

Simulação

A simulação da realidade é a operação do modelo que a representa.

Idéia Básica da simulação

Analisar um sistema para tornar possível responder perguntas do tipo: E se o sistema operasse desta ou daquela forma?



Simulação versus Experimentação Direta

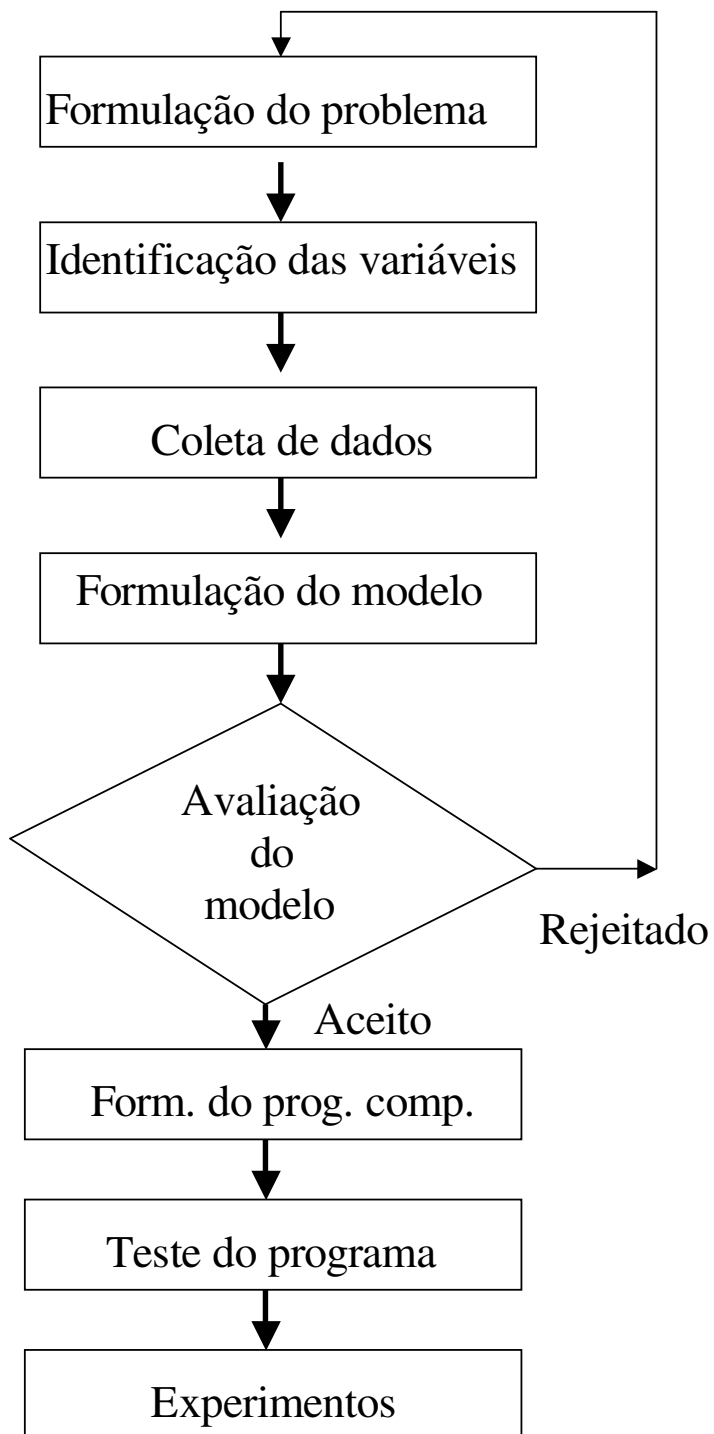
Vantagens do uso da simulação:

- | | | |
|-----------|----------------|----------------|
| 1 - Custo | 3 - Replicação | 5 – Legalidade |
| 2 - Tempo | 4 - Segurança | |

Simulação versus Modelagem Matemática

A modelagem matemática apresenta maiores dificuldades na modelagem de problemas complexos.

FASES DE UM ESTUDO DE SIMULAÇÃO



Algumas áreas de aplicação / exemplos

- 1 - Manufatura: Testes de novas alternativas ou políticas de controle
- 2 - Saúde: Estudo de sistemas de triagem em grandes hospitais. Análise de alternativas operacionais de setores de emergência.
- 3 - Reengenharia dos processos de negócios: Produção em lotes para produção em fluxo contínuo.
- 4 - Sistemas de transporte: Operação de ferrovias, rodovias, aeroportos, portos, etc.
- 5 - Área militar: simulação de operações de guerra.

