

**REVISTA DE  
EMPREENDEDORISMO,  
NEGÓCIOS E INOVAÇÃO**

ISSN 2448-3664

**Marcos Ricardo Rosa  
Georges**

Professor e pesquisador do Centro de Economia e Administração da Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Bacharel em Matemática Aplicada e Computacional, Mestre e Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas.

[http://lattes.cnpq.](http://lattes.cnpq.br/3209476953629191)

[br/3209476953629191](http://lattes.cnpq.br/3209476953629191)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC**  
AVENIDA DOS ESTADOS, 5001  
BAIRRO BANGU, SANTO ANDRÉ - SP.  
CEP 09210-580

E-MAIL: [RENI@UFABC.EDU.BR](mailto:RENI@UFABC.EDU.BR)

**COORDENAÇÃO**  
AGÊNCIA DE INOVAÇÃO INOVAUFABC



# O APRENDIZADO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO BASEADO EM PROBLEMAS

## ***THE PRODUCTION PLANNING AND CONTROL PROBLEMS BASED LEARNING***

### RESUMO

Este artigo apresenta uma proposta para a adoção da metodologia Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) para a disciplina de Planejamento e Controle da Produção, mais especificamente para o ensino e aprendizagem do Planejamento dos Recursos da Manufatura (MRPII). A proposta consiste na apresentação de nove problemas que percorrerão todas as etapas do método MRPII a partir de um simples, porém familiar, produto que será demandado em um volume grande o suficiente para sair da escala artesanal e atingir uma escala industrial. Ao percorrer todos os problemas sugeridos na proposta conforme o aluno percorrerá todas as fases necessárias ao planejamento e controle da produção segundo o MRPII e, ao fazer este percurso através da metodologia PBL, os resultados evidenciam um aumento significativo do envolvimento, assiduidade e interesse dos alunos. Por fim, uma breve revisão sobre o Aprendizado Baseado em Problema (PBL) e Planejamento dos Recursos da Manufatura (MRPII) completam o artigo.

**Palavras-chave:** Planejamento e Controle da Produção; Planejamento dos Recursos da Manufatura; Aprendizado Baseado em Problemas; Ensino e Pesquisa em Administração

### ABSTRACT

*This paper presents a proposal for the adoption of the Problem Based Learning (PBL) methodology for the Production Planning and Control discipline, specifically for Manufacturing Resource Planning (MRPII) teaching and learning. The proposal consists in the presentation of nine problems that will cover all the steps of the MRPII method from a simple but familiar product that will be demanded in a volume large enough to leave the artisanal scale and reach an industrial scale. In addressing all of the problems suggested in the proposal as the student will go through all the phases necessary for planning and controlling the production according to the MRPII, and in doing this course through the PBL methodology, the results show a significant increase in student involvement, attendance and interest. Finally, a brief review of Problem Based Learning (PBL) and Manufacturing Resource Planning (MRPII) completes the paper.*

**Keywords:** Production Planning and Control; Manufacturing Resource Planning; Problem Based Learning; Management Education.

JEL Classification: I22

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão de operações é um campo do conhecimento presente em diversos cursos de graduação, sobretudo na engenharia de produção e administração. Nestes cursos, as disciplinas que abordam os assuntos deste campo são frequentemente intituladas com os termos produção, materiais, qualidade, logística e suprimentos.

No caso específico da produção, as disciplinas frequentemente se apresentam como Administração da Produção ou Planejamento e Controle da Produção, este último possui acrônimo - PCP - bem conhecido pela comunidade da administração e da engenharia de produção.

No entanto, indiferentemente do curso ou disciplina, o ensino do PCP se coloca num contexto de profundas transformações que exigem novas abordagens de ensino e aprendizagem.

Escrivão Filho e Ribeiro (2008) apontam várias dimensões desta transformação, entre elas o crescimento extraordinário do volume de conhecimento simultaneamente com sua rápida obsolescência que exige o desenvolvimento da autonomia de aprendizagem e as transformações no mercado de trabalho que exige não só a aquisição do conteúdo mas também o desenvolvimento de habilidades e atitudes para atuar profissionalmente em um ambiente extremamente complexo e dinâmico.

Borochovcicius e Tortella (2014) também citam as transformações que vêm ocorrendo na sociedade brasileira e, conseqüentemente, na relação ensino-aprendizagem e que exigem mudanças que permitam trazer respostas rápidas e eficazes às demandas dos discentes que vivem em um ambiente cada vez mais concorrido, imprevisível e intensivamente tecnológico.

Diante desta transformação, surge a metodologia de ensino aprendizagem chamada de Aprendizado Baseado em Problema como uma alternativa ao secular modelo educacional baseado em aulas expositivas e que se mostra limitado para responder as novas demandas.

## 2. APRENDIZADO BASEADO EM PROBLEMAS

O Aprendizado Baseado em Problemas, também conhecido pelo acrônimo PBL de Problem Based Learning, é uma metodologia de ensino aprendizagem que assim se chama por apresentar um problema antes de desenvolver o conteúdo programático e coloca o aluno diante do desafio de formular hipóteses, pesquisar e aprender conteúdos, propor e apresentar a solução para o problema.

Ribeiro (2008) afirma que o PBL é uma metodologia de ensino e aprendizagem que utiliza problemas relacionados a futura profissão para iniciar, focar e motivar a aprendizagem dos conhecimentos, procedimentos e atitudes desejados.

Soares et al.(2001) afirmam que o PBL consiste num enfoque educacional desenvolvido inicialmente na Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de McMaster, no Canadá, como tentativa de superar dificuldades identificadas no ensino de graduação dos estudantes de medicina. Dentre estas, destacavam-se a dificuldade de retenção e aplicação dos conhecimentos adquiridos no período de estudo das ciências básicas e sua aplicação na prática clínica.

