

Área Temática: Ensino e Pesquisa em Administração
Tema: Jogos de Empresas

Planejamento da produção para atender a demanda com minimização de custos em um jogo de empresas

AUTOR

ROBERTO PORTES RIBEIRO

Universidade Federal de Santa Maria
robertopr@usp.br

Resumo

Quando o planejamento da produção parte da previsão da demanda, deve-se determinar para cada período futuro quantos e como serão fabricados os produtos. Equacionar essa questão envolve uma composição de alternativas para ajustar os níveis de produção e minimizar o custo de produção. Revisitou-se o modelo clássico de planejamento da produção e incluíram-se três casos de empresas reais que ilustrassem sustentabilidade, política e cidadania. Estudou-se o planejamento da produção em ambiente laboratorial com um modelo de programação linear criado para atender a demanda e gerenciar o custo de produção. Os dados primários foram coletados nos relatórios operacionais e financeiros da empresa Tritec S/A que operou no portal Simulab no 1º semestre de 2012 em jogos sequenciais. Um modelo de programação linear criado para planejar a produção determinou em cada período o nível da produção, levando a um maior equilíbrio entre oferta e demanda. O modelo mostrou-se útil, pois gerou soluções ótimas com menores custos de produção e que agregaram valor à empresa. Comprovou-se em laboratório a teoria que recomenda o planejamento da produção.

Palavras-chave: planejamento da produção, programação linear, jogos de empresas

Abstract

When the production planning starts from the demand forecast, should be determined for each future period and how those products will be manufactured. Addressing this question involves a composition of alternative to adjust production levels and minimize production costs. The classical model of production planning was revisited and included three cases of real companies to illustrate sustainability, politics and citizenship. Studied the production planning in the laboratory with a linear programming model designed to meet the demand and manage the production cost. The primary data were collected in the operating and financial reports of the company Tritec A/S that operated in the site Simulab the 1st half of 2012 in sequential games. A linear programming model designed to plan the production in each period determined the production level, leading to a better balance between supply and demand. The model was useful because it generated optimal solutions with lower production costs and add value to the company. It has been verified in laboratory the theory that recommends the production planning.

Key words: production planning, linear programming, business games

1. Introdução

Sem precisar ao certo quando o homem estudou a produção pela primeira vez Riggs (1981, p.17) destacou que os processos artesanais de fabricação predominaram até fins da idade média, por volta de 1453 d.C., a partir do que outros acontecimentos ocorreram em diversas partes do mundo e registraram significados na construção da história da produção. Em 1764, James Watt inventou a máquina a vapor fornecendo força motriz para as fábricas, o que vem a ser o embasamento da revolução industrial, segundo Harding (1981, p.15). A partir disso, iniciou-se uma revolução na história e nos processos de produção, promovida pela Inglaterra, que resultou na substituição da força humana pela força mecanizada e deu início ao sistema fabril. Surgiram as primeiras necessidades de organizar e planejar as fábricas.

Com o nascimento da Engenharia Industrial no início do século XIX, foi inventado o torno, que permitiu o avanço da produção com a criação de novos maquinários. Segundo Harding (1981, p.16) foi a máquina de combustão, inventada no final do século, que proporcionou o desenvolvimento dos motores para veículos. Os métodos de produção surgiram quando Sears Roebuck organizou a mala postal de Chicago, seguido por Henry Ford e tendo a Inglaterra a produzir armamentos para a Primeira Guerra Mundial. Enquanto os processos de produção evoluíam, as condições de trabalho eram aperfeiçoadas e hostilizadas pelas administrações.

Em 1909 nos Estados Unidos Henry Ford revolucionava a operação na indústria com sua produção em larga escala (Crainer, 1999, p.68). Em 1911 Frederick Taylor publicou o livro “Princípios da Administração Científica”, cujas idéias, segundo Crainer (1999, p. 248), influenciaram os sistemas de produção em escala e representaram um avanço ao aumento da produtividade e à dignidade do trabalho. Desde o tempo em que os trabalhadores eram escravos da produção, até as premissas da valorização humana, e preparando a base das futuras décadas, muitos foram os pesquisadores que apoiaram a evolução da Administração da Produção. Novas condições de trabalho, processos produtivos aperfeiçoados e o surgimento de novas máquinas passaram a exigir materiais de melhor qualidade para atender os consumidores. As interferências negativas dos governos, as reações dos administradores e as relações com os trabalhadores tornaram-se obstáculos na expansão do comércio.

A Administração sofreu o impacto de duas guerras mundiais, e forneceu contribuições às técnicas de planejamento, através das estratégias de guerra e tomadas de decisões, dando início a uma nova etapa dos processos produtivos, a Pesquisa Operacional. Essa nova fase permitiu quantificar a produtividade, tornando-se um indicador do sucesso ou do fracasso das empresas. A partir de um sistema total, as questões eram abordadas, recorrendo a técnicas de ciências como a matemática, física, química, biologia, economia e outras ligadas a cada área específica, buscando solução para os problemas e o foco principal era a tomada de decisão.

A década de 1940 marcou o nascimento do computador e muitos trabalhadores da época se amedrontaram com a possibilidade de uma segunda revolução industrial. A partir daí, novos tempos se iniciaram e a tecnologia produziu velocidade no conhecimento, nos cálculos mecânicos e na relação homem/máquina. Os computadores foram usados para relacionar e avaliar inúmeras atividades dos sistemas de produção.

Em tempos de globalização, a questão passou a ser a velocidade em todos os lugares do mundo. Os empresários precisam ter rapidez em estratégias, processos, transações comerciais, na logística, na vida dos consumidores e no acesso às informações. Melhorou a tecnologia, os sistemas produtivos, serviços e produtos e começaram a ser usadas ferramentas digitais para controlar as atividades básicas de produção e na gestão dos negócios. A tecnologia digital proporcionou velocidade nos conhecimentos para competir no mundo dos negócios. Esse novo cenário exige das empresas mecanismos de acesso instantâneo às informações, velocidade para lançar produtos antes da concorrência e estatísticas atualizadas em tempo real para cada produto em qualquer lugar do mundo, como condições básicas para se manter na vanguarda dos negócios.

2. Planejamento da produção

Um dos principais conceitos na gestão da produção é o planejamento na visão de Corrêa e Corrêa (2009, p. 486). Segundo os autores “planejar é entender como a consideração conjunta da situação presente e da visão de futuro influencia as decisões tomadas no presente para que se atinjam determinados objetivos no futuro”. Para Corrêa e Corrêa (2009, p. 502) o mau uso de um plano de produção pode destruir vantagens obtidas no planejamento de vendas. Ainda, um plano de produção bem gerenciado melhora a promessa de datas e quantidades de produtos aos clientes, a gestão de estoques, a gestão da capacidade produtiva e a integração na tomada de decisão entre funções.

Para Moreira (2009, p. 336) o planejamento da produção visa ao balanceamento da produção com a demanda. Seu principal desafio é combinar recursos produtivos para atender demanda com o custo mínimo. Diversos estudos apontaram alternativas de longo prazo, como o planejamento da capacidade que determina o tamanho das instalações, e alternativas de curto prazo como a programação de produção que visa produzir com os recursos disponíveis. Moreira (2009, p. 338-339) sugeriu alternativas para influenciar o nível da produção: contratação e demissão de funcionários, operação em horas extras, estocagem, subcontratação e abertura de novos turnos. Desde a década de 50, o planejamento da produção têm recebido atenção de diversos estudiosos e modelos cada vez mais sofisticados têm sido desenvolvidos.