Abordagens para um estudo de simulação

Pontos a serem considerados:

- A - Manipulação do tempo;
- B - Durações determinísticas ou estocásticas;
- C - Trocas de estado discretas ou contínuas.

A - Manipulação do tempo:

Uma das vantagens da simulação é a possibilidade de controlar a velocidade com que as alterações no estado do modelo se processam.

A essência da simulação é que as trocas de estado do sistema são modeladas através do tempo. Assim, é importante considerar como o fluxo de tempo deve ser manuseado ao longo da simulação.

Formas de manipulação do tempo:

1 - Divisão do tempo em intervalos regulares (“time-slicing”)

O modelo é atualizado a cada intervalo constante de tempo.

2 - Técnica do próximo evento:

O modelo é atualizado a intervalos variáveis de tempo. Assim, o modelo só é atualizado quando se tem certeza que alguma mudança ocorrerá. Estas trocas de estado são chamadas de eventos.

B - Durações determinísticas ou estocásticas:

Um sistema é dito determinístico, quando seu comportamento pode ser perfeitamente previsível e estocástico quando as variáveis que o constituem têm seu comportamento descrito por distribuições de probabilidade.

C - Trocas de estado discretas ou contínuas:

As variáveis incluídas em um modelo de simulação podem trocar seus valores de forma discretas ou contínuas.

Simulação a eventos discretos

1 - Generalidades:

Emprega a técnica do próximo evento para controlar o comportamento do modelo;

Sistemas que envolvem filas (óbvias ou não).

2 - Terminologia:

Objetos do sistema:

Entidades: Elementos individuais do sistema cujo comportamento se deseja analisar.

Recursos: Elementos individuais do sistema que não são modelados separadamente. Um recurso consiste em itens idênticos e o programa mantém um controle sobre quantos itens estão disponíveis a cada momento.

Tipos de entidades:

Permanentes: permanecem no sistema durante toda a simulação.

Temporárias: permanecem no sistema apenas parte da simulação.

Ativas: trabalham em conjunto com outras atividades e as “retêm” durante algumas operações do sistema.

Passivas: trabalham em conjunto com outras atividades e são “retidas” por elas durante algumas operações do sistema.

Organização das entidades:

Classes: grupos permanentes de entidades idênticas ou similares.

Conjuntos: grupos temporários de entidades idênticas ou similares. São usados para representar, por ex., um grupo de entidades em fila.

Atributos: são itens que informam determinadas características de uma entidade.

Servem para 2 propósitos:

Distinguir membros de uma mesma classe de entidades

Controlar o comportamento das entidades.

Operações relacionadas às entidades:

Evento: é o instante do tempo no qual alguma troca significativa de estado ocorre no sistema.

Atividade: são as operações e procedimentos que são iniciados em cada evento.

Processo: às vezes, é usual agrupar uma seqüência de eventos na ordem cronológica que eles acontecem. Tal seqüência é conhecida como processo, e é utilizada para representar parte ou toda a “vida” de uma entidade dentro do sistema.

Relógio da simulação: representa o instante corrente da simulação.

DIAGRAMA DE CICLO DE ATIVIDADES - DCA

É uma forma de representar graficamente modelos de simulação. Representa as interações existentes entre as diversas entidades que compõem o sistema e é muito prático na representação de sistemas com uma forte estrutura de filas. Estão normalmente associados à abordagem simulação baseada em atividades ou no método das três fases que serão vistos posteriormente.

Elementos de um DCA:

Entidades: representam as classes de entidades físicas do sistema. São representados por linhas.

Filas: são os estados onde entidades permanecem passivas. São representados por um círculo.

Atividades: são os estados onde entidades participam de alguma operação. São representados por um retângulo. De cada atividade podem participar uma ou mais entidades. A condição básica de início de uma atividade é a existência de entidades nas filas que a precedem.

Assim, no início da atividade as entidades são retiradas das filas que a precedem, ficando indisponíveis até o término daquela atividade. Ao término da atividade as entidades são colocadas nas filas subseqüentes a ela. Isto implica que, em um DCA, é obrigatória a existência de alternância entre filas e atividades.

