

RESUMO

Faz-se uma introdução a simulação Digital, indicando a metodologia seguida por esta técnica e apontando alguns tipos de problemas que poderão ser tratados com o seu contributo, designadamente problemas de produção.

Genericamente aborda-se o problema dos jogos de empresa e faz-se uma apreciação a complementaridade matemáticas e Informática, na prática da Simulação.

1.O que é a simulação? Simulação determinística e simulação Estocástica. Aplicação da Simulação Estocástica à resolução de um problema determinístico.

A Simulação é uma técnica pertencente ao conjunto das técnicas da Investigação operacional, que, como se sabe, consiste na aplicação do método científico à resolução dos problemas que surgem em sistemas operacionais. A investigação Operacional tem como característica importante a elaboração de um modelo a partir do qual se obtém a solução do problema. Em muitas situações, esse modelo dispõe de uma função objectivo que se pode maximizar ou minimizar utilizando técnicas matemáticas, conduzindo, assim, à solução "óptima". Todavia, em certos casos (e com grande frequência), a situação é de grande complexidade pelo que não é possível, ou é extremamente difícil, a elaboração de um modelo em que a função objectivo seja tratável analiticamente; Nesses casos, procura-se um modelo que, tanto quanto possível, represente a situação mal, e experimentar-se-á nesse modelo, procurando-se a reacção a diferentes combinações de valores de ".input" que representam os níveis das variáveis de decisão (ou diferentes soluções). Aquela combinação que produz o valor mais adequado nesta experimentação seria assim, a solução a adoptar.

Como facilmente se depreende este processo é um processo experimental e a solução obtida não é a óptima uma vez que certamente; não se terão experimentado todas as combinações possíveis das variáveis de decisão.

A grande vantagem da Simulação sobre as outras técnicas de Investigação Operacional resulta do facto de permitir um maior realismo a modelação das situações concretas o que faz com que seja, neste momento, talvez a técnica mais aplicada na prática.

Os domínios onde é utilizada vão desde o dimensionamento de instalações a estudos de economia nacional, passando por problemas de gestão empresarial e construção de jogos de empresa. Embora o desenvolvimento das diferentes técnicas tenha muito a dever ao advento dos computadores, essa influência é muito mais sensível no caso da Simulação. Efectivamente, o volume de cálculos num problema de simulação é extremamente grande, donde, na maior parte dos casos, a inexistência de computadores inviabilizaria a aplicação do método científico à resolução desses problemas.

Em qualquer situação podemos considerar dois tipos de parâmetros, uns, cujos valores se conhecem com exactidão, ou seja, determinísticos, outros, para os quais se conhece uma região onde eles irão assumir valores de acordo com determinada distribuição estatística. Problemas em que os parâmetros são do 1º tipo têm a classificação de determinísticos, enquanto que aqueles que apresentam, também, parâmetros do 2º tipo se designam estocásticos. Embora a simulação se aplique mais frequentemente a problemas do 2º tipo, pois são esses os mais complexos, ela é também aplicada aos do 1º tipo. O exemplo que abordaremos seguidamente insere-se precisamente no 2º caso, ou seja, na aplicação da simulação a resolução de problemas determinísticos.

Pretende-se calcular a Área da figura tracejada que como se pode ver é delimitada pelas 3 linhas (1 horizontal e 2 verticais) e, pela linha que admitimos ser representada analiticamente por $y=f(x)$.

Para calcular a área em causa pelo método da simulação importa referir os chamados números aleatórios. Diz-se que se obtém um número aleatório de n algarismos, se qualquer número de n algarismos tem igual probabilidade de ser obtido.

Assim, se se pretender "extrair" um número aleatório de dois algarismos basta fazer girar uma roleta não viciada, com dez zonas (0 a 9), duas vezes, e registar os dois algarismos obtidos após paragem da roleta. Esses dois algarismos formam um número aleatório (de entre os números 0 a 99).

A circunstância da roleta poder gerar números aleatórios fundamentou a designação do método de Monte Carlo, na simulação.

Voltando ao nosso problema, vamos indicar como através da Simulação podemos obter um valor aproximado para uma área para cujo cálculo não existem métodos analiticamente rigorosos (admitamos que a função $y=f(x)$ não é integrável).

Tiremos, aleatoriamente, dois números entre 0 e 1.