No que se refere à capacidade, Slack *et al.* (2008, p. 344) salientaram que muitas organizações operam abaixo de sua capacidade máxima de processamento, seja porque a demanda é insuficiente para preencher sua capacidade, seja por uma política deliberada, de forma que a operação possa responder rapidamente a cada novo pedido.

Slack *et al.* (2008, p. 354) partiram da necessidade de compreensão da demanda e da capacidade e estudaram formas de responder a flutuações na demanda, elencando três opções disponíveis: ignorar as variações e manter os níveis das atividades constantes; ajustar a capacidade para refletir as flutuações da demanda; tentar mudar a demanda para ajustá-la à disponibilidade da capacidade. Segundo os autores a maior parte das organizações utiliza uma combinação dessas políticas, embora uma delas possa ser dominante. Slack *et al.* (2008, p. 362) enfatizaram que uma organização antes de escolher a política, deve estar consciente das consequências da sua adoção principalmente em seu próprio conjunto de circunstâncias.

Segundo Tubino (2009, p. 44) várias técnicas podem ser utilizadas para auxiliar na elaboração de um plano de produção. Algumas procuram soluções com a aplicação de algoritmos, outras se aproveitam da experiência e do bom senso dos planejadores na tomada de decisão. O autor as dividiu em duas classes - técnicas matemáticas e técnicas informais de tentativa e erro - e argumentou que em ambas busca-se construir um plano de produção que atenda aos objetivos estratégicos da empresa ao menor custo e, se possível, com o menor risco.

Conforme Tubino (2009, p. 44) as técnicas informais são mais utilizadas, pois o número de variáveis é grande e a relação entre elas não é fácil de definir, além do que, essas variáveis estão sujeitas a grandes alterações no longo prazo. Para o autor os modelos matemáticos, quando usados, geram apenas mais uma fonte de dados a serem ponderados pelos tomadores de decisão no que tange às questões político-estratégicas.

3. Casos de empresas

Essa seção apresenta um caso real onde o planejamento da produção foi aplicado com sucesso face à sazonalidade, conforme descrito por Slack *et al.* (2008, p.366).

A Nestlé, multinacional sediada na Suíça possui experiência em lidar com as flutuações sazonais. Por vezes, é o fornecimento de materiais que é sazonal, por exemplo, vegetais congelados; outras vezes, é a demanda que se mostra sazonal, como no caso dos sorvetes; ou ainda ambos podem ser sazonais como o leite em pó. Na fabricação de chocolate, a demanda

é parcialmente influenciada pelo clima, chocolate é menos popular no verão, e parcialmente influenciada por fatores culturais, chocolate é um presente popular no Natal e na Páscoa. As fábricas usam uma combinação bem sucedida de estratégias para lidar com essas flutuações de demanda. Alguns produtos podem ser estocados em antecipação aos picos de estação. Entretanto, existe um limite de tempo de estoque dos produtos se os padrões de alta qualidade dos produtos forem mantidos. Volumes de vendas fora da estação também podem ser influenciados pelo uso de ofertas especiais e promoções de produtos. Dentro das fábricas, as taxas de saídas podem flutuar, embora diferentes formas de fazer isso possam ser adequadas em diferentes estágios do processo. A fabricação do chocolate propriamente dita é restrita pelos limites de capacidade da tecnologia de processo, enquanto no setor de embalagem de sortimentos, por exemplo, funcionários extras podem ser contratados em momentos de pico.

Como se pode observar, o planejamento da produção envolve o uso de diferentes estratégias de ajuste da capacidade de produção e dos níveis de estoque com a sazonalidade da demanda. O caso da Nestlé é um exemplo típico de sucesso em lidar com as sazonalidades, a fim de evitar a falta de produtos no mercado e manter níveis aceitáveis de produção e estoque.

Ainda essa seção apresenta dois casos de fracasso, um de excesso de capacidade e outro caso de falta de capacidade no que tange à aplicação de modelos de planejamento da produção, ambos relatados por Ritzman e Krajewski (2004, p.142).

A Carnival Cruise Line possuía uma frota de cruzeiros com alta capacidade. Porém, o número excessivo de novos navios sendo agregados em toda a indústria foi um problema grave, pois somente a Carnival estava aumentando sua frota com 15 novos navios de entretenimento, elevando-a para 61 navios. Como outras linhas de cruzeiro também estavam aumentando suas frotas, o número de leitos disponíveis aumentou 12% no ano 2000. Entretanto, historicamente o número de passageiros estava crescendo somente cerca de 8% ao ano. A Carnival argumentou que a geração dos *baby boomers* estava aproximando-se do pico de seus anos de férias com cruzeiros marítimos, e que o setor possuía espaço para crescer. O executivo de operações da empresa afirmava que o importante era estar construindo nos próximos cinco anos novos navios no valor de 6,5 bilhões de dólares, o que continuaria aumentando o negócio de modo lucrativo. Porém, nem todos estavam convencidos, pois alguns especialistas preocupavam-se com o excesso de capacidade e o retorno do investimento decrescente da Carnival. No ano 2000, a cotação das ações da empresa caiu mais de 50% e a Carnival estava vendendo seus leitos a preços reduzidos. Após anos de preços em elevação nesse setor, o excesso de capacidade estava levando a descontos exagerados. A Carnival também estava agregando uma variedade de viagens mais curtas e acessíveis como uma maneira de ampliar o mercado, porque a alta utilização era uma chave para o sucesso quando seus recursos eram tão intensivos em capital.

Já a indústria aeronáutica deparou-se com o problema oposto nos anos 80. As empresas aéreas do mundo reequiparam suas frotas para transportar mais passageiros nos aviões existentes e competiram para adquirir um número recorde de novos jatos comerciais de passageiros. Os pedidos recebidos pela Boeing, pela Airbus e pela McDonnell Douglas aumentaram para mais de 2.600 aviões. A McDonnell Douglas tinha pedidos confirmados em carteira avaliados em 18 bilhões de dólares, suficientes para manter sua fábrica plenamente utilizada durante mais de três anos. Apesar do número de pedidos, a divisão de aviões comerciais da empresa divulgou um prejuízo surpreendente, a Airbus lutava para ganhar dinheiro e até a Boeing lutava para melhorar as margens abaixo do padrão. A falta de capacidade causou muitos problemas para a McDonnell Douglas: seus fornecedores não conseguiam atendê-la a tempo, sua equipe de trabalho duplicada era inexperiente e menos produtiva e uma parte considerável das tarefas tinha de ser terceirizada para outras fábricas. O resultado foi que os custos subiram consideravelmente e os lucros caíram, até que a Boeing adquiriu a McDonnell Douglas.

Como se pode observar, o planejamento da produção requer um conhecimento da capacidade atual da empresa e principalmente de sua utilização para atender a demanda atual e futura. Esses exemplos mostram que o planejamento equivocado da capacidade de produção da empresa, tanto excessivo como deficitário, pode resultar em perdas significativas.

4. Sustentabilidade, política e cidadania

A abordagem dos temas sustentabilidade, política e cidadania no ambiente do Laboratório de Gestão destaca a relevância desses temas na atualidade, reforçando que o planejamento da produção pode exercer um papel considerável para contribuir com essas três dimensões.

O conceito mais amplo de desenvolvimento sustentável apóia-se na integração de questões sociais, ambientais e econômicas, constituindo o tripé conhecido como *triple bottom line* proposto por John Elkington em sua obra *Cannibals with Forks* em 1998. As suas dimensões vêm sendo ampliadas, tendo sido propostas oito delas, às quais se associam as dimensões cultural, ecológico, territorial, político nacional e internacional na harmonização de objetivos sociais, ambientais e econômicos, sendo postuladas pelo ecodesenvolvimento e referenciada por Sachs (2000, p. 83-87).