Conforme Sakai e Lima apud Berbel (1998) fazem a seguinte apresentação sobre o Aprendizado Baseado em Problema:

*O PBL é o eixo principal do aprendizado teórico do currículo de algumas escolas de Medicina, cuja filosofia pedagógica é o aprendizado centrado no aluno. É baseado no estudo de problemas propostos com a finalidade de fazer com que o aluno estude determinados conteúdos. Embora não constitua a única prática pedagógica, predomina para o aprendizado de conteúdos cognitivos e integração de disciplinas. Esta metodologia é formativa à medida que estimula uma atitude ativa do aluno em busca do conhecimento e não meramente informativa como é o caso da prática pedagógica tradicional.*

Segundo Anacleto (2007)

*O Aprendizado Baseado em Problemas destaca o uso de uma situação contextualizada e aplicada para o aprendizado, promove o desenvolvimento da habilidade de trabalhar em grupo, e também estimula o estudo individual, de acordo com os interesses e o ritmo de cada estudante. O*

*aprendizado passa a ser centrado no aluno, que sai do papel de receptor passivo, para o de agente e principal responsável pelo seu aprendizado.*

Nota-se claramente nos dois parágrafos anteriores a mudança na posição do aluno frente ao aprendizado, saindo da posição de receptor passivo para ser o principal agente do seu aprendizado. Esta ruptura no paradigma pedagógico fornecerá estímulos e desafios que dificultarão a manutenção da postura apática e indiferente dos alunos em sala de aula.

Neste sentido, o conteúdo da disciplina – PCP – foi planejado e desenvolvido em torno da apresentação de problemas em um ambiente produtivo. O planejamento da disciplina e a sua operação são feitos a partir da criação de um cenário – uma fábrica – projetada a partir de um produto escolhido pelos alunos e dimensionada para atender uma demanda dada pelo professor. Apresentando problemas sobre este cenário que se desenvolve o ensino do PCP.

### 3. PCP

O PCP é acrônimo de Planejamento e Controle da Produção. É, essencialmente, um conjunto de metodologias destinadas ao gerenciamento de todo o fluxo de transformação em uma empresa. Manipulando dados, tempo, capacidade, volume, e sendo capaz de planejar e operar o sistema de modo eficiente.

São duas as correntes mais conhecidas de sistemas de PCP, a chamada ‘produção empurrada’ e ‘produção puxada’. A produção empurrada é assim dita por ser orientada a previsão, onde se produz antes da demanda real ocorrer, sendo então empurrada. A produção puxada é assim dita pelo fato de somente após a demanda real ocorrer é que se inicia a produção, sendo então puxada pela demanda.

Os sistemas de produção puxada são baseados nas técnicas industriais japonesas, em especial o Sistema Toyota de Produção e, mais recentemente, a Manufatura Enxuta. Os sistemas de produção empurrada são baseados nos sistemas MRPII. A abordagem adotada no desenvolvimento do PBL na

disciplina de Administração da Produção é o MRPII.

O MRPII deriva das letras iniciais de *Manufacturing Resource Planning*, cuja tradução é dada por Planejamento dos Recursos da Manufatura. O II do MRPII denota a segunda geração de um método, cuja primeira geração, o MRP (*Material Requirement Planning*) que em português é chamado de Planejamento da Requisição de Materiais.

O MRP é um método que se destina a planejar, ao longo do tempo, a quantidade e momento que deverá ser efetuadas compras (ou a produção) de todos os itens utilizados para produzir um produto em função da demanda deste produto ao longo de um período futuro de tempo.

Em oposição aos métodos usados na época de seu surgimento, o MRP, se mostrava mais adequado para o planejamento da reposição de estoques, como Orlicky (1975) apud Laurindo e Mesquita (2000)

*(...) os sistemas tradicionais de reposição de estoques, baseados na classificação de Pareto e nos conceitos do lote econômico e ponto de reposição, são inadequados para a administração de estoques no ambiente industrial. A principal razão desta inadequação está na premissa subjacente aos modelos clássicos de demanda estável e constante. Na realidade, a demanda de materiais e componentes na produção intermitente tende a ser bastante irregular por conta da irregularidade do plano mestre de produção e da política de formação de lotes. O modelo MRP, apresentado por Orlicky e outros, permitiria o cálculo das necessidades destes materiais ao longo do tempo e, em decorrência, a redução dos níveis de estoque.*

O MRP se tornou conhecido após a publicação da obra literária homônima, em 1975, com o apoio da American Production and Inventory Control Society – APICS, seu autor é J. A. Orlicky, e então difundiu-se mundialmente nas indústrias e na academia.

As informações que o MRP necessita para operar são as estruturas dos produtos (o BOM – Bill of Material), a quantidade disponível em estoque de cada um dos itens e o planejamento mestre da produção.

A essência do MRP é determinar a quantidade a ser comprada e produzida e momento que deve iniciar a compra ou a produção de todos os itens necessários para atender uma demanda do produto final.

O demanda líquida do produto final em um dia é dada pela demanda bruta do dia subtraído o estoque disponível projetado deste produto para este mesmo dia.

O cálculo da demanda líquida dos demais itens é feito através da explosão da demanda na estrutura do produto, onde a demanda líquida de um item acima determina a demanda bruta dos itens abaixo. Com a demanda líquida de um item determina-se a demanda bruta dos itens abaixo (itens filhos) através da multiplicação da demanda do item acima (pai) com o número de itens filho necessários para produzir uma unidade do item pai.

Este cálculo da necessidade líquida se repete neste nível e novamente se desdobra o cálculo da necessidade bruta dos itens do nível abaixo. Repete-se o procedimento até que se chegue ao último nível.

A figura 1 ilustra este conceito de explosão da demanda para o cálculo das quantidades de todos os itens de um produto.

Embora na sua época se mostrasse melhor do que os métodos existentes, o MRP possui diversas limitações para gerar seus planos de produção.

