, faz-se necessária uma integração com um modelo teórico de aprendizagem existente. Assim, por enfatizar a relação entre os resultados e as condições de aprendizagem, o modelo proposto por Pozo (2002) permite uma melhor compreensão desse processo de aprendizagem. De acordo com esse modelo, o resultado de aprendizagem desejado na Toyota classifica-se como conceitual, pois não se espera apenas a reprodução do conhecimento adquirido como um simples fato, mas se requer a integração das estruturas de conhecimento prévias com a nova informação. Como consequência, essa assimilação tende a produzir mudanças na estrutura de conhecimento do indivíduo. Para que tais mudanças ocorram, as condições de aprendizagem, ou seja, o tipo de prática realizada, devem estar de acordo com o resultado esperado. Segundo o autor, as condições apropriadas para promover uma aprendizagem conceitual requerem que os indivíduos tenham liberdade para utilizar seus próprios conhecimentos na solução de problemas, expandindo seu próprio conhecimento, ao invés de esperar uma solução explícita e pronta do seu tutor. Portanto, as condições de aprendizagem propostas na Toyota estão de acordo com os resultados desejados, pois o *sensei* instiga o indivíduo a refletir sem dar uma solução pronta.

Com o objetivo de preparar adequadamente os graduandos em engenharia de produção ao sistema produtivo enxuto, seria desejável reproduzir os resultados obtidos no treinamento realizado na Toyota num ambiente acadêmico. Isto implica a necessidade de uma formação com condições de aprendizagem apropriadas aos resultados desejados, semelhantes àquelas verificadas no treinamento da Toyota; ou seja, o conceito adquirido por um aluno deve estar o mais próximo da ideia apresentada, ser passível de transferên-

cia e conseqüente aplicação em contextos distintos e, finalmente, perdurar ao longo do tempo. Assim, a instrução deve estar baseada em um equilíbrio entre o que se tem de aprender (resultados de aprendizagem) e as atividades práticas planejadas (condições de aprendizagem). Portanto, não se pode julgar recursos didáticos como sendo bons ou maus, mas adequados ou inadequados aos fins perseguidos e aos processos de aprendizagem mediante os quais se podem obter esses fins. (POZO, 2002).

Atualmente, a maior parte da formação do engenheiro de produção está baseada no método expositivo como prática de ensino, independentemente do resultado de aprendizagem desejado. Embora este método produza resultados satisfatórios nos casos em que a aprendizagem por associação é predominante, apresenta pouca eficácia quando é necessária uma aprendizagem construtivista, como no caso da aprendizagem conceitual. (POZO, 2002). Ensinar as perdas de forma expositiva pode formar conceitos corretos no aluno, pois esta seria a condição básica para a formação de um novo conceito. Entretanto, a fixação deste conceito e a sua generalização para outros contextos podem ser prejudicadas. A utilização deste método induz uma posição passiva no aluno, já que o professor é o único ator da aprendizagem. Além disso, a solução dos problemas é fornecida pelo professor e, como conseqüência, o aluno se desmotiva a participar de um processo reflexivo na construção do seu conhecimento. (RONCA; ESCOBAR, 1984; NÉRICI, 1981). Sem uma ação sobre o objeto, o aluno perde a possibilidade de tomar consciência através das suas próprias ações e, assim, deixa de ampliar sua capacidade de compreensão. A construção de uma nova estrutura de pensar ocorre quando a ação é apropriada pelas teorias do indivíduo que julgam criticamente a qualidade e o limite da sua própria ação. (PIAGET, 1978). O processo de abstração reflexiva descrito acima pode ser explicado da seguinte forma:

O sujeito age espontaneamente – isto é, independentemente do ensino, mas não independentemente dos estímulos sociais –, com os esquemas ou estruturas que já tem, sobre o meio físico ou social. Retira (abstração) desse meio o que é do seu interesse. Em seguida, reconstrói (reflexão) o que já tem, por força dos elementos novos que acaba de abstrair. Temos, então, a síntese dinâmica da ação e da abstração, do fazer e do compreender, da teoria e da prática. (BECKER, 2001, p. 77).

Dessa forma, a aprendizagem teria como reflexo a facilidade de recuperação dos conceitos

aprendidos em situações distintas. Contudo, o grau de semelhança entre o contexto de aprendizagem e o ambiente onde este conhecimento deve ser aplicado são fatores que influenciam diretamente na sua aplicação em outras situações. Assim, as condições de aprendizado devem ser planejadas considerando as questões *onde, como e quando* o aluno deve recuperar o que aprendeu. (POZO, 2002). Do mesmo modo, tratando-se de áreas de estudo cujo contexto de aplicação ou objeto de análise não podem ser trazidos para a sala de aula, tem-se como conseqüência um prejuízo no aprendizado. No ensino das sete perdas o ambiente de aplicação deste conhecimento é um ambiente fabril e, portanto, inexistente no universo acadêmico. Para contornar esse problema tenta-se reproduzir os aspectos mais significativos deste ambiente em sala de aula.

Algumas propostas buscaram o recurso de jogos e simulações para suplantar as limitações apresentadas, agregando uma experiência vivencial. (BILLINGTON, 2004; COX; WALKER, 2005; DEPEXE et al., 2006; DOYLE; BROWN, 2000). Contudo, tal experiência ainda se limita à reprodução do contexto de aplicação do conhecimento, não solucionando a problemática de exercitar a aplicação do conhecimento adquirido e, assim, não promovendo a reflexão e fixação do conteúdo proposto. Nos exemplos acima a simulação de um processo produtivo não atinge o objetivo de exercitar a identificação das perdas, apenas cria um cenário propício a sua aplicação. Contudo, a discussão em grupo mediada por um indivíduo expõe os diferentes pontos de vista dos alunos. Essas diferenças resultam num desequilíbrio conceitual em cada aluno, gerando um potencial de elevar o seu desenvolvimento conceitual a outro patamar. (VYGOTSKY, 1998).

A proposta do presente trabalho é aprimorar o ensino da produção enxuta na formação dos engenheiros de produção por meio da proposta de uma estrutura metodológica de ensino que utilize práticas adequadas a uma aprendizagem conceitual sobre perdas. Esta estrutura é composta por três etapas: exposição dos conceitos teóricos, apresentando as sete perdas; dinâmica de grupo, onde é realizada uma simulação com os alunos; e, finalmente, o desenvolvimento do pensamento crítico pela discussão em grupo. Ao realizar estas três etapas completa-se um ciclo de aprendizagem, no qual o aluno tem a oportunidade de aprender o conceito de perdas e aplicá-lo, corrigindo possíveis desvios no seu aprendizado.