Ao primeiro chamamos x_1 e ao segundo y_1 . O par (x_1, y_1) constitui-se um ponto de coordenadas (x_1, y_1) que como é óbvio é um ponto do quadrado OABC. Calculemos o valor de $f(x_1)$. Comparando $f(x_1)$ com y_1 ou se verifica $f(x_1) < y_1$ ou $f(x_1) > y_1$; No 1º caso temos $n=1$ e $N=1$; no 2º temos $n=0$ e $N=1$. Segundo a figura ficaria $n=0$, $N=1$

Extraímos, novamente, dois números X_2 , Y_2 segundo as condições atrás indicadas e procedemos analogamente: se $f(x_2) < y_2$ fazemos n igual ao valor anterior adicionado de 1, e se $f(x_2) > y_2$ não se altera o valor de n ; em qualquer dos casos adicionar-se-á 1 ao valor de N . No caso da figura ficaria $n=1$, $N=2$. O processo continuará até se obter um número de pares, N , suficientemente grande. No fim do processo, o valor, n dir-nos-á, como é evidente, o número de pontos que, num total de N , caíram na região tracejada. Como qualquer ponto do quadrado tem igual probabilidade de sair, não será de estranhar que adoptemos para aproximação da área da superfície tracejada a fracção n/N . A aproximação será tanto maior quanto maior for o número N de pares de números aleatórios extraídos.

2. Metodologia da Simulação. Suas fases e importância (indispensabilidade) da utilização do computador na aplicação desta técnica.

Embora não existindo regras precisas que permitam indicar com rigor as etapas a percorrer num estudo de Simulação apresenta-se seguidamente um esquema lógico que permitirá servir de base a uma eventual standardização. No entanto, devemos ter presente que a Simulação tem muito de arte pelo que algumas situações são tratadas muito livremente, não havendo um seguimento do fluxograma que a seguir se apresenta.

Em primeiro lugar há que formular o problema que se pretende resolver, como é óbvio. Seguidamente há que escolher a informação relevante e o seu tratamento no sentido de identificar o tipo de relações entre as componentes do Sistema

Numa 3ª fase elabora-se o modelo matemático sobre o qual se irão efectuar as "experiências". Importa que este modelo, de algum modo, simbolize a realidade que se pretende modelar. Os modelos caracterizam-se por um conjunto de parâmetros e variáveis e relações entre si.

Os parâmetros são números (constantes que aparecem nas expressões matemáticas definidoras do modelo. Há assim, que estimar os valores destes parâmetros o que se poderá fazer através de técnicas adequadas, designadamente técnicas estatísticas de correlação, método dos mínimos quadrados, equações simultâneas, etc.

Seguidamente é necessário fazer a 1ª apreciação do nosso modelo, antes de o fazer correr no computador, evitando, assim, todo um trabalho moroso e dispendioso de programação que eventualmente seria desperdiçado. Na hipótese do modelo ser rejeitado voltaremos a iniciar a nossa análise começando por questionar a própria formulação do problema. Caso aceitemos o modelo vamos para a fase de elaboração do programa de computador que traduza o nosso modelo.

Numa 7ª fase há que validar o modelo, é a fase de validação. Nesta fase, que na informática de natureza administrativa nós poderíamos chamar "paralelo", procura-se ver como os resultados produzidos pelo programa se adaptam ao real, decidindo assim da aceitação do modelo como sendo de facto uma representação aceitável da realidade. Uma vez essa decisão tomada, haverá que utilizar o nosso programa na resolução do problema. Como dissemos atrás, a Simulação é um processo experimental e uma metodologia, na qual, em vez de se fazerem as experiências no concreto (o que é difícil, senão impossível, na maior parte dos casos) se experimenta num modelo representado por sua vez num programa de computador. Como em qualquer ciência experimental (biologia, física, química, etc.) há toda a necessidade em otimizar as experiências, ou seja, procurar tirar o máximo de informação dum número adequado de experiências, uma vez que estas condicionam naturalmente o custo do estudo, pois implicam utilização de recursos (caros e/ou escassos). No nosso caso, o recurso será o tempo de computador dum modo geral avultado em problemas de simulação.

Há, assim, todo o interesse em fazer um planeamento das experiências. É uma fase importante de todo o

estudo, o que, de resto, tal como dissemos, se passa na generalidade das ciências experimentais. Finalmente, há que analisar os resultados das experiências efectuadas no sentido de concluir quais os conjuntos de valores dos factores produtivos (falando em termos gerais) que implicam melhores resultados.

O fluxograma que seguidamente se apresenta respeita a uma situação em que uma empresa de transportes queria implementar um sistema de manutenção preventiva pelo que havia que dotar oficinas de manutenção de determinados conjuntos de equipamentos. Este número era função do número de viaturas assistidas e das quilometragens percorridas. Em Portugal não havia informação disponível e os elementos de outros países, que se conheciam, não eram representativos da nossa realidade.

