

# O “HEYJUNKA DIDÁTICO”: UM JOGO INTERDISCIPLINAR QUE AUXILIA NA ELEVAÇÃO DA APRENDIZAGEM SOBRE A PRODUÇÃO ENXUTA

Fábio Almeida Có<sup>1</sup>; Márcio Almeida Có<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UNIVIX, Engenharia de Produção Civil  
29075-080 – Vitória – Espírito Santo  
falmco@uol.com.br

<sup>2</sup>UNIVIX, Engenharia Elétrica  
29075-080 – Vitória – Espírito Santo  
marcio.co@uol.com.br

**Resumo:** *Este trabalho propõe como objetivo principal o desenvolvimento e a aplicação de uma estratégia lúdica de ensino-aprendizagem capaz de promover a elevação das percepções do alunado sobre a produção enxuta no que diz respeito ao nivelamento da produção (heyjunka). Essa estratégia é fundamentada na epistemologia construtivista e se resume na aplicação de um jogo de nivelamento utilizando cartas de baralho e um microcomputador para análise estatística dos resultados.*

**Palavras-chave:** *Heyjunka, Ludismo, Produção Enxuta.*

## 1. INTRODUÇÃO

É sabido que a utilização de jogos e simulações, se bem organizada e estrategicamente conduzida pelos docentes, serve como facilitadora do processo de ensino-aprendizagem em sala de aula. De modo particular nos cursos de Engenharia de Produção, os professores que se utilizam desse expediente costumam simular primeiramente uma situação convencional de produção, promovendo diversas coletas de dados junto com os alunos e, em seguida, alteram o contexto da produção, permitindo então, novas coletas de dados para novas análises. Essa dinâmica de simulação costuma ser utilizada com sucesso, dando ao alunado subsídios para que ele possa fazer inferências, comparações, deduções e exposições de fatos, entre contextos distintos de produção, fazendo com que o aprendizado dos envolvidos seja mais significativo.

Este artigo apresenta a aplicação de um jogo de produção criado com o nome de “heyjunka didático” ou jogo do nivelamento da produção. Esse jogo compara aspectos do contexto da produção em massa com os da produção enxuta, por isso, ele pode ser classificado como um lean game ou JIT game. Como o jogo utiliza cartas de baralho, ele pode ser classificado também como um jogo de primeira geração. É fundamentado no construtivismo Piagetiano pois, antes da aplicação das simulações propriamente ditas, faz-se um estudo das concepções prévias do alunado sobre o nivelamento da produção, para que essas concepções sejam reconstruídas e elevadas durante o jogo. Além disso, o jogo vem acompanhado de estatística inferencial eliminando quaisquer dúvidas resultantes dos efeitos randômicos das simulações.

O jogo aqui proposto possui, portanto, três fases distintas: captura da percepção; simulação e inferência estatística. Utilizam-se cartas de baralho nas duas primeiras fases (mais especificamente, “ás”, “rei”, “dama” e “valete”, que fazem o papel dos quatro tipos de

produtos solicitados pelos clientes em proporções distintas) e ferramentas de estatística inferencial do MS Excel para a terceira fase.

## **2. 1ª FASE DA DINÂMICA: REVELANDO AS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DO ALUNADO**

No desvelamento das concepções prévias do alunado, o trabalho foi realizado com três turmas de formandos em engenharia, totalizando 60 alunos investigados e distribuídos em 15 grupos de 4 alunos. A cada grupo, o docente entregou 14 cartas de baralho, compostas de seis “ases”, três “reis”, três “damas” e dois “valetes”, representando quatro produtos diferentes. Em seguida, foi solicitado que cada grupo desenvolvesse uma estratégia própria de sequenciamento da produção, assim como a justificativa para essa estratégia.

O resultado do sequenciamento na perspectiva do alunado foi surpreendentemente semelhante à do ideário taylorista pois, com pequenas variações não dignas de nota e fundamentado no problema dos tempos de setup, os grupos decidiram produzir uma seqüência de seis “ases”, seguida dos três “reis”, das três “damas” e, por fim, os dois “valetes”, conforme “Figura 1”.



Figura 1 – Plano de produção na concepção do alunado.

O que se pode perceber dessa experiência é que, mesmo já tendo estudado as vantagens das Trocas Rápidas de Ferramentas (são alunos formandos), na prática, não ocorreu com o alunado a tão desejada mudança de paradigma, ou seja, esses alunos continuam temendo os tempos de setup sem sequer fazerem uma reflexão preliminar sobre os possíveis problemas da abordagem tradicional, como: a produção antecipada, responsável pelo aumento dos pedidos atrasados e dos estoques em processo; o aumento dos desperdícios por falta de qualidade, visto que uma não conformidade pode ser detectada tardiamente; as doenças ocupacionais geradas pelos movimentos repetitivos da produção em massa.