Fontes / Nascimentos / Sumidouros: servem para representar o mudo exterior ao sistema. Um nascimento pode ser visto como uma fila de capacidade infinita. São representados por dois círculos sobrepostos. A mesma representação serve para o sumidouro, que representa a saída de entidades do sistema.

Outros elementos de um DCA:

- Prioridade de execução de atividades
- Desvios condicionais
- Disciplinas de filas
- Duração das atividades

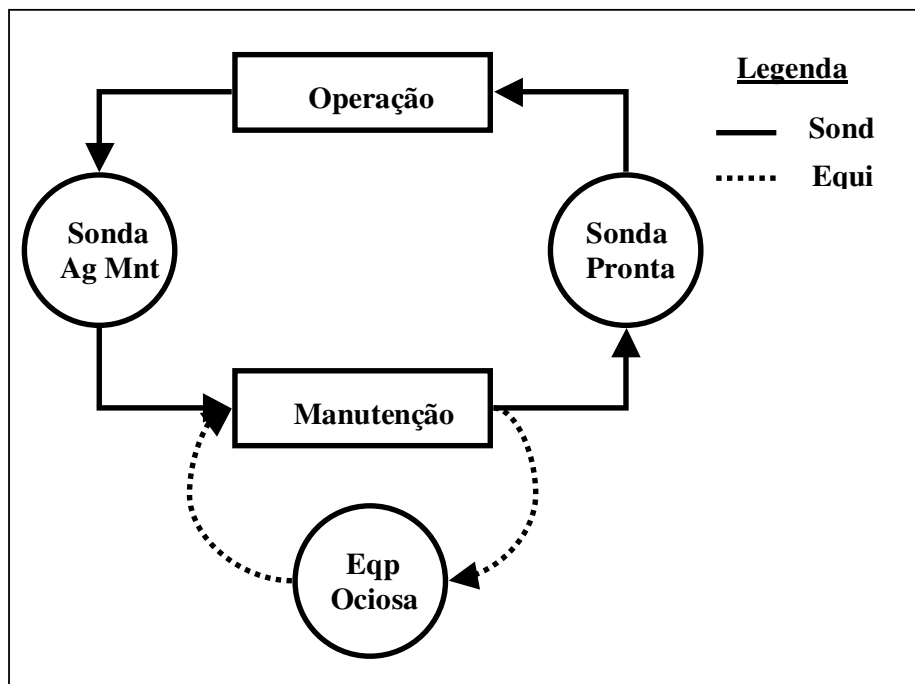
Observações importantes:

- Ciclo de vida das entidades
- Filas paralelas
- Bloqueio de recursos

Exemplos de Modelagem pelo DCA

Exemplo 1:

Uma empresa opera 7 sondas de perfuração de petróleo num campo petrolífero. As sondas trabalham em operação contínua, interrompendo seu funcionamento apenas para manutenção corretiva. O tempo entre falhas é descrito por uma distribuição exponencial com média de 7 dias. A manutenção é feita por uma única equipe e sua duração é normalmente distribuída com média de 1 dia e desvio padrão de 0,2 dias. Deseja-se simular este problema para avaliar o tempo que as sondas ficam paradas por falta de manutenção. Também deseja-se estimar a ocupação média da equipe de manutenção. Para tanto, construir o diagrama de ciclo de atividades do sistema.



