

# Simulação de um Ambiente de Produção utilizando Sistema Multiagente

Daniela D. S. Bagatini, Rejane Frozza, Ivair Ogliari

Departamento de Informática – Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC)  
Av. Independência, 2293 – 96.815-900 – Santa Cruz do Sul – RS – Brazil  
{bagatini, frozza}@unisc.br

***Abstract.** The activities of a company are improved by efficient resources allocation process. The complexity production planning needs an ideal use of resources, aiming at the best allocation of these resources. This paper describes the development of a Multi-Agent System to plan the allocation of resources in a case study: the allocation of biscuit package machines by a company in Santa Cruz do Sul, in order to contribute for production planning.*

***Resumo.** O processo de alocação de recursos compreende a designação dos recursos mais adequados para a execução das atividades de uma empresa. A complexidade do planejamento da produção está na busca da utilização ideal de recursos, visando a sua melhor alocação a cada momento para atender as demandas existentes. Este artigo descreve o desenvolvimento de um sistema multiagente para o planejamento da alocação de recursos aplicado na simulação de um estudo de caso: a alocação de máquinas empacotadeiras de biscoitos de uma empresa de Santa Cruz do Sul, a fim de auxiliar a empresa no planejamento da sua produção.*

## 1. Introdução

Para atender às novas demandas em um sistema de manufatura, deve-se observar se há recursos disponíveis para serem utilizados no seu processo. A complexidade do planejamento da produção está na busca da utilização ideal de recursos. A fim de automatizar esse processo de alocação de recursos, pode-se utilizar um Sistema Multiagente (SMA) como solução, que trabalha com agentes inteligentes interagindo entre si e com o ambiente no qual estão inseridos (Wooldridge 2001). Os agentes buscam por uma solução, permitindo um maior controle sobre as tarefas e os procedimentos do processo, tornando a alocação de recursos mais eficaz.

Conforme (Baker 1996), os sistemas de manufatura baseados em agentes autônomos referem-se a recursos de manufatura controlados individualmente por agentes. Desta forma, a aplicação de agentes em ambientes industriais permite a definição de uma estratégia que permita o planejamento da utilização dos recursos no atendimento às demandas das atividades de produção, de forma descentralizada e distribuída; a contribuição de forma efetiva para a satisfação dos objetivos e restrições temporais e de custos globais ao sistema de produção como um todo; e a especificação de forma consistente da estrutura funcional e organizacional de um setor de um sistema de produção.

Um motivo relevante para a realização deste trabalho foi a contribuição para as pesquisas em SMA em diferentes domínios de aplicação, e o impacto positivo de seu uso, incentivando o desenvolvimento de aplicações nas indústrias. Também, a união das áreas de Sistemas de Produção e de Inteligência Artificial pode trazer benefícios e buscar novas alternativas para o planejamento da produção em empresas.

Assim, este artigo apresenta a proposta de um modelo de SMA para problemas encontrados na produção de biscoitos de uma empresa – as trocas das empacotadeiras e o próprio planejamento da produção de biscoitos na semana.

O artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta as principais considerações e aspectos no planejamento para alocação de recursos no que tange a um sistema de manufatura. A seção 3 trata da proposta e desenvolvimento de um SMA na resolução de um problema de alocação de recursos. A seção 4 aborda a implementação do SMA para um ambiente de simulação da produção e os resultados dos experimentos realizados. O artigo finaliza com as conclusões sobre a atuação dos agentes no processo de planejamento da produção.

## **2. Alocação de Recursos**

Os recursos de produção são máquinas, equipamentos e mão-de-obra existentes no sistema produtivo (Corrêa 1993). Durante o processo produtivo, ocorre o consumo de materiais e a utilização de recursos de produção. Para atender novas demandas de produção, deve-se observar se há recursos disponíveis para serem utilizados, considerando seus limites de capacidade, os tempos de execução de cada atividade relacionados aos recursos utilizados, o tempo de preparação dos recursos, as datas de entrega de cada item e o sincronismo temporal na alocação destes recursos (Juchem 2002).

