

A SIMULAÇÃO EM MONOGRAFIAS DE GRADUAÇÃO DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Sérgio Machado Corrêa

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Campus Regional de Resende, Engenharia de Produção, Estrada Resende Riachuelo s/n, Morada da Colina, Resende, RJ, Rio de Janeiro, 27523-000 - sergiomc@uerj.br

Abstract

This paper describes the use of the simulation tool in the resolution of cases in graduation monographs of the Production Engineering of Universidade do Estado do Rio de Janeiro, in Resende. Five cases were studied: a company that produces concrete blocks for pavement, a company that produces door panel and internal lining for automobiles roofs, a repair laboratory of electronic cards, a company of internal finishing of trucks and buses cabins, and a factory of automobiles motors.

The methodology approached in all stages are described, as the initial considerations, the description of the system, the data collection, the assembly of the conceptual model, the construction of the simulator with the software ARENA, the validation of the simulator, the proposals of modifications and analysis of the results.

It fits to stand out that some data will be omitted by technical subjects, but the gains in percentile terms will be described to demonstrate the potential of the simulation tool.

Simulação, Monografias, Ensino

1- Introdução

O parque industrial da região de Resende e cidades vizinhas como Itatiaia, Barra Mansa, Volta Redonda e Porto Real, no sul do estado do Rio de Janeiro tem proporcionado um laboratório muito ativo para a aplicação da ferramenta da simulação, em especial para os alunos do curso de Engenharia de Produção da UERJ, no Campus Regional de Resende.

Os alunos deste curso ao cursarem a disciplina de simulação no 5º período, o fazem com o uso constante de exemplos práticos e com o uso do software ARENA, adquirido em 1998 pela Universidade. Ao final desta disciplina, além de fazerem as avaliações tradicionais que um curso de graduação requer, os alunos são estimulados a fazer um trabalho prático. Este trabalho prático pode ser efetuado em qualquer ramo de atividade, desde os ramos tradicionais da indústria como também no setor de serviços e comércio.

Inúmeros foram os trabalhos realizados até hoje, onde os alunos reúnem-se em grupos com número variado de integrantes, dependendo da complexidade e extensão do trabalho. Nesta etapa do curso a maioria dos alunos ainda não iniciou o seu período de estágio e os trabalhos são, em geral, focados no comércio local. Os trabalhos na sua maioria são executados em supermercados, lanchonetes, escritórios, consultórios e similares.

Com o passar dos períodos letivos, os alunos costumam a entrar em estágio supervisionado muito cedo, em geral no 7º período, devido à abundância de empresas na região que requisitam este tipo de profissional. Somente para mencionar algumas empresas temos a Volkswagen, Peugeot Citroen, Flextronics, Basf, Clariant, Novartis, Du Pont, Singenta, Companhia Siderúrgica Nacional, Coca Cola, Indústrias Nucleares do Brasil, Barbará, Votorantim, Carbox, Uni Stein, Maxion, Delga, Carese, entre tantas.

Ao entrar nas empresas como estagiários, os alunos começam a visualizar situações onde melhorias podem ser feitas, mas que, para serem implementadas, necessitam de uma ferramenta que auxilie a decisão, onde por muitas vezes será necessário parar a produção

para implementar tais modificações. Neste momento os estagiários se propõem a realizar tal estudo e este período de tempo geralmente está sincronizado com a disciplina de Projeto de Graduação do 9º Período onde os alunos precisam fazer sua monografia de conclusão de curso que é um dos últimos requisitos para se tornarem então Engenheiros de Produção.

Os alunos da Engenharia de Produção, agora estagiários, procuram em geral o professor da disciplina de Simulação e autor deste trabalho, para desenvolverem suas monografias. Em geral chegam com uma proposta de trabalho onde esperam resolver um problema na empresa. Estes problemas são de diversas causas como balanceamento de linhas, mudanças de layout, investimentos em novos equipamentos, mudanças no horário de trabalho, entre outros.