O problema consistia na determinação do número de equipamentos de cada tipo mais adequado a diversas hipóteses de exploração. A metodologia adoptada consistiu na determinação duma função económica (traduzindo os diversos custos associados aos equipamentos e custos de imobilização das viaturas a aguardar assistência) que se procurou minimizar. Dada a aleatoriedade dos fenómenos envolvidos: chegada de viaturas para manutenção, diversidade de intervenções e consequente variação nas durações, não pareceu que um método analítico resolvesse o problema pelo que se optou pela Simulação. Elaborado o programa obtiveram-se resultados que permitiram aos responsáveis pela decisão optar confiadamente a partir de números produzidos por um modelo que eles compreenderam e aceitaram. Aliás, este último aspecto é uma das principais vantagens da Simulação; os utilizadores, de modo geral, não especialistas nesta técnica, são mais receptivos à Simulação por a "perceberem" do que às técnicas matemáticas clássicas que sendo mais abstractas e herméticas lhes suscitam muitas desconfianças.

3. Tipos de aplicações da Simulação numa empresa. Problemas de Produção e Simulação de Gestão: Jogos de Empresas.

Como é óbvio a aplicabilidade da simulação depende dos tipos de problemas encarados. Efectivamente, como deixamos dito, esta técnica, não produzindo uma solução óptima no sentido matemático do termo e implicando, de modo geral, custos elevados, deverá aplicar-se quando as técnicas matemáticas clássicas são impotentes para resolver o problema. Esta incapacidade surgirá face à dificuldade (complexidade) da situação a solucionar ou quando os fenómenos a estudar têm características estocásticas e de irregularidade, que impossibilitam a aplicação das técnicas mais usuais e eficientes das matemáticas. Assim, embora a Simulação seja, sem dúvida, a técnica de investigação Operacional mais utilizada, existem sectores onde a sua aplicação é, apesar disso, privilegiada. De entre estas referiremos os transportes, onde a componente aleatoriedade é evidente.

Sectores de produção em que existe um encadeado de processos de fabrico com todos os problemas decorrentes da necessidade de alimentar as diferentes fases, sob o risco de rotura de todo o sistema produtivo, e as consequências inerentes à fiabilidade dos diferentes sub-sistemas físicos são também um campo de eleição para esta técnica. O fluxograma dum tal sistema é apresentado de seguida, em que se evidencia esquematicamente o que acabamos de dizer.

Como é evidente, haverá que jogar com uma série de factores cuja combinação tem como objectivo satisfazer as encomendas. Como facilmente se depreende os diferentes processos deverão ter velocidades compatibilizadas entre si e com as necessidades de produção, traduzidas nas encomendas. Todavia a sincronização do sistema em diferentes níveis tem custos diferentes (por exemplo, pode não haver inconveniente em que os produtos semiacabados não entrem imediatamente na fase seguinte à que acabaram de sair mas tal pode ser absolutamente necessário, noutros casos), donde haverá que preparar e planear o processo global de tal modo que a função económica (que traduzirá também os inconvenientes em eventuais demoras na satisfação das encomendas seja "optimizada". Este um exemplo, que não pormenorizaremos, de aplicação da Simulação à produção. Outro campo em que a Simulação tem produzido bons resultados é no auxílio à Simulação à Gestão. A Simulação de Gestão, como aqui a consideramos, tem como objectivo auxiliar os gestores nas suas decisões. É óbvio que qualquer gestor, diariamente se interroga sobre determinadas medidas que pensa pôr em prática fá-lo nos seguintes termos: o que é que acontece se eu fizer isto, e aquilo; nestas e naquelas condições? de uma maneira geral a resposta mais ou menos intuitiva vem após algumas contas, mesmo feitas mentalmente. Todavia é possível em certos casos, e para certo tipo de decisões estabelecer um modelo computarizado que lhe permita dar resposta a um certo conjunto de perguntas com que mais frequentemente se

interroga. Se o gestor for mais ousado até pode tentar avaliar as atitudes, dos seus concorrentes face às suas decisões e tentar apreciar os impactos tendo já em consideração as eventuais reacções dos seus concorrentes. Este tipo de procedimento tem a sua origem nas batalhas simuladas em que os generais procuravam simular as condições em que as batalhas se iriam desenvolver, constituindo, aliás, um exercício clássico dos exércitos.

