



Decidindo com o apoio integrado de simulação e otimização

Oscar Porto e Marcelo Moretti Fioroni

O processo de tomada de decisão

Grande parte dos planejadores das empresas ainda decide da mesma forma que há 30 anos. Seja por falta de conhecimento de técnicas mais avançadas, ou por puro conservadorismo, a verdade é que existe um grande potencial de melhoria nessa área, principalmente no Brasil.

A complexidade dos processos, da produção à administração, há muito ultrapassou os limites da experiência dos administradores e das ferramentas rotineiras de apoio à decisão.

Hoje, a principal ferramenta de tomada de decisão nas empresas ainda é a planilha eletrônica. Apesar de muito útil e até bastante poderosa, essa ferramenta não é apropriada para estudar processos acima de certa complexidade. Para decidir sem erro e extrair o máximo dos recursos no sistema, é imprescindível recorrer às ferramentas apropriadas, e elas existem.

Otimizando, geramos estratégias; simulando, avaliamos estratégias. Diversas maneiras de combinar essas técnicas em diferentes situações de negócio permitem a obtenção de planejamentos mais eficientes e de menor risco, considerando simultaneamente

grandes universos de decisões alternativas e informações comportamentais dos eventos que compõem as operações em questão.

Otimizando ações e processos: exemplo de empresa de coleta e entrega

Imagine que uma empresa decida avaliar a qualidade das suas decisões operacionais. Algumas das questões que deseja responder são:

- É possível aumentar o faturamento melhorando a qualidade das decisões? De quanto pode ser esse aumento?
- Mantendo o mesmo faturamento, é possível reduzir os custos? Como responder a tais questões?

Para tornar mais concreto esse exemplo, consideremos uma empresa de coleta e entrega rápida (ou expressa), onde pedidos são recebidos ao longo do dia em um grande centro urbano. As decisões consistem em aceitar ou não cada pedido, definir prazos para a coleta e, mediante a confirmação do pedido, alocar uma unidade móvel para o atendimento. Diferentes formas de tomada de decisão precisam ser avaliadas. Como seria uma metodologia adequada

para avaliação e comparação destas opções para a tomada de decisão?

A base para esta metodologia é a busca pelo ideal, que seria repetir os dias de operação com a mesma chegada de pedidos, as mesmas exigências dos clientes, as mesmas disponibilidades de veículos e os mesmos tempos de deslocamento.

A técnica de simulação por eventos discretos fornece todos os elementos para recriar as condições do período em que se deseja avaliar outras formas de tomada de decisão. Com isso, sempre que seja possível reproduzir uma forma de tomada de decisão, esta terá seu retorno avaliado.

Em contextos como o desta empresa de coleta e entrega, é comum ter as decisões como consequências de regras bem definidas. Por exemplo, a unidade móvel a ser associada ao pedido, caso ele se confirme, é a que estiver mais próxima e o tempo mínimo para esta coleta é dado por uma tabela de tempos para o deslocamento entre regiões do centro urbano (que, eventualmente, pode ser diferente para diferentes horários do dia). De fato, muitas vezes regras similares a estas são implementadas em um call center que recebe os pedidos.

Quando este é o caso, a simulação pura de eventos discretos possui todos os elementos para avaliar o retorno, além de outras medidas, como a qualidade do serviço. Entretanto, existem dois outros cenários em que complementos precisam ser incorporados a esta técnica:

- O primeiro é aquele no qual a decisão é tomada por um recurso humano treinado para esta função (um piloto). O ambiente de avaliação necessário é parecido com um simulador de voo e outros softwares para treinamento de pessoal. A dificuldade desse cenário para avaliar processos de decisão é a necessidade de que as simulações sejam feitas em tempo real, pelo menos no que se refere ao tempo hábil permitido para que a decisão seja tomada.

- No segundo cenário, as decisões são tomadas ou assistidas, em grande parte, por um software. Este representa o processo de decisão e pode conter métodos de otimização e previsão, que são construídos baseados em técnicas de Pesquisa Operacional ou Inteligência Artificial. Pode-se afirmar que este cenário está cada vez mais presente nas empresas hoje.

De volta à nossa questão original – a avaliação e a comparação de processos de decisão –, vimos que a técnica de simulação por eventos discretos, em especial porque é capaz de fazer o tempo passar tão rápido ou tão devagar quanto se queira, fornece a base para esta avaliação, mas precisa ser complementada pelas técnicas disponíveis atualmente para a tomada de decisão, que incluem métodos de otimização e até mesmo a própria simulação.