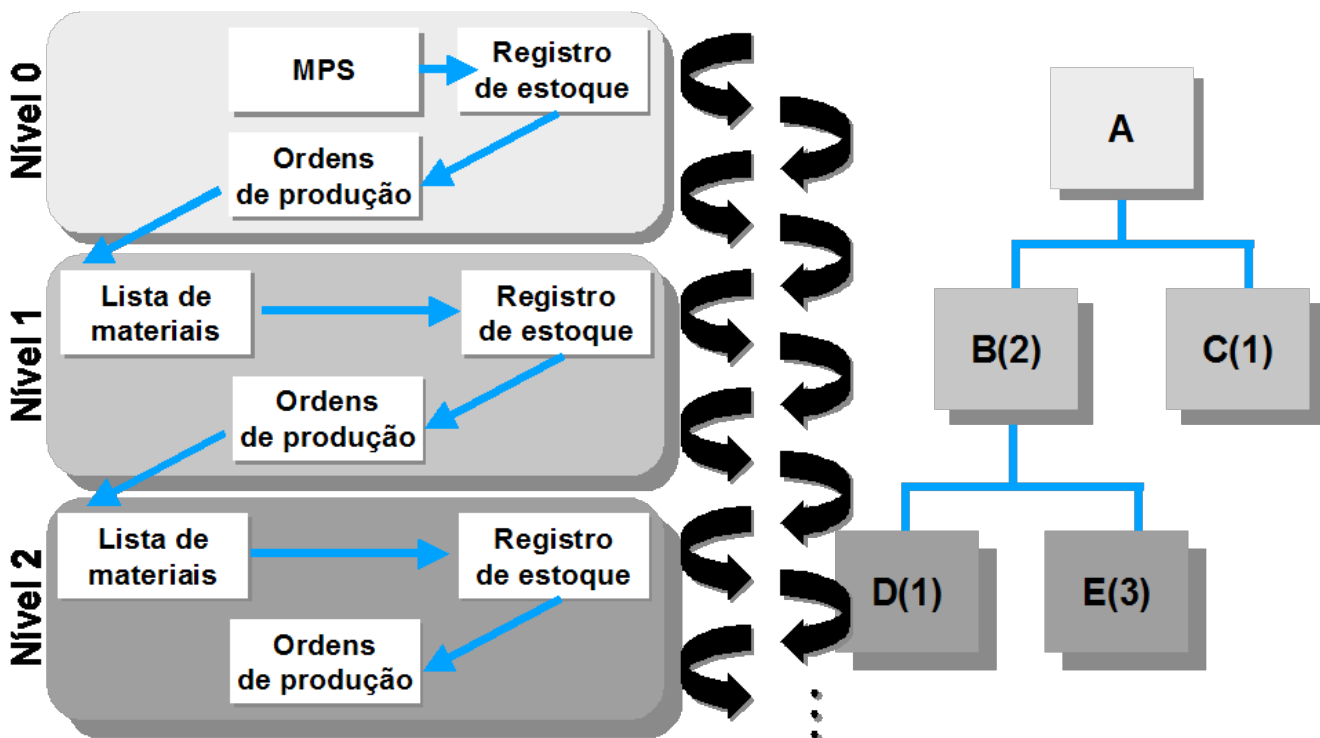
As limitações do MRP não são poucas. Na

verdade o MRP se restringe ao cálculo da quantidade e do momento que deverão ser feitos os pedidos de compra, ou de produção, dos diversos itens que compõe os produtos em uma empresa. O MRP não considera, em nenhum momento, a capacidade produtiva da empresa, também não fornece nenhuma orientação para a programação que, efetivamente, deverá ser feita sobre os postos de trabalho, assim como não fornece nenhuma orientação na realização do Planejamento Mestre de Produção.

Em decorrência destas limitações, em 1981 Oliver Wight publica o livro *Manufacturing Resources Planning*, MRPII, no qual apresenta a nova geração dos MRP's.

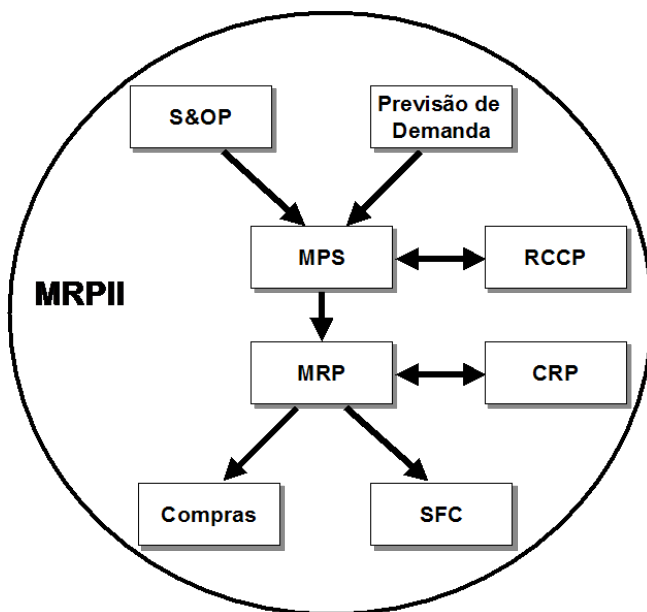
O MRPII é um método mais abrangente que o MRP. Incorpora a capacidade produtiva e amplia o escopo de aplicação para o nível tático e para a programação no chão de fábrica. Além de ser mais abrangente, amplia também seu escopo, pois antes o MRP destinava-se aos cálculos das quantidades e momentos de produção e compra, e agora o MRPII também determina os recursos da produção necessários para atender a demanda. A figura 2 mostra o MRPII como um sistema derivado do MRP a partir da

Figura 1 - Conceito de explosão da demanda. Fonte: adaptado de Slack et. al.(2002).



agregação de outros módulos que abordam os problemas não tratados no MRP.

Figura 2 - O MRPII como evolução do MRP. Fonte: adaptado de Gianesi e Correa (2002)



Os módulos S&OP (*Sales and Operation Planning*) e Previsão de Vendas são destinados a Gestão da Demanda. A Previsão de Vendas é constituído de métodos estatísticos (em geral séries temporais) para gerar uma demanda futura baseando-se no histórico de vendas e o S&OP é destinado ao gerenciamento do ciclo de vida do produto, incluindo promoções, substituições e até mesmo o momento de sua retirada do mercado.

Os módulos MPS (*Master Production Schedule*) e RCCP (*Rough-Cut Capacity Planning*) são destinados a gerar um plano de produção para os próximos meses para cada família de produto. São planos mais agregados e de médio prazo, mas que são revisados semanalmente. O RCCP trata de modo grosseiro a capacidade instalada e o MPS gera os planos agregados para os próximos meses.

O planejamento diário da produção de cada item só é então realizado pelo MRP onde, depois, se verifica a capacidade no módulo CRP (*Capacity Resources Planning*).

Os módulos RCCP e CRP são destinados a verificar a capacidade instalada, de forma agregada e detalhada, e quando a capacidade é excedida, seja no RCCP ou no CRP, é feito um re-planejamento e a capacidade é novamente

verificada. No início esta verificação e o re-planejamento eram feitos por tentativa e erro, e só depois que surgiram os métodos capazes de gerar um plano de produção e verificar a capacidade simultaneamente.

De posse dos planos gerados pelo MRP inicia-se o processo de Compras e o SFC (*Shop Floor Control*). O SFC se destina a gerenciar o fluxo das operações nos centros de trabalho definindo prioridades e programando as ordens de produção segundo algum critério predefinido. Também se destina ao controle das ordens programadas para verificar seu andamento e agir caso haja divergências entre o programado e o efetivamente executado.