Esse erro de percepção do alunado, fruto de suas concepções prévias deve, todavia, ser utilizado pelo docente construtivista como pré-requisito para a criação da simulação na segunda fase da dinâmica ou fase de elevação da percepção.

PERRENOUD (2000, p.32), utiliza fortemente o ideário construtivista, quando cita que os erros dos alunos revelam em que direção eles caminham, e cita inclusive que o docente deve utilizar esses erros como estratégia pedagógica para a melhoria do aprendizado. Além disso, Perrenoud sugere que os professores tenham conhecimento de psicologia cognitiva.

A didática das disciplinas interessa-se cada vez mais pelos erros e tenta compreendê-los, antes de combatê-los. ASTOLFI (1997) propõe que se considere o erro como uma ferramenta para ensinar, um revelador dos mecanismos de pensamento do aprendiz. Para desenvolver essa competência, o professor deve, evidentemente, ter conhecimentos em didática e em psicologia cognitiva. De início, deve interessar-se pelos erros, aceitando-os como etapas estimáveis do esforço de compreender, [...] proporcionando ao aprendiz, [...] os meios para tomar consciência deles, identificar sua origem e transpô-los.

### **2.1 – Fundamentação teórica da 1ª fase da dinâmica: a importância de se conhecer as concepções prévias do alunado e as Trocas Rápidas de Ferramentas auxiliando nos setups**

### ***Sobre as concepções prévias do alunado***

A adoção do sequenciamento tradicional realizada pelos alunos pode ser explicada por MORETTO (2005, p.36), o qual cita que no ensino tradicional o professor simplesmente transfere o conhecimento ao alunado por meio de uma descrição, independente do contexto do observador. Moretto explica então, que nessa relação, “[...] o conhecimento é um conjunto de verdades de natureza ontológica, em que o professor é o transmissor do conhecimento, e o aluno é o receptor, repetidor das mesmas”.

Em MORETTO (2003, p.99), o autor cita ainda que no ensino tradicional as informações, muitas vezes não possuem o menor significado para o aluno, e que, para ele,

[...] não cabe o papel de escolher o que deve ou não deve saber, nem a maneira pela qual a aprendizagem deva ser feita. Alguém já escolheu e planejou por ele. A ele cabe aprender o que é colocado, da forma com foi planejado e repetir no momento da verificação da aprendizagem.

MOREIRA (1996, p. 53) cita uma outra faceta da educação tradicional, particularmente importante para este trabalho, que é a negação do lúdico. Moreira cita que

A educação tradicional evita o jogo porque não se preocupa com a auto-expressão; o que vale é o atendimento a regras preestabelecidas que devem ser apenas cumpridas ou no máximo melhoradas em um caminho previamente traçado.

MORETTO (2005), diz no entanto, que uma nova epistemologia toma corpo em nossos dias, em oposição à que chamamos de tradicional. É a perspectiva construtivista, em que o conhecimento deixa de ser representado como uma descrição de mundo e passa a ser uma construção, resultante das experiências do sujeito, em sua interação com o mundo físico e social. O autor cita também, que o ensino construtivista valoriza as concepções prévias dos alunos, tornando-as ponto de partida para aprendizagem de novas concepções (concepções acadêmicas), ou seja, aproveita-se a estrutura cognitiva do alunado, formada pelo conjunto de suas idéias, suas experiências e seus paradigmas ligados ao senso comum, para propor as concepções acadêmicas, facilitando a justaposição entre as duas concepções.

Ainda sobre a utilização das concepções prévias como ponto de partida, ANTUNES (1998, p.100) cita que

[...] percebe-se que a construção do saber se dá pela transformação do que anteriormente se conhece; se nada se conhece, nada existe para ser transformado e, portanto, o foco do saber se cristaliza no ponto de partida do local conhecido para o endereço a aprender.

Para DEMO et al (2001, p.8)

[...] normalmente reconstruímos conhecimento, porque partimos do que já conhecemos, aprendemos do que já está disponível na cultura; a construção do conhecimento também pode ocorrer, mas é um passo de originalidade acentuada, dificilmente aplicável ao dia-a-dia.

### ***Sobre as Trocas Rápidas de Ferramentas auxiliando nos setups***

Formulada por Shingeo Shingo e aplicada por Taiichi Ohno na Toyota, a Troca Rápida de Ferramentas foi elaborada, partindo-se da hipótese de que qualquer setup pode ser executado em menos de 10 minutos.