## METODOLOGIA

O estudo de caso é caracterizado pela análise de uma quantidade limitada de objetos, de maneira que permita o conhecimento detalhado de alguns aspectos. (GIL, 1991). A metodologia adotada neste trabalho caracteriza-se como um estudo de caso exploratório que visa levantar questões pertinentes à validade da proposta de uma estrutura metodológica de ensino para a superação das dificuldades de aprendizado pela forma tradicional de ensino, baseado no método expositivo.

A metodologia do trabalho está dividida em três partes: a primeira parte refere-se à proposta de estrutura metodológica de ensino que atenda à necessidade de entendimento do conceito de perdas da produção enxuta; a segunda refere-se ao instrumento de avaliação da estrutura metodológica; por fim, na última parte é descrita a aplicação das duas primeiras partes com alunos de graduação da disciplina de Sistemas Produtivos I do curso de Engenharia de Produção da UFRGS.

### ESTRUTURA METODOLÓGICA DE ENSINO

A aprendizagem requer a utilização de várias técnicas de ensino ou, então, uma alternância dessas, uma vez que não existe uma técnica única e válida para todas as situações de aprendizagem. Caso o professor utilize apenas um tipo de técnica de ensino, facilmente limita o aprendizado dos alunos em algum aspecto, seja informativo, prático ou reflexivo. (SCHIMITZ, 1993). Dessa forma, a integração de diversas técnicas pode facilitar o ensino do conceito de perdas como aquele realizado no treinamento da Toyota. Assim, a estrutura metodológica proposta neste trabalho tem como objetivo a integração de três técnicas: a exposição, que visa informar o conteúdo ao aluno de forma objetiva e sucinta; a dinâmica de grupo, que visa proporcionar uma vivência prática e dar uma base à discussão em grupo, que visa à reflexão do aluno sobre o conteúdo.

### EXPOSIÇÃO DO CONTEÚDO

O objetivo da aula expositiva é a transmissão oral do conhecimento de forma logicamente estruturada, com continuidade e dispêndio mínimo de tempo. Este método também permite

transmitir experiências que não se encontram nas formas convencionais de comunicação, além de possibilitar a síntese de temas extensos e difíceis que, de outra forma, seriam de abordagem custosa e problemática. (NÉRICI, 1981; RONCA; ESCOBAR, 1984). Portanto, o objetivo da aula expositiva é proporcionar o primeiro contato com o conteúdo das sete perdas de forma estruturada e sucinta.

Contudo, a aula expositiva possui limitações que podem prejudicar a fixação do aprendizado. Como o professor é o único ator, a absorção de conhecimento fica dependente da motivação proporcionada por ele. Assim, na aula expositiva o desinteresse pelo conteúdo se instala mais rápido nos alunos do que em outros métodos de ensino. (NÉRICI, 1981; RONCA; ESCOBAR, 1984). Logo, uma participação ativa do aluno em sala de aula, como a proporcionada pela dinâmica de grupo, pode focar sua atenção na aprendizagem. Situações simuladas que representam o mundo real estimulam os sentidos, induzindo o aluno a focar sua atenção na vivência.

### DINÂMICA DE GRUPO

A dinâmica de grupo se caracteriza pela interação entre dois ou mais alunos visando ressaltar aspectos da vida coletiva. (ANTUNES, 1970). Esta interação exige um posicionamento ativo dos participantes. Na proposta de estrutura metodológica deste estudo, a prática de simulação foi utilizada no desenvolvimento da dinâmica de grupo. A simulação busca a representação de um determinado fenômeno, na qual os participantes assumem papéis que são representativos do mundo real e tomam decisões de acordo com os papéis assumidos. (RONCA; ESCOBAR, 1984). A simulação permite atingir o propósito da dinâmica de grupo dentro do contexto da estrutura de ensino proposta, pois ao mesmo tempo traz a atenção do aluno para a sala de aula e permite construir um referencial para a reflexão na discussão de grupo.

Contudo, algumas questões devem ser observadas no momento da criação da simulação para que contribua para os resultados desejados de aprendizagem. (KIRK, 1997). Os seguintes aspectos foram questionados na elaboração da simulação para o ensino das sete perdas: qual era o propósito da simulação; esta representava aquilo que se desejava ensinar; era apropriado para o público-alvo; havia recursos para a sua realização; qual seria a sua duração e quais se-

riam os seus pontos fortes e fracos. Além disso, Salopek (1999) comenta que para as pessoas se envolverem com o jogo e trabalharem de forma unida, o professor deve dar sustentação para algumas características que não fazem parte da estrutura da simulação:

- a) conhecer bem a simulação, prevendo possíveis variações no momento da prática;
- b) explicar as regras de forma clara, para facilitar a participação e interação dos alunos;
- c) usar prêmios para motivar e contagiar as pessoas com a simulação;
- d) fazer a simulação divertida e ativa para facilitar o envolvimento dos participantes;
- e) explicar a ligação das situações vivenciadas na simulação com o objetivo do aprendizado;
- f) certificar-se de que o aprendizado seja incorporado aos alunos, perdurando após a sala de aula.

O autor reforça a importância dos dois últimos pontos, pois estão ligados diretamente à transferência de aprendizado para o participante. Antunes (1970) complementa que a análise e a compreensão da dinâmica de grupo realizada estabelecem as condições para uma formação integral do aluno, criando situações que o levem à construção do seu conhecimento. Assim, propõe-se uma discussão em grupo que estimule a capacidade de compreensão e reflexão do aluno, fixando, então, o conhecimento.

## DISCUSSÃO EM GRUPO

A discussão em grupo é a reunião de pessoas com o objetivo de refletir de forma cooperativa, a fim de compreenderem um fato, tirarem conclusões ou chegarem a deliberações. Esta técnica proporciona alguns benefícios, tais como a estimular o aluno a ouvir para melhor compreender, a ser tolerante com pontos de vista diferentes e a ser objetivo na exposição da ideia, além de propiciar a sua desinibição. (NÉRICI, 1981).