Assim, o desenvolvimento do PCP na disciplina será feito utilizando o MRPII, tal como ilustrado na figura 2, onde a seqüência dos problemas e abordagem da teoria se dará de acordo com a seqüência dos módulos do sistema MRPII aplicados no sistema produtivo construído pelos alunos (os cenários).

A partir desta breve exposição do MRPII e de cada um de seus módulos é possível perceber que se trata de um método abrangente e complexo, e que traz muitas dificuldades de entendimento, mas se bem aprendido pelo aluno, este terá condições para atuar na área de produção, seja como analista, coordenador e até gerente de PCP ou de Produção.

#### 4. PREPARANDO OS CENÁRIOS

Neste item será detalhado o processo de construção dos cenários dos alunos. A sala de aula é dividida em grupos de, no máximo, cinco alunos e cada grupo elaborará um cenário detalhado o suficiente para se defrontarem com os problemas a serem resolvidos.

O cenário consiste na especificação dos recursos necessários a um sistema produtivo para atender uma demanda mensal dada pelo professor. Os recursos são máquinas, equipamentos e mão-de-obra e são especificados a partir do processo de fabricação de um produto e dimensionados para produzir em grande escala.

A construção do cenário começa pela escolha do produto. São dadas algumas

sugestões, mas nada impede a escolha de outro produto, ao contrário, é encorajado a fazê-lo, desde que o produto tenha algumas características para constituir o cenário mínimo.

A lista de produtos é organizada por segmentos tradicionais da indústria, mas são produtos bem mais simples que os

de itens ou componentes, e que não seja necessário à desmontagem completa do produto para obter este resultado. Não é aconselhável a desmontagem de motores elétricos, de placas de circuito interno e de engrenagens mais internas de um dispositivo mecânico.

Organizados em grupos e de posse de

Tabela 1 - Sugestão de produtos a serem escolhidos

Segmento Industrial	Produtos Sugeridos
Automobilística	Skate, Patins, Patinete, Carrinho Rolimã.
Têxtil	Bolsa, Sandália, Boné.
Eletrodoméstico	Cafeteira, batedeira, liquidificador, garrafa térmica.
Moveleira	Criado mudo, cadeira, mesa telefone.
Alimentícia	Lasanha, bolo, marmitas.
Eletrônico	Relógio parede, lanterna, abajur.
Bebidas	Limonada suíça, milk shake

frequentemente associados aos segmentos citados. Por exemplo, na indústria automobilística, cujo produto símbolo é o automóvel, as opções de produtos oferecidos são: skate, patinete, patins, carrinho de rolimã. Esta organização permite uma analogia com a produção de seus produtos emblemáticos, enriquecendo a discussão e, ao mesmo tempo, motivando-os para a questão.

Os produtos sugeridos estão apresentados na tabela 1.

O critério para a sugestão dos produtos é a familiaridade dos alunos com o produto e com as etapas da sua fabricação. É importante que o produto escolhido seja amplamente conhecido por todos os alunos ou que possa ser trazido em aula para discutir detalhes do processo de fabricação para que todos visualizem com clareza a construção da sua estrutura de produto.

É desejável que a estrutura do produto tenha, pelo menos, cinco níveis e uma dúzia

um produto o passo seguinte é construir a estrutura do produto e, a partir da estrutura do produto, é feito o roteiro de fabricação, especificando as etapas do processo de fabricação, como: máquinas, tempo, ferramentas e mão-de-obra.

Com a estrutura do produto e o roteiro de fabricação é dada uma demanda mensal e finaliza-se a construção do cenário com o dimensionado destes recursos para atender a demanda dada.

Para orientar os alunos na construção de seus cenários são desenvolvidos dois exemplos: uma caipirinha e um brigadeiro. Divididos e organizados em grupos, cada grupo é encarregado na elaboração da descrição do modo de preparo, da lista dos ingredientes e dos instrumentos necessários. Esta tarefa sempre se mostrou de fácil execução pelos alunos.

A partir do modo de preparo e da lista de ingredientes é desenvolvida a estrutura do produto, associando os ingredientes às etapas

a partir da narração do modo de preparo.

A partir da lista de instrumentos e encenando o modo de preparo é elaborado o roteiro de fabricação, associando as etapas aos níveis da estrutura do produto e definindo tempo, máquina e mão-de-obra.

A descrição do modo de preparo, a lista dos ingredientes e instrumentos está apresentada na figura 3.

Figura 3 - O exemplo do brigadeiro

## Brigadeiro

**Modo de preparo**

Em uma panela coloque o conteúdo de uma lata de leite condensado, três colheres de chocolate em pó e 1 colher de margarina. Ponha a panela em fogo baixo e, mexendo sempre, cozinhe até atingir o ponto. Despeje o produto em um refratário e resfrie-o em uma geladeira.

Abra as forminhas e deseje o chocolate granulado em um refratário. Com uma colher pequena e com as mãos untadas de margarina enrole o brigadeiro, passe-o no granulado e colocando-o na forminha.

**Ingredientes**

1 lata de leite condensado (395g);  
3 colheres de chocolate em pó (60g);  
2 colheres de margarina (40g);  
100g de chocolate granulado;  
40 forminhas pequenas.

**Instrumentos**

1 fogão, 1 panela, 1 abridor de latas, 1 colher grande, 1 colher de medida, 1 colher para enrolar, 3 refratários, 1 bancada de trabalho para enrolar e 1 geladeira.

A estrutura do produto está apresentada na figura 4. O objetivo principal é identificar as diferentes etapas do processo de fabricação e associá-los às mudanças de nível da estrutura do produto. A especificação da quantidade não é relevante neste momento, visto que já se sabe as quantidades em função da lista de ingredientes. O foco está nas etapas de fabricação, para então, fazer o roteiro de fabricação.