No modelo atual, o objetivo de muitas organizações é obter o maior retorno possível sobre o capital investido. Para tanto, utiliza-se de ferramentas disponíveis para estar à frente dos concorrentes, obtendo maiores margens e fatias de mercado. No entanto, com as mudanças em sentido global, além dos fatores econômicos e estruturais, outros começam a fazer parte da responsabilidade das empresas, que são as questões do meio ambiente natural e as questões sociais. Para que as organizações possam contribuir para a sustentabilidade devem modificar seus processos produtivos, quando for necessário, para se tornarem ecologicamente sustentáveis. Isto implica em construir sistemas de produção que não causem impactos negativos e mesmo estejam contribuindo para a recuperação de áreas degradadas ou oferecendo produtos e serviços que contribuam para a melhoria da performance ambiental dos consumidores e clientes de uma indústria (CORAL, 2002, p. 102).

Segundo Tachizawa (2006, p. 23) um dos maiores desafios que o mundo enfrenta neste novo milênio é fazer com que as forças de mercado protejam e melhorem a qualidade do ambiente, com a ajuda de padrões baseados no desempenho e uso criterioso de instrumentos econômicos, num quadro harmonioso de regulamentação. Na visão do autor o novo contexto econômico caracteriza-se por uma rígida postura dos clientes, voltada à expectativa de interagir com organizações que sejam éticas, com boa imagem institucional no mercado, e que atuem de forma ecologicamente responsável.

Nesse sentido, muito se tem procurado fazer para a sustentabilidade do setor produtivo, para Tachizawa (2006, p. 24) a gestão ambiental e a responsabilidade social tornam-se importantes instrumentos gerenciais para capacitação e criação de condições de competitividade para as organizações. Desse modo, empresas siderúrgicas, montadoras automobilísticas, papel e celulose, química e petroquímica investem em ações de gestão ambiental e responsabilidade social, que conforme Tachizawa (2006, p. 227) envolvem redução do uso, recuperação ou reciclagem de água por quantidade de produto fabricado; controle, recuperação ou reciclagem das descargas líquidas da atividade industrial; disposição adequada de resíduos sólidos e de lixo industrial; reciclagem de sucatas, resíduos ou refugos; seletividade de fornecedores/distribuidores ambientalmente e socialmente corretos; etc.

Em síntese, o desenvolvimento sustentável abrange a satisfação das necessidades do presente e a manutenção da capacidade das gerações futuras em satisfazer suas necessidades. Dentro dos princípios de sustentabilidade, não se podem separar as questões econômicas das questões sociais e ambientais. Por isso, quando uma organização com fins econômicos mostra-se sustentável, ela provavelmente estará atuando de forma socialmente responsável, de forma a atender os interesses dos *stakeholders* que afetam ou são afetados por suas atividades.

5. Problema de pesquisa e objetivo do estudo

Neste estudo o planejamento da produção partiu de uma previsão da demanda para períodos futuros. A partir disso buscou-se determinar para cada período, quanto deveria ser produzido e como seria produzido, para atender essa demanda. Equacionar essa questão envolveu uma composição de alternativas para alterar os níveis de produção, tal que, ao mesmo tempo em que se atendia à demanda, o custo de produção tinha o menor valor possível.

Dada a limitação do modelo de tentativa e erro adotado pelas empresas nos jogos sequenciais 1 e 2 do Simulab, o objetivo deste estudo foi planejar a produção no ambiente laboratorial do terceiro jogo com um modelo de programação linear criado para atendimento da demanda com menor custo de produção. Com o uso desse modelo de programação linear, a empresa estudada Tritec S/A pretendeu alocar de forma mais eficiente e produtiva seus recursos, para investir na sua capacidade sem deixar capacidade produtiva ociosa, nem estimular uma demanda reprimida, maior que a capacidade de oferta da empresa.

6. Método de pesquisa

A partir dos dados secundários da revisão de literatura, partiu-se para o planejamento da produção em uma empresa participante de um jogo de empresas apoiado por um simulador empresarial, especificamente o Simulab (www.simulab.com.br), usado como plataforma de aprendizagem e prática de competências gerenciais. Os dados primários da empresa Tritec S/A no desenrolar do jogo 3, ou seja, relatórios do jogo de empresas, observação de notícias, fatos, comportamento das empresas concorrentes e acontecimentos em sala de aula, serviram de base para realizar o planejamento da produção com uso da programação linear e verificar se essa ferramenta gerencial auxiliou a equipe na consecução de seus objetivos.

Os dados primários foram gerados no ambiente Simulab, ou seja, nas aulas da disciplina de Laboratório de Gestão do curso de Pós-graduação em Administração da Faculdade de Economia e Administração (FEA) da Universidade de São Paulo (USP), no 1º semestre de 2012, com o intuito de propiciar um ambiente de tomada de decisões e aproximar o ambiente acadêmico do jogo de empresas à realidade organizacional.

Nesta pesquisa de abordagem quantitativa, fez-se uso da técnica de modelagem matemática aplicando-se o método da Pesquisa Operacional, que permitiu tratar alguns dados e gerar informações para apoiarem a tomada de decisão. Com o aplicativo *Microsoft Excel*® criou-se um modelo apoiado no método de programação linear, usando o complemento Solver desse *software*, que segundo Lapponi (2005, p. 102) é um comando que oferece uma resolução prática, para análise e execução de fórmulas tanto de maximização quanto de minimização.

O relatório final deste estudo seguiu a estrutura da Monografia Racional elaborada por Sauaia (1996), adaptada para o ambiente eletrônico em Monografia Racional Eletrônica Sauaia (2009) e utilizada nas pesquisas aplicadas do Laboratório de Gestão em Sauaia (2010), mostrando-se uma estrutura adequada para as pesquisas realizadas no ambiente Simulab.

7. Instrumentos de coleta de dados

Os dados primários foram coletados nas rodadas dos jogos de empresas 1, 2 e 3. Foram utilizados os dados da empresa Tritec S/A (www.simulab.com.br/portal), recolhidos nos formulários de decisão da empresa, nos demonstrativos das operações e nos demonstrativos financeiros (demonstrativo de lucros e perdas, demonstrativo do fluxo de caixa e balanço patrimonial) durante o jogo 3. Adicionalmente, as informações do ambiente externo à empresa foram coletadas no relatório trimestral de informações sobre a indústria. De posse desses relatórios, foi realizada uma análise sobre as decisões tomadas a partir do momento em que a equipe possuía informações e como as mesmas afetaram os resultados da equipe.

8. Descrição do estudo e coleta de dados

O estudo de caso aqui descrito ocorreu na terceira vez em que o jogo de empresas foi aplicado no semestre letivo e os dados utilizados se referem à empresa Tritec S/A. As duas primeiras vezes em que o jogo de empresas foi vivenciado pelo pesquisador na disciplina Laboratório de Gestão serviram de subsídio para a definição do problema de pesquisa, dada a verificação do desbalanceamento entre oferta e demanda, primeiro pela falta de oferta de produtos no jogo 1 e depois pelo excesso de oferta de produtos no jogo 2. Essa experiência progressiva foi importante, pois a aprendizagem vivenciada no jogo 1 e jogo 2 foi fundamental para estimular a criação e aplicação de um modelo de programação linear no jogo 3.