De acordo com Salopek (1999), o planejamento de uma discussão em grupo deve transcorrer em três momentos. O momento inicial visa convidar os participantes a se envolverem na discussão e relembrar alguns eventos importantes da dinâmica. Em seguida, as definições apresentadas sobre perdas são retomadas por meio de um questionamento no qual os alunos

devem encontrar dados que suportem ou rejeitem tais definições. Ainda neste ponto, os alunos são incentivados a trazer exemplos de suas experiências prévias com os conceitos apresentados, relacionando-os com a vivência da dinâmica de grupo. O último momento busca ampliar a discussão, promovendo um relacionamento entre o conteúdo discutido e o mundo real, assim como avaliar a possibilidade de utilização de tal conhecimento na prática. Assim, o ciclo de aprendizado sobre o conceito de perdas é completado com a utilização das três técnicas aqui propostas.

Acredita-se que a integração dessas técnicas possa inserir o aluno mais facilmente no contexto de produção enxuta, o qual exige que seus colaboradores devam, primeiramente, entender sobre as perdas para posteriormente identificá-las e eliminá-las. Na próxima seção é apresentado o instrumento que avaliou a estrutura metodológica proposta neste trabalho.

## INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA METODOLÓGICA DE ENSINO

A avaliação é um processo de julgamento sistemático dos resultados de aprendizagem obtidos pelos alunos comparando-os com aqueles desejados pelo educador. Contudo, esta avaliação também pode ser realizada para avaliar se as técnicas utilizadas estão de acordo com os resultados esperados. Dessa forma, caso não se obtenham os melhores resultados de aprendizagem, é possível replanejar os aspectos metodológicos que não foram bem executados. Neste estudo foi utilizado um questionário como instrumento de avaliação da proposta de estrutura metodológica de ensino. O questionário visou caracterizar o perfil do aluno, a representatividade da dinâmica de grupo com uma situação real, o grau de assimilação do conhecimento com a discussão em grupo e, finalmente, a validade de inserir esta metodologia no currículo de uma disciplina.

## APLICAÇÃO

Esta etapa consiste na aplicação prática tanto da estrutura metodológica de ensino quanto do instrumento de avaliação. A aplicação da estrutura metodológica foi realizada pelo moderador, que apresentou a aula expositiva, conduziu a dinâmica e a discussão de grupo. A etapa de discussão em grupo é considerada a etapa crítica

da proposta de ensino, já que neste momento se obtém o fechamento do ciclo de aprendizagem em sala de aula. Dessa forma, para facilitar a análise foi realizada uma gravação de voz durante sua execução.

## APLICAÇÃO DA EXPOSIÇÃO DO CONTEÚDO

Inicialmente, foi realizada uma introdução motivadora, na qual se questionaram os alunos sobre qual seria a montadora líder em vendas e produção de automóveis no mundo e, em seguida, qual seria a filosofia de produção adotada por esta empresa. Essas questões teriam o intuito de motivar os alunos sobre o assunto abordado. Em seguida foi apresentada a estrutura metodológica que seria desenvolvida com os alunos e o tempo de duração de cada uma, ou seja, esclareceu-se aos alunos que, primeiramente, seria exposto o conteúdo sobre as sete perdas; em seguida, realizada uma dinâmica de grupo por meio da simulação de um ambiente fabril e, finalmente, realizada uma discussão em grupo sobre o assunto abordado. O método expositivo consistiu na apresentação oral do conceito das sete perdas e sua relação com a filosofia de eliminação de perdas. O tema foi apresentado com o auxílio do *data-show* com uma duração aproximada de 20 min.

Os tipos de perdas apresentados são assim definidos: a superprodução significa produzir itens mais cedo ou em maiores quantidades do que o cliente necessita; a perda no transporte ocorre quando materiais e produtos são transportados de um lugar a outro por qualquer razão; a espera ocorre no intervalo de tempo no qual nenhum processamento, transporte ou inspeção é executado; a perda por processamento em si decorre de operações e processos executados que são desnecessários; o estoque significa que materiais e produtos estão sendo retidos dentro ou fora da fábrica por um determinado período de tempo; a movimentação é a realização de movimentos desnecessários pelos operadores na execução de uma operação; finalmente, a perda por fabricação de produtos defeituosos surge da geração de produtos que apresentem alguma de suas características de qualidade fora de uma especificação. (PRODUCTIVITY PRESS, 2002).

## APLICAÇÃO DA DINÂMICA DE GRUPO

O objetivo desta dinâmica de grupo foi realizar uma simulação de produção de chocolates (embalagem azul) em cinco cenários diferentes. Em todos os cenários a demanda do cliente era de 21 chocolates. O período do turno de trabalho foi estipulado em 3min, correspondendo a um *takt time* de 8,57s/chocolate. Este cálculo é feito dividindo-se o tempo disponível de produção em cada turno pela demanda. O processo produtivo consistia em três postos de trabalho fictícios responsáveis por produzir os chocolates. Cada posto possuía uma operação produtiva cujo ciclo de processamento era representado pelo intervalo de tempo entre dois sinais sonoros emitidos pelo *timer* do posto. Os materiais utilizados para realizar a dinâmica foram sessenta unidades de chocolates, quarenta pratinhos de plástico, três *timers*, cinco mesas e um cronômetro.

A dinâmica inicia com a definição do nome da empresa pelos próprios integrantes e os papéis desempenhados por estes na simulação. A dinâmica envolve cinco alunos considerados como funcionários da empresa: três operadores são responsáveis pelo processo de operação das máquinas; um transportador é responsável pela transferência de material entre postos de trabalho e um supervisor é responsável pela coordenação da equipe de trabalho. Mais três alunos são necessários para o desenvolvimento da dinâmica, mas não são considerados como funcionários da empresa: um aluno como sirene que marca o início e fim do turno de trabalho, um cronometrador, que mede o *lead time* de um chocolate distinto (embalagem branca), e um digitador, responsável por anotar os indicadores.