Argumentamos acima que temos uma metodologia adequada para oferecer as

respostas às questões levantadas pela empresa a respeito do processo utilizado para a tomada de decisões operacionais. Resta agora respondê-las:

- A primeira questão se remete ao atendimento de pedidos rejeitados ou não confirmados, ou seja, procura atender a todos os pedidos recebidos dentro do prazo proposto ao cliente que confirmou, além de estimar o prazo que levaria a confirmação dos demais pedidos.

- Finalmente, realiza-se a simulação dos eventos utilizando formas alternativas de tomada de decisão. Portanto, uma resposta afirmativa pode ser dada sempre que uma forma de decidir é simulada e leve a um faturamento maior. Entretanto, uma resposta negativa a esta questão, isto é, concluir que não há forma de se aumentar o faturamento somente alterando o processo de decisão, só poderia ser dada nos casos em que existe uma decisão ótima e bem definida.

Este não é o caso das decisões da nossa empresa de coleta e entrega expressa. Isto ocorre porque as decisões são tomadas no momento da chegada de cada pedido (ou um número

pré-determinado de pedidos, ou mesmo periodicamente). Assim, as decisões são tomadas sem o conhecimento das demandas futuras, abrindo espaço para inúmeras estratégias de tomada de decisão (utilizando previsões, ações proativas, etc.).

Mesmo assim, é possível estimar um limite para um maior faturamento. Essa estimativa é obtida assumindo que todos os pedidos que chegam no período a ser simulado são previamente conhecidos. Resolve-se, então, com o uso de recursos de otimização, buscar as rotas das unidades móveis que atenderiam aos pedidos que levassem ao faturamento máximo.

Aplicação: Simulação + Otimização: Vale – Planos de Lavra

A mineradora Vale necessitava estudar melhorias em seu plano de lavra para extração de minério de ferro em suas minas. O processo todo tinha como objetivo extrair a máxima quantidade de minério, respeitando o teor previsto na pilha principal e outras condições operacionais.

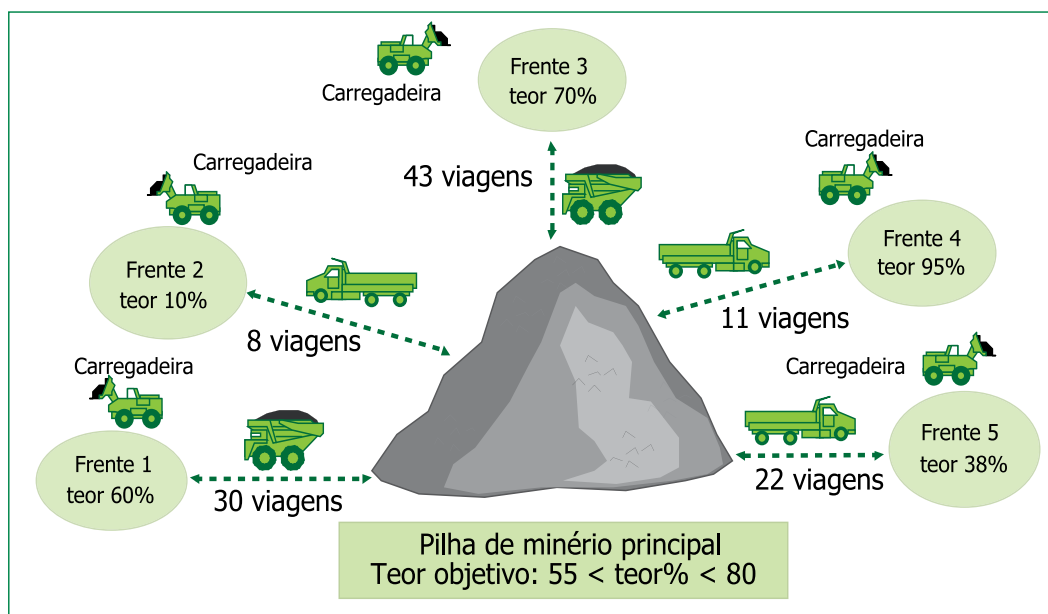


Figura 1 – Esquema de otimização de abastecimento da pilha pelas minas, com os respectivos teores