Problema das sondas de petróleo

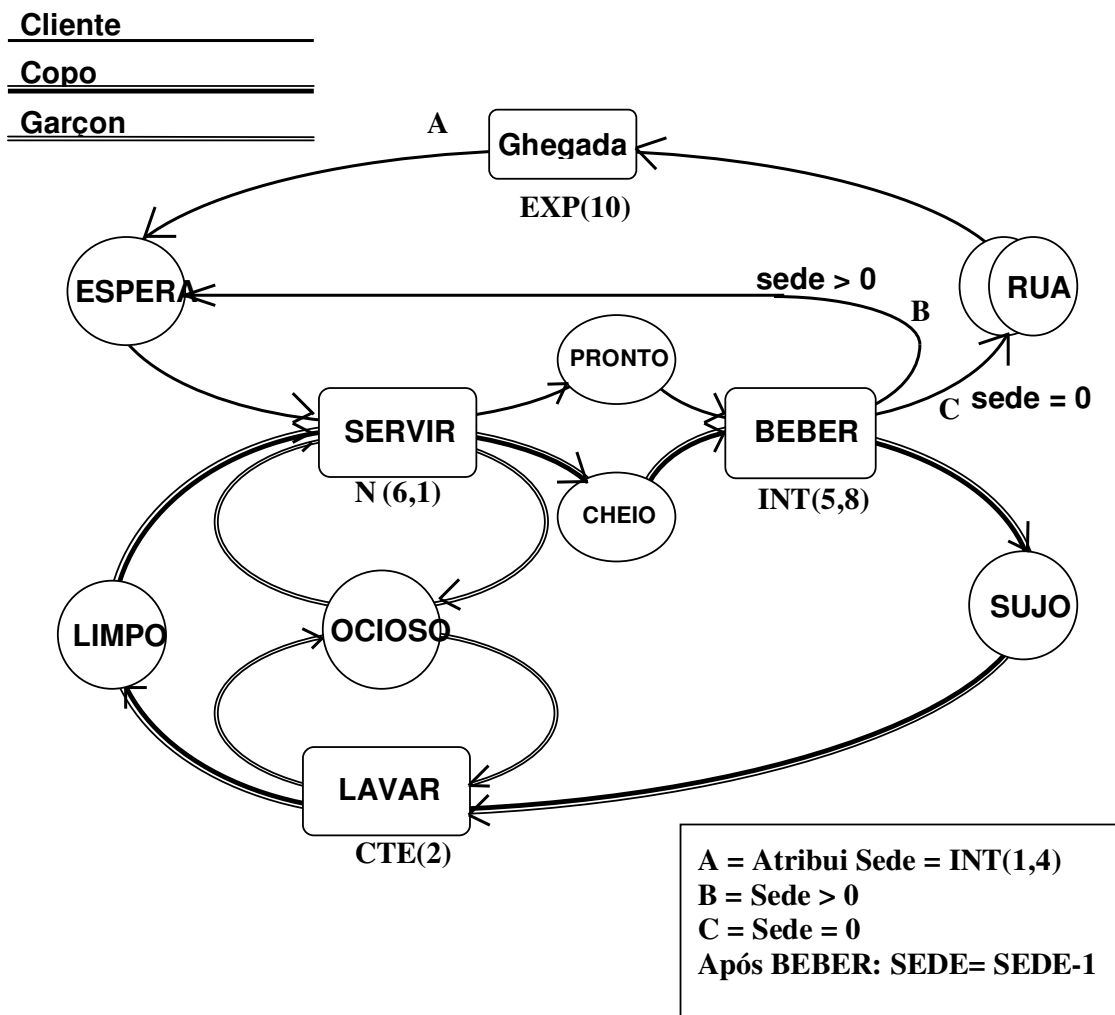
Exemplo 2:

Num bar, os clientes chegam da rua para tomar chope, numa quantidade que varia aleatoriamente em função da sede de cada um. Os intervalos entre chegadas consecutivas são exponencialmente distribuídos com média de 10 minutos. A quantidade de copos que cada cliente toma é definida quando da sua chegada, através do atributo SEDE. A SEDE de um cliente varia de acordo com uma distribuição inteira uniforme com um mínimo de 1 e um máximo de 4 copos. Chegando ao bar, um cliente aguardará sua vez de ser servido. Uma vez servido, atividade cuja duração segue uma distribuição normal com média de 6 minutos e desvio padrão de 1 minuto, o cliente beberá seu copo a seguir. O tempo para beber um copo distribui-se uniformemente com valores inteiros entre 5 e 8 minutos. Este ciclo irá se repetir até que o cliente tenha sua sede saciada. Dois garçons são responsáveis pelo atendimento dos clientes e pela lavagem dos copos usados. O atendimento, além do cliente, exige também que um copo limpo esteja disponível. A lavagem dos copos tem duração constante e igual a 2 minutos. Supõe-se ainda que o bar dispõe de 70 copos. Pede-se desenvolver um modelo utilizando o DCA para representação do sistema.