A competição do jogo de empresas iniciou em uma condição em que as três empresas participantes produziam e comercializavam o mesmo produto em um único mercado. Durante oito trimestres, que representaram dois anos de operações, as decisões em duas das empresas foram tomadas por um grupo de três diretores e uma terceira empresa foi conduzida pelo animador do jogo, que imputava as decisões médias das duas empresas gerenciadas pelos estudantes. As decisões com variáveis mercadológicas, operacionais e financeiras eram processadas e produziam em ciclos trimestrais demonstrativos das operações e demonstrativos financeiros (demonstrativo de lucros e perdas, demonstrativo do fluxo de caixa e balanço patrimonial) que eram utilizados pela empresa Tritec S/A para planejar a produção seguinte.

A empresa estudada trabalhou com um horizonte de planejamento de produção de 8 trimestres atualizado a cada período pelos dados dos relatórios financeiros e operacional, e utilizou um modelo de programação linear para apoiá-la na decisão de planejamento da produção.

O primeiro passo para modelagem do problema de programação linear consistiu na determinação das variáveis de decisão do problema. Nesse caso, precisavam-se determinar quantos produtos deveriam ser fabricados em cada turno de operação, quantos produtos deveriam ser estocados ou quantos produtos deveriam ser produzidos a mais no caso de investimento na ampliação da fábrica ou a menos no caso de desinvestimento.

A segunda etapa consistiu em determinar qual seria o objetivo a ser perseguido. No caso da empresa Tritec S/A foi minimizar os custos de produção dos produtos comercializados, atendendo a demanda. No entanto, para atingir esse objetivo, algumas restrições se impuseram ao modelo. Essas restrições foram relacionadas aos recursos limitados da empresa e se constituíram nas seguintes variáveis: a demanda dos oito trimestres, o estoque inicial e final de cada período, e as capacidades máximas de produção em cada um dos três turnos com a possibilidade de uso de hora extra no 1º e no 2º turno.

A previsão de demanda foi realizada pela área de marketing da empresa Tritec S/A e serviu de ponto de partida para o planejamento da produção, com o objetivo de atender a demanda gerada pela empresa. Ou seja, o modelo de programação linear foi usado com o intuito de balancear a oferta com a demanda de produtos.

O estoque inicial de produtos acabados no trimestre 1, declarado no relatório operacional inicial do jogo de empresas, era de 51.000 unidades e serviu de base para calcular a variação do estoque, que foi acompanhada pela evolução do relatório operacional, sendo que o estoque final de um determinado período era igual ao estoque inicial do período subsequente.

A capacidade máxima de produção de cada turno de operação foi calculada de acordo com a capacidade de produção da empresa em cada trimestre. No modelo 1 do simulador que apoia o jogo de empresas, as possibilidades se restringiam a produção no 1º turno em horas normais ou horas extras, sendo que a produção em horas normais usava até 99,9% da capacidade e a produção em horas extras utilizava de 100% a 150% da capacidade. Já no modelo 2, a ser ativado mediante negociação setorial ou anúncio de novas políticas, as possibilidades de produção aumentavam e as capacidades máximas eram determinadas da seguinte maneira: a produção em horas normais no 1º turno poderia atingir até 99,9% da capacidade e a produção em horas extras no 1º turno poderia atingir até 134,9% da capacidade, no 2º turno com

operação em horas normais a capacidade máxima era de 199,9% da capacidade instalada, já a operação em horas extras poderia alcançar até 249,9% da capacidade instalada, enquanto a produção no 3º turno utilizava até 300% da capacidade instalada da fábrica.

Os custos de produção em turnos de operação considerados no modelo envolveram os custos de mão de obra direta e os custos indiretos de administração. Já o custo de estoque de produtos acabados foi definido inicialmente como \$0,50. Para simplificar o modelo, os custos de investimento e desinvestimento em máquinas e equipamentos foram dimensionados para um valor específico de \$10.000, adotando a forma $[(\text{investimento})^2/10.000.000]$, definida como regra econômica do simulador, ou seja, este custo unitário aumentaria no caso de investimento superior a este valor ou decresceria no caso de investimento em máquinas e equipamentos inferior a este valor. Além disso, o custo incremental de depreciação foi considerado no caso de ampliação da capacidade da fábrica.

Os custos unitários de fabricação foram obtidos através das fórmulas apresentadas na Figura 1, tanto para o modelo 1, quanto para o modelo 2, considerando-se a utilização de capacidade de produção máxima para cada turno de operação, em conformidade com o objetivo de maximizar a eficiência da produção.

Custos unitários	Modelo 1	Modelo 2
Custo produção 1º turno	$\text{MOD} + (150.000/\text{Cap}) + 0,32241$	$\text{MOD} + (150.000/\text{Cap}) + 0,32241$
Custo 1º turno hora extra	$\text{MOD} * 1,5 + (50.000/0,5 * \text{Cap})$	$\text{MOD} * 1,5 + (25.000/0,35 * \text{Cap})$
Custo produção 2º turno		$\text{CP1}^\circ\text{turno} + (125.000/\text{Cap})$
Custo 2º turno hora extra		$\text{CP2}^\circ\text{turno} + (20.000/0,5 * \text{Cap})$
Custo produção 3º turno		$\text{CP2}^\circ\text{turno} + (125.000/0,5 * \text{Cap})$
Custo investir máquinas	$\text{CP1}^\circ\text{turno} + 0,025 * 20 + (10.000)^2/10.000.000$	$\text{CP1}^\circ\text{turno} + 0,025 * 20 + (10.000)^2/10.000.000$
Custo desinvestir máquinas	$(10.000)^2/10.000.000$	$(10.000)^2/10.000.000$
Custo estoque	\$ 0,50	\$ 0,50

Figura 1 – Comparativo dos custos unitários de fabricação (modelos 1 e 2)

Onde, MOD significa o custo de mão de obra direta, Cap representa a capacidade de produção instalada, CP1ºturno significa o custo de produção do 1º turno e CP2ºturno representa o custo de produção no 2º turno.

No problema em questão foram contabilizados somente os custos de produção que sofrem alteração de acordo com a opção a ser escolhida. Assim, a função objetivo do problema pode ser definida como de minimização, multiplicando-se os custos unitários (C_{ij}) pela quantidade de cada produto fabricado ou estocado (X_{ij}), como apresentado na Equação 1.

$$\text{Minimizar } Z = \sum C_{ij} * X_{ij} \quad (1)$$

A variável de decisão X_{ij} representa a quantidade de produtos a ser produzida ou estocada conforme os turnos de operação, ampliação ou redução da capacidade da empresa ou estocagem de produtos, onde i representa a forma de operação da empresa e j representa o período de produção. Nesse caso, i pode assumir os seguintes valores: 1 = produção em 1º turno; 2 = produção em 1º turno com hora extra; 3 = produção em 2º turno; 4 = produção em 2º turno com hora extra; 5 = produção em 3º turno; 6 = ampliação da capacidade de produção; 7 = redução da capacidade de produção e 8 = estocagem de produtos acabados.

Assim, para exemplificar, X_{11} representa a produção em 1º turno no período 1, X_{21} representa a produção em 1º turno com hora extra no período 1.