SHINGO (1996) cita que o aumento no tamanho dos lotes de produção serve para reduzir os custos de preparação ou de setup. Segundo ele essa é a razão pela qual o pessoal da produção tenta maximizar o tamanho dos lotes. Ainda segundo SHINGO (1996, p. 13)

Qualquer um que analise cuidadosamente o Sistema Toyota de Produção chegará à seguinte conclusão: a redução nos tempos de *setup*, obtida com a ajuda do sistema TRF (Troca rápida de Ferramentas) é essencial. É por esse

motivo que podemos dizer que o sistema TRF é a condição sine qua non do Sistema Toyota de Produção.

Para BLACK (1998, p. 132), a adoção de programas de TRF é uma idéia revolucionária, por não necessitar de altos investimentos em equipamentos sofisticados, resumindo-se em uma análise de tempos e movimentos aplicada aos setups. Black cita que a redução dos tempos de setup favorece a “[...] troca mais freqüente de ferramentas, tamanhos de lotes menores, menores custos de inventário e menores tempos de atravessamento”.

Para WOMACK & JONES (2004, p. 50) o JIT só pode funcionar com eficácia, se os setups forem rigorosamente reduzidos, para que as operações do início do fluxo “[...] produzam pequeninas quantidades de cada peça e, em seguida, produzam uma outra pequenina quantidade assim que as peças já produzidas forem solicitadas pelo próximo processo”.

Segundo SHINGO (1996) o tempo de setup compreende quatro funções:

- Preparação da matéria-prima, dispositivos de montagem, acessórios, etc. que representam aproximadamente 30% do tempo total;
- Fixação e remoção de matrizes e ferramentas, que representam aproximadamente 5% do tempo total;
- Centragem e determinação da dimensão das ferramentas, que representam aproximadamente 15% do tempo total; e
- Processos iniciais e ajustes, que representam aproximadamente 50% do tempo total.

Ao estudar a distribuição dos tempos durante os setups, SHINGO (1996) formulou a teoria para a TRF, resumida por TUBINO (1999) nos estágios a seguir:

- Identificar e separar o *setup* interno do externo - classificam-se as atividades de *setup* em internas (executadas com a máquina parada), externas (executadas com a máquina em operação) e desnecessárias, com seus referidos tempos. Em seguida, eliminam-se as atividades desnecessárias e separam-se criteriosamente as atividades internas das externas. Segundo SHINGO (1996) a simples classificação e reorganização das atividades de *setup* pode reduzir o tempo de parada de uma máquina entre 30 e 50%;
- Converter o *setup* interno em externo - após a reorganização das atividades, estudam-se se os *setups* internos não podem realmente ser executados com a máquina em operação, reduzindo o tempo de máquina parada; e
- Simplificar e melhorar os pontos relevantes - agora com as atividades reorganizadas, e com um número mais reduzido de atividades internas (menos tempo de máquina parada efetivamente), pode-se proceder à otimização das atividades, reduzindo seus tempos e custos.

Segundo TUBINO (1999) a TRF deve ser implementada a partir do processo de TQC com a participação dos operadores, objetivando a eliminação completa do setup. TUBINO (1999, p.131) cita que a eliminação do setup deve ser o objetivo final da TRF e diz que “[...] o melhor setup é aquele que não existe, ou seja, em vez de se supor que os setups são inevitáveis, deve-se responder à seguinte pergunta: como produzir itens diferentes sem promover setups?”.

### **3. 2ª FASE DA DINÂMICA: APLICAÇÃO DE UM JOGO DE SIMULAÇÃO PARA A ELEVAÇÃO DA PERCEPÇÃO DO ALUNADO**

O jogo ocorre sobre um painel com duas fileiras, formadas por 14 lacunas cada uma, para colocação de cartas de baralho, uma fileira sobre a outra. A fileira de cima representa o plano de produção e a de baixo representa os pedidos do cliente. Nessa primeira parte do jogo o

docente simula uma fábrica taylorista (de acordo com as concepções do alunado), arrumando a primeira fileira na seqüência AAAAAAKKKQQQJJ, conforme esquema da “Figura 2”. Essa seqüência da primeira fileira representa o que o “pessoal” da produção deve obrigatoriamente fabricar a cada rodada. Na “Figura 3”, podem ser observados detalhes do painel real utilizado em sala de aula.

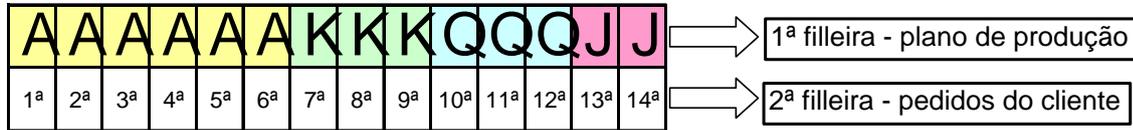


Figura 2 – Esquema básico do jogo – comparação entre o fabricado e o solicitado.