Definidos os papéis de cada um, procede-se à explicação dos indicadores utilizados para avaliar o desempenho em cada cenário. Os indicadores são:

- quantidade do lote padrão: é o número de chocolates transportados dentro de um pratinho entre dois postos de trabalho;
- *work in process* (inicial): é número de chocolates existentes no estoque intermediário antes de iniciar o cenário. Neste indicador não são considerados os estoques de fornecimento e de produto acabado;
- *work in process* (final): é número de chocolates existentes no estoque intermediário após realizar a simulação do

cenário. Neste indicador não são considerados os estoques de fornecimento e de produto acabado;

- *lead time*: é o tempo desde que o chocolate de embalagem branca é retirado do fornecedor até o momento em que é entregue ao cliente final. Este chocolate é posicionado como a 28ª peça a ser produzida, respeitando a regra FIFO (primeiro a entrar, primeiro a sair);
- tempo de processamento: é o somatório do tempo de operação de cada posto de trabalho;
- desperdício: é o percentual de tempo que não agrega valor ao produto durante o *lead time*. O *lead time* é composto pelo tempo de processamento mais os tempos que não agregam valor ao produto. À medida que os desperdícios são eliminados, o *lead time* se aproxima do próprio tempo de processamento. Assim, quanto menor este indicador, maior o indicativo de que o processo está próximo do fluxo unitário. Este indicador, representado pela fórmula abaixo, varia entre zero e um:

$$\text{Desperdício} = \frac{\text{Lead Time} - \text{Tempo Processamento}}{\text{Lead Time}}$$

- quantidade de produtos acabados: é o número de peças entregues ao cliente final;
- quantidade de funcionários: é número de colaboradores participantes no processo produtivo da empresa;
- produtividade: é o número de produtos acabados divididos pela quantidade de funcionários.

Após a explicação dos indicadores foram apresentados os nomes dos cinco cenários que seriam desenvolvidos ao longo da dinâmica de grupo. Antes de iniciar a operacionalização de cada cenário pelos alunos, foram dadas as explicações necessárias para a prática de simulação. A seguir, são detalhados os cinco cenários.

O primeiro cenário, chamado de *Inicial*, foi composto por três postos de trabalho mais a entrada e saída de materiais. O lote padrão para a movimentação e produção era de seis unidades de chocolate. O *layout* estava dividido entre esses cinco pontos com uma disposição sem formato definido, apenas estando distantes aproximadamente 2 m cada um. Os três postos de traba-

lho eram formados por duas mesas escolares por operador. Cada posto possuía um *timer* ajustado para o tempo de processamento específico da operação, além de um lote de peças com o número padrão de unidades para iniciar a operação. O tempo de operação por chocolate foi de 3s para o posto um, 6s para o posto dois e 4s para o posto três. Cada operação consistia na transferência de um chocolate de acordo com o tempo de processamento da operação de um lote de entrada para um lote de saída. Não houve restrição quanto ao acúmulo de lotes de entrada e de saída em cada posto de trabalho. Todos os lotes obedeceram à regra FIFO. A transferência de lotes entre os postos foi realizada somente pelo abastecedor, o qual somente podia transportar lotes com o número padrão de peças.

Antes de iniciar o cenário, um chocolate foi esmagado pelo moderador da dinâmica e inserido entre as unidades que seriam utilizadas pelo primeiro posto para representar um defeito de fabricação. Não foi informado aos participantes o significado de tal chocolate nem a necessidade de sua retirada. O objetivo era observar a reação dos indivíduos para, posteriormente, abordar a questão na discussão de grupo. Ao término dos 3min, o aluno como sirene sinalizava que o turno terminara. Nesse momento foram apontados os indicadores do turno de trabalho, apresentando-os no quadro-negro para os demais participantes da dinâmica.

O segundo cenário, chamado de *Redução de Lote*, foi rodado com um lote padrão de três unidades de chocolate. Todos os demais procedimentos e instruções do primeiro cenário permaneceram iguais. No terceiro cenário, chamado de *Modificação de Layout*, foram mantidas as características operacionais do cenário anterior (lote de três unidades), mas modificou-se o *layout*: nesse momento cada posto iria operar apenas com uma mesa; além disso, os postos foram aproximados a 0,5 m de distância. Dessa forma, o abastecedor não seria mais necessário para a movimentação dos lotes, a qual seria realizada pelos próprios operadores. Eliminou-se também o supervisor que coordenava a equipe, agora responsável pelo seu próprio gerenciamento. Assim, houve redução de dois funcionários do efetivo da empresa, restando apenas os três operadores.

O quarto cenário, chamado de *Fluxo Unitário*, incorporou todas as modificações feitas no cenário três, mas utilizando-se mais do fluxo unitário entre as operações, ou seja, neste cenário os lotes foram eliminados, exigindo que a ope-

ração precedente somente processasse um chocolate quando este fosse consumido pela operação posterior. O quinto e último cenário, chamado de *Ajuste de Máquina*, foi representado com uma mudança tecnológica. Anteriormente, cada posto de trabalho realizava apenas uma operação com o chocolate. Neste momento, os três postos foram incorporados num único posto, que realizava as três operações ao mesmo tempo com um tempo de processamento de 6s. Após o término do quinto cenário e apresentação dos seus indicadores, iniciou-se a discussão em grupo.

### APLICAÇÃO DA DISCUSSÃO EM GRUPO

O moderador convida os participantes para se reunirem em círculo e discutir sobre as sete perdas que podiam ser identificadas na simulação dos cinco cenários. Inicialmente, faz-se uma questão introdutória para desinibir os participantes do grupo. Esta pergunta visa abrir o assunto e promover a participação de forma espontânea, sem uma organização formal das ideias. A questão realizada é: O que acontece com as perdas se ocorrerem modificações nos sistemas produtivos?

Sabe-se de antemão que esta pergunta não promove um pensamento sistemático sobre o conteúdo. Dessa forma, surge a necessidade de questionar de forma ordenada os principais aspectos do tema. Nesse momento entrega-se aos alunos uma folha contendo uma representação gráfica dos cinco cenários, mais a enumeração das sete perdas. O moderador inicia a discussão de forma sistemática das perdas baseado nas seguintes questões:

- Onde vocês identificam as perdas por superprodução?
- Onde vocês identificam as perdas por espera?
- Onde vocês identificam as perdas por transporte?
- Onde vocês identificam as perdas no próprio processamento?
- Onde vocês identificam as perdas por estoque?
- Onde vocês identificam as perdas por movimentação?
- Onde vocês identificam as perdas por fabricação de produtos defeituosos?

Realizadas as discussões para cada tópico, busca-se um posicionamento crítico sobre o assunto desenvolvido com uma questão final: As

perdas são inerentes a qualquer sistema produtivo?