A equação 2 representa as restrições de quantidade máxima de produtos que a empresa poderia produzir em 1º turno, em 1º turno com hora extra, em 2º turno, em 2º turno com hora extra e em 3º turno para cada período, de modo que o total de produtos produzidos não poderia exceder a capacidade máxima representada pela constante de cada restrição.

$$X_{ij} \leq \text{capacidade máxima de produção} \quad (2)$$

As restrições restantes dizem respeito ao estoque, a produção em qualquer um dos níveis de operação e a demanda, ou seja, o estoque final no período j é igual ao estoque final do período anterior, somado a tudo que foi produzido no período j e subtraído do que foi consumido, ou seja, a demanda do período j . A equação 3 representa a restrição para o trimestre 1.

$$\text{Est}1 = \text{Est}0 + \text{Pro}1\text{T}1 + \text{HE}1\text{T}1 + \text{Pro}2\text{T}1 + \text{HE}2\text{T}1 + \text{Pro}3\text{T}1 + \text{Inv}1 - \text{Desinv}1 - \text{Dem}1 \quad (3)$$

Onde, Est1 = estoque final no trimestre 1; Est0 = estoque final no trimestre 0; Pro1T1 = produção em 1º turno no trimestre 1; HE1T1 = produção em 1º turno com hora extra no trimestre 1; Pro2T1 = produção em 2º turno no trimestre 1; HE2T1 = produção em 2º turno com hora extra no trimestre 1; Pro3T1 = produção em 3º turno no trimestre 1; Inv1 = ampliação da capacidade de produção no trimestre 1; Desinv1 = redução da capacidade de produção no trimestre 1 e Dem1 = demanda no trimestre 1.

Para a resolução do problema utilizou-se uma planilha eletrônica do *Microsoft Excel®*, onde se inseriu a função objetivo e as restrições, e com o uso da ferramenta Solver definiram-se os parâmetros do modelo. A Figura 2 apresenta os dados coletados no ambiente da empresa. Para solução desse problema visando atender a demanda em questão com o menor custo, buscou-se uma solução para a empresa Tritec S/A, evidenciando a melhor quantia a ser produzida em cada turno de operação, a ser estocada ou a ser investida ou desinvestida.

Período	1	2	3	4	5	6	7	8
Demanda	542.107	840.540	648.920	785.551	828.661	813.406	677.427	786.692
Estoque inicial	51.000							
Restrições de capacidade:	Modelo 1				Modelo 2			
Capacidade máxima produção 1º turno	415.000	415.000	404.625	394.509	384.646	375.030	365.654	356.513
Capacidade máx. prod. 1º turno hora extra	207.500	207.500	202.313	197.255	134.626	131.261	127.979	124.780
Capacidade máxima produção 2º turno	0	0	0	0	250.020	243.770	237.675	231.733
Capacidade máx. prod. 2º turno hora extra	0	0	0	0	192.323	187.515	182.827	178.257
Capacidade máxima produção 3º turno	0	0	0	0	192.323	187.515	182.827	178.257
Custos unitários:	1	2	3	4	5	6	7	8
Custo produção 1º turno	2,06	1,89	1,91	1,93	1,92	1,90	1,91	1,94
Custo 1º turno hora extra	2,31	2,05	2,08	2,10	2,00	1,95	1,96	2,00
Custo 2º turno	2,36	2,19	2,22	2,25	2,25	2,23	2,25	2,29
Custo produção 2º turno hora extra	2,46	2,29	2,32	2,35	2,35	2,34	2,36	2,40
Custo produção 3º turno	2,97	2,79	2,84	2,88	3,18	3,18	3,22	3,29
Custo investir máquinas	12,56	12,40	12,43	12,45	12,46	12,46	12,50	12,57
Custo desinvestir máquinas	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Custo estoque	0,50	0,50	0,51	0,52	0,53	0,56	0,57	0,57

Figura 2 – Dados utilizados na modelagem do problema de minimização de custos

A empresa utilizou o modelo de programação linear atualizado a cada trimestre com os dados de demanda atualizados até o período anterior ao trimestre de decisão, e com isso obteve o planejamento da produção para os períodos subsequentes.

Em relação ao entendimento do funcionamento das regras econômicas, houve dificuldades em relacionar quais custos estavam diretamente relacionados com as alternativas de produção. Por exemplo, o custo de matéria prima foi desconsiderado no modelo, assim como o custo de ativação e desativação de turnos no valor de \$100.000, a ser considerado no modelo 2. Após reavaliação ao final do jogo 3, verificou-se que os custos unitários de fabricação poderiam ser obtidos através das fórmulas apresentadas na Figura 3, tanto para o modelo 1, quanto para o modelo 2, considerando-se a utilização de capacidade de produção máxima para cada turno de operação, em conformidade com o objetivo de maximizar a eficiência da produção.

Custos unitários	Modelo 1	Modelo 2
Custo produção 1º turno	$MOD + MP + (150.000/Cap) + 0,32241$	$MOD + MP + (150.000/Cap) + 0,32241$
Custo prod. 1º turno hora extra	$MOD*1,5 + MP + (200.000/1,5*Cap) + 0,32241/1,5$	$MOD*1,5 + MP + (175.000/1,35*Cap) + 0,32241/1,35$
Custo produção 2º turno		$MOD + MP + (275.000/2*Cap) + 0,32241/2 + (100.000/Cap*2)$
Custo prod. 2º turno hora extra		$MOD*1,5 + MP + (295.000/2*Cap) + 0,32241/2,5$
Custo produção 3º turno		$MOD + MP + (400.000/3*Cap) + 0,32241/3 + (100.000/Cap*3)$
Custo investir máquinas	$CP1^{\circ}turno + Desp / Unid$	$CP1^{\circ}turno + Desp / Unid$
Custo desinvestir máquinas	$Desp / Unid$	$Desp / Unid$
Custo estoque	\$ 0,50	\$ 0,50

Figura 3 – Comparativo reformulado dos custos unitários de fabricação do modelo 1 e modelo 2

Nas fórmulas, MOD representa o custo de mão de obra direta, MP significa o custo de matéria prima, Cap representa a capacidade de produção instalada e CP1ºturno significa o custo de produção do 1º turno, Desp representa a despesa com investimento e Unid significa a quantidade de unidades de capacidade adquirida.

9. Análise descritiva dos dados

A Figura 4 mostra os resultados dos custos unitários de fabricação do modelo 1 e modelo 2 no trimestre inicial, onde a condição era igual para qualquer empresa da indústria, calculados a partir das fórmulas da Figura 3, onde: MOD = \$1,4349, MP = \$1,5767, Cap = 400.000 unidades, Unid = 25.000 unidades e Desp = \$25.000.

Custos unitários	Modelo 1	Modelo 2
Custo produção 1º turno	\$ 3,71	\$ 3,71
Custo produção 1º turno hora extra	\$ 4,28	\$ 4,34
Custo produção 2º turno		\$ 3,64
Custo produção 2º turno hora extra		\$ 4,37
Custo produção 3º turno		\$ 3,68
Custo investir máquinas	\$ 4,71	\$ 4,71
Custo desinvestir máquinas	\$ 1,00	\$ 1,00
Custo estoque	\$ 0,50	\$ 0,50

Figura 4 – Comparativo dos custos unitários de fabricação do modelo 1 e modelo 2 no trimestre inicial

A análise comparativa dos custos no trimestre inicial mostrou que o custo de produção em 2º turno é o menor, seguido pela produção em 3º turno e pela produção normal em 1º turno, o que evidenciou que o custo de trabalhar com hora extra em qualquer um dos turnos era maior do que a adoção de mais turnos de operação. Também na condição inicial, o custo de investir e desinvestir em máquinas e equipamentos mostrou-se maior, devido ao custo de \$1 a mais na produção normal para investir, além do custo para desinvestir. Assim como o custo de estoque que acrescenta \$0,50 a cada unidade de produto acabado que for estocado.

Para iniciar o uso do modelo, a previsão de demanda da empresa foi elaborada pela área de marketing em consenso com as demais áreas funcionais e inserida no plano de gestão, conforme se pode acompanhar na Figura 5, fundamentando-se na experiência dos gestores.