Figura 3 – “Heyjunka didático” concebido em painel articulado e utilizado em sala de aula.

O painel com a primeira fileira já arrumada (plano de produção) é apresentado para o alunado; o docente, então, deve eleger um dos alunos da turma para embaralhar outras 14 cartas similares (pedidos aleatórios do cliente – outras cartas com seis “ases”; três “reis”; três “damas” e dois “valetes”). A cada rodada, então, uma das 14 cartas já embaralhadas é retirada e colocada no jogo, representando uma solicitação do cliente (“carta pedido”). Caso ela não coincida com alguma carta da primeira fileira até aquela rodada (“carta estoque”), significa que um pedido de compra não coincidiu com qualquer produto fabricado até o momento. Assim, a carta retirada deve ser colocada no espaço vago da rodada correspondente na segunda fileira, esperando para ser atendida. Na simulação representada pela “Figura 4”, por exemplo, observa-se que na primeira rodada é produzido um “ás” e o cliente solicita um “rei”; então, o resultado da primeira rodada é: um “ás” estocado e um pedido de “rei” atrasado. Já na segunda rodada é produzido outro “ás” e o cliente solicita uma “dama”; o resultado da segunda rodada é, portanto: dois “ases” estocados e dois pedidos atrasados, um “rei” e uma “dama”.

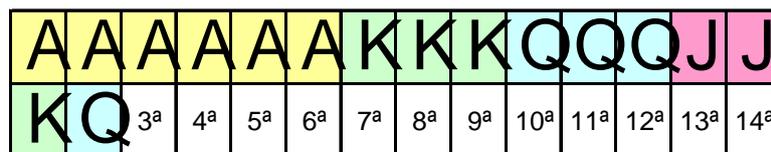


Figura 4 – Simulação de duas rodadas, dois produtos estocados e dois pedidos atrasados.

Caso a carta retirada coincida com alguma carta já estocada na primeira fileira, o pedido deve ser imediatamente atendido. Nesse caso, a carta retirada ou a “carta pedido” deverá ocupar a mesma lacuna da “carta estoque” correspondente mais antiga daquele produto na primeira fileira. Recomenda-se, neste caso, que as costas da “carta pedido” encubram a frente da “carta estoque”, representando que aquele estoque já atendeu o seu pedido. Na continuação da simulação representada pela “Figura 5”, por exemplo, o cliente solicita um “ás” na terceira rodada e o resultado é: esse pedido é atendido, sobrepondo essa carta ao “ás” fabricado na primeira rodada da primeira fileira.

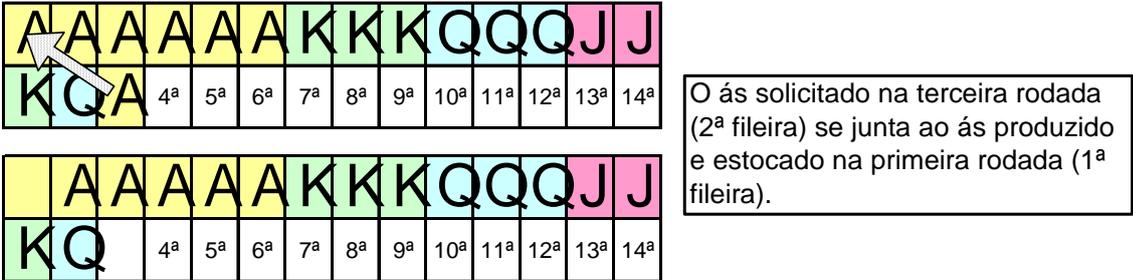


Figura 5 – na terceira rodada o primeiro pedido é atendido.

Verifica-se ainda, pela “Figura 5”, que o pedido de um “rei” solicitado na primeira rodada deve esperar até a sétima rodada para ser atendida e, que o pedido de uma “dama” solicitada na segunda rodada deve esperar até a décima rodada para o atendimento.

Todavia, o efeito mais interessante ocorre quando um aluno retira um “valete” na primeira ou na segunda rodada; nesse caso, não tão raro, com quase 30% de probabilidade de ocorrência, toda a turma fica imaginando e comentando como o fornecedor deve ficar irritado em ser atendido apenas na 13ª rodada. Esses casos animam enormemente o jogo e todos já começam a especular sobre um mix de produto e sobre a aplicação da Troca Rápida de Ferramentas.