O trabalho tem início com uma visita do professor e aluno ao local onde se deseja fazer o trabalho, onde então o professor toma ciência do projeto e conversa com os setores envolvidos da empresa. Cabe ressaltar que este é um ponto crucial de onde se deve decidir ou não pela continuidade do trabalho. Vários trabalhos não tiveram prosseguimento por motivos que variam desde a dificuldade de acesso a dados considerados cruciais pela empresa, ou mesmo pela complexidade ou extensão do trabalho. O professor e o aluno devem enxergar que este é um projeto para ser concluído em um prazo máximo de um ano e sua inviabilidade pode acarretar no atraso da conclusão do curso.

Outro motivo que inviabiliza um projeto é quando ocorre, por parte da empresa, o desejo de transformar o projeto em uma consultoria não remunerada. Este procedimento é em geral difícil de ser avaliado por uma falta de visão do problema como um todo. O professor deve saber se colocar contra duas forças que tendem a puxar para o mesmo lado: a empresa precisa resolver um problema e o aluno quer resolver este problema para ter mais chances para transformar seu estágio em emprego. Quando o esforço somente depende do aluno com a orientação do professor a empreitada pode muito bem ser levada a diante. Quando o esforço do professor é de tal tamanho que não caracteriza uma orientação e sim uma co-autoria, o problema deve ser analisado com mais profundamente.

2- Metodologia

O início do trabalho deve ser feito com uma descrição do sistema a ser simulado como um todo. Tanto o professor como aluno devem ter um entendimento das partes do sistema para que o projeto tenha todas as suas etapas visualizadas desde o início. Alguns projetos não tiveram sucesso, pois algumas etapas não estavam bem detalhadas no início, onde se acreditava que poderiam ser feitas com o decorrer do trabalho, o que não se concretizou. Uma vez tendo uma descrição do sistema pode-se então se fazer considerações sobre a importância de cada etapa e o seu grau de detalhamento. É sempre desejo do aluno colocar o problema com o maior nível de detalhes possível, porém nem sempre é necessário. Pode-se dizer que saber enxergar onde colocar os detalhes e onde suprimi-los é um dos sucessos de uma simulação.

Detalhado o sistema pode-se então montar um modelo conceitual com um layout do setor onde será feito o estudo para se definir, quando couber, estações, recursos, transportadores, velocidades, filas, distâncias e espaços disponíveis.

A partir deste modelo conceitual, ainda sem os termos de uma linguagem de programação ou de um software de simulação, deve-se então partir para a etapa do planejamento do estudo de tempos e movimentos. Quando os dados são inexistentes, esta etapa, em geral, é a que toma mais tempo em termos de homem/hora e muito cuidado é necessário para que os dados coletados sejam representativos. Deve-se levar em conta as variabilidades dos elementos que constituem um modelo como os recursos, horário de trabalho, tipos de entidades em processo, entre tantos. Pode-se fazer uma exemplificação de uma tomada de tempos em uma empresa onde durante o período de almoço há uma

redução do efetivo de pessoal. Esta tomada de tempos não pode ser extrapolada para o resto do expediente onde a representatividade dos dados estaria comprometida.

De posse do modelo conceitual e dos dados pode-se então partir para a construção do simulador, seja em uma linguagem de programação ou com um software específico. Como a UERJ fez a aquisição do ARENA em meados de 1998, os alunos e professores possuem um razoável domínio desta ferramenta no Campus. Cabe ressaltar que a etapa de construção do simulador nem sempre necessita de ter todos os dados já coletados. É possível, e pessoalmente recomendável, iniciar a construção do simulador assim que o modelo está concebido e alguns dados estão disponíveis. É corriqueiro, durante a construção do simulador, ter que retomar ou refinar os dados coletados e isto tem ocorrido com frequência nos projetos desenvolvidos na UERJ. Durante a construção do simulador se pode observar que certas simplificações e detalhamentos, ou mesmo partes cruciais forma mal observadas. Com isto pode-se poupar tempo ao não ter que esperar todo o conjunto de dados coletado para se começar a montar o simulador. Pode-se dizer que o processo simultâneo de coleta de dados e montagem do simulador é uma inspeção simultânea.