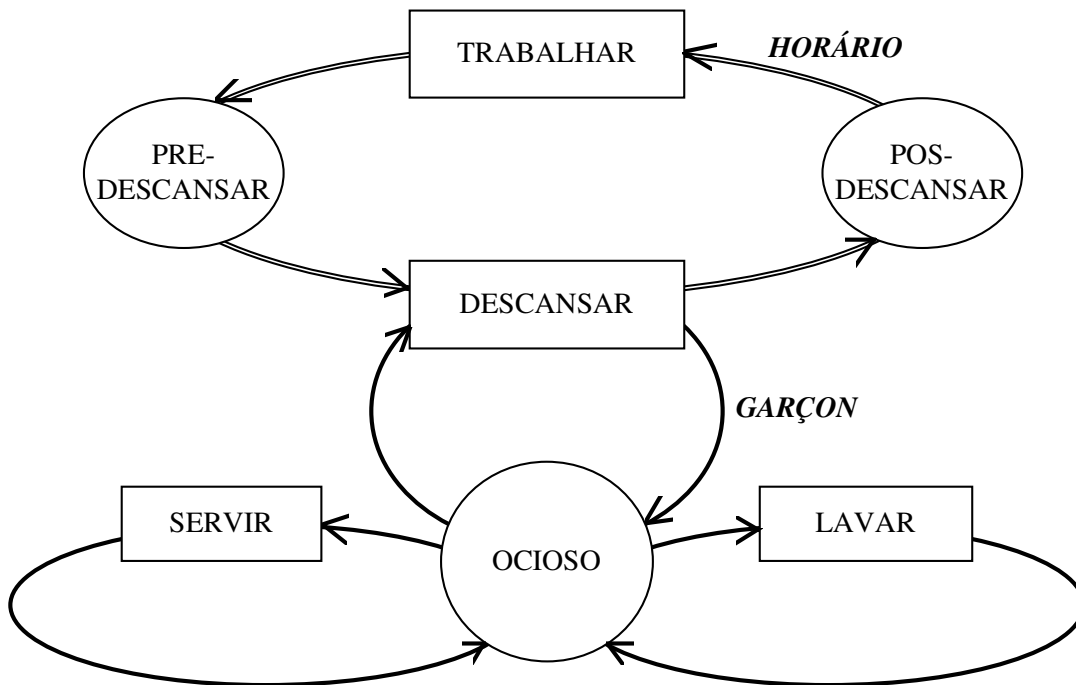
Variante do problema do bar:

Suponha que, por razões trabalhistas, o garçom do bar tenha direito a um intervalo para descanso de 10 minutos a cada hora trabalhada. Desta forma, "DESCANSAR" seria uma nova atividade do garçom. O início da atividade "DESCANSAR" ocorre assim que o garçom ficar ocioso pela primeira vez, após chegar a hora do descanso. Refaça o sistema considerando esta nova atividade.

DCA Original



Acréscimo com descanso do garçom:



Exercício 1:

Uma central telefônica, recebe chamadas a intervalos aleatórios segundo uma distribuição exponencial negativa com intervalo médio entre chamadas de 4 segundos. A duração média da conversação é de 120 segundos, também seguindo uma distribuição exponencial negativa. A central tem uma capacidade limitada de atendimento correspondente ao número de troncos disponíveis que é igual a 30. Uma chamada, encontrando o sistema congestionado (todos os troncos ocupados), é perdida. Posto isto, pede-se construir o diagrama de ciclo de atividades para este sistema, pois deseja-se construir um programa de simulação para estimar o número médio de troncos ocupados e o percentual de chamadas perdidas. Além disso, sabendo-se que o percentual de chamadas perdidas deve ser limitado a 5%, deseja-se saber qual deveria ser o número de troncos necessários para atender a este nível de serviço e qual seria, neste caso, a ocupação média da central.

Exercício 2:

Refazer o problema anterior supondo que uma chamada, encontrando o sistema congestionado (todos os troncos ocupados), pode ser perdida, fato que ocorre com 30% de probabilidade, ou então, voltar a ser efetivada (retorno) dentro de 10 segundos. Não há limite preestabelecido para o número de retornos que uma chamada pode ter.

Exercício 3:

Refazer o problema anterior supondo que uma chamada, encontrando o sistema congestionado (todos os troncos ocupados), é direcionada para uma central auxiliar com outros 10 troncos de capacidade. Caso a central auxiliar também esteja congestionada, a chamada será perdida (não há retorno neste caso).