Após o término de cada rodada, um aluno deve anotar no computador os seguintes dados: número de produtos estocados e número de pedidos atrasados. Após as 14 rodadas o docente refaz o painel, agora na perspectiva lean da produção nivelada ou heijunka, de modo que o mix e volume de produtos sejam constantes na primeira fileira, na seqüência AAKQJAAKQJAAKQ, e então recomeça o jogo, conforme “Figura 6”.

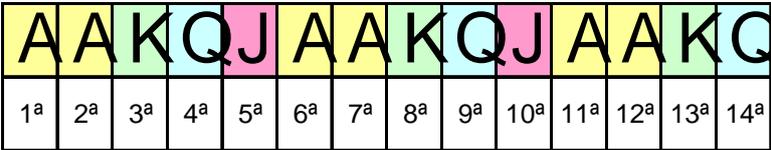


Figura 6 – Mix de produtos na primeira fileira para recomeçar o jogo na perspectiva lean.

Após o término do novo jogo os alunos devem comparar as concepções Tayloristas com as concepções lean, no que diz respeito aos os níveis de estoques e pedidos atrasados. Na “Figura 7”, pode-se observar toda a dinâmica sendo desenvolvida, com uma aluna escolhendo as cartas aleatoriamente e, manipulando o painel, enquanto um aluno cadastra no computador, os estoques em processo e os pedidos atrasados.



Figura 7 – Alunos jogam o “heijunka didático” e cadastram no computador os níveis de estoque e os pedidos atrasados.

### 3.1 – Fundamentação teórica da 2ª fase da dinâmica: a aplicação de jogos simulados e a questão do Heijunka

#### *Sobre a aplicação de jogos simulados*

Para MACHADO & CAMPOS (2003, p.3), a sutil diferença entre o jogo e a simulação é que “o jogo é um tipo muito característico de simulação. Em contraste com a simulação pura, necessita do emprego do elemento humano ativamente para ser executado [...]”.

Além do elemento humano, BARÇANTE & PINTO (2003) citam que as simulações se tornam sinônimos de jogos quando incluem um elemento competitivo e são sujeitas a regras predefinidas.

De acordo com MOREIRA (1996), mesmo que os jogos sejam baseados em regras, eles não são aplicados para impedir a liberdade de expressão. As regras surgem apenas para auxiliar o cumprimento de um objetivo comum.

Segundo OLIVEIRA (2004, p.7), quando as pessoas jogam com utilização de regras, as habilidades e competências cognitivas e sociais que são desenvolvidas “[...] passam a fazer parte de sua estrutura mental, podendo ser generalizadas para outras situações quaisquer”. A autora denomina esse fenômeno “plasticidade do cérebro”, explicando que a busca e a seleção de estratégias durante um jogo são refinadas com a experiência, melhorando o desempenho do jogador não somente nesse contexto específico, mas também em contextos similares.

De acordo com OLIVEIRA (2004, p.9), por meio dos jogos um problema passa a ser encarado

[...] não mais como algo que inspira receio, aversão, levando ao afastamento ou à busca de auxílio externo para resolvê-lo, mas configura-se como algo atraente e estimulante, despertando a atenção e o raciocínio [...].

GRAMIGNA (1993) classifica como “jogos simulados” as atividades que integram a ludicidade dos jogos às vantagens educacionais das simulações.

KRUYKOV & KRUYKOVA (1986) enunciam que os jogos simulados devem representar uma situação da realidade, permitir a comunicação e a interação entre participantes e ser acompanhados de reflexões sobre os acontecimentos.

Para Van de ZEE & SLOMP (2005), as simulações e os jogos podem ser usados para suportar sistemas de manufatura enxuta. Os autores citam que os jogos de simulação podem ser usados para demonstrar a aplicabilidade dos conceitos lean numa linha de produção, além

de treinar os trabalhadores para tomar decisões apropriadas dentro desse conceito. Como exemplo, SUN (1998) apresenta um jogo que simula um sistema de produção de veículos. O objetivo do jogo é percorrer e comparar os princípios lean com os do MRP (Material Requirement Planning). O autor utiliza unicamente papel e cartas de baralho para reproduzir os carros e o sistema kanban utilizado na linha de montagem.

Segundo BAKER (2005), o papel dos lean games na simulação de operações enxutas representa um método poderoso, não somente para dar o conhecimento de como as várias ferramentas lean trabalham, mas também para mostrar às pessoas os ganhos que poderiam ser alcançados executando-se essas ferramentas. Para o autor, esses jogos permitem que os operários vislumbrem a situação de suas empresas dentro de dois a três anos, escrevam seus objetivos e construam seus itinerários.