Figura 5 - Roteiro de Fabricação do Brigadeiro

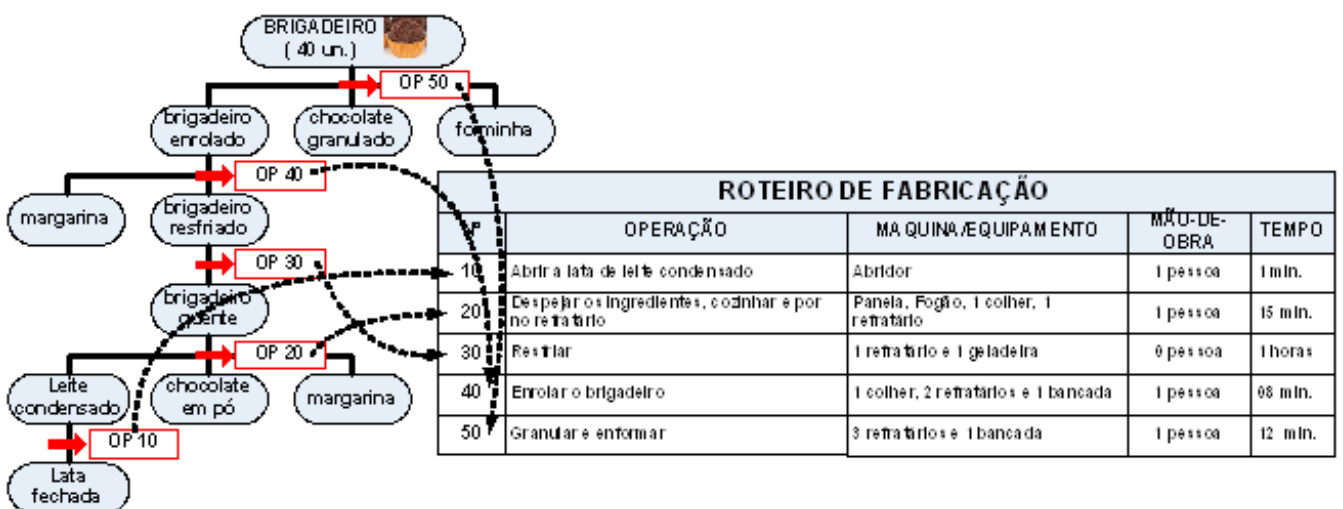
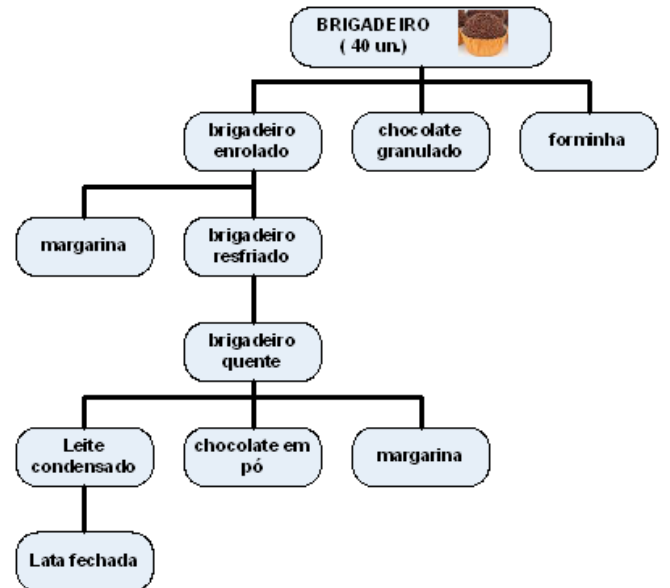


Figura 4 - Estrutura do Produto do brigadeiro



O roteiro de fabricação é feito a partir da estrutura de produto, identificando cada etapa como sendo uma mudança no nível da estrutura e, para cada etapa, especificar a máquina e equipamento, o tempo e a quantidade de mão-de-obra. O roteiro de fabricação gerado para o caso do brigadeiro está exposto na figura 5.

De posse do roteiro de fabricação, do modo de preparo e da estrutura do produto passa-se a última etapa da elaboração do cenário: a produção em escala industrial.

É dado o desafio aos alunos para produzirem 4.000 unidades diárias de brigadeiro tendo como referência o ambiente doméstico. Ou seja, com o que se tem em casa é possível atender a demanda, pergunta-se aos alunos.

É muito interessante como a fabricação de

um produto doméstico pode sair da produção artesanal e ganhar escala industrial. A partir do roteiro de fabricação esta pergunta é respondida, e mais além, são especificados os recursos necessários para atender esta demanda dada.

Alguns cálculos simples são feitos de maneira aproximada e sem maiores detalhes fornece os seguintes valores, mostrados na tabela 2, para o dimensionamento dos recursos para uma produção diária de 4.000 unidades (ou 100 receitas por dia).

Tabela 2 - Dimensionamento do sistema produtivo

Recurso	Disponibilidade	Para produzir uma receita	Receitas por Dia	Para produzir 100 receitas
Mão-de-obra	8:00 h/d	0:36 h/receita	13,33 receita/dia	7,5 → 8
Fogão	8:00 h/d	0:15 h/receita/boca	128 receita/dia	0,8 → 1
Geladeira	8:00 h/d	1:00 h/ 8 receitas	64 receita/dia	1,6 → 2
Panela	8:00 h/d	0:15 h/receita	32 receita/dia	3,1 → 4
Abridor	8:00 h/d	0:01 h/receita	480 receita/dia	0,2 → 1
Colher untar	8:00 h/d	0:08 h/receita	60 receita/dia	1,7 → 2
Refratário não fixo	8:00 h/d	1:20 h/receita	6 receita/dia	16,7 → 17
Bancada enrolar	8:00 h/d	0:08 h/receita	60 receita/dia	1,7 → 2
Bancada enformar	8:00 h/d	0:12 h/receita	40 receita/dia	2,5 → 3

Por exemplo, um funcionário trabalhando 8 horas/dia é capaz de produzir 13,33 receitas por dia, logo, são necessários oito funcionários para produzir 100 receitas por dia. No caso do fogão cada boca faz uma receita em 15 minutos, como as bocas trabalham em paralelo, o fogão faz 16 receitas por hora, ou 128 receitas por dia. A geladeira tem capacidade para resfriar 8 receitas simultaneamente, como cada receita demora uma hora para resfriar, a geladeira resfria 64 receitas por dia, logo, para produzir 100 receitas são necessárias duas geladeiras. E assim se segue, dimensionando os recursos, mas sem detalhes.

O dimensionamento dos refratários é mais complexo, e para efetuar este cálculo dividiram-se os refratários em fixos e não fixos. Os fixos são aqueles que sempre estarão junto a um posto de trabalho, como nas bancadas de enrolar, que sempre haverá um refratário para colocar os brigadeiros enrolados, e nas bancadas de enformar, que sempre haverá dois refratários fixos, um para o granulado e outro para o brigadeiro enformado. Logo, são necessários 8 refratários fixos. Os refratários

não fixos são aqueles se acomodam o produto a ser processado na etapa seguinte, como os refratários que levam o brigadeiro quente até refrigerador e depois para enrolar e por fim para enformar. O dimensionamento dos refratários não fixos é dado pela tabela acima, e é calculado sobre o tempo que o refratário permanece ocupado ao longo das etapas de fabricação (que são 01h20min.), o que exige 17 refratários não fixos.