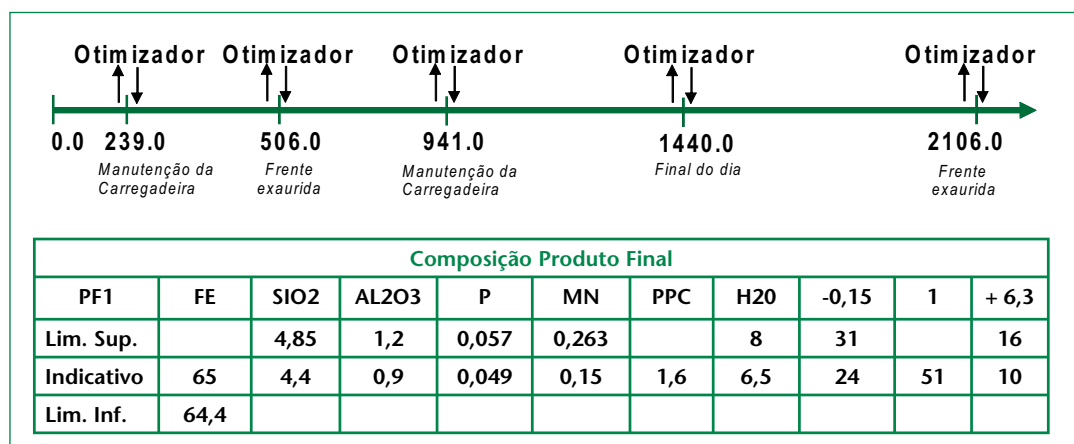


Tabela 1 - Características físicas e químicas de um produto final de minério

A pilha principal é abastecida por minério vindo de várias frentes de extração, e cada frente tem seu teor próprio. É tarefa de um roteirizador decidir quantas viagens devem ser feitas em cada frente, para que se tenha, ao final do mês, uma pilha de minério com o teor correto.

Todos os equipamentos do sistema, do caminhão até a escavadeira, poderiam sofrer quebras e a cada quebra o resto do sistema necessitava se adaptar. Por exemplo: se dois caminhões destinados à "Frente 1" quebram, é necessário recalculá-los as quantidades a serem retiradas de cada frente, uma vez que a queda de produção nesta frente, com menos caminhões, pode afetar o teor final.

O grande desafio nesta simulação era representar esse processo de decisão otimizado, já que a sua função afeta enormemente o

desempenho do sistema. Como já exposto na seção anterior, otimizar decisões operacionais é mais apropriado para a técnica de otimização, o que levou à inclusão de um otimizador ao sistema modelado em Arena, funcionando em tempo real.

A Figura 1 ilustra o papel do otimizador. Durante a simulação, a cada evento do sistema que provocava mudanças na sua situação, o modelo acionava o otimizador, que fornecia uma nova programação de viagens e sequência de atividades.

Essa abordagem forneceu respostas extremamente precisas para a Vale que, usando esse sistema, reduziu seus custos em quase 5%, o que representou uma economia de R\$ 4 milhões no ano de sua aplicação (fonte: Vale, Arenasfera Latinoamericana 2009, Winter Simulation Conference 2009).

Aplicação : Simulação + Otimização: Vale – Planejamento de Cadeia de Suprimentos

A Vale tem como um dos seus negócios o fornecimento de minério para seus clientes no Brasil e no exterior. Os clientes expressam as suas necessidades determinando os locais, as quantidades, as datas e as características do minério que desejam receber. Do seu lado, a Vale possui mi-

nas geograficamente distribuídas, e em cada uma delas o minério extraído tem uma composição.

O processo de decisão nesta cadeia de suprimentos consiste em definir como utilizar a capacidade de produção das minas, e suas respectivas usinas de beneficiamento, de forma a permitir que o minério extraído possa ser utilizado para atender às demandas dos pedidos dos clientes dentro da especificação desejada.

Essas decisões precisam ser tomadas considerando diferentes horizontes. Por exemplo, para um horizonte mais longo, de vários anos, os elementos principais são a capacidade de produção das minas, sua relação com os produtos finais – minérios com as características desejadas pelos clientes – e as respectivas quantidades a serem entregues.

Exemplo - Receita de Produto Final 1 - PF1											
Produto	% participação	FE	SIO2	AL2O3	P	MN	PPC	H2O	-0,15	1	+ 6,3
PP1	56	64,06	5,1	0,6	0,073	0,078	2	9	15	61	15
PP2	18	67,73	1,15	0,6	0,02	0,025	1,2	9	85	0,5	0
PP3	26	65,4	4,31	0,71	0,023	0,296	1	5,12	28	59	14
	100	65,069	4,1836	0,6286	0,05046	0,12514	1,596	7,9912	30,98	49,59	12,04