### ***Sobre o Heijunka***

Para NIIMI (2006), caso a produção consiga acompanhar exatamente uma demanda sazonal, a produção seria muito alta em alguns dias e muito baixa em outros, gerando “picos” e “vales” de produção, aparecendo tempos inativos durante os “vales”. Para o autor, a solução é pegar todos os pedidos durante certo período de tempo e colocá-los em banco de pedidos, para então, nivelar a produção. O autor esclarece que, mesmo que a produção não se torne uma linha reta, os picos e os vales têm uma variação menor e são mais previsíveis. Isto é o heijunka.

LIKER (2005, p. 123), cita que quando uma empresa tenta “fabricar por pedido”, ela entra num contexto de fabricação que ‘acelera e desacelera a produção. Esta empresa está na verdade, “[...] pedindo aos clientes que esperem de seis a oito semanas pelo produto ‘feito sob encomenda’. Alguns clientes ‘especiais’ podem furar a fila e conseguir que sejam atendidos à custa da grande maioria de clientes”. LIKER sugere que, se a empresa acumular pedidos e nivelar o plano, ele conseguirá:

- Reduzir os *lead times* de produção;
- Eliminar estoques de peças; e
- Oferecer prazos muito menores para todos os clientes.

Para SHARMA & MOODY (2003, p. 110), “o nivelamento da produção significa adaptar os volumes de produção à demanda do cliente considerando as variações tanto em volume quanto em variedade de produtos”. Para os autores, para controlar as flutuações na produção, deve-se avaliar a demanda mensal por produto e criar um programa diário de produção sincronizado com as demandas do cliente.

MARCHWINSKI & SHOOK (2003) explicam que o nivelamento do tipo e da quantidade de produção durante um período fixo de tempo permitem que a produção atenda eficientemente às exigências do cliente, reduzindo: excesso de estoque; custos; mão-de-obra e lead time de produção em todo o fluxo de valor.

## **4. 3ª FASE DA DINÂMICA: INFERÊNCIA ESTATÍSTICA COMPROVANDO MATEMATICAMENTE AS VANTAGENS DO HEIJUNKA**

Após a execução dos jogos que simulam duas expectativas distintas de produção, deve-se pedir aos 15 grupos de alunos em questão, que joguem o suficiente para acumular pelo menos 30 registros dos estoques em processo médio (WIP médio) e de suas variâncias, como também, do número médio de pedidos atrasados e de suas variâncias para a análise inferencial da diferença entre as médias. Coletados os dados, os alunos construíram a “Tabela 1” abaixo.

Tabela 1 – Médias e variâncias dos WIP’s e dos pedidos atrasados.

N° de jogos	Produção em Massa (estoques em processo e pedidos atrasados)		Produção <i>Lean</i> (estoques em processo e pedidos atrasados)	
	Média	Variância	Média	Variância
1	1,21	1,10	1,00	0,31
2	2,64	2,25	1,07	0,53
3	2,36	1,94	0,93	0,38
4	2,00	1,08	1,36	0,71
5	1,79	0,95	1,21	0,34
6	1,86	1,21	1,14	0,44
7	2,21	1,87	0,79	0,49
8	1,57	1,03	1,14	0,29
9	2,29	1,45	1,21	0,49
10	2,79	2,18	0,64	0,40
11	2,29	1,91	0,64	0,25
12	1,57	1,65	1,57	1,65
13	2,86	2,90	2,86	2,90
14	1,79	1,10	1,79	1,10
15	2,07	1,76	2,07	1,76
16	2,71	1,91	0,86	0,44
17	1,36	0,40	1,07	0,53
18	2,07	0,99	1,00	0,46
19	2,00	1,23	1,36	0,40
20	1,57	1,19	1,36	0,55
21	2,43	1,34	1,14	0,29
22	1,29	0,99	0,86	0,75
23	1,64	1,02	1,07	0,38
24	2,50	1,50	1,07	0,69
25	1,43	0,88	1,08	0,58
26	2,36	1,32	1,15	0,31
27	2,14	1,52	0,54	0,44
28	2,14	2,29	1,00	0,17
29	2,50	1,81	0,31	0,23
30	2,50	1,96	0,62	0,26

Da “Tabela 1” extraem-se os dados necessários para o cálculo da diferença entre médias, quais sejam:

- Média das médias dos estoques em processo e pedidos atrasados na produção em massa = 2,06;
- Variância média dos estoques em processo e pedidos atrasados na produção em massa = 0,29;
- Média das médias dos estoques em processo e pedidos atrasados na produção *lean* = 1,13;
- Variância média dos estoques em processo e pedidos atrasados na produção *lean* = 0,32.