### APLICAÇÃO DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA METODOLÓGICA DE ENSINO

No intuito de avaliar a estrutura metodológica proposta para o ensino das perdas de um sistema produtivo, realizou-se um breve questionário com os participantes. O questionário foi composto por perguntas abertas e fechadas. Primeiramente, questionou-se se o participante possuía conhecimento prévio sobre o assunto. Caso o participante respondesse afirmativamente, poderia indicar de onde vinha tal experiência. O objetivo desta pergunta era estratificar os participantes quanto ao conhecimento do assunto, pois se destinava ao público que não possuía conhecimento prévio.

A segunda questão referia-se ao interesse do participante em relação ao assunto. Esta pergunta buscava avaliar o grau de esforço do participante em aprender o conteúdo que estava sendo exposto, pois se acredita que um aluno desinteressado estaria menos envolvido com o aprendizado. A terceira pergunta questionava o participante sobre a possibilidade de a proposta de ensino ser incluída no programa de ensino da disciplina de Sistemas Produtivos I da graduação.

As respostas das perguntas quatro e cinco foram avaliadas em uma escala tipo Likert de cinco pontos entre discordo completamente (1) e concordo completamente (5). A quarta questão referia-se à adequação da dinâmica para a identificação das perdas e a quinta, à validade da metodologia na assimilação do conhecimento. Finalmente, era permitido um espaço no questionário ao participante para fazer críticas ou sugestões.

## RESULTADOS

Os resultados da aplicação da metodologia do trabalho estão divididos em três seções: primeiramente, apresenta-se o relato da aplicação da estrutura metodológica de ensino com o grupo de alunos; na segunda seção, os resultados do questionário de avaliação são descritos; finalmente, a última seção apresenta uma análise dos pontos importantes resultantes da aplicação da estrutura metodológica.

## RELATO DA APLICAÇÃO DA ESTRUTURA METODOLÓGICA

A estrutura metodológica iniciou com a aplicação da aula expositiva. Nesta primeira etapa foram apresentados o conceito de perdas e sua classificação. Durante esta etapa observou-se que os alunos estavam dispersos, além de não apresentarem dúvidas quanto ao conteúdo exposto.

Na segunda etapa iniciou-se a dinâmica de grupo. Observou-se uma dificuldade de tomada de iniciativa por parte dos alunos no momento da definição do papel que cada um representaria na dinâmica. Após iniciar as atividades, percebeu-se ao longo da dinâmica uma integração gradual, que promoveu um comprometimento mútuo entre os alunos. Também foi observada uma maior atenção dos alunos nas atividades, pois a dinâmica de grupo exigia uma participação ativa, diferentemente da aula expositiva.

Durante a execução da dinâmica os alunos expuseram algumas dificuldades relacionadas à falta de clareza nas instruções fornecidas pelo moderador, como no caso do chocolate amassado. Contudo, um dos objetivos da dinâmica era apenas comunicar instruções suficientes para conseguir realizar a simulação do cenário. Assim, surgiram dificuldades semelhantes às observadas em sistemas produtivos relativos à falta de comunicação interpessoal.

Uma das características dessa simulação é facilitar a comparação entre situações distintas representadas por meio dos diferentes cenários. Nota-se pela Tabela 1 que a modificação dos cenários acarreta uma modificação nos indicadores, mostrando situações distintas em relação ao sistema produtivo e suas perdas. Tais diferenças propiciam uma discussão sobre como uma modificação no sistema produtivo pode aumentar ou diminuir as perdas existentes.

Tabela 1 - Indicadores resultantes da simulação dos cenários na dinâmica de grupo

Indicadores	Cenários				
	1	2	3	4	5
Quantidade lote inicial	6	3	3	1	1
Work in process (antes)	18	9	9	3	1
Work in process (depois)	24	18	15	3	1
Lead Time	139	71	65	28	6
Tempo de processamento	13,2	13,2	13,2	13,2	6
Desperdício	0,91	0,81	0,80	0,53	0
Quantidade de produtos acabados	29	27	27	31	30
Quantidade de operadores	5	5	3	3	1
Produtividade	4,8	5,4	9	10,3	30

Finalizada a dinâmica de grupo, o moderador inicia a discussão de grupo com a questão introdutória, perguntando o que aconteceria com as perdas se houvessem alterações no sistema produtivo. Os alunos responderam com respostas tímidas, sem segurança e sem correlacionamento com a dinâmica ou experiências anteriores. Assim, iniciou-se a série de perguntas focadas em cada uma das sete perdas. Nenhum aluno manifestou uma resposta quando questionados sobre as perdas por superprodução. Era esperada uma resposta que indicasse a existência de superprodução, pois em todos os cenários a produção de produtos acabados superara a demanda estabelecida em 21 chocolates. Contudo, acredita-se que, como ainda se estava iniciando a discussão, os alunos ainda estavam inibidos, evitando a exposição de suas opiniões. Nesse momento, o moderador diferencia para os alunos a superprodução por antecipação e quantidade e comenta em que cenários ocorreu este tipo de perda. Prontamente, o aluno X exclama: “Ninguém me avisou para parar de produzir chocolates!”. Complementando a ideia deste, o aluno Y comenta que todos estavam atendendo a um ritmo de produção, não visando atender à demanda e, como consequência, ocorreu a superprodução.

Seguindo a ordem das questões, o moderador questionou a existência da perda por espera. O aluno Z identificou essa perda citando que o operador do terceiro posto de trabalho frequentemente ficava ocioso, pois não possuía chocolate para processar. Claramente, o aluno estava se referindo à perda por espera do operador, contudo existem mais dois tipos de perdas por espera, a do lote e do processo. Após ser lembrado pelo moderador das outras duas formas, o aluno fez uma correlação de tais perdas com o segundo posto de trabalho, que era o gargalo da produção. A terceira perda (transporte) foi identificada rapidamente por consenso pelos alunos nos cenários um e dois, quando comparados com o cenário três. Apesar de evidente que a eliminação do transportador reduziu a perda por transporte, a sua identificação por parte dos alunos pode ser considerada um ponto positivo, uma vez que no sistema tradicional de produção o transporte não é associado a um desperdício.