Ao final da montagem do simulador, este precisa então sofrer um processo de validação. Pode-se entender que validar um simulador é observar se este corresponde à realidade do sistema em todos os seus níveis. É preciso observar vários aspectos como produção de entidades, tamanho e tempos de filas, ocupação de recursos e todas as variabilidades que ocorrem durante o dia. O simulador também precisa responder de modo racional a inputs variados, como variações na demanda, nos horário de produção, etc. Um dos melhores modos de validar um simulador é apresentar dois conjuntos de dados a pessoas que conheçam a fundo a empresa estudada: o conjunto de dados de entrada e o conjunto de dados de saída. Se estas pessoas não conseguirem distinguir se este conjunto de dados foi obtido na prática ou através do simulador então se pode considerar o simulador validado.

Caso o simulador não consiga reproduzir o setor estudado da empresa algumas correções devem ser efetuadas. Alguma imperfeição ocorreu no processo descrito até agora e então se deve iniciar um processo de rastreamento. A equipe deve atentar para todos os níveis do processo, desde a descrição do sistema, a montagem do modelo conceitual, a coleta de dados até a construção do simulador. Pode-se relatar algumas experiências ocorridas neste Campus ao longo destes últimos anos e projetos. É comum, ao se fazer a descrição do sistema não observar certos aspectos que a equipe achou por melhor não entrar no modelo. Acontece que esta eliminação pode ter sido feita em uma etapa que é um gargalo de processo e que o influencia como um todo. Um exemplo pode ser citado como uma área de estacionamento de caminhões que foi considerada infinita em todos os períodos do dia. Outro tipo de consideração que já aconteceu algumas vezes é na hora de descrever o período de almoço. O aluno costuma recorrer a folhas de processo onde a escala de almoço está detalhada, mas que na verdade os funcionários não seguem exatamente como descrito. Na tomada de tempos a observação detalhada do processo é muito importante. A cronometragem da tarefa de um funcionário deve ser feita atentando-se para o todo. Como exemplo tem-se uma linha de montagem de veículos em série onde os funcionários efetuam suas tarefas em postos isolados. É comum um funcionário atrasar o seu tempo de processo quando seu antecessor está com problemas, este efeito pode ser desastroso quando se deseja fazer extrapolações. Outra causa de problemas são as simplificações feitas no conjunto modelo-simulador por muitas vezes ocasionado por inabilidade por parte do aluno da linguagem de programação ou do desconhecimento de detalhes do software. Inúmeras podem ser as fontes da não validação de um simulador e também inúmeros são os detalhes dentro dele embutidos desnecessariamente que poderiam ser suprimidos. Este processo de refino pode demorar muito tempo e geralmente está fora

do escopo de uma monografia de graduação. Todo o processo de simulação pode ser visualizado, em uma visão simplificada, na Figura 1.

Uma vez validado o simulador, lembrando do caráter acadêmico do mesmo, pode-se então partir para a etapa de projeto de experimentos onde, na verdade, originou todo o processo, quando se enxergou que melhorias poderiam ser feitas no sistema em estudo.

Esta etapa não cabe uma descrição detalhada, pois muitas podem ser suas formas. Podem variar desde a duplicação da capacidade de uma máquina, o aumento ou redução de funcionários, alterações ou inclusões de turnos, horas extras, aumento ou diminuição de áreas de estoque, etc. Os casos a serem relatados adiante farão uma exemplificação mais pormenorizada.