De acordo com (Bastos, 1998), através do planejamento da alocação de recursos são identificadas vantagens como: aumento da qualidade, de forma que a empresa saberá quais recursos possuem capacidade para realizar uma atividade; disponibilidade de tempo, proporcionando a redução do tempo de espera de cada item a ser beneficiado por um recurso de produção, o que repercute no tempo de produção do produto final; capacidade produtiva, a empresa saberá qual a capacidade produtiva de cada recurso no que tange ao intervalo de tempo disponível para sua alocação em atividades produtivas; a empresa saberá se existe capacidade de fabricação para o atendimento das novas demandas pelos produtos fabricados pela empresa.

A complexidade do planejamento da produção está na busca da melhor alocação de recursos a cada momento para atender às demandas existentes (Walter, 1993). Assim, é preciso descentralizar as decisões na alocação de recursos, fazendo com que cada participante decida em que momento e onde os recursos locais serão utilizados. Como uma alternativa para esta questão, pode-se utilizar um SMA.

O uso de agentes responsáveis pela alocação de recursos pode proporcionar a reação em tempo hábil às perturbações que podem ocorrer nos processos (falha de um recurso, aumento da produção), evitando a reprogramação dos compromissos assumidos com as atividades produtivas, evitando também, transtornos às próximas atividades de produção de sua responsabilidade.

### **3. Processo de Alocação de Recursos Utilizando SMA**

Nesta seção, apresentam-se as questões relacionadas ao desenvolvimento de um SMA na resolução de um problema para a alocação de recursos.

#### **3.1 O problema escolhido**

O ambiente de produção escolhido foi de uma empresa tradicional do gênero alimentício (produção de biscoitos) que possui sua sede em Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul.

Foram realizadas diversas entrevistas e visitas ao chão de fábrica desta empresa para identificar o recurso da linha de produção mais adequado e mais vantajoso para a aplicação de SMA. Com base no conhecimento das atividades da linha de produção da empresa, percebeu-se que, dentre todos os recursos utilizados nesta linha, as máquinas empacotadeiras representavam o maior gargalo.

Na empresa em questão, ocorre a alteração de uma máquina que empacota biscoitos de 135g para 100g ou de 100g para 135g, por não haver espaço físico para todas as máquinas empacotadeiras. Existe uma empacotadeira de 100g e quatro de 135g trabalhando no setor e mais uma empacotadeira sobressalente (que pode trabalhar com pacotes de 100g ou 135g) para ser utilizada no momento que for necessário aumentar a produção de 100g ou de 135g.

A partir de informações obtidas com os funcionários e encarregados do setor de produção da empresa, tornou-se possível identificar o problema a ser abordado: controlar e avisar o momento da troca de empacotadeiras, objetivando reduzir o número de trocas por semana das empacotadeiras de 135g para 100g ou de 100g para 135g e ajudar na tomada da decisão de quando devem ser feitas as trocas das empacotadeiras.

#### **3.2 Proposta de um SMA para o controle de troca das máquinas empacotadeiras**

Considerando-se que a alteração das máquinas empacotadeiras acarreta custos e trabalho adicional, apresenta-se um modelo de SMA com agentes que têm a função de avisar o momento de troca das empacotadeiras de 135g para 100g e de 100g para 135g.

O modelo proposto apresenta seis agentes: quatro agentes empacotadeiras de 135g, um agente empacotadeira de 100g e um agente empacotadeira sobressalente. Os agentes de 135g e o de 100g representam as cinco empacotadeiras que estão alocadas na linha de produção da empresa e o agente sobressalente representa uma empacotadeira que pode ser utilizada para substituir uma das outras de 135g ou a de 100g. Esses agentes são utilizados para controlar o processo de produção das empacotadeiras (Ogliari, 2005).