O que o gestor que atrás indicámos fazia quando tentava prever a reacção dos seus "opositores" tem muito de comum com o que se passa nos jogos da guerra ("war games"). Daí que se lhes chame jogos de empresas. Todavia, os jogos de empresa, no sentido atrás indicado, como elementos para fundamentar políticas de acção nas empresas, tem um alcance relativamente limitado, verificando-se que a sua aplicação obteve mais êxito quando virada para o treino de gestores.

É efectivamente, com este objectivo que os jogos de empresa ganharam popularidade, a ponto de constituírem instrumento de formação a que se atribui grande relevância, sendo inclusivamente objecto de iniciativas com empenhamento acentuada de um dos semanários portugueses, e de centenas de gestores das nossas empresas.

4. Jogos de empresas: Funcionais e Globais. Simulação de empresas actuando em mercado concorrencial.

Como vimos, uma aplicação importante da Simulação consiste na construção e utilização de jogos de empresas.

Procuramos pôr em realce a utilidade deste instrumento na formação de gestores. De facto, eles permitem simular o meio em que o gestor há-de desenvolver a sua actividade, sendo essa simulação traduzida num conjunto de relações matemáticas. Algumas dessas relações são dadas a conhecer aos participantes - são as regras do jogo. Como é Óbvio os jogos de empresa, como qualquer modelo, de resto, são representações simplificadas da realidade, ou então, traduzem uma situação hipotética. Uma característica importante nos jogos de empresa como instrumento educativo em gestão é o "feed back" que actua com rapidez graças à utilização do computador, o que permite um grande envolvimento das pessoas que "jogam" o jogo uma vez que as consequências das suas decisões são conhecidas num curto espaço de tempo, evitando assim uma "dispersão" do participante.

Os jogos de empresa podem ser classificados de diversas maneiras:

podem ser funcionais ou globais quando respeitam apenas a um sector de actividade da empresa ou a empresa como um todo; podem ser interactivos ou não Interactivos quando as empresas sofrem as consequências das decisões das outras empresas ou quando tal se não verifica. Finalmente podem considerar-se determinísticos ou estocásticos, o que está associado à aleatoriedade dos parâmetros utilizados no modelo que materializa o jogo.

Embora nos pareça supérfluo pôr ênfase nas vantagens dos jogos de empresa, permitimo-nos evidenciar alguns aspectos que nos parecem relevantes:

- O interesse que o exercício desperta nos participantes dado o envolvimento que sentem.

- A possibilidade de analisar criticamente as situações encontradas no decorrer do jogo e a Consequente determinação e indicação das soluções que se julgam mais adequadas.

- Possibilidade de ver em evidencia as interacções das decisões tomadas nas diferentes áreas da empresa.

- A importância da organização e cooperação dos diferentes sectores,

- O interesse em encarar a actividade empresarial na sua característica sistémica.

- A Possibilidade de treinar a utilização de técnicas analíticas na solução dos problemas.

-Na medida em que, num curto espaço de tempo, ao Participante é dado conhecer "a actividade da sua empresa" em períodos de tempo bastante dilatados, ele pode sentir os benefícios do planeamento a médio e a longo prazo.

Como é sabido, a utilização dos jogos de empresa com objectivos de treino de gestores remonta a mais de uma década, mas em Portugal apenas muito recentemente isso acontece, com uma popularidade e um impacto aparente, que poderá ter o risco de frustração nos mais ingenuamente entusiastas.

Não sendo nosso objectivo, obviamente até pelo que deixamos dito, diminuir o mérito dos jogos de empresa como instrumento de educação de gestores, parece-nos prudente chamar a atenção para as limitações inerentes. Efectivamente, um jogo de empresas assenta num modelo simplificado da realidade e nele não é fácil introduzir (para não dizer impossível) factores tão importantes como os de natureza psicológica. De facto, não podemos esquecer que o elemento mais importante numa empresa é o humano e o comportamento deste não é de fácil modelação. As forças que exprimem o comportamento dos grupos sociais também. Só em teoria se subordinam a modelos. Finalmente um jogo de empresas não tem em Consideração todas as implicações do "environment", o que na vida real é decisivo.

A terminar este capítulo gostaríamos de muito sumariamente - esquematizar um jogo elaborado em Inglaterra, em 1970; e em cuja construção elaboramos, que tinha como objectivo servir de treino a gestores da indústria das pescas.

O jogo construído simulava 3 empresas de pesca num mercado concorrencial. Para não nos alongarmos desnecessariamente apenas apresentaremos o fluxograma do programa elaborado e indicaremos alguns tipos de decisões que as participantes eram chamados a tomar. Como se depreende do fluxograma existem dois tipos de decisões semanais e mensais.