A amostra de tamanho  $n = 30$  foi escolhida com base no teorema do limite central, segundo o qual, para amostras com tamanhos maiores ou iguais a 30 (amostras grandes), a distribuição das médias amostrais já pode ser aproximada de uma distribuição normal. Considera-se ainda que, se as variâncias das populações forem desconhecidas, as variâncias das amostras produzirão uma boa estimativa.

Além de se definir o universo e a amostra dos sujeitos sobre a qual se aplica a análise, define-se também o grau de confiança que define o intervalo dentro do qual se encontra o verdadeiro valor que representa a população. Nesta experiência, o grau de confiança adotado é de 95%.

Segundo MONTGOMERY E RUNGER (2003), a opção 95% é adequada porque proporciona bom equilíbrio entre a precisão (refletida na amplitude do intervalo de confiança) e a confiabilidade (expressa pelo grau de confiança).

MONTGOMERY E RUNGER (2003) citam que

Muitos problemas em engenharia requerem que decidamos entre aceitar ou rejeitar uma afirmação acerca de algum parâmetro. A afirmação é chamada de hipótese e o procedimento de tomada de decisão sobre a hipótese é chamado de teste de hipóteses. Esse é um dos mais úteis aspectos da inferência estatística, uma vez que muitos tipos de problemas de tomada de decisão, testes ou experimentos, no mundo da engenharia, podem ser formulados como problemas de teste de hipóteses. Gostamos de imaginar o teste estatístico de hipóteses como o estágio de análise dos dados de um experimento comparativo, em que o engenheiro está interessado, por exemplo, em comparar a média de uma população a um certo valor especificado.

LAPPONI (2000) apresenta de forma bastante simples uma ferramenta computacional para resolver problemas de diferença entre médias. A ferramenta disponível no software Excel da Microsoft chama-se “Teste-Z: duas amostras para médias”, conforme “Figura 8”.

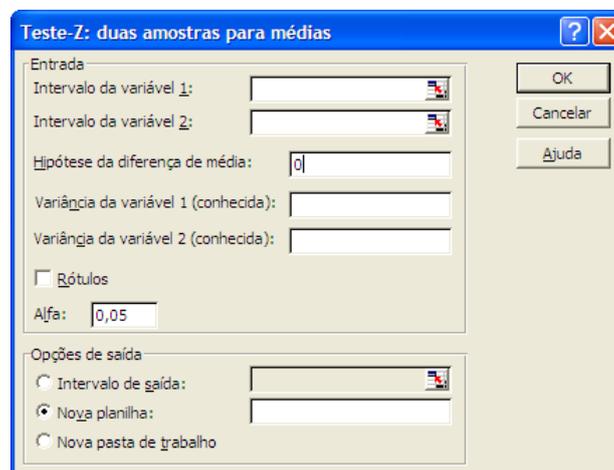


Figura 8 - Caixa de diálogo Teste Z: duas amostras para média.

No contexto da simulação de “chão de fábrica” proposta neste artigo, essa ferramenta serve para comparar se as médias de WIP (estoques em processo) e de pedidos atrasados obtidos nas duas perspectivas do ensaio são as mesmas (“hipótese nula”). A hipótese nula deverá ser aceita ou rejeitada pelo teste-Z, dependendo do nível de significância, apurado, que neste trabalho é de 5% (alfa da “Figura 8”) que representa o grau de confiança adotado e já justificado de 95%. Para as variâncias adotam-se as médias das variâncias das amostras já listados.

#### 4.1 – Aplicação do Teste-Z e análise dos resultados

A “Tabela 2” apresenta o resultado do teste Z: duas amostras para média. Pode-se observar nesta tabela, que há uma hipótese de que não existam diferenças entre os dois contextos estudados (Hipótese da diferença entre médias = 0). Todavia, como o p-value ou o nível de significância observado é menor que o nível de significância adotado ( $5,73517E-11 < 0,05$ ), pode-se afirmar matematicamente que a aplicação do heijunka reduz quase pela metade os estoques em processo e o número de pedidos atrasados (de 2,06 para 1,13).

Não fosse a aplicação do Teste Z, alguns alunos poderiam equivocadamente, comparar, por exemplo, o jogo n° 1, em que o WIP e os pedidos atrasados têm média de 1,21 para produção em massa, com o jogo n° 13, em que esses valores sobem para 2,86 para produção lean. Nesse caso, eles poderiam, inclusive, achar que a produção em massa é a mais vantajosa, o que seria um grande engano.