A arquitetura interna do agente possui os módulos responsáveis pelos mecanismos de percepção, conhecimento, raciocínio, planejamento e comunicação, conforme a Figura 1.

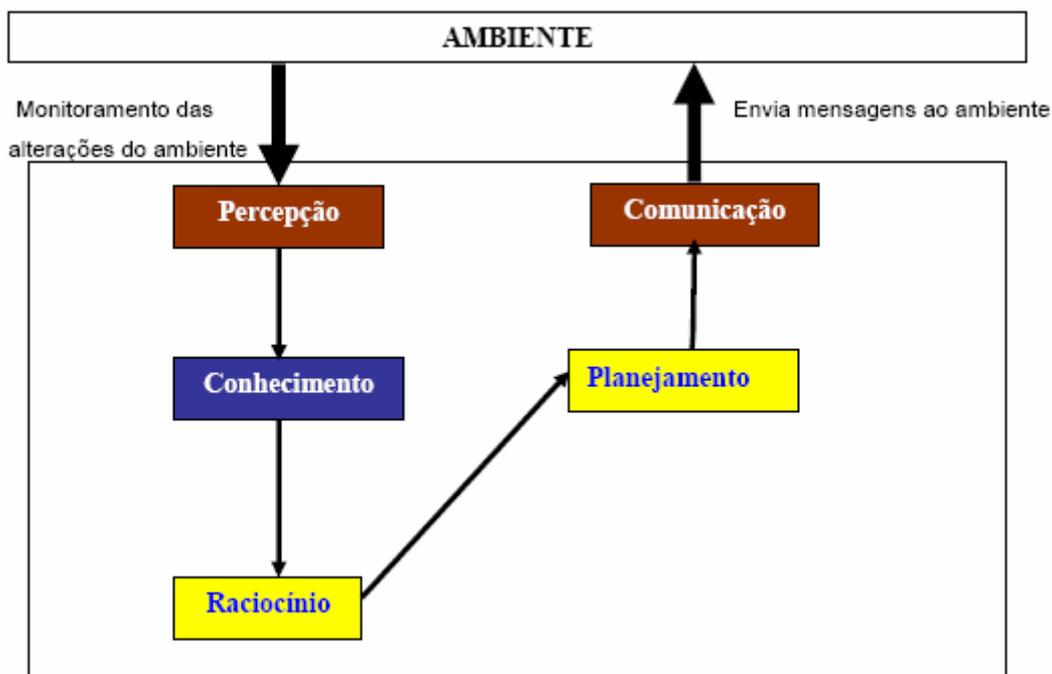


Figura 1 – Arquitetura do agente individual.

É através do módulo de percepção que o agente recebe as informações do ambiente (o agente humano – usuário - importa os dados do pedido), percebendo as alterações no ambiente, mediante recebimento de um *feedback* positivo ou negativo por parte do usuário e recebendo suas instruções. A percepção é a fonte do conhecimento do agente.

O módulo de conhecimento armazena as informações que o agente tem sobre seu ambiente. Alguns dos conhecimentos dos agentes são: capacidade de produção das empacotadeiras por hora, minutos trabalhados na semana, minutos ociosos na semana, nome do cliente responsável pelo pedido, data da venda, e outros.

O módulo de raciocínio analisa e processa informações, levando em conta a percepção e o conhecimento do agente. O agente efetua vários cálculos através do módulo de raciocínio e o resultado destes cálculos são passados para o módulo de planejamento. Exemplos de cálculos são: calcular a quantidade vendida em uma semana de biscoitos de 100gramas; calcular a capacidade média de produção da semana.