Período	1	2	3	4	5	6	7	8
Demanda	550.000	700.000	600.000	600.000	768.523	650.000	800.000	800.000

Figura 5 – Previsão de demanda inicial da empresa Tritec S/A inserida no plano de gestão

Conforme se pode observar na Figura 6, o plano de produção previsto inicialmente, a partir da previsão de demanda inicial contida no plano de gestão, admitia a produção em horas extras no 1º turno a partir do trimestre 1, durante o primeiro ano de operações, recomendava o investimento em máquinas e equipamentos no trimestre 4 e requeria a formação de estoques

no trimestre 1. A partir da análise dos custos, a abertura de um segundo turno de operações se mostrava necessária a partir desse trimestre, o que contribui para a negociação da entrada em vigor do modelo 2 de operação.

Programação	Trim. 1	Trim. 2	Trim. 3	Trim. 4	Trim. 5	Trim. 6	Trim. 7	Trim. 8
1º turno	415.000	415.000	404.625	394.509	384.646	375.030	365.654	356.513
1º hora extra	161.500	207.500	195.375	197.255	134.626	131.261	127.979	124.780
2º turno	0	0	0	0	249.251	143.710	237.675	231.733
2º hora extra	0	0	0	0	0	0	68.692	86.974
3º turno	0	0	0	0	0	0	0	0
Investir	0	0	0	8.237	0	0	0	0
Desinvestir	0	0	0	0	0	0	0	0
Estoque	77.500	0	0	0	0	0	0	0

Figura 6 - Plano de produção previsto inicialmente no plano de gestão

O investimento de \$208.040 realizado no primeiro trimestre apresentou dissonância em relação ao planejamento da produção pré-estabelecido, pois como seria o primeiro período de implementação do planejamento da produção, os gestores da empresa Tritec S/A decidiram investir em máquinas e equipamentos para compensar exatamente a depreciação de 2,5% que ocorreria, mantendo-se assim a capacidade de produção para o próximo trimestre.

Variável	Trim. 00	Trim. 01	Trim. 02	Trim. 03	Trim. 04	Trim. 05	Trim. 06	Trim. 07	Trim. 08
Investimentos \$	500.000	\$ 208.040	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0

Figura 7 – Investimentos em máquinas e equipamentos realizados pela empresa Tritec S/A

Conforme ilustrado na Figura 7, através do planejamento da produção, constatou-se que os investimentos em máquinas e equipamentos gerariam maiores custos, por isso o investimento foi nulo nos sete últimos trimestres e se a empresa não estivesse ancorada em resultados de jogos anteriores o investimento seria nulo também no trimestre 1.

Com o passar dos trimestres e o avanço do jogo de empresas, o plano de produção foi sendo atualizado a cada trimestre, a partir de uma nova previsão de demanda atualizada com as demandas reais dos períodos anteriores. O plano de produção realizado indicou a formação de estoques no trimestre 1 e o investimento em máquinas e equipamentos nos trimestres 2, 3 e 4, evidenciando a falta de capacidade produtiva para atender a demanda nesses períodos, o que mobilizou os diretores da empresa a negociar a possibilidade de abertura de mais turnos de operação no segundo ano de operações, que apresentaria, segundo a análise realizada, menores custos de produção do que a ampliação da capacidade. O plano de produção utilizando a programação linear indicou a viabilidade de operação em 2º turno no segundo ano de operação, com produção em horas extras no 2º turno nos trimestres 5, 6 e 8, conforme se pode observar na Figura 8.

Programação	Trim. 1	Trim. 2	Trim. 3	Trim. 4	Trim. 5	Trim. 6	Trim. 7	Trim. 8
1º turno	415.000	415.000	404.625	394.509	384.646	375.030	365.654	356.513
1º hora extra	207.500	207.500	202.313	197.255	134.626	131.261	127.979	124.780
2º turno	0	0	0	0	250.020	243.770	183.794	231.733
2º hora extra	0	0	0	0	59.369	63.346	0	73.666
3º turno	0	0	0	0	0	0	0	0
Investir	0	86.647	41.983	193.788	0	0	0	0
Desinvestir	0	0	0	0	0	0	0	0
Estoque	131.393	0	0	0	0	0	0	0

Figura 8 - Plano de produção realizado

Observa-se na Figura 9, o cálculo do custo unitário de produção, a partir das decisões do volume de produção programada e do investimento em equipamentos e dos dados do

demonstrativo das operações e dos custos diretamente relacionadas com a produção, exceto o custo de matéria-prima, considerada sempre disponível pelo setor de produção, independentemente do volume de produção, pois a empresa Tritec S/A demonstrou eficiência no controle de matéria-prima, não apresentando falta de matéria-prima, pois o volume de produção programado correspondeu ao volume de produção efetiva em todos os trimestres.

Decisões	Trim. 0	Trim. 1	Trim. 2	Trim. 3	Trim. 4	Trim. 5	Trim. 6	Trim. 7	Trim. 8
Volume Produção Programada	400.000	622.500	622.500	606.938	591.765	768.523	936.887	730.627	641.723
Investimento em Equipamentos	500.000	208.040	0	0	0	0	0	0	0
Demonstrativo das Operações									
Volume de Produção Efetiva	400.000	622.500	622.500	606.937	591.763	768.523	936.887	730.627	641.723
Estoque Final Prod. Acabados	51.000	131.393	0	0	0	0	123.481	176.681	31.712
Capacidade Produção Próx. trim.	415.000	415.000	404.625	394.509	384.646	375.030	365.654	356.513	347.600
Custos									
Administração - Outros Gastos	278.000	333.800	334.465	332.095	328.817	400.993	421.017	397.713	396.596
Mão-de-obra Direta	573.983	1.000.590	876.862	864.889	849.352	929.269	1.211.143	857.234	769.333
Depreciação	200.000	207.500	207.513	202.325	197.267	192.335	187.527	182.839	178.268
Custo Estocagem Prod Acabados	25.500	65.696	0	0	0	0	62.498	89.424	16.126
Custo de Mudança de Turno	0	0	0	0	0	100.496	0	0	0
Desp. Investimento Equipamento	25.000	4.328	0	0	0	0	0	0	0
Custo Total de Produção	1.102.483	1.611.914	1.418.840	1.399.309	1.375.436	1.623.093	1.882.185	1.527.210	1.360.323
Custo de Produção Unitário	2,76	2,59	2,28	2,31	2,32	2,11	2,01	2,09	2,12

Figura 9 – Demonstrativo do custo unitário de produção

Na figura 9 observa-se o decréscimo do custo de produção unitário no segundo ano de operações, o que demonstra a eficiência em adotar o 2º turno de operações, reduzindo custos fixos de operação a medida que foi possível aumentar o volume de produção. A empresa Tritec S/A beneficiou-se dessa possibilidade de aumento do volume de produção sem aumentar o tamanho da fábrica, obtendo ganhos de escala e reduzindo a ociosidade da fábrica. Para encerrar a análise descritiva dos dados da empresa Tritec S/A, mostra-se necessário destacar o resultado da eficiência da estratégia operacional da empresa, na Figura 10.