Já a perda por processamento não foi identificada por nenhum aluno. Previamente, sabia-se que esta perda seria a mais difícil de ser identificada, pois normalmente as perdas por processamento estão associadas à redução de material físico, não à mudança tecnológica.

Nessa dinâmica não foi possível fazer alteração física nos chocolates. Contudo, a transformação das três operações em uma só no quinto cenário representa uma mudança de tecnologia. Assim, pode-se considerar que nos cenários anteriores havia perda por processamento, já que com essa modificação foi possível reduzir o tempo de processamento total de 13 para 6 segundos.

Quando questionados sobre a perda por estoque, os alunos conseguiram identificar acúmulo de estoques entre os postos de trabalho. Em seguida, o aluno W sugeriu que se o estoque entre os postos fosse eliminado, conseqüentemente, a superprodução também seria. O moderador interveio na discussão explicando que a superprodução pode também estar associada a estoque de produto acabado, o que ocorre quando não se observa o atendimento da demanda dos clientes na quantidade e momento certo. Para a penúltima perda (movimentação), o aluno X comentou que ao eliminar o transportador aumentava-se a perda por movimentação. Esse fato ocorreu na mudança do cenário dois para o cenário três, pois o operador era encarregado de movimentar os lotes, o que anteriormente era realizado pelo transportador. Além disso, o aluno Y observou que a diminuição dos lotes também aumentava a movimentação, que era o caso da modificação do terceiro para o quarto cenário. O moderador lembrou ainda ao grupo que, após a mudança de *layout* fora retirada uma mesa por posto, diminuindo a movimentação do operador.

A última questão envolvia a identificação da perda por produtos defeituosos. O aluno R prontamente associou o chocolate amassado com esta perda. Além disso, comentou que este chocolate havia passado pelos três postos de trabalho desperdiçando recursos, pois o produto final não poderia ser utilizado pelo cliente. O moderador questionou os alunos quanto a o que deveria ser feito nessa situação. O mesmo aluno disse que a produção deveria ser parada para solucionar tal problema, mas sob responsabilidade do supervisor. No decorrer da discussão, o aluno S discordou de que a produção deverá parar caso ocorra um defeito, pois a prioridade é a própria produção, ou seja, para este aluno não está claro que a continuação da produção pode acarretar mais peças defeituosas, uma vez que o problema não foi resolvido.

Finalmente, foi observada, ao longo da discussão, uma gradual construção do novo conceito sobre perdas e sua interligação com o conhecimento prévio de todo o grupo. Acredita-se que

a série de perguntas programadas para a discussão permitiu um aprofundamento nessa direção. A pergunta introdutória recebeu apenas respostas superficiais. No entanto, obtiveram-se respostas mais elaboradas quando os alunos foram questionados de forma específica sobre cada uma das perdas. Após as questões direcionadas para identificação e reflexão sobre cada perda, o moderador realizou a pergunta de fechamento. Foi questionado sobre a existência de perdas em qualquer sistema produtivo. O aluno T respondeu que a eliminação completa de todas as perdas nunca será alcançada. Contudo, complementou que a meta de uma organização deve ser a busca pelo custo, estoque e defeito zero. Isso mostra que ele está ciente de que somente com a melhoria contínua se pode chegar ao ideal do sistema produtivo enxuto.

## RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO

Após a discussão em grupo, o ciclo de aprendizado estava fechado em sala de aula. Contudo, para fins de avaliação e validação da estrutura proposta era necessária a aplicação do questionário aos alunos. Os resultados do questionário revelaram que 27 alunos, de um total de 33, já possuíam conhecimento prévio sobre o assunto, oriundo de experiências em estágios, cursos e livros. Todavia, todos os alunos sinalizaram que o conteúdo é de interesse, revelando sua propensão à participação no processo de aprendizado. Da mesma forma, a maioria dos alunos (31) considerou válida a inclusão desta estrutura metodológica no escopo da disciplina de Sistemas Produtivos I.

Sabendo-se que a dinâmica de grupo possuía limitações, foi questionado se a simulação realizada era apropriada para o entendimento das sete perdas. De uma escala de 1 a 5, obteve-se uma média de 4,21. Além disso, também se questionou se a estrutura metodológica como um todo auxiliava na fixação do conhecimento. Para esta questão obteve-se uma média de 4,18 na mesma escala.

## PONTOS IMPORTANTES RESULTANTES DA APLICAÇÃO DA ESTRUTURA METODOLÓGICA

A seguir são apresentados fatos que ilustram aspectos da estrutura metodológica que facilitaram o aprendizado. A presença de uma atividade que necessite de habilidades motoras,

como a dinâmica de grupo, exigiu uma maior atenção dos alunos no ambiente de sala de aula. Isso rompeu a apatia dos alunos verificada na aula expositiva e permitiu preparar uma base para a discussão em grupo. Finalmente, os resultados mais importantes da aprendizagem ocorreram na discussão em grupo, pois foi nesse momento que o aluno refletiu sobre o novo conceito e integrou-o ao seu conhecimento anterior.

No questionamento sobre a perda por produção de produtos defeituosos obteve-se uma resposta prontamente. Percebendo isso, o moderador teve oportunidade de aprimorar a estruturação do conhecimento. Quando questionado sobre como se poderia eliminar esta perda, o aluno R respondeu que seria necessário entender a causa do defeito e exemplificou, como possíveis causas, as não conformidades na matéria-prima, máquinas ou falha do operador. Assim, esse processo de discussão em grupo mostra a possibilidade de o moderador questionar o aluno diversas vezes sobre uma determinada situação que ambos vivenciaram até se chegar a uma idéia fundamental. Tal procedimento é semelhante ao método de solução de problemas utilizado na produção enxuta, conhecido como “os cinco porquês”. A partir de um determinado fato questiona-se sua origem, buscando a verdadeira causa do problema, que está além dos sintomas mais óbvios. Em contrapartida, na aula expositiva o questionamento é feito do aluno para o professor. Nesse processo o professor elabora a solução do questionamento para o aluno, diferentemente da discussão em grupo.