No entanto, o número definitivo da mão-de-obra, dos refratários e dos demais

recursos dependerá do leiaute adotado e do nivelamento da linha de produção, sendo freqüente a aumento dos recursos necessários em relação ao cálculo anterior.

Para a definição do leiaute é sugerida a utilização da própria estrutura do produto, fazendo uma analogia com o desenho da árvore como primeira aproximação para o leiaute a ser projetado. É interessante notar a passagem da escala artesanal para a escala industrial, pois à medida que a demanda aumenta deixa de ser vantajoso a realização de todas as etapas por um único operador em um único posto de trabalho, passando a ser natural ao alunos, a visualizarão de uma linha de produção, com postos de trabalhos especializados realizando uma única etapa dispostos em serie, tal como ilustra a figura 6.

A figura 7 expõe um pequeno leiaute do processo produtivo feito a partir da sugestão da figura 6. A especificação de um leiaute torna evidente muitas das simplificações assumidas, como a não consideração dos tempos de movimentação interna, da necessidade de lavar os refratários e as panelas



e da inexistência de perdas nas 8 horas de trabalho diário dos funcionários. Após a definição do leiaute é feito alguns ajustes no número de funcionários e nas máquinas e equipamentos.

Figura 6 - Sugestão de leiaute em função da estrutura do produto

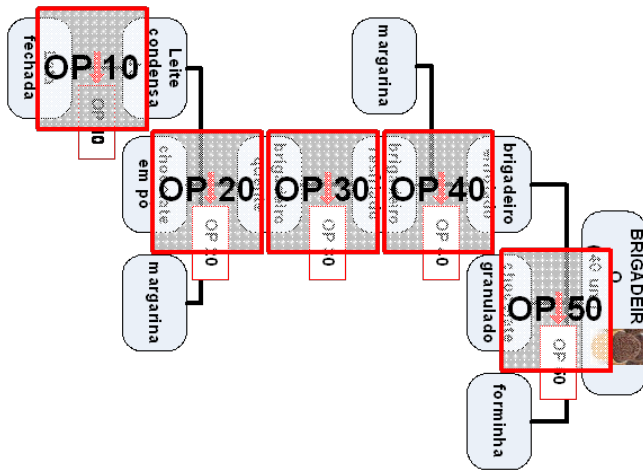
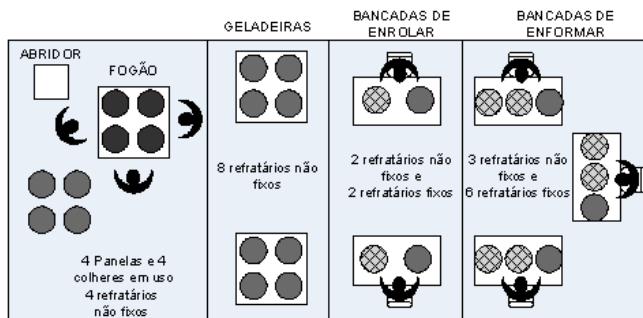


Figura 7 - Leiaute do sistema produtivo



Por fim a elaboração do cenário exemplo está terminada, dimensionando os recursos necessários para se produzir uma demanda dada de um produto escolhido. Agora os alunos seguem este exemplo e cada grupo deve desenvolver o cenário para o produto que escolheram.

É importante ressaltar que a demanda dada para cada grupo é diferente e depende do tipo de produto escolhido, em geral, a demanda é dada de modo a atingir um volume que o aluno saia da dimensão doméstica, exigindo a contratação de funcionários e a aquisição de máquinas e equipamentos. Em geral, se o tempo para a produção de uma unidade for muito pequeno e o roteiro de fabricação for simples, como no caso dos brigadeiros, pede-se uma demanda da ordem de milhares unidades por dia, mas se o produto for

demorado para ser fabricado e o roteiro de fabricação for detalhado, então se pede uma demanda da ordem de dezenas de unidades por dia, e para os casos intermediários a demanda é da ordem de centenas de unidades por dia.

Com os cenários prontos inicia-se o desenvolvimento da disciplina através da abordagem baseada e problemas.

## 5. A DINÂMICA DA DISCIPLINA BASEADA EM PROBLEMAS

A dinâmica da disciplina baseada em problemas é dada pela seqüência: apresentação do problema, fundamentação teórica e obtenção da solução. Sempre se inicia um conteúdo programático com a apresentação do problema a ser resolvido, esta é a essência desta abordagem baseada em problema, e acredita-se que conhecer o problema antes de conhecer a ferramenta motiva o aluno para o aprendizado da própria ferramenta.

Os problemas apresentados são aqueles que frequentemente assolam as gerências de produção das indústrias, mas que na sala de aula são transportados para a gerência do sistema produtivo de cada grupo. Ou seja, cada grupo é o responsável pelo PCP da sua fábrica. Os problemas expostos são extraídos da própria utilização do MRPII, ou seja, divide-se o exercício do MRPII em diversos pequenos problemas que vão dando ritmo a disciplina à medida que são apresentados e conduzem a sua fundamentação teórica e posterior solução.

A fundamentação teórica é feita a partir do livro texto e de algumas literaturas complementares informadas no início do semestre letivo, mas é premiado o grupo que busca fontes de informações externa, seja na biblioteca ou internet.

Após a fundamentação teórica parte-se para a resolução do problema. Em geral, a resolução é feita por analogia, a partir de um exercício resolvido em sala ou então utilizando um exemplo do livro, mas, em alguns casos, a resolução ocorre sem a necessidade de explicação por parte do professor, os alunos

se mostram capazes de ler e entender o tópico e reproduzir o conhecimento adquirido na gestão da sua fábrica, mas estes casos não são frequentes, sendo que, na maioria das vezes, é o professor que explica o conteúdo.

É importante acompanhar o andamento de cada grupo, pois, para que a disciplina possa passar ao próximo problema é necessário que todos os grupos tenham terminado a resolução do problema anterior.