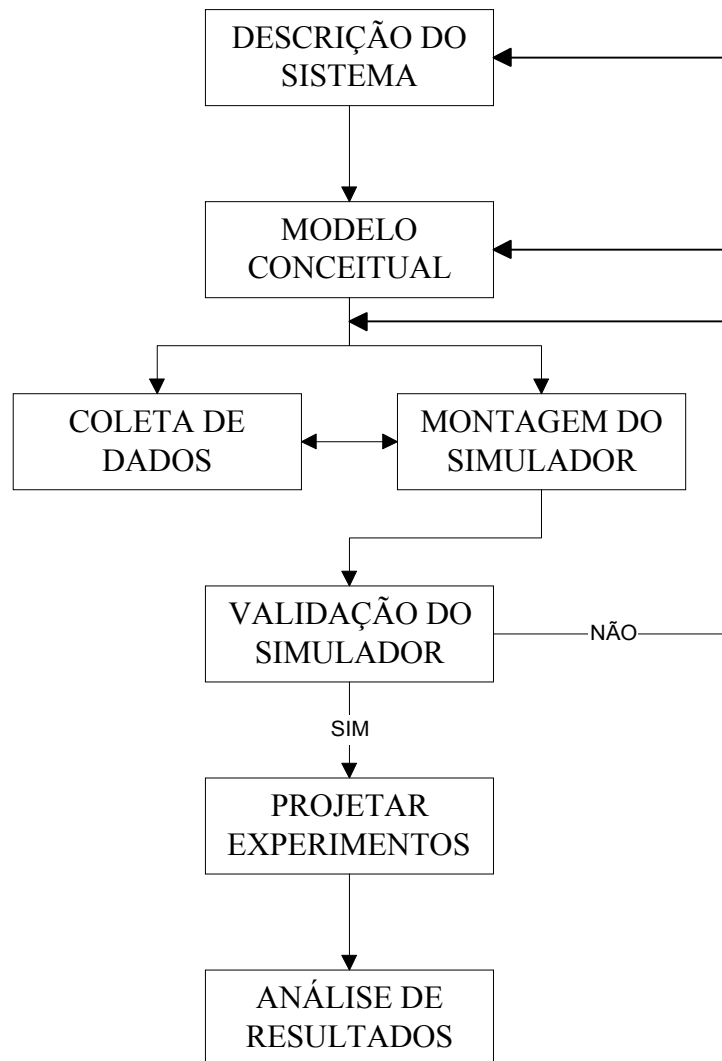


Figura 1 – Fluxograma de um projeto de simulação.

Um outro detalhe que deve ser abordado é a flexibilidade que o simulador deve oferecer na hora de se projetar os experimentos. As variáveis que se desejam estudar devem estar num conjunto à parte de modo a poderem facilmente ser alteradas, ou se puder, serem alteradas através de uma janela de diálogo.

A execução do simulador deve ser feita tantas vezes quanto necessária para que a média dos resultados seja estável. Isto quer dizer que, como um simulador trabalha com geração de números aleatórios a partir de curvas estatísticas obtidas por análise dos dados coletados, um número tal de execuções deve ser levado à cabo de modo que os resultados sejam expressados em termos de valores médios. É o caso de jogarmos uma moeda para o alto três vezes e obtermos por três vezes cara ou coroa. Este número de experimentos não

pode ser conclusivo. No caso da moeda se jogarmos cerca de 100 vezes a moeda teremos cerca de 50% cara e 50% coroa.

3- Os Casos Estudados

As empresas envolvidas neste estudo são da região do sul do estado do Rio de Janeiro e os projetos partiram de alunos que se encontravam em estágios nestas empresas. Os dados numéricos foram omitidos por motivos de segurança, mas os ganhos quantitativos poderão ser observados. Todos os projetos podem ser consultados em detalhes na Biblioteca da UERJ em Resende.

3.1 - Empresa de Acabamento Interno de Cabinas de Caminhões e Ônibus

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise crítica do processo de acabamento interno de cabinas de caminhões e ônibus, levando-se em conta uma produção de 88 veículos por dia com um turno de 8,8 horas de trabalho. Neste processo um total de 2000 itens são montados nas cabinas recém chegadas da pintura. Estes itens englobam revestimento interno, vidros, conjunto de pedais, chicotes, painel de instrumentos, coluna de direção, bancos e faixas decorativas.

