



CARROSSEL • MÉTODO NA LOGÍSTICA CCT

SIMULAÇÃO DE SISTEMAS x PLANILHA.

As 8 etapas de um projeto de simulação de eventos discretos — o que diferencia as técnicas da simulação quando comparada com planilhas eletrônicas.

O MÉTODO USUAL

A equação do dimensionamento de frota.

Frota = meta de produção ÷ capacidade diária de cada caminhão. A capacidade vem do tempo disponível dividido pelo tempo de ciclo, vezes o peso médio da carga. E o ciclo é a soma de cinco parcelas. Frente de Corte 1, meta de 3.900 t/dia:

composição do tempo de ciclo do caminhão, em minutos



Premissa de 12 minutos por composição, adotada na equação de ciclo — mesma referência usada no carrossel anterior.



Somando as cinco frentes de corte: **27 rodotrens no cenário base para a meta de 19 mil t/dia.**

Cinco parcelas e uma divisão. É assim que a maior parte das frotas de cana é dimensionada.

A planilha usa a média.

Na vida real temos distribuições matemáticas.

Cada uma daquelas cinco parcelas entra na equação como um número só, a média. Na operação real, cada uma tem uma distribuição matemática que representa a sua variação - foi o que a coleta em campo mostrou, evento por evento.

Descarga na usina

4,1 a 5,7 min · Normal(4,7; 0,31) · n = 94

Pesagem do caminhão

0,7 a 2,3 min · Beta · n = 92

Parada em borracharia

8 a 176 min · 8 + Weibull(141; 1,09) · n = 516

Reparo mecânico da colhedora no campo

5 a 650 min · 4 + Lognormal(105; 145) · n = 285

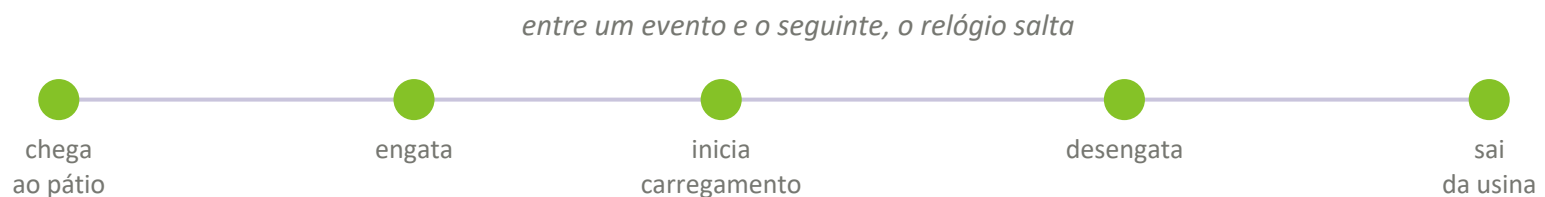
distribuições ajustadas no software de estatística a partir de medições da safra

Média não soma. Quando cinco tempos variáveis se encadeiam disputando os mesmos recursos, o resultado não é a soma das médias — é pior que ela. É aí que nasce a fila que a planilha não tem como representar.

Todo processo pressupõe uma fila de espera. Se a média inclui esse tempo de fila, mudar o cenário (melhorar o tempo de descarga por exemplo) com planilha estática é praticamente impossível saber o quanto a fila vai diminuir.

Na simulação o relógio não anda. Ele pula.

Simulação, na definição de Pegden (1990), é desenhar o modelo de um sistema real* e conduzir experimentos com ele para compreender seu comportamento e avaliar estratégias de operação. “De eventos discretos” diz como o tempo passa dentro do modelo: entre um evento e outro nada muda, então o relógio salta direto para o próximo.



DINÂMICO

O sistema é estudado ao longo do tempo, não num instante congelado.



ESTOCÁSTICO

Cada tempo é sorteado da sua distribuição a cada ocorrência — amostragem de Monte Carlo.



DISCRETO

O estado do sistema só muda na ocorrência de um evento.