Tabela 2 – Resultados do Teste Z, confirmando que os contextos analisados são matematicamente diferentes

	Variável 1 ( <i>lean</i> )	Variável 2 ( <i>massa</i> )
Média	1,13	2,06
Variância conhecida	0,32	0,29
Observações	30	30
Hipótese da diferença entre médias	0	
Alfa	0,05	
p-value	5,73517E-11	Rejeitar hipótese

## 5. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a aplicação deste jogo, conduzido pelo docente e seguindo as etapas da epistemologia construtivista, quais sejam: captação da percepção; elevação da percepção e inferência estatística, auxiliou na elevação dos conhecimentos dos alunos, porquanto eles foram capazes de deduzir as vantagens do *heyjunka* no ambiente de produção. Em outras palavras, os alunos que participaram do “*heyjunka* didático” conseguiram reformular suas concepções prévias, evoluindo para concepções mais complexas acerca da produção lean; além disso, esses alunos puderam participar de um projeto lúdico e interdisciplinar em que foi possível mobilizar e articular conhecimentos de disciplinas distintas na solução de problemas.

Isso posto, cumpre-se o objetivo principal deste trabalho, que diz respeito ao desenvolvimento e à aplicação de uma estratégia lúdica de ensino-aprendizagem para promover a elevação das percepções do alunado sobre a produção enxuta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, C. **As inteligências múltiplas e seus estímulos**. Campinas, SP: Papyrus, 1998.
- ASTOLFI, Jean Pierre et al. **Mots-clés de la didactique des sciences**. Pratiques Pèdagogies, De Boeck & Larcier S. A. Bruxelas, 1997.
- BAKER, P. Lean Thinking – the game people play. **Woks management**, UK, vol. 58, n. 2, p. 24-6, Feb. 2005.
- BLACK, J.T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- DEMO, P.; DE LA TAILLE, Y.; HOFFMANN, J. **Grandes pensadores em educação: o desafio da aprendizagem, da formação moral e da avaliação**. Porto Alegre: Mediação, 2001.
- GRAMIGNA, M. R. M. **Jogos de empresa**. São Paulo: Pearson Makron Books, 1993.

KRUYKOV, M. M. & KRUYKOVA, L. I. Toward a simulation games classification and game dialogue types. **Simulation Games**, 17 (3) 393-402, 1986.

LAPPONI J. C. **Projetos de investimento: construção e avaliação do fluxo de caixa**. São Paulo: Laponi Treinamento e Editora, 2000.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MACHADO A. O.; CAMPOS R. Proposta de um jogo de empresas para a simulação de operações logísticas. In: Simpósio de Engenharia de Produção – SIMPEP, 2003, Bauru. **Anais do SIMPEP**, 2003. V.1.

MARCHWINSKI, C.; SHOOK, J. **Léxico Lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

MONTGOMERY D. C. & RUNGER G. C. **Estatística aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

MOREIRA, P. R. **Psicologia da Educação: interação e identidade**. São Paulo: FTD, 1996.

MORETTO, V. P. **Construtivismo: a produção do conhecimento em aula**. Rio de Janeiro: DP&A editora, 2003.

MORETTO, V. P. **Prova: um momento privilegiado de estudo não um acerto de contas**. Rio de Janeiro: DP&A editora, 2005.

NIIMI A. Sobre o Nivelamento (Heijunka) - Adaptado de discurso proferido para a "Manufacturing Week" em Chicago, fev 2004. Disponível em: <[http://www.lean.org.br/bases.php?interno=comunidade\\_artigos](http://www.lean.org.br/bases.php?interno=comunidade_artigos)>. Acesso em: 5 jun. 2006.

OLIVEIRA, V. B. **Jogos de regras e a resolução de problemas**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2004.

PERRENOUD, P. **Pedagogia diferenciada: das intenções à ação**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

SHARMA A. & MOODY P. E. **A máquina perfeita: como vencer na nova economia produzindo com menos recursos**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

TUBINO, D. F. **Sistemas de Produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.

VAN DER ZEE, D.J; SLOMP, J. Simulation and gaming as a support tool for lean manufacturing systems – a case example from industry. **Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference**, IEEE, Piscataway, NJ, USA, p.10, dec. 2005.

WOMACK J.P. & JONES D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas lean thinking: elimine o desperdício e crie riqueza.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

**THE "DIDATIC HEYJUNKA": AN INTERDISCIPLINARY GAME THAT HELPS THE RAISING OF LEARNING ABOUT THE LEAN PRODUCTION.**

***Abstract:** This paper proposes as its main objective the development and implementation of a teaching-learning strategy game capable of promoting the elevation of the perceptions of students on the lean production regarding the levelling of production (heyjunka). This strategy is based on epistemology constructivist and is all about implementing a levelling game using a pack of playing cards and a microcomputer for statistical analysis of the results.*

***Keywords:** : Heyjunka, Ludism, Lean Production.*