No que respeita a decisões semanais temos entre outras:

- chamar traineiras de peixe congelado.
- quantidade de peixe congelado a afectar contratos e a stocks.
- Quantidade de peixe congelado a comprar no exterior.
- Quantidade de peixe congelado a vender.
- Quantidade de peixe fresco a comprar na loja.
- Quantidade de cada tipo de produto a produzir na semana.
- Despesas em promoção de vendas, em cada produto.

Mensalmente, haveria, entre outras, as decisões:

- Compra ou venda de traineiras de peixe fresco.
- Compra ou venda de unidades de armazenagem de frio.
- Compra ou venda de maquinaria.
- Recrutamento de pessoal.
- Compra de veículos de transporte.
- Transferências bancárias.
- Solicitação de empréstimos bancários.

No que respeita a relatórios obtidos após os diferentes "runs" tínhamos relatórios ligados ao pescado obtido, a produção, as vendas, a situação do material e relatórios financeiros: Conta de Ganhos e Perdas e Balanço.

A unidade de tempo adoptada foi a semana, o que não permitia, sob pena de se ter que "jogar" durante muito tempo, aferir das consequências, a longo prazo, das decisões tomadas. De facto, este jogo foi preparado para ser jogado por 3 equipas (cada equipa representava uma empresa) durante dois dias e meio, período que permitia simular seis meses de actividade real.

5. Matemáticas e Informática na simulação.

Em nossa opinião a Simulação é o domínio em que as matemáticas e a Informática mais harmonicamente se ligam com vista a resolução dos problemas das organizações designadamente aqueles que surgem na economia, em geral, e na gestão de empresas, em particular. Efectivamente, estas duas componentes são igualmente importantes na prática da Simulação. As Matemáticas através da sua capacidade de, por meio de relações analíticas, representar situações reais. Esta vocação é aproveitada na fase da elaboração do modelo. Quando da estimação dos parâmetros desse modelo, novamente as Matemáticas

surgem designadamente com as técnicas estatísticas Seguidamente, nas fases de preparação das experiências e de análise dos resultados obtidos nessas experiências, novamente as técnicas estatísticas tem um papel fundamentalmente importante Nesta ultima fase, em especial, as técnicas de análise de variância, capítulo significativo da Estatística, permitem expurgar dos resultados das experiências efectua das as consequências da aleatoriedade para que se possam reter apenas os efeitos das diferentes combinações dos valores das variáveis de decisão, permitindo, assim;, optar pela combinação mais adequada

Relativamente à Informática na pratica da Simulação, bastaria dizer, e disso estamos plenamente convencidos, que sem o computador a simulação digital (e é dessa que temos estado a falar) não existiria. De facto, a enormidade de cálculos a efectuar é tão acentuada que seria impensável faze-los sem recurso a computador Apenas a titulo exemplificativo, e porque foi uma situação por nós vivida, referiremos um estudo, de Simulação de tráfego de autocarros na zona urbana e sub-urbana de Almada, com o objectivo de definir um esquema razoável de horários, carreiras e viaturas afectas ao conjunto horários-carreiras. Ao fazer essa investigação simulou-se o tráfego na região no período que decorre entre as 7horas e as 12 horas. Utilizou-se um computador científico - o computador da fundação Calouste Gulbenkian - e este demorava 4horas e meia para analisar as consequências de tanta combinação de tipo de autocarros - horários - carreiras. É bem verdade que num outro computador, também instalado em Portugal, esse tempo baixou para 30 minutos. De qualquer modo, isto ilustra, de certa maneira, a necessidade do recurso ao computador na utilização da simulação à resolução dos problemas. Essa necessidade é também evidenciada pela profusão de linguagens especificas da simulação (algumas vocacionadas para tipos particulares de situações) que se desenvolveram ao longo dos anos. Do facto, embora as linguagens de natureza mais geral, caso do FORTRAN, ALGOL, PL/1 sejam utilizadas na programação de modelos de Simulação, sentiu-se a necessidade de desenvolver linguagens em que fosse menor o esforço de programação desses modelos. Assim, e para enumerar apenas alguns, indicá-íamos:

CSL
ECSL
SpsS
SIMSCRIPT
GASP
DÍNAMO
SIMULATE
SIMULA

são linguagens bastante afastadas da maquina, que praticamente se traduzem num conjunto de símbolos, os quais convenientemente ligados constituirão um fluxograma do sistema em análise.

Se se quisesse fazer um paralelismo com o que os técnicos de informática estão habituados a encontrar na sua profissão, diríamos que este tipo de linguagens se assemelhará, por exemplo. a um "PROTÉE", em que, como se sabe, praticamente a programação se funde com a análise.