Exercício 4:

Um porto de embarque de minério opera da seguinte forma:

Os navios chegam ao porto em intervalos de tempo que seguem uma distribuição exponencial negativa com média de 6 dias. A capacidade dos navios varia da seguinte forma: 75% são de 100.000 t, 15% são de 200.000 t e 10% de 150.000 t. Chegando ao porto, os navios encontrando o pier vago (o porto só possui 1 pier) e desde que haja minério no estoque, começam a ser carregados a uma taxa de 1200 t/h. Caso o estoque de minério termine antes do navio ser completamente carregado, o navio aguardará no pier a chegada de minério, ou seja, ele só deixa o pier quando estiver completamente carregado. O minério chega ao porto via ferrovia, sendo que cada trem é composto de 80 vagões com capacidade de 100 t cada um. Os trens chegam ao porto, em média, a cada 7 horas, seguindo uma distribuição normal, com desvio padrão de 1 hora. Os trens, chegando ao porto, têm seus vagões descarregados um a um, por um único virador de vagões. O tempo de descarga de cada vagão segue uma distribuição normal com média de 2,5 minutos e desvio padrão de 0,3 minutos. Ao fim da descarga de cada vagão, obviamente, o estoque de minério do porto aumenta em 100 t. Posto isto, pede-se construir o diagrama de ciclo de atividades para o sistema.

Exercício 5:

Um consultório médico opera da seguinte forma (todos os valores de tempo estão em minutos): os clientes chegam a intervalos que seguem uma distribuição triangular com média de 30 , mínimo de 23 e máximo de 35. Ao chegarem, são atendidos por uma secretária que preenche um formulário eletrônico contendo informações sobre o paciente. O tempo deste atendimento segue uma distribuição normal com média de 2 e desvio padrão de 0,5. Preenchido o formulário, o cliente aguarda pela consulta com o médico, cuja duração segue uma distribuição normal com média de 20 e desvio padrão de 5. Após a consulta 10% dos pacientes são submetidos a algum exame no próprio consultório, enquanto os demais vão embora. O exame é realizado logo após a consulta e feito pelo próprio médico, tendo uma duração exponencialmente distribuída com média igual a 5. Após isso, os clientes deixam o consultório. A secretária além de preencher os formulários, também atende o telefone, cujas chamadas chegam a intervalos que seguem uma distribuição exponencial com média de 5. A duração da conversa telefônica é exponencialmente distribuída com média igual a 3. O atendimento telefônico, quando a secretária está disponível, é prioritário. Quando ela está atendendo algum paciente, ela termina o atendimento antes de atender o telefone. Posto isto, construir o diagrama de ciclo de atividades representativo deste sistema explicitando todos os seus elementos e condições.

Exercício 6:

Uma empresa usa matérias primas do tipo A e B. Ambas são transportadas por caminhões, de mesma capacidade, que chegam à empresa segundo uma distribuição exponencial negativa de média de 25 minutos. Sabe-se que 30% desses caminhões trazem matéria prima do tipo A e o restante do tipo B. Ao chegarem à empresa os caminhões têm sua carga checada por um funcionário da portaria, que preenche um formulário e encaminha o caminhão para uma das docas de descarga, atividade que possui duração exponencialmente distribuída com média de 5 minutos. Existe uma doca (Doca A) para descarga de caminhões que transportam mercadorias do tipo A e duas docas para aqueles que transportam mercadorias do tipo B (Doca B1 e Doca B2). O tempo de descarga dos caminhões que transportam mercadoria do tipo A segue uma distribuição normal com média de 30 minutos e desvio padrão de 6 minutos. O tempo de descarga dos caminhões que transportam mercadoria do tipo B segue uma distribuição triangular com moda de 38, mínimo de 30 e máximo de 50 minutos. Os caminhões com mercadorias do tipo B são encaminhados para a doca que tiver menor fila (B1 ou B2). Após a descarga, os caminhões seguem para outro setor da empresa onde entregam as notas fiscais e os recibos de descarga. Neste setor, os caminhões são atendidos por um funcionário, que preenche um formulário de liberação do veículo. O tempo gasto pelo funcionário para realização deste serviço segue uma distribuição normal com média de 7 minutos e desvio padrão de 2 minutos. Após receberem o formulário de liberação, os caminhões se dirigem à portaria da empresa, onde o mesmo funcionário que os recebeu faz uma vistoria de segurança nos caminhões, para certificar se eles não estão saindo com nada da empresa, e os libera em seguida. O tempo gasto nesta atividade é exponencialmente distribuído com média de 4 minutos. O funcionário da portaria prioriza o atendimento de chegada de caminhões em relação à vistoria de saída. Posto isto, construir o diagrama de ciclo de atividades representativo deste sistema.