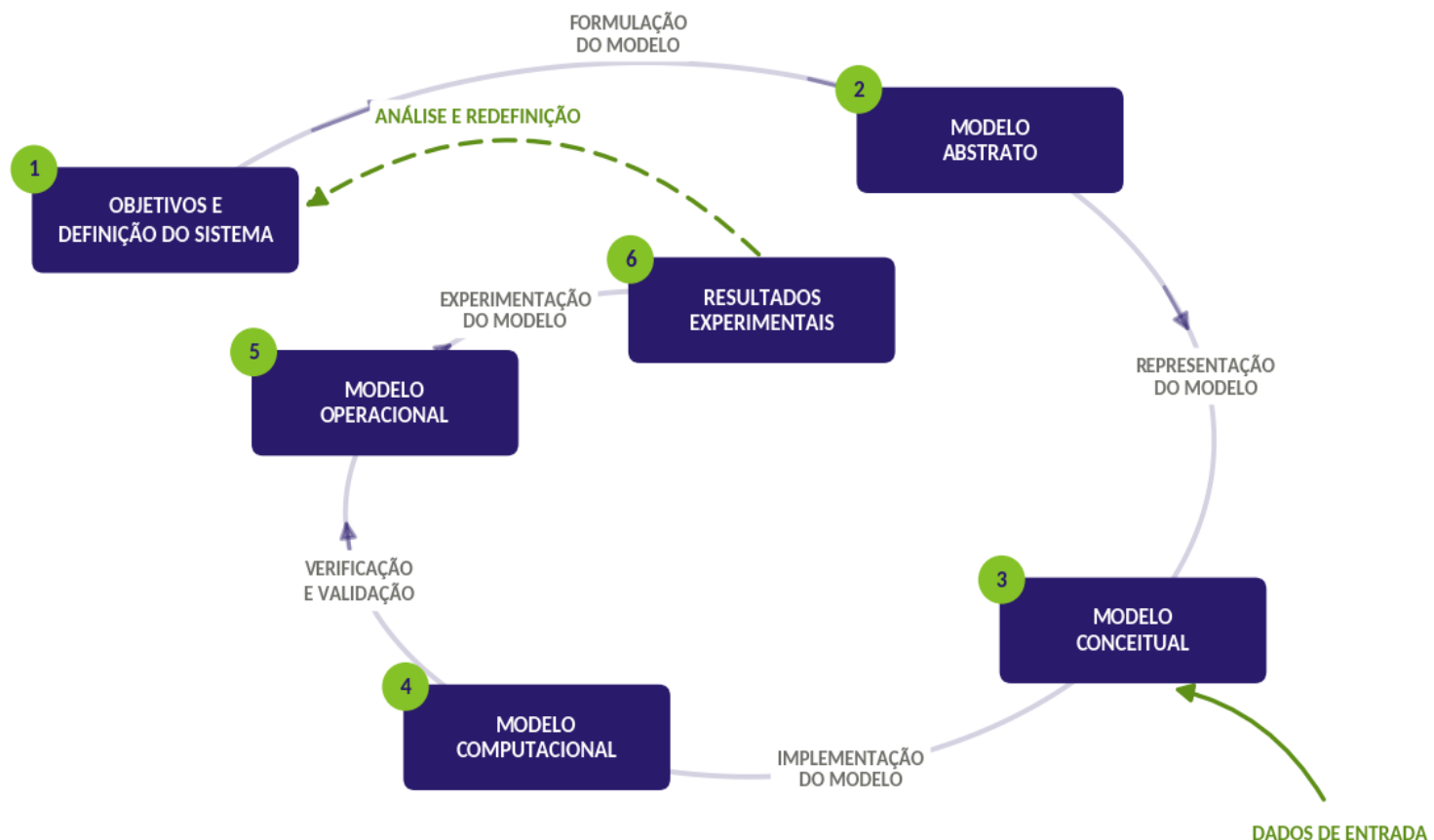
Por isso a fila não é uma variável de entrada, ela é o resultado da dinâmica do sistema. Ela não é uma fórmula escrita no modelo — é consequência do que acontece entre um evento e o seguinte.

***A simulação pode ser aplicada a um projeto totalmente novo também.**

O PROJETO

Simulação não é rodar software. É um projeto.

Três grandes etapas — concepção, implementação e análise — distribuídas em oito passos.



adaptado de CHWIF & MEDINA (2006)

Chwif & Medina, citando Robinson: o processo não é linear — é uma espiral. As etapas se repetem até os resultados pararem de mudar de uma volta para a outra.

O que se entrega em cada etapa de um projeto de simulação.

1 Objetivos e definição do sistema

Fronteiras, escopo e restrições; entender como o sistema realmente funciona.

2 Modelo abstrato

O modelo que ainda só existe na cabeça do analista.