O módulo de planejamento recebe as informações processadas no módulo de raciocínio, comparando todas estas informações e decidindo o comportamento adequado. O módulo de planejamento agenda planos e, se necessário, executa e revisa estes planos. Ele passa, para o módulo de comunicação, as mensagens para serem enviadas ao ambiente. Exemplos de planos são: verificar se é necessário trocar a empacotadeira de 100g para 135g, verificar se é necessário trocar a empacotadeira de 135g para 100g, verificar se há condições para atender a demanda prevista para a semana. Quanto à capacidade de produção dos recursos da empresa, para o planejamento da produção na semana, a empresa avalia somente a capacidade de

produção das empacotadeiras e não de todos os recursos, pois as empacotadeiras são o gargalo do setor de produção.

O módulo de comunicação do agente tem a função de enviar e receber mensagens do ambiente, como, por exemplo: mensagem de envio - avisa se é preciso trocar empacotadeiras na semana.

Aos agentes, cabe a escolha adequada dos comportamentos para desempenhar as atividades para as quais foram alocados, visando atingir o objetivo de diminuir o número de trocas das empacotadeiras e evitar as pendências geradas pelo processo de alteração das empacotadeiras.

Desta forma, os objetivos estratégicos da organização com a produção são alcançados a partir de uma análise e planejamento organizado do processo de alocação de recursos (empacotadeiras) pelo SMA.

#### 4. Implementação de um Ambiente de Simulação da Produção

A Figura 2 mostra a tela de menus do sistema. O agente humano utiliza o sistema para informar os dados (conhecimento) para que o agente realize seu processamento (raciocínio), a fim de fornecer e visualizar as ações a serem tomadas em relação ao processo produtivo da empresa na semana.



Figura 2 – Tela de menus.

Para a implementação de um ambiente de simulação, utilizou-se o pacote *phptriad*, a linguagem de programação utilizada foi PHP e o banco de dados usado foi o

Mysql. Para o gerenciamento dos dados no banco, utilizou-se a ferramenta WinMySQLAdmin e como editor para o banco de dados o DBDesigner.

A partir do modelo proposto do SMA, apresenta-se a seguir as características da simulação desenvolvida.

#### **4.1 Experimentos realizados na simulação da produção**

Para a avaliação do comportamento do agente, realizaram-se comparações fazendo a simulação do planejamento real, como ocorre atualmente na empresa, baseado nas observações realizadas no início da pesquisa (no chão de fábrica da empresa), com a simulação do planejamento do agente.

Na Figura 3 é mostrado o planejamento da produção na semana com agente. O agente passa várias informações para o agente humano, como:

- é possível atingir a produção de biscoitos de 100g;
- é impossível atingir a produção de 135g com 40 horas trabalhadas;
- pode ser feita a troca da empacotadeira de 100g para 135g;
- a quantidade de pacotes vendidos e quantidade de pacotes que não foi possível produzir na semana anterior;
- capacidade média de produção na semana de 94.007 pacotes de 100g e de 355.423 pacotes de 135g;
- quantas horas precisam ser trabalhadas para atingir a produção;
- horas que sobram para produzir na semana;
- horas-extras sem a troca de empacotadeiras utilizando estoque;
- quantidade de pacotes que podem ser produzidos para estoque;
- total de pacotes que podem ser produzidos mais o estoque;
- pacotes que faltam para atingir a produção de 135g utilizando o estoque (podem ser passados para produzir na próxima semana);
- pacotes a serem produzidos com a troca da empacotadeira de 100g para a sobressalente de 135g após *setup* de 1 hora;
- horas-extras para atingir produção de 135g com cinco empacotadeiras produzindo 135g após *setup* de 1 hora;
- total de horas-extras para atingir produção de 135g com *setup* de 1 hora incluso.