Observando-se uma crescente demanda de mercado, dimensionou-se uma produção diária de 115 veículos por dia. Para que um aumento de 27 veículos dias fosse alcançado, foram sugeridas melhorias como o acréscimo de postos de trabalho, contratação de funcionários, mudanças de lay-out, balanceamento da linha de montagem, uso de conjuntos pré-montados, entre outros.

Uma vez de posse do simulador validado, seguindo-se todas as etapas descritas anteriormente, inúmeros experimentos foram executados de modo a se chegar ao objetivo proposto.

O refinamento dos cenários estudados levou à conclusão de um acréscimo de 10 funcionários e 11 equipamentos/modificações novos poderia se atingir o objetivo. Estes equipamentos são, na sua maioria, aparafusadoras, cabos, bancadas, sequenciadores, etc.

O custo estimado para a contratação de 10 novos funcionários ficou na ordem de R\$ 4500,00 por mês e os equipamentos/modificações de R\$ 171.000,00. Concluiu-se então que o retorno deste investimento seria muito rápido visto que poderia ser alcançado com apenas poucos dias de produção.

3.2 - Fábrica de Blocos para Pavimentação

Este projeto teve como objetivo a modelagem de dados e simulação da linha produtiva de blocos para pavimentação articulada e intertravada. Através do levantamento de informações úteis para o conhecimento do processo de produção, pode-se analisar a capacidade produtiva e a ocupação dos recursos foi analisada.

Como resultados obteve-se que as vibro prensas, misturadores, pás mecânica e empilhadeiras, operam em uma capacidade razoável, na casa dos 50 a 70 % de ocupação. Um possível aumento na produtividade certamente seria comprometido pela maquinaria. Um outro fator observado foi que a capacidade do pátio atual, onde é feita a cura dos blocos é limitada pois o tempo de cura é alto.

Como esta empresa nunca trabalhou com toda sua capacidade, pode-se estimar a produtividade de cada item, no caso de ter-se que responder a uma encomenda de maior porte. Chegou se a uma produção de 181300 do tipo mini, 72300 do tipo VI, 48400 do tipo VIII e 37800 do tipo X.

3.3 - Fábrica de Motores para Automóveis

O estudo de simulação nesta empresa ocorreu de forma diferente dos demais no tocante à inexistência de dados concretos. Como esta empresa não fabricava motores para

seus automóveis no Brasil decidiu-se, por questões estratégicas e mercadológicas, visto que o motor é o item de maior valor e que o Mercosul é um mercado promissor, montar uma fábrica de motores.

O aluno envolvido neste projeto já estava na condição de funcionário e visitou outras fábricas semelhantes no resto do mundo. A empresa então projetou a fábrica brasileira com base em outras já existentes fazendo-se modificações de modo à se adequar à realidade brasileira e ao número de itens produzidos, a serem importados, nacionalizados, etc.

O simulador foi então concebido de modo à representar o que a empresa esperava para a fábrica de motores brasileira. Esperava-se objetivar a produção diária, e principalmente a ocupação dos recursos.

Pela análise do caso base, que é aquele considerado como o estágio inicial proposto pela empresa, pode-se observar que 4 postos de trabalho estavam com recursos com taxas de ocupação acima de 80%, o que ocasionou filas nos respectivos postos.

Um balanceamento de atividades e a colocação de mais 4 funcionários na linha de montagem gerou um aumento de 11% na produtividade e este investimento é pago com apenas 4 dias de produção.

3.4 - Fábrica de Forro Interno para Teto de Automóveis

O objetivo deste trabalho foi de identificar gargalos da linha de produção de guarnecimentos de tetos automotivos, com o objetivo de aumentar a quantidade de itens produzidos.

Inicialmente tentou-se aumentar a produção sem a necessidade de investimentos significativos. Procedeu-se a execução do simulador colocando-se mais matéria prima na linha e o que observou-se foi o não aumento da produtividade, ou seja era necessário um investimento em maquinaria.

Constatou-se através de vários cenários que a aquisição de um novo robô de corte com maior capacidade e uma nova prensa seria o cenário mais adequado. Este investimento monta em cerca de US\$ 800 mil e que, apesar de elevado para os padrões brasileiros, acarretará um aumento de cerca de 100% na produção com um retorno de cerca de seis meses.