Variável	Trim. 00	Trim. 01	Trim. 02	Trim. 03	Trim. 04	Trim. 05	Trim. 06	Trim. 07	Trim. 08
c) Cap. Produção (x 1,5 / 3 Turnos)	600.000	622.500	622.500	606.938	591.764	1.153.938	1.125.090	1.096.962	1.069.539
d) Produção programada	400.000	622.500	622.500	606.938	591.765	768.523	936.887	730.627	641.723
Eficiência Operacional (d/c)	0,67	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	0,83	0,67	0,60

Figura 10 – Composição da eficiência da estratégia operacional da empresa Tritec S/A

No ano 1, a capacidade de produção foi utilizada no limite máximo, dadas as restrições do modelo 1 de operação, pois os resultados do modelo de programação linear para planejamento da produção indicavam a utilização máxima, o que resultou em um índice de eficiência operacional de 1,00, com uso de horas extras em 1º turno. Já no ano 2, quando o modelo 2 de operação foi implementado utilizou-se a operação normal em segundo turno nos trimestres 5, 7 e 8, obtendo-se um índice de eficiência de 0,67 nos trimestres 5 e 7, com uso total do 2º turno de operação, já o trimestre 8 apresentou ociosidade em termos de produção no 2º turno, pois existia um estoque de produtos considerável no período anterior, o que fez com que a empresa optasse estrategicamente por não maximizar a eficiência no 2º turno nesse período. Já no trimestre 6 a produção foi incrementada com o máximo de horas extras no 2º turno. A estruturação dos custos de produção no trimestre 0, com as condições iniciais, evidenciou o resultado alcançado pelo modelo de programação linear para planejamento de produção, ou seja, a utilização do modelo 2 de operação mostrou-se viável em termos de custos de produção, o que altera a eficiência da produção e gera valor para a empresa.

10. Discussão dos resultados

Os resultados da produtividade operacional retrataram que algumas teorias puderam ser utilizadas e confirmadas no ambiente Simulab. A primeira delas se refere à diluição dos custos fixos com o aumento do volume de produção, ocasionando a redução do custo unitário de produção e maximizando a eficiência da produção. Somente após a estruturação e contabilização dos custos de produção foi possível entender que a Empresa Tritec S/A deveria adotar a estratégia de produção conforme o modelo 2, admitido mediante negociação setorial ou anúncio de novas políticas. Isto proporcionou maior flexibilidade no planejamento e programação da produção, combinando com a redução da ociosidade e aumento da produção total, antes de 415.000 unidades, para três vezes mais, ou seja, 1.245.000 unidades, o que possibilitou à empresa destinar seus investimentos para outros projetos: investimento do excedente de caixa em um fundo de renda variável que investia em ações de empresas sustentáveis; investir no marketing verde, ou seja, em lugar de destinar recursos para ampliar a fábrica, optou-se por projetos de inovação que consideravam ações de sustentabilidade.

A ação de negociar com o sindicato e o governo a implementação do modelo 2 de operação, sinalizada pelo planejamento da produção, além de ser economicamente viável, foi de cunho social e fez com que a empresa empregasse mais funcionários, distribuindo renda e gerando mais impostos, contribuindo para o desenvolvimento da sociedade como um todo. Com isso, pode-se verificar que o planejamento da produção pode ser um indutor de ações de cidadania e política no ambiente empresarial, mesmo com o viés econômico predominante na área de produção, isto corroborou a teoria estudada. Por outro lado, se não houver parcimônia no momento de estimar a demanda, a empresa pode obter sobras de produtos acabados, afetando o resultado econômico das operações e consequentemente a sustentabilidade.

A partir da solução do modelo de programação linear para planejamento da produção, observou-se nos resultados, uma função objetivo minimizada, representando a minimização dos custos de produção nos trimestres estudados, totalizando o valor de \$15.371.831 nos oito trimestres analisados.

A intenção de planejar a produção proposta pela empresa Tritec S/A com a finalidade de balancear a produção com a demanda encontrou dificuldades de definição das variáveis que iriam compor o modelo de programação linear na montagem do planejamento da produção, o que causou dificuldades no momento de combinar recursos produtivos para atender demanda e conseguir o custo mínimo. Para isso, foram considerados no modelo, tanto alternativas de longo prazo, como o investimento/desinvestimento em máquinas que estão relacionados ao planejamento da capacidade que determina o tamanho das instalações, quanto alternativas de curto prazo como a programação de produção que visa produzir com os recursos disponíveis em determinados turnos de operação e para isso foram utilizadas alternativas para influenciar a produção, tais como: horas extras, estocagem e abertura de novos turnos, além das alternativas para influenciar a demanda.

Neste estudo verificou-se a necessidade de compreensão da demanda e da capacidade produtiva como pré-requisito para usar métodos de responder a flutuações na demanda, e no caso da empresa Tritec S/A, das três opções disponíveis para lidar com estas variações: ignorar as flutuações e manter os níveis das atividades constantes, ajustar a capacidade para refletir as flutuações da demanda e tentar mudar a demanda para ajustá-la à disponibilidade da capacidade, foi utilizada e testada a segunda alternativa e em certos momentos com menor grau, a terceira opção. Ou seja, a produção flexibilizou-se para atender a previsão de mercado realizada pelo marketing, mas ao mesmo tempo, o setor de marketing também alterou sua programação de investimentos em marketing, pesquisa e desenvolvimento ou alteração de preços para atender os anseios do setor de produção.

A dificuldade encontrada em programar a produção pelo gestor de produção da empresa Tritec S/A não passou pela falta de conhecimento ou de habilidade em trabalhar com modelos matemáticos. Os problemas de programação linear puderam ser resolvidos através de planilhas eletrônicas que possuem ferramentas para atender esta finalidade ou até mesmo pacotes computacionais comerciais que resolvem os problemas mais complexos e com uma quantidade maior de variáveis na programação linear. Entretanto foram encontradas dificuldades na área estratégica da empresa, principalmente na questão de desancorar o planejamento de tentativa e erro realizado nos jogos anteriores. Tanto o jogo 1, como o jogo 2 foram importantes em termos de aprendizagem para aplicar o modelo de programação linear para planejamento da produção no jogo 3 e finalmente obter alguns resultados. Entretanto, os resultados poderiam ser ainda melhores, pois foram enfrentadas dificuldades em relacionar quais custos estavam diretamente relacionados com as alternativas de produção.

Após a reformulação dos custos a serem considerados no modelo de planejamento da produção, os resultados poderiam ser diferentes operacionalmente, mas nesse estudo a contribuição da montagem do planejamento da produção pela programação linear transpôs a esfera operacional e atingiu a parte estratégica da empresa, sendo fator decisivo para a mudança de uma estratégia de diferenciação para uma estratégia voltada para baixos custos.

11. Conclusões

A execução da pesquisa em meio à atividade vivencial em sala de aula propiciou uma variedade de situações e experiências enriquecedoras de convivência em grupo, decisões sob incerteza, fortes emoções, desafios e principalmente a utilização da teoria na prática do Laboratório de Gestão. A Tritec S/A orientou-se pelas teorias de produção estudadas e em conjunto com o modelo de programação linear para planejamento da produção confirmou expectativas de estudos teóricos, influenciando a estratégia operacional com decisões que a conduziram à liderança da indústria em que atuava ao final do jogo de empresas.

Foi benéfica para a empresa a utilização de um modelo de programação linear concebido para planejar a produção, que corroborou as teorias estudadas e gerou valor à empresa, o que justifica a escolha do problema e o esforço de realização desta pesquisa. Recomenda-se aos gestores e educadores a adoção deste modelo de educação gerencial e pesquisa.

A aprendizagem não se restringiu ao ambiente do jogo de empresas. A aplicação prática da programação da produção usando modelos de programação linear poderá ser transposta para as empresas reais, pois o jogo de empresas comportou-se como uma simplificação realista do setor de produção das empresas e do mercado, onde as estratégias de produção das empresas no Simulab alteravam a dinâmica do mercado, surgindo novas oportunidades e ameaças.