Exercício 7:

Em uma empresa de comércio eletrônico, os pedidos chegam ao setor de vendas via correio eletrônico onde são analisados por um funcionário que verifica se todos os itens constantes do pedido existem no estoque da empresa. Caso falte algum item, o pedido é encaminhado ao departamento de produção, saindo do setor de vendas. Caso todos os itens estejam disponíveis, o pedido é enviado para um outro funcionário, que entra em contato com a administradora de cartões de crédito para verificar se a compra pode ser debitada no cartão de crédito fornecido pelo cliente. Caso exista algum problema com o cartão, o pedido é recusado e o funcionário, antes de verificar o próximo pedido, redige e envia uma mensagem para o cliente informando a recusa da administradora do cartão. Se a administradora do cartão aceitar o débito, o pedido é encaminhado ao almoxarifado, saindo do setor de vendas. Os pedidos chegam a intervalos de 10 minutos, seguindo uma distribuição exponencial. O tempo de verificação do estoque segue uma distribuição normal com média de 8 minutos e desvio padrão de 0.75 minutos. O processo de verificação do crédito segue uma distribuição triangular com mínimo de 4, moda de 6 e máximo de 9 minutos. O tempo de redigir e enviar a mensagem para o cliente, quando o pedido é recusado pela administradora de cartões, segue uma distribuição normal com média de 3 minutos e desvio padrão de 0,5 minutos. Sabe-se que historicamente, 20% dos pedidos contém itens em falta e que 7% das transações com cartão são recusadas pela administradora. Posto isto, construir o DCA representativo do sistema, informando todos os detalhes dos processo.

Exercício 8:

Uma empresa opera 7 sondas de perfuração de petróleo num campo petrolífero no mar. As sondas trabalham em operação contínua, interrompendo seu funcionamento apenas para manutenção corretiva. O tempo entre falhas é descrito por uma distribuição normal com média 168 e desvio padrão de 24 horas. A manutenção é feita por uma única equipe e sua duração é exponencialmente distribuída com média de 24 horas. No início da operação a equipe se encontra em uma base em terra. A cada quebra de sonda, a equipe se desloca para o local da sonda, ali permanecendo até o término da manutenção. Ao final da manutenção, se não houver outras sondas quebradas, a equipe retorna à base. Caso haja, a equipe se desloca diretamente para a sonda que estiver há mais tempo aguardando manutenção. Os tempos de deslocamento entre as sondas são descritos por uma distribuição normal com média de 0.9h e desvio padrão de 0.2h. Os tempos de deslocamento entre as sondas e a base em terra também seguem uma distribuição normal com média de 1,2h e desvio padrão de 0.2h. Posto isto, fazer o DCA representativo do sistema

Exercício 9:

Uma oficina de automóveis realiza serviços de manutenção mecânica, manutenção elétrica e lanternagem. Para tanto, esta oficina conta com 4 equipes, duas para manutenção mecânica, uma para manutenção elétrica e uma para lanternagem.

Os carros, ao chegarem na oficina, passam por uma triagem inicial, realizada por um único funcionário, e são encaminhados para realização dos serviços, sendo que 45% deles necessitam de manutenção mecânica, 25% de manutenção elétrica, 18% de lanternagem e 12% de manutenção mecânica e lanternagem.

Os carros que necessitam de lanternagem e manutenção mecânica (12%) são atendidos primeiramente no serviço que apresentar a menor fila de espera e após sua realização são, então, encaminhados ao outro serviço, tendo prioridade de atendimento sobre os veículos que porventura estiverem na fila de espera para realização daquele serviço.

O intervalo entre chegadas de carros segue uma distribuição exponencial negativa com média de 2 h.

O tempo de triagem segue uma distribuição normal com média de 0,17 h e desvio padrão de 0,02 h.

O tempo de manutenção mecânica segue uma distribuição exponencial negativa com média de 3,8 h.

O tempo de manutenção elétrica segue uma distribuição exponencial negativa com média de 2.5 h.

O tempo de lanternagem segue uma distribuição exponencial negativa com média de 5 h.

Construir o DCA representativo do sistema, explicando detalhadamente os desvios condicionais existentes.