Tabela 2 – Receita para obtenção do produto final a partir de produtos primários

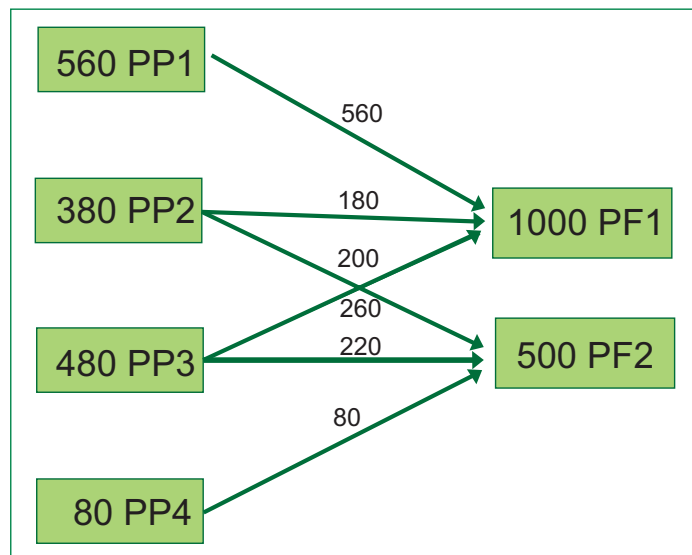


Figura 2 – Suprimento das demandas por meio de duas receitas

Nesse nível, uma simulação define receitas para os produtos finais, isto é, quanto de cada mina é necessário para se formar cada produto final, e em seguida verifica se é possível, em termos de capacidade das minas, atender às demandas utilizando estas receitas. O fato é que existe um número ilimitado de receitas e, quanto mais adequadas estas receitas, mais demanda poderá ser atendida.

A otimização está em encontrar o conjunto de receitas mais adequado para cada produto final, e respectivas quantidades a serem produzidas. Assim, na simulação com estas receitas “ótimas”, será possível determinar quanto de cada mina terá que ser produzido e como cada demanda será atendida.

A Tabela 1 apresenta as características físicas e químicas de um produto final de minério. Para se obter esse produto final a partir de produtos primários, pode-se utilizar a receita da Tabela 2. A receita é uma mistura linear dos produtos primários nos percentuais especificados.

Dessa forma, uma demanda por dois produtos finais pode ser suprida por duas receitas, conforme apresentado na Figura 2.

Entretanto, poderia acontecer que a capacidade de produção do produto primário 1 (PP1), no período, fosse limitada a 500 KT.

Nesse caso, a utilização somente destas receitas permitiria apenas o atendimento de 89% do total da demanda solicitada. Isto não significa que essa demanda não poderia ser atendida

completamente com as mesmas minas produzindo os mesmos produtos primários.

A otimização deste problema de decisão pode determinar o percentual máximo do total da demanda que poderia ser atendida.

A verificação de um planejamento, a cota reversa apresentada na Figura 2, é uma simulação determinística. Esta utilizaria valores médios que, no caso, podem ser adequados devido aos períodos planejados serem longos. Porém, quando este não é o caso e existe variação da demanda, a mesma abordagem pode ser utilizada. Para isso, basta que se assuma uma distribuição probabilística dos valores das demandas pelos produtos finais. De posse de tal hipótese, a técnica de simulação permite que se estime a probabilidade de que um plano de atendimento atenda à demanda.

Mais ainda, esta técnica, em conjunto com técnicas de otimização, permite que seja determinado o plano de atendimento que tem a maior probabilidade de atender ao total da demanda. Em ambos os casos, a abordagem é baseada na geração de cenários a partir do conhecimento das variações possíveis da demanda.

Esta abordagem permite utilizar as técnicas de otimização e simulação para cadeias de suprimentos com níveis de detalhes muito maiores, como os que tratam de decisões de curto prazo. Transporte e armazenagem, com seus respectivos tempos de deslocamento e de armazenamento e suas capacidades de estoque de transferência, podem ser tratados. A incerteza também pode ser considerada para a determinação de planos de operações robustos, ou mesmo para avaliar a produtividade esperada de um plano.

Conclusão

Dentre o fechado grupo de empresas e ou especialistas que utilizam simulação ou otimização, é co-

mum encontrar seguidores fiéis de cada uma das “religiões” ou técnicas, em detrimento da outra. Raros são os que já perceberam que essas técnicas são complementares e não concorrentes.

Simulação e Otimização, em conjunto, podem fornecer uma maior capacidade de compreender o impacto de eventos dinâmicos, uma melhor compreensão do sistema total e redução dos riscos como um todo. Mas esses benefícios têm algum custo. Diversas maneiras de combinar tais técnicas em diferentes situações de negócio permitem a obtenção de planejamentos mais eficientes e de menor risco, considerando simultaneamente grandes universos de decisões alternativas e informações comportamentais dos

eventos que compõem as operações em questão.

Ferramentas analíticas de planejamento, com simulação e otimização, estão cada vez mais presentes nos modernos processos de tomada de decisão. Você utiliza as ferramentas corretas para decisão em sua empresa? ●

Oscar Porto
Diretor de Negócios da Gapso
oscar@gapso.com.br
Tel.: (21) 2117-8000

Marcelo Moretti Fioroni
Consultor de Simulação da Paragon
marcelo@paragon.com.br
Tel.: (11) 3849-8757