Em outra situação, o aluno X observou que as mudanças nos cenários poderiam diminuir uma determinada perda e, ao mesmo tempo, aumentar outra. Como consequência, este ponto levou à discussão no grupo sobre a necessidade de mensuradas as perdas para se poder avaliar onde estariam os maiores ganhos. Contudo, a discussão chegou a um terceiro nível, no qual se percebeu a importância dos padrões para a comparação entre o estado atual e futuro. Verifica-se num sistema produtivo enxuto esse desdobramento natural de ideias. Já no ambiente de sala de aula, esse processo só pode ocorrer se o aluno tiver a oportunidade de vivenciar tal experiência, que o faça refletir a respeito desse desencadeamento de ideias. Isso também demonstra que o aluno está estabelecendo uma rede de relações entre fatos, criando um conceito próprio sobre perdas. Dessa forma, este novo conceito é construído de modo integrado ao conhecimento pré-

vio. Esse processo de elaboração do entendimento sobre o conteúdo ocorre de forma acentuada durante a discussão em grupo.

Em alguns momentos, os alunos que já possuíam experiências práticas compartilharam seus conhecimentos com os demais colegas, fazendo associações das situações vivenciadas fora do ambiente de sala de aula com a simulação realizada. Tais experiências agregam conhecimentos que estão além do conteúdo programado pelo professor. Além disso, esse processo de associação do novo conceito com o conhecimento prévio facilita o aprendizado. (POZO, 2002). Portanto, deve-se incentivar a interação do aluno com seu objeto de estudo em sala de aula, de modo que ele possa expor e compartilhar suas experiências, o que é facilitado pelas discussões em grupo.

A experiência de maior impacto sobre os alunos ocorreu quando o moderador comentou que em todos os cenários houvera perda por superprodução. Os alunos não haviam percebido que a produção sempre havia excedido a demanda de 21 chocolates, apesar de terem tido a oportunidade de visualizar esse fato no quadro de indicadores (Tabela 1). Ao refletirem sobre o caso, os alunos perceberam que não estavam preocupados com o atendimento da demanda; consequentemente, perceberam que estavam buscando manter o ritmo de produção, conforme o aluno Y comentou. Isso é comum num sistema produtivo empurrado, já que nem os funcionários nem a gerência possuem ideia clara de atendimento da demanda. Acredita-se que numa situação futura em que o aluno vivenciar uma situação semelhante, poderá relacionar a experiência vivida em sala de aula com as perdas geradas por tal ação.

Finalmente, a estrutura proposta está de acordo com o estudo de Yazici (2005), cujo propósito de estudo foi examinar a influência de diferentes estilos de ensino no desempenho do aprendizado em grupo. O estudo mostrou que os estudantes de graduação preferem que o aprendizado seja compartilhado com seu professor e colegas. Isso demonstra que o aluno busca um aprendizado que seja guiado, estruturado e controlado e que seja realizado em atividades em sala de aula. O autor reforça a necessidade da combinação de várias técnicas de ensino, como simulações e discussões, para elevar o pensamento crítico, a comunicação e a capacidade de aplicação do aprendizado. Essas conclusões reforçam a importância da estrutura metodológica proposta neste trabalho para o ensino das perdas.

Já Atwater e Pittman (2006) vão além da discussão sobre a combinação de técnicas que visam aperfeiçoar o ensino. Os autores apresentam um questionamento crítico sobre a forma como as universidades têm preparado seus estudantes para a era dos sistemas (financeiro, produtivo, etc.). Os autores comentam que futuros gerentes, ou seja, os alunos de hoje, deveriam entender, antecipar e solucionar problemas considerando a forma como suas decisões afetariam a organização. Nesse aspecto, as condições necessárias para um pensamento sistêmico somente ocorrem quando o conhecimento é integrado, duradouro e passível de generalização entre contextos. Portanto, a estrutura de ensino apresentada neste trabalho vai ao encontro da proposta dos autores, fornecendo a base para a reestruturação do ensino atual para o ensino com enfoque sistêmico.

Contudo, na elaboração deste estudo de caso não foi possível adotar o enfoque sistêmico, pois a aplicação da estrutura metodológica não foi integrada ao programa da disciplina de sistemas produtivos enxutos. Para que fosse possível tal fato seria necessária uma reestruturação do programa da disciplina. Por exemplo, no momento de ensinar troca rápida de ferramentas, a discussão em grupo poderia estar focada em como esta técnica influencia na eliminação das perdas. Assim, a discussão em grupo direcionada à integração de novos conceitos com aqueles já adquiridos permitiria um conhecimento sistêmico sobre a produção enxuta.

## CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido teve como objetivo aprimorar o ensino da produção enxuta na formação dos engenheiros de produção. Para isso, desenvolveu-se uma proposta de estrutura metodológica para o ensino conceitual de perdas num sistema produtivo. Buscaram-se as condições mais apropriadas aos resultados de aprendizagem conceitual. Assim, a estrutura foi composta por três etapas: a exposição dos conceitos teóricos, apresentando as sete perdas; a dinâmica de grupo, na qual foi realizada uma simulação de um ambiente fabril; finalmente, a discussão em grupo, que permitiu o desenvolvimento da reflexão dos alunos.

A aula expositiva pôde apresentar os conceitos sobre as perdas no sistema produtivo. Contudo, esta forma de ensino acaba por desmotivar o aluno na participação do processo de aprendizagem. Faz-se necessária a utilização de técnicas

complementares para se aperfeiçoar o ensino conceitual das perdas, visando à coerência com a filosofia da produção enxuta. Dessa forma, a realização de uma simulação, como parte de uma dinâmica de grupo, permite focar a atenção do aluno no ambiente de sala de aula. Além disso, esta técnica pode auxiliar na representação dos principais aspectos de uma realidade fabril num ambiente restrito como a sala de aula. Nesse contexto, é possível gerar uma base para a discussão em grupo voltada à fixação do conhecimento. Tal processo de discussão e reflexão conduz o aluno a criar um novo conceito sobre perdas de modo integrado ao seu conhecimento prévio. Assim, a proposta da estrutura metodológica deste trabalho permite uma aprendizagem adequada para o aluno, pois se consegue fechar um ciclo de aprendizagem. A utilização dessas três técnicas pôde gerar o correto entendimento dos conceitos, auxiliar na sua generalização entre contextos distintos e fixá-los como conhecimento ao longo do tempo.