A seqüência dos problemas que são apresentados é obtida a partir do MRPII, tal como ilustra a figura 2. A tabela 3 a seguir apresenta esta seqüência com uma pequena descrição do desafio que os alunos deverão resolver no cenário que elaboraram, assim como a tabela apresenta o tópico a ser abordado na fundamentação teórica e o caminho para a resolução do problema.

O primeiro problema apresentado é a escolha do produto e a posterior confecção

da estrutura do produto e do roteiro de fabricação, depois o segundo problema é o dimensionamento do sistema produtivo para uma dada demanda, tal como apresentados no item anterior.

O terceiro problema apresentado aos alunos enfrentam é a necessidade de se fazer previsões para planejar os meses futuros. Para cada grupo é fornecido um histórico de vendas com valores próximos ao da demanda padrão usada para construir o cenário, mas este histórico de vendas possui elementos de tendência e sazonalidade além da aleatoriedade comumente encontrada e os alunos são encorajados a resolverem o problema pesquisando as técnicas estatísticas de séries temporais.

Feita a projeção da demanda futura, o quarto problema é escolher a melhor maneira de acompanhar a demanda de modo a minimizar os custos. Aqui os alunos são desafiados a

Tabela 3 - Seqüência dos problemas apresentados

Nº	Duração	Problema	Teoria	Resolução
1º	1 sem.	Como representar o produto de maneira a explicitar os estágios de fabricação e as quantidades necessárias	Conceito de Árvore de Produto e roteiro de fabricação	Fazer a árvore do produto e o roteiro de fabricação para o produto escolhido
2º	2 sem.	Constituir o cenário do ambiente produtivo onde se fabrica o produto escolhido pelo grupo	Leiaute, estudo de capacidade, dimensionamento de recursos	Definir número de máquinas e operadores em função das operações de fabricação do produto
3º	1 sem.	Gerar uma demanda futura para os próximos meses	Previsão de Vendas (séries temporais)	Gerar uma previsão para os próximos seis meses com base nos métodos de previsão e S&OP
4º	2 sem.	Planejar os recursos (mão-de-obra e máquina) para os próximos meses	Políticas de acompanhamento da demanda e cálculo da capacidade	Fazer o MPS e RCCP em função da previsão e da capacidade instalada.
5º	2 sem.	Planejar a quantidade e o momento de produção/compra de cada item do meu produto	MRP, conceito de explosão da demanda, programação para traz e gráfico de Gantt	Fazer o MRP para duas semanas do produto
6º	1 sem.	Alterações bruscas na demanda (forçar a capacidade)	MRP ciclo fechado e capacidade finita e infinita	Verificar o estouro da capacidade mediante inclusão de pedidos
7º	2 sem.	Como determinar a seqüência das operações	Programação, Análise do Fluxo da Fabrica, Teoria das Restrições	Fazer a programação das operações para dois dias de produção
8º	2 sem.	Como determinar as quantidades e os momentos de fazer compras de itens	Sistema de revisão contínua e periódica, lote econômico, estoque de segurança	Projetar um sistema de controle de estoque para um item (definir os parâmetros do sistema)
9º	1 sem.	O que é mais importante para a competitividade e como a produção é afetada	Critérios de desempenho na manufatura e estratégia de operações	Fazer uma análise competitiva do produto

optarem por uma entre quatro possibilidades de decisões de acompanhamento da demanda: contratar e demitir, pagar horas extras, subcontratação ou fazer estoque. Para este problema são fornecidos custos de contratação, de demissão, de estocagem, da hora extra, da subcontratação e de outros elementos de custo de modo que a decisão seja feita baseada em critérios quantitativos.

O quinto problema é determinar as quantidades de matéria-prima e o momento de iniciar cada etapa do processo de fabricação em função do plano de produção gerado no problema anterior. Aqui é feito efetivamente o MRP, determinando o início de cada etapa e calculando as quantidades compradas ou produzidas de cada item, mas sem considerar as restrições de capacidade.

O sexto problema apresentado surge a partir de alterações bruscas na demanda que provocarão a revisão dos planos em razão do limite da capacidade produtiva.

O sétimo problema é destinado a trabalhar as questões de sequenciamento da produção, fornecendo elementos para a programação de  $n$  tarefas em  $m$  máquinas e também para desenvolver a habilidade de identificar o fluxo de material em transformação dentro do sistema produtivo. Elementos de controle também são trabalhados aqui, como a definição de registros, formulários e ordens de produção.

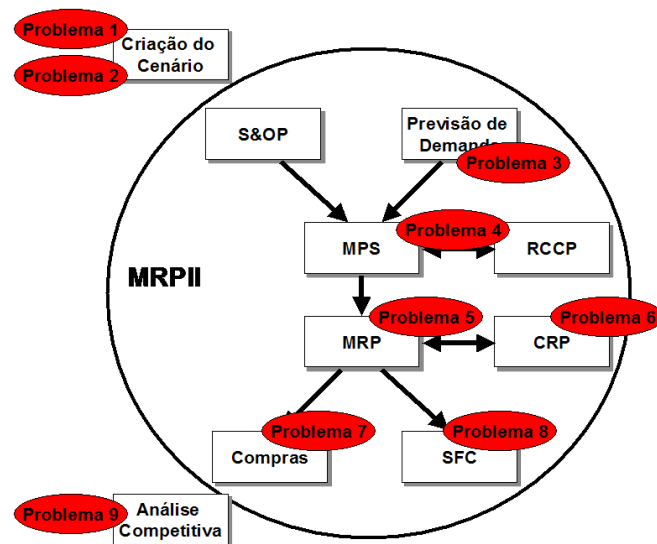
O oitavo problema é relativo aos sistemas de controle de estoque, em particular o sistema de revisão contínua e revisão periódica, fornecendo elementos para a definição dos parâmetros de funcionamento de cada um destes sistemas, tais como: estoque de segurança, ponto de pedido, tamanho do lote, intervalo entre pedidos.

E por fim, o nono e último problema é para fazer o aluno revisar os critérios de desempenho em manufatura, identificando os fatores de competitividade que são relevantes para cada produto e como, através das escolhas de arranjo físico, grau de automação e tecnologia de processo, desenvolver um sistema produtivo capaz de responder as exigências de mercado.

A figura 8 a seguir ilustra a seqüência dos

problemas apresentados segundo a metodologia MRPII. Observa-se claramente a aderência dos problemas apresentados com os módulos a serem executados na metodologia MRPII.