**É possível atingir a produção de biscoitos de 100g na semana !!!**  
**E impossível atingir a produção da semana de 135g**  
**com 40 horas trabalhadas na semana !!!**  
**Pode ser feita uma troca da empacotadeira de 100g ER01 pela ER02 de 135g !!!**

	Pacotes vendidos	Não foi possível produzir na semana anterior	Total pacotes a produzir	Capacidade produção hora	Capacidade produção semana	Pacotes em estoque
<b>100g</b>	90.000	0	90.000	2.350	94.007	80.000
<b>135g</b>	490.000	0	490.000	8.885	355.423	90.000

	Total pacotes podem ser produzidos mais estoque	Horas trabalhadas para atingir a produção	Horas sobram	Horas extras sem a troca de empacotadeiras utilizando estoque	E possível produzir para estoque
<b>100g</b>	174.007	4.3	35.7	-----	84.007
<b>135g</b>	445.423	45.01	-----	5.01	-----

Pacotes faltam para atingir a produção de 135g utilizando o estoque (pode ser passado para produzir na próxima semana)	Pacotes a serem produzidos com a troca da empacotadeira de 100g para a ER02 135g após setup de 1 hora	Horas extras para atingir produção de 135g com cinco empacotadeiras produzindo 135g após setup de 1 hora	Total horas extras para atingir produção de 135g com setup de 1 hora incluso
44.576	35.691	3.27	4.27

Figura 3 - Planejamento da produção na semana com agente.

O planejamento da produção da semana com agente mostra que não é preciso trocar empacotadeiras, ou no máximo, efetuar uma troca durante a semana para atingir a produção desejada. Mostra ainda, muitas outras informações importantes sobre o planejamento da produção para o administrador do sistema.

Estas informações servem como base para a comparação com a produção real na semana sem o uso de agente. A Figura 4 apresenta a produção real na semana sem o uso de agente.

Horas trabalhadas na semana	Quantas trocas empacotadeiras por semana	Horas efetivamente trabalhadas 100g, descontando as trocas das empacotadeiras	Horas efetivamente trabalhadas 135g, descontando as trocas das empacotadeiras
40	6	37	37

	Pacotes vendidos	Não foi possível produzir na semana anterior	Total pacotes a produzir	Capacidade de produção por hora	Pacotes produzidos	Pacotes em estoque	Total pacotes produzidos mais estoque
<b>100g</b>	90.000	0	90.000	2.350	86.957	80.000	166.957
<b>135g</b>	490.000	0	490.000	8.885	348.759	90.000	438.759

Figura 4 - Produção real na semana sem uso de agente.

A Figura 5 ilustra algumas comparações na produção com e sem agente.

	Pacotes produzidos	Total pacotes produzidos mais estoque	Quantidade de trocas empacotadeiras
<b>Com agente 100g</b>	94.007	174.007	0
<b>Produção real 100g</b>	86.957	166.957	3
<b>Diferença 100g</b>	7.050	7.050	3
<b>Com agente 135g</b>	355.423	445.423	0
<b>Produção real 135g</b>	348.759	438.759	3
<b>Diferença 135g</b>	6.664	6.664	3

Figura 5 - Comparações entre a produção da semana com agentes e a produção real sem agentes.

A produção da semana com agentes pode ser mais vantajosa em relação à produção sem agentes, principalmente porque não há troca para empacotadeiras de 100g e somente uma troca para empacotadeiras de 135g na semana (o *setup* das máquinas a cada troca é de uma hora), enquanto que, sem agentes as trocas chegam a seis. Esta situação mostra que a empresa tem, com a utilização de agentes, 6 horas a mais de produção na semana, devido ao fato de não ter ocorrido trocas de empacotadeiras, o que proporciona o aumento na produção de 7.050 pacotes de 100g e de 6.664 pacotes de 135g na semana. Outra vantagem é a redução do número de horas-extras realizadas para atingir a produção.

O resultado obtido com a incorporação do agente na simulação do ambiente de produção deve-se ao planejamento organizado da produção, com base em cálculos e cruzamento de informações relevantes ao sistema. A observação sobre as comparações entre a produção da semana com agente e a produção real sem agente demonstram a importância da incorporação dos agentes neste sistema produtivo.