3.5 - Laboratório de Reparo de Cartões Eletrônicos

Neste setor de uma empresa siderúrgica foi analisado um laboratório de reparo de cartões eletrônicos, amplamente utilizados na instrumentação e controle de todo o processo siderúrgico.

O laboratório funciona com um número de técnicos eletrônicos onde acreditava-se suficiente para atender toda a demanda da empresa. O esquema de recebimento dos cartões, sua identificação e distribuição ocasiona demora na execução do serviço de reparo pois estas etapas não são realizadas durante todo o expediente. Como exemplo tem-se que o recebimento dos cartões somente ocorre um dia na semana em um período de tempo curto. Outro problema apresentado refere-se à não versatilidade dos técnicos, onde cada um tem sua especialidade, o que acarreta dificuldade na hora de montar o expediente de trabalho e mesmo no planejamento das férias.

O estudo foi focalizado de modo a montar-se um expediente de trabalho, esquema de férias, plantões, atendimento de modo a maximizar a produção frente a uma crescente demanda por este tipo de serviço, visto que a empresa moderniza seu parque industrial em um ritmo acelerado, em especial a área de instrumentação e controle.

Através das etapas descritas para o estudo de simulação chegou a um cenário onde, sem investimentos em funcionários ou maquinaria pode-se obter um ganho na casa dos

20% em produtividade e uma redução considerável no tempo de atendimento das solicitações.

4- Conclusões

Como pôde ser observado neste trabalho, a metodologia descrita para se montar um projeto de simulação adequado a uma monografia de graduação, para um curso de Engenharia de Produção, pode ser considerada um sucesso. Estes cinco projetos mencionados foram apenas alguns já concluídos, outros ainda estão em andamento. É bem verdade que alguns projetos não tiveram sucesso por inúmeras razões já descritas, basicamente por um bloqueio ao acesso à dados, seja por motivos de sigilosidade ou em função do aluno ter saído da empresa no decorrer do projeto. Deve-se ter em mente que um estudo de simulação sem dados nada mais é do que um exercício da matemática sem representatividade e que não pode ser usado para se tirar conclusões.

Cabe ainda mencionar que o software empregado, o ARENA em suas várias versões, se mostrou uma ferramenta surpreendente, no tocante ao uso e também aos seus recursos visuais, lógicos e estatísticos.

5- Bibliografia

- 1- SOUZA, A.N., SIQUEIRA, R.S., MARTINS, V.M.A. **Análise da Capacidade Produtiva da Empresa UNI-STEIN**, 2001. 50 f. Monografia de Graduação, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Resende, RJ.
- 2- MACHADO, B.C., FERREIRA, K.D., CALVET, M.B. **Otimização de uma Linha de Produção de Peças de Acabamento de Veículos Usando a Ferramenta da Simulação**, 2001. 41 f. Monografia de Graduação, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Resende, RJ.
- 3- LINHARES, L.A.B., RAMOS, R.C. **Simulação da Linha de Motores da PSA**, 2001. 42 f. Monografia de Graduação, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Resende, RJ.
- 4- BARROS, A.F., GIGLIO, P. **Avaliação da Capacidade Produtiva da Linha de Montagem da VDO - Volkswagen**, 2001. 48 f. Monografia de Graduação, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Resende, RJ.
- 5- PEREIRA, M.S., ANTUNES, L.A. **Simulação do Processo Produtivo do Laboratório de Manutenção Eletrônicos da CSN**, 2001. 60 f. Monografia de Graduação, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Resende, RJ.
- 6- KELTON, W.D., SADOWSKI, R.P., SADOWSKI, D.A. **Simulation with Arena**. McGraw Hill, 1998. 547 p.
- 7- PRADO, D. **Usando o ARENA em simulação, série pesquisa operacional, volume 3**, Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999. 281p.
- 8- SOARES, L.F.G. **Modelagem e simulação discreta de sistemas**, Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992. 250p.