Entretanto, ao planejar a aplicação da estrutura metodológica deste trabalho foi identificada uma limitação na simulação, o que foi confirmado no momento da discussão em grupo. Os alunos tiveram dificuldades em assimilar a perda no processamento em si, por não estar bem representada na simulação. Assim, na fase de planejamento de uma aplicação da estrutura metodológica proposta a etapa em que se deve ter maior cuidado é na dinâmica de grupo. A qualidade da discussão será uma consequência da adequação da dinâmica de grupo àquilo que se deseja representar. No entanto, apesar de tal limitação na elaboração da simulação neste estudo de caso, os alunos consideraram adequada a aplicação da estrutura metodológica no ensino do conceito de perdas. Além disso, a estrutura metodológica foi considerada válida para a melhor assimilação do conhecimento e passível de ser incluída no escopo de uma disciplina de Sistemas Produtivos I.

Assim, este trabalho corrobora a necessidade de que as condições de aprendizagem sejam adequadas ou apropriadas aos resultados perseguidos pelo educador. Quando houver necessidade de um resultado de aprendizagem conceitual, poder-se-á utilizar a estrutura metodológica proposta neste trabalho. Do mesmo modo, uma reestruturação da disciplina de Sistemas Produtivos I que adote esta estrutura nas situações apropriadas permitirá uma abordagem sistêmica para a integração de conceitos. Para tal fim,

sugere-se também que haja um acompanhamento do educador quanto à adequação da estrutura metodológica ao ensino de conceitos, de um questionário realizado junto aos alunos. Também se pode verificar a efetividade da estrutura pelo monitoramento do desempenho dos alunos nas avaliações regulares.

Acredita-se que a estrutura metodológica proposta neste estudo possa adicionar valor aos recursos humanos formados pela universidade de uma forma mais eficiente. Por fim, conforme Mazonne (1995), se o sistema enxuto quebrou o paradigma pelo qual não era possível produzir em quantidade produtos com qualidade e variedade, da mesma forma, pode-se quebrar o paradigma educacional brasileiro de que a aula expositiva é adequada a todas as situações de ensino. Contudo, mudanças significativas, como adoção de novas metodologias de ensino, são freadas pelos próprios educadores. Um sistema educacional eficiente só será construído no momento que a comunidade acadêmica reconhecer a necessidade de adotar este sistema.

## REFERÊNCIAS

- ABEPRO. Associação Brasileira de Engenharia de Produção. *Saiba mais sobre EP*. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/interna.asp?p=333&m=439&s=1&c=417>>. Acessado em: 28 maio 2007.
- ANTUNES, C. *Técnicas pedagógicas de dinâmica de grupo*. São Paulo: Editora do Brasil, 1970.
- ATWATER, J. B.; PITTMAN, P. H. Facilitating systemic thinking in business classes. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, v. 4, n. 2, p. 273-292, 2006.
- BECKER, F. *Educação e construção do conhecimento*. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- BILLINGTON, P. J. A Classroom exercise to illustrate lean manufacturing pull concepts. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, v. 2, n. 1, p. 71-76, 2004.
- COX III, J. F.; WALKER II, E. D. Increasing student interest and comprehension of production planning and control and operations performance measurement concepts using a production line game. *Journal of Management Education*, v. 29, n. 3, p. 489-512, 2005.
- DEPEXE, M. D. et al. Apresentação de um jogo didático como ferramenta de apoio ao ensino da produção enxuta. *Gestão Industrial*, v. 2, n. 4, p. 140-151, 2006.
- DOYLE, D.; BROWN, F. W. Using a business simulation to teach applied skills – the benefits and the challenges of using student teams from multiple countries. *Journal of European Industrial Training*, v. 24, n. 6, p. 330-336, 2000.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 1991.
- KIRK, J. J. Playing games productively. *Training & Development*, v. 51, n. 8, p. 11-12, 1997.
- LIKER, J. K. *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. Madison: McGraw-Hill, 2004.
- MANN, D. *Creating a lean culture: tools to sustain lean conversions*. New York: Productivity Press, 2005.
- MAZZONE, J. O sistema “enxuto” e a educação no Brasil. In: VALENTE, J. A. *Computadores e conhecimento: Repensando a Educação*. Campinas: Nied, 1995. p. 1-33. Disponível em: <[www.nied.unicamp.br/publicacoes/separatas/Sep14.pdf](http://www.nied.unicamp.br/publicacoes/separatas/Sep14.pdf)>. Acesso em: 25 nov. 2007.
- NÉRICI, I. G. *Metodologia do ensino: uma introdução*. São Paulo: Atlas, 1981.
- OHNO, T. *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PIAGET, J. *A tomada de consciência*. São Paulo: Melhoramentos/Edusp, 1978.
- POZO, J. I. *Aprendizes e mestres: a nova cultura da aprendizagem*. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- PRODUCTIVITY PRESS. *Identifying waste on the shopfloor*. New York: Productivity Press, 2002.
- RONCA, A. C. C.; ESCOBAR, V. F. *Técnicas pedagógicas: domesticação ou desafio à participação?* Petrópolis: Vozes, 1984.
- RUSSEL, R. S.; TAYLOR III, B. W. *Operations management: quality and competitiveness in a global environment*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006.
- SALOPEK, J. J. Stop playing games. *Training & Development*, v. 53, n. 2, p. 28-38, 1999.
- SCHMITZ, E. F. *Fundamentos da didática*. São Leopoldo: Unisinos, 1993.
- SHINGO, S. *O sistema Toyota de produção – do ponto de vista da engenharia de produção*. Porto Alegre: Bookman, 1996a.
- SHINGO, S. *Sistemas de produção com estoque zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas*. Porto Alegre: Bookman, 1996b.
- SPEARS, S. J. Learning to lead at Toyota. *Harvard Business Review*, v. 82, n. 5, p. 78-87, 2004.
- YOGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- YAZICI, H. J. A study of collaborative learning style and team learning performance. *Education & Training*, v. 47, n. 2, p. 216-229, 2005.

## DADOS DOS AUTORES



### **Lynceo Falavigna Braghirolli**

Engenheiro mecânico -  
Habilitação em Produção pela  
Universidade Federal de Santa  
Catarina (2006). Mestrando  
em Engenharia de Produção  
na Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul, na área  
de sistemas produtivos.



### **Marcelo Hoss**

Graduado em Engenharia  
Química pela Universi-  
dade Federal do Rio Grande  
do Sul (2004) e mestre em  
Engenharia de Produção pela  
UFRGS (2007). Atualmente  
é professor e doutorando do  
Dept. de Engenharia de Produção da UFRGS.