Figura 8 - Seqüência de problemas segundo o MRPII



No item a seguir serão apresentados os resultados da aplicação desta nova abordagem de aprendizado – o PBL – aplicado a uma disciplina de administração de empresas, utilizando a metodologia de construção do cenário e a seqüência de problemas descrita.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram vários os resultados observados na adoção da metodologia do PBL no ensino do PCP, mas também vários outros desafios ficaram evidentes e necessitam ser superados para se atingir ganhos maiores e efetivos aos alunos.

O primeiro grande resultado observado foi a mudança na postura do aluno, reduzindo significativamente o número de alunos que chegam atrasados ou que deixam a aula antes do término, embora não se tenha observado uma redução no número de ausentes.

Foi observado um aumento na participação do aluno, através de questionamentos e das sugestões para se resolver os problemas propostos. É interessante notar que o aluno, de um modo geral, tem uma boa intuição para propor soluções, mas que, na maioria absoluta das vezes, não sabem por onde começar e não tem a habilidade manipular

os dados para se chegar a uma solução.

Alguns grupos se mostraram muito entusiasmados, fato revelado pelo grande detalhamento do cenário construído, indo muito além do exigido para a disciplina. Nos anos anteriores já foi observados cenários extremamente detalhados e alguns reais para produtos como: sistema de transmissão, uniforme escolar, rótulos e etiquetas, notebooks, pizzas congeladas e refrigerantes.

Outros grupos demonstram seu entusiasmo com o primor na resolução dos problemas, desenvolvendo planilhas extremamente organizadas, precisas, com fórmulas elaboradas e com o uso de macros, de fato planilhas muito além do esperado para um aluno de graduação.

Também se observou um aumento no uso dos recursos da biblioteca, utilizando outros serviços além do empréstimo de livro como a pesquisa em base de dados digitais, em periódicos eletrônicos e em acervo de teses, mas ainda em pequeno número.

Uma observação interessante foi o grande número de visitas técnicas que os próprios alunos organizavam para conhecer indústrias do segmento que escolheram para compor o cenário.

De um modo geral, se observou uma melhoria na postura profissional do aluno. A exigência na resolução de problemas no prazo de uma ou duas semanas confere um clima de pressão e cobrança constante, muito parecido com o ambiente empresarial, tornando o comportamento do aluno em sala mais parecido com o comportamento no trabalho.

No entanto, toda inovação traz consigo desafios a serem superados. Um dos grandes desafios que o professor se depara é garantir que todos os grupos andem juntos no desenvolvimento dos trabalhos, exigindo um acompanhamento atencioso e semanal.

Este acompanhamento semanal traz uma carga adicional de trabalho que exige um esforço adicional do professor, visto que não se faz nenhuma modulação da sala em função da adoção da prática do PBL. Nos cursos de medicina, a modulação chega a 15 alunos por professor, enquanto que a realidade no curso

de administração onde se deu a experiência é, em média, 70 alunos por sala.

A preparação dos problemas exigiu muito tempo nos dois primeiros anos que esta experiência de desenvolveu, mas que agora já não exige tanto, mas a correção dos trabalhos é sempre desgastante e exige muito tempo do docente.

Outras dificuldades dizem respeito a própria infra-estrutura da sala de aula, que dificulta a formação de grupos de trabalho quanto estão com 70 alunos, e também não permitem uma encenação do processo de fabricação (o que já foi tentado) para o melhor dimensionamento dos recursos e definição do leiaute. Seria muito interessante desenvolver espaços para a realização de atividades mais lúdicas, como uma fábrica modelo, onde o aluno poderia observar o fluxo de material em transformação e visualizar a quantidade de material, os tempos de operação e a capacidade das máquinas.

Embora o aspecto lúdico não possa ser usado em toda a sua plenitude, ele é bem explorado quando os diversos grupos fazem a apresentação de seus produtos e demonstram perante a sala a estrutura do produto e o roteiro de fabricação.

Alguns grupos chegaram a imprimir o leiaute em banners com mais de um metro quadrado e traziam para a aula e o usavam como um grande tabuleiro para discutir os problemas de dimensionamento e sequenciamento da produção.

De fato, tem sido muito gratificante poder experimentar uma nova metodologia de ensino. Os resultados obtidos até o momento reforçam o interesse e entusiasmo do presente autor em destinar mais esforço no aperfeiçoamento desta nova abordagem como uma alternativa para contornar as dificuldades enfrentadas no exercício da profissão do docente nos dias de hoje.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANACLETO, J. C. Aprendizado Baseado em Problemas, disponível em: <http://www.dc.ufscar.br/~junia/index-pbl.htm>. Acesso em: 25 jan. 2007.
- BERBEL, N. A. N. – A Problematização e a

Aprendizagem Baseada em Problemas: diferentes termos ou diferentes caminhos? Interface – Comunicação, Saúde, Educação, v.2, nº 2, 1998.

Borochovcicius, Eli; Tortella, Jussara C. B.

Aprendizagem Baseada em Problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas. Ensaio: aval. pol. públ. Educ., Rio de Janeiro, v.22, n. 83, p. 263-294, abr./jun. 2014

ESCRIVÃO FILHO, E; RIBEIRO, L.R.C. Inovando no Ensino de Administração: uma experiência com a aprendizagem baseada problemas (PBL). Cadernos EBAPE.BR, São Paulo, número especial, agosto, 2008.

GIANESI, Irineu G. N.; CORRÊA, Henrique Luiz. Administração estratégica de serviços: operações para a satisfação do cliente. São Paulo: Atlas, 2002.

LAURINDO, F. J. B.; MESQUITA, M. A. Material Requirements Planning: 25 anos de história: uma revisão do passado e prospecção do futuro. Gestão e Produção, São Carlos, v. 7, n. 3, 2000.

ORLICKY, J. Material Requirements Planning: the new way of life in Production and Inventory Management. Cidade: McGraw-Hill, 1975.

RIBEIRO, Luis Roberto De Camargo.

Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) na Educação em Engenharia. Revista de Ensino de Engenharia, v. 27, n. 2, p. 23-32, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção, 2ª edição, editora Atlas, São Paulo, 2002.

SOARES, S. M. S.; SERAPIONI, M.; CAPRARA, A. A Aprendizagem Baseada em Problema Pós-Graduação – a experiência do curso de gestores de sistemas locais de saúde do Ceará. Revista Brasileira de Educação Médica, Rio de Janeiro, v. 25, nº 1, jan/abr de 2001.