## **5. Conclusão**

O desenvolvimento de um SMA para a alocação de recursos, a partir da aplicação de agentes no ambiente de produção, busca proporcionar um adequado controle aos processos industriais de uma empresa.

Para definir um estudo de caso adequado ao objetivo deste trabalho, desenvolveu-se uma pesquisa dentro de uma empresa, para que fosse possível a identificação do problema no setor de produção. A partir disso, foi possível identificar de que forma os agentes poderiam controlar a diminuição de trocas das empacotadeiras e o planejamento da produção de biscoitos na semana.

Através de um ambiente de simulação da produção pôde-se avaliar a atuação dos agentes no processo de planejamento da produção da empresa e apresentar as vantagens da incorporação de agentes a este processo, como:

- redução do número de trocas por semana das empacotadeiras de 135g para 100g ou de 100g para 135g, evitando as pendências geradas pelo processo de alteração das empacotadeiras;
- auxílio na tomada da decisão quanto às trocas das empacotadeiras;
- distribuição de funções aos agentes que sobrecarregariam o trabalho de funcionários, como o próprio planejamento da produção da semana que, anteriormente, era feito por funcionários em reuniões que duravam horas;
- geração de tantas simulações quantas forem necessárias para chegar até o planejamento da produção da semana desejado pela empresa;
- auxílio à empresa no controle de sua produção para que a data de entrega estabelecida com o cliente seja mantida, o que contribui para a imagem da empresa no mercado;
- aumento da produção através das horas ganhas com a diminuição do número de trocas de empacotadeiras realizadas anteriormente, o que proporciona também um aumento no lucro da empresa.

Desta forma, o presente trabalho mostra que o processo de alocação de recursos utilizando SMA permite o planejamento estratégico no uso dos recursos de produção no atendimento às demandas, proporcionando mecanismos para balancear a utilização dos recursos produtivos e regras para garantir a execução dos compromissos assumidos. Os agentes responsáveis pela alocação dos recursos possuem capacidade para evitar perturbações, como a reprogramação dos compromissos assumidos com as atividades produtivas, e, também, evitar transtornos às próximas atividades de produção de sua responsabilidade.

Como contribuição para a área de SMA, o trabalho demonstra as vantagens proporcionadas pela adequada aplicabilidade de um SMA em um domínio de planejamento da produção e o impacto positivo de seu uso, buscando incentivar a construção e a utilização de aplicativos, com a solução baseada em agentes, para a indústria.

## **6. Referências**

Baker, A. D. (1996) Metaphor or reality: a case study where agents bid with actual costs to schedule a factory. In: CLEARW ATER, S.C. (Ed.). Market-Based Control: A Paradigm for Distributed Resource Allocation. Singapore: World Scientific. p.185-223.

Bastos, R. M. (1998) Uma estratégia para Alocação de Recursos Baseados em Sistemas Multiagentes. Porto Alegre: PPGC da UFRGS. Tese de Doutorado.

Corrêa, H. L.; Gianesi, I. G. N. (1993) Just in time, mrp ii e opt - um enfoque estratégico. São Paulo, Atlas ed., 1993.

Juchem, Murilo; Bastos, R. M. (2002) Projetando Sistemas Multiagentes em Organizações Empresariais. In: Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, 16., 2002, Gramado. Anais... , 2002.

Ogliari, Ivair; Bagatini, D. D. S.; Frozza, Rejane (2005) Processo de Alocação de Recursos Utilizando Sistema Multiagente. In: Encontro Nacional de Inteligência Artificial (ENIA). São Leopoldo: UNISINOS. Anais... 2005.

Walter, C. Modelagem e Análise de Sistemas de Manufatura. [S.l.:s.n.], 1993. Notas de aula.

Wooldridge, Michael. An Introduction to Multiagent Systems. John Wiley, 2001.