3 Modelo conceitual

Diagrama de blocos ou pseudocódigo: componentes, variáveis e lógicas de interação.

4 Levantamento de dados de entrada

Distribuições, medidas de eficiência, fatores a variar e seus níveis.

5 Modelo computacional

O conceitual escrito em software, verificado e validado até virar modelo operacional.

6 Experimentação

As rodadas de simulação que geram os dados.

7 Análise e interpretação

O que os resultados dizem — e o que eles não dizem.

8 Implementação e documentação

Resultado em uso, constatações registradas, modelo documentado.

Repare onde está o software: uma etapa, no meio. As outras sete são engenharia de processo.

A lista de dados é definida pelo modelo. Não o contrário.

A frase é de Chwif & Medina e contraria o instinto de quase todo projeto. O caminho usual é despejar tudo o que os sistemas têm e depois perguntar o que fazer com aquilo. A ordem certa é inversa: o modelo conceitual é que diz qual tempo precisa ser medido, em que ponto do processo e com que precisão.

as quatro fontes de dados deste estudo



Medição em campo com apontamento manual



Registros dos computadores de bordo



Sistemas de controle de manutenção automotiva



Ajuste das distribuições

Sem apontamento confiável na frente de corte, na oficina, no comboio, na balança, nenhum modelo acerta o tempo do sistema. Dado ruim não vira resultado ruim — vira resultado convincente.

Duas perguntas separadas, sempre confundidas.

As duas costumam ser tratadas como sinônimo. Não são — e é a distância entre elas que decide se o modelo serve para tomar decisão.

VERIFICAÇÃO

O **modelo faz** o que eu quis que ele fizesse?

Conferência interna: lógica do fluxo, roteiro das entidades, regras de fila, código.

VALIDAÇÃO

A saída do modelo, o **resultado**, se parece com a usina real?

Conferência externa: produção, tempos e filas do modelo confrontados com a operação da usina.

Modelo que não passa por essas duas perguntas não é ferramenta de decisão. É animação.

Dimensionar por planilha ou por simulação.

	PLANILHA determinística	SIMULAÇÃO eventos discretos
Dado de entrada	um valor por variável — a média	uma distribuição estatística por variável
Filas e esperas	não existem no modelo, compõem a média = armadilha	emergem da disputa pelos recursos
Interdependência	cada recurso calculado isolado	corte, transbordo, transporte e usina interdependentes = pulo do gato
Pergunta que responde	quantos caminhões eu preciso	quanto se produz, a que custo e com qual fila, qual a melhor combinação
Esforço	horas	semanas de coleta, modelagem e validação
Neste estudo	27 rodotrens “suficientes” para as 19.000 t/dia	os mesmos 27 entregam 16.245 t/dia

A conta previa 12 minutos de permanência no campo. A simulação devolveu 30 — e 85 quando a frota cresceu para 46 conjuntos. O déficit de 3.255 t/dia não estava na aritmética. Estava na premissa.

Planilha não é errada. É rápida.

A conta determinística é a ferramenta certa para ordem de grandeza, primeira aproximação e orçamento preliminar — foi ela que gerou o cenário base deste próprio estudo. Ela para de servir quando a decisão depende de interação, de revisão do processo, da análise de alternativas



Planilha basta quando o recurso é dedicado, a fila é irrelevante e o valor da decisão é baixo.



Simulação se paga quando o recurso é compartilhado, o gargalo se desloca e o decisor deseja avaliar alternativas (aumentar ou diminuir frentes, adotar bate-volta, quantos reboques reserva etc.).



Nenhuma das duas resolve sem apontamento confiável na frente de corte.

A simulação também tem limite: ela não devolve a solução ótima, não decide nada. Serve para o dia a dia operacional, serve para enxergar à frente do tempo, serve para testar novas alternativas sem interferir na operação. Ela mostra o que acontece em cada cenário — antes de o dinheiro sair.



VAMOS CONVERSAR

Quer testar isso na SUA operação?

Posso conduzir o projeto de simulação da sua usina e entregar:

- ✓ Modelo conceitual e plano de coleta de dados da sua operação
- ✓ Modelo computacional verificado e validado contra a sua safra
- ✓ Cenários de frota, despacho e reboque reserva comparados por R\$/t
- ✓ Ponto de saturação de cada recurso, antes da ordem de compra

Mande uma mensagem ou comente aqui!



JOÃO UMBIRUÇU

Consultor em Logística · Cana, Colheita e Transporte