A análise da produção com base na teoria e a utilização de um modelo de programação linear para planejar a produção podem ser consideradas atividades rotineiras nas organizações. No ambiente Simulab constatou-se que uma ferramenta utilizada no plano operacional reduziu custos e ociosidade e consequentemente alcançou o patamar estratégico e mudou os rumos estratégicos da empresa, esta situação pode ser transposta para empresas reais, que podem buscar na teoria algumas explicações para lidar com as variáveis de produção, objetivando alocar de modo mais eficiente seus recursos produtivos e equilibrar a oferta com a demanda por seus produtos, minimizando custos e consequentemente buscando melhores resultados.

Esse estudo destaca a importância do setor de produção em uma empresa de natureza industrial na busca de maximizar os resultados das operações e minimizar os riscos nas tomadas de decisões, pois os impactos de suas decisões de produção são de longo prazo e podem afetar as características da empresa no sentido do atendimento de sua missão. Planejar estrategicamente a produção significou para a empresa Tritec S/A a oportunidade de possuir um referencial para os ajustes de longo prazo do sistema produtivo, no sentido de atender a demanda por produtos influenciando e contribuindo para o planejamento das outras áreas.

A abertura da possibilidade de implementar o modelo 2, com possibilidade de produção em três turnos beneficiou a empresa e outros grupos de interesses, ou seja, gerou maior demanda por fatores de produção (fornecedores), preços médios menores (distribuidores) e expansão do mercado (consumidores). E principalmente, a oportunidade de implementar uma ação de cunho político e social: a distribuição de renda, com mais emprego para vendedores e operários, o que pode resultar em maior atividade econômica e aumento na arrecadação de impostos. Por outro lado, maior produção significa maior número de resíduos que podem prejudicar o meio ambiente e aumentar o custo ambiental da operação da empresa, o que estaria em oposição aos princípios da sustentabilidade. Essa situação demonstra a capacidade de inclusão da discussão sobre sustentabilidade, política e cidadania na área de produção, que exerce um papel considerável para assegurar essas três dimensões em uma empresa industrial.

12. Contribuições

Uma das contribuições do estudo foi a criação e o uso de um modelo de pesquisa operacional em planilha eletrônica do *Microsoft Excel®* para planejar a produção, que se mostrou útil, pois, na prática do ambiente Simulab, produziu bons resultados, que justificaram o esforço da modelagem matemática. Além disso, o uso de uma singela planilha eletrônica desmistifica a ideia de que o uso de pesquisa operacional demanda *softwares* avançados, disponíveis somente em grandes corporações. Destaca-se a forma de trabalhar os dados de produção, o que possibilitou sistematizar os custos de produção e as demais variáveis envolvidas no planejamento e controle da produção. A forma de modelagem dos dados e o modelo de pesquisa operacional utilizado podem ser testados em outros ambientes para a verificação de sua eficácia e adequação a outros contextos.

A aplicação das teorias para o caso de planejamento da produção e movimentação estratégica da empresa Tritec S/A é outra contribuição desse estudo, uma evidência de que as teorias funcionaram nesse ambiente laboratorial e podem ser replicadas em outros ambientes. Desse modo, a teoria de planejamento da produção revisada, juntamente com a modelagem do problema de eficiência de produção podem ser consideradas os principais benefícios desse estudo, servindo para planejar operacionalmente a produção, passando pelo nível tático e influenciando estrategicamente a produção de uma empresa de modo a criar ou destruir valor para a empresa, dependendo do contexto de competição no qual esta esteja inserida.

13. Limitações e proposições para novos estudos

Uma das limitações presentes no estudo foi o número de rodadas, pois mais trimestres de jogo poderiam ser úteis para testar o modelo a partir de uma base de dados maior. Além disso, outras empresas poderiam ter utilizado o modelo de programação linear para planejar a produção, o que representaria um teste de maior amplitude com empresas que sigam estratégias diferentes das que foram adotadas pela Tritec S/A.

A tomada de decisão apresenta relevância na atualidade, e nessa esfera têm-se o campo de atuação da Pesquisa Operacional que é usada como um método de suporte à tomada de decisão em uma organização. Portanto, poderiam ter sido utilizados outros modelos da área de Pesquisa Operacional além do modelo de programação linear, como os modelos de programação não-linear. Também, os limites econômicos das regras do simulador restringiram algumas possibilidades adicionais que poderiam ter sido utilizadas na formulação do planejamento da produção, como por exemplo, a possibilidade de terceirização da produção, ou decisões de contratação e demissão de funcionários independentemente do número de turnos de operação adotados pelas empresas.

O ambiente Simulab apresenta potencial para possíveis avanços na área de gestão da produção através do aprofundamento da função de planejamento, programação e controle da produção, ou pela melhoria de processos produtivos, pelos sistemas de gerenciamento de estoques, pelos

estudos de capacidade produtiva, pela tentativa de redução dos custos de produção, pelo uso da teoria das restrições ou por tantos outros conceitos, teorias e modelos da área de produção que podem ser aplicados e testados nesse ambiente favorável ao aprendizado.

Atualmente a Pesquisa Operacional oferece um grande número de ferramentas que auxiliam no processo de tomada de decisões gerenciais, e os realiza por meio da formulação de modelos matemáticos, que podem ser executados com o auxílio de computadores em planilhas eletrônicas. Dada a disponibilidade de acesso ao uso da Pesquisa Operacional, vislumbra-se a possibilidade de ampliação de aplicações de Pesquisa Operacional no ambiente Simulab também em outras áreas, além da produção.

Outros estudos poderão surgir no sentido de considerar novas variáveis de produção no simulador que apoia o jogo de empresas, na tentativa de aproximá-lo ainda mais do ambiente das empresas reais. A ampliação e diversificação do número de fornecedores, matérias-primas e produtos acabados poderiam servir de fonte para novas pesquisas no ambiente da produção.

Novas pesquisas podem manter o foco na gestão da produção, com o processo de construção dos modelos conceituais, matemáticos e computacionais de um simulador específico para a área de produção, abrangendo maior número de variáveis de produção, o que poderia ampliar o escopo de estudo para além das funções de planejamento estratégico da produção e do planejamento-mestre da produção, para programação, sequenciamento e acompanhamento da produção no curto prazo e utilizar outras técnicas de planejamento da produção.

Referências

- CRAINER, S. **Os revolucionários da administração**. São Paulo: Negócio Editora, 1999.
- CORAL, E. **Modelo de planejamento estratégico para a sustentabilidade empresarial**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2002.
- CORRÊA, H. L. & CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- ELKINGTON, J. **Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business**. Gabriola Island, BC, Canadá e Stony Creek, CT, USA: New Society Publisher: 1998.
- HARDING, H. A. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1981.
- LAPPONI, J. **Estatística usando o excel**. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2005.
- MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.
- RIGGS, J. L. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1981.
- RITZMAN, L. P. & KRAJEWSKI, L. J. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.
- SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2000.
- SAUAIA, A. C. A. **Monografia racional**. Anais do 1º. SEMEAD – Seminários em Administração. Volume 01, Setembro, 1996, p.276-94. *PPGA/FEA/USP/SP*.
- SAUAIA, A. C. A. **Monografia racional: uma versão eletrônica**. REGES/UFPI. v.2 n.1, Jan. 2009. Disponível em: http://www.ufpi.br/reges/edicao_jan_2009.php. Acesso em 19/03/2012.
- SAUAIA, A.C.A. **Laboratório de gestão: simulador organizacional, jogo de empresas e pesquisa aplicada**. 2ª. Ed. Manole: Barueri, S. Paulo, 2010 (Livro-texto desta disciplina).
- SLACK, N.; CHAMBERS, S. & JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- TACHIZAWA, T. **Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.