

# Contribuições da teoria das restrições para a gestão da produção: aplicação em uma indústria de laticínios

## *Contributions of the theory of constraints on management of production: application in a dairy industry*

Débora Pinheiro Cacau Moura<sup>1</sup> - Univ. Fed. do Ceará - Fac. de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade  
Diego de Queiroz Machado<sup>2</sup> - Univ. Fed. do Ceará - Fac. de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade - Dep. de Administração - Programa de Pós-Graduação em Administração e Controladoria  
Márcia Zabdielle Moreira<sup>3</sup> - Univ. Fed. do Ceará - Fac. de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade - Dep. de Administração  
Carlos Manta Pinto de Araújo<sup>4</sup> - Univ. Fed. do Ceará - Fac. de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade - Dep. de Administração

**RESUMO** Este estudo objetiva apresentar uma aplicação simulada da Teoria das Restrições (TOC) para a gestão da produção em uma indústria de laticínios de pequeno porte. Para isso, realizou-se um estudo de caso com abordagem qualitativa em uma indústria cearense de laticínios por meio da coleta de dados em documentos da empresa e observação direta no período de quatro meses. Com a aplicação simulada do instrumento dos cinco passos de otimização contínua da TOC, foi possível identificar e explorar a principal restrição do sistema produtivo, sugerindo-se, em seguida, uma mudança no processo produtivo que permitiria não só a eliminação do recurso restritivo, mas também aumentaria a capacidade produtiva da linha de produção a qual a restrição se inseria.  
**Palavras-chave:** Teoria das restrições. Gestão da produção. Indústria de laticínios. Estudo de caso.

**ABSTRACT** *This study aims to present simulated application of the Theory of Constraints (TOC) to production management in a small dairy industry. For this, a case study with a qualitative approach was carried out in a dairy industry in Ceará through data collection from company documents and direct observation, over a period of four months. With the simulated application of the five-step TOC optimization tool, it was possible to identify and explore the main constraints of the productive system, suggesting, as a result, a change in the productive process that would allow not only the elimination of the restrictive resource but also the increase in the productive capacity of the production line in which the restriction was imposed.*  
**Keywords:** *Theory of constraints. Production management. Dairy industry. Case study.*

1. deboracacau2@hotmail.com; 2. R. Marechal Deodoro, 400, bl. Didático III - FEAAC, - 4º andar, Dep. de Administração, Benfica, 60020-060, Fortaleza, CE; 2. diegomachado@ufc.br; 3. marciazabdielle@ufc.br; 4. manta@ufc.br

Moura, D. P. C.; Machado, D. Q.; Moreira, M. Z.; Araújo, C. M. P. Contribuições da teoria das restrições para a gestão da produção: aplicação em uma indústria de laticínios. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Baurio, Ano 14, nº 3, jul-set/2018, p. 237-258.

DOI: 10.15675/gepros.v13i3.1953

## 1. INTRODUÇÃO

A partir do início dos anos 1990, a economia brasileira passou por fortes mudanças resultantes da adoção de políticas econômicas mais liberais que transformaram o ambiente competitivo do país como um todo. O aumento do consumo *per capita* no Brasil decorrente da estabilidade econômica após o Plano Real e a abertura comercial, juntamente à entrada de novas empresas no país com preços, qualidade e tecnologias mais competitivas, impulsionaram vigorosamente o setor industrial a se reestruturar. No setor industrial, a indústria mais afetada foi a de laticínios, que representava 15% do faturamento da indústria de alimentos em 1999 (MARION; MATTE, 2006).

Além disso, conforme Silva, Portugal e Castro (1999), a necessária reorganização do agronegócio do leite, ocorrida nos anos 1990, foi fortemente motivada pela queda de preços em virtude da maior oferta de leite e derivados lácteos no mercado brasileiro junto ao crescimento da demanda por lácteos. Tal reorganização estimulou a adoção de tecnologias na indústria laticinista que buscassem reduzir os custos de produção e obtenção de ganhos de escala, a diferenciação por meio da qualidade dos produtos, o uso de métodos de otimização dos lucros e a utilização eficiente dos recursos.

Assim, diante de um cenário de mudança e constante adaptação, com foco em produzir a custos competitivos, aumentar o lucro e otimizar a atividade produtiva de modo geral, também se tornou imprescindível a adoção de novos instrumentos ou modelos de gestão que permitissem o alcance das metas da organização e o sucesso das decisões no âmbito da empresa. Nesse contexto, insere-se a Teoria das Restrições (TOC), desenvolvida por Goldratt (1992), cujo objetivo é o melhoramento contínuo nas organizações a partir da gestão de suas restrições, limitações ou gargalos, viabilizando a otimização da produção e aumento dos ganhos.

A aplicação de métodos da Teoria das Restrições permite o alcance de melhoras significativas na atividade produtiva de diversas empresas. Segundo Watson, Blackstone e Gardiner (2007), grandes empresas como a Delta Airlines, Ford Motor Company, General Electric, 3M e Boeing, aplicaram as técnicas da Teoria das Restrições e conseguiram otimizar sua produção de forma expressiva. Além disso, é crescente a quantidade de estudos que fazem uso

de ferramentas da TOC para evidenciar que se trata de um modelo de gestão capaz de otimizar os processos produtivos. Como exemplos, tem-se o estudo de Pegels e Watrous (2005), com a aplicação da TOC em uma manufatura de componentes para a indústria de caminhões pesados, o de Umble, Umble e Murakami (2006), em uma empresa japonesa de fabricação de ferramentas, e o de Fernandes et al. (2009), em uma indústria de couros brasileira.

Na literatura, é possível encontrar ainda alguns estudos mais recentes, que utilizam instrumentos da Teoria das Restrições para o melhor gerenciamento dos gargalos em indústrias de laticínios, tais como Sugang, Zhenhui e Fazhu (2011) e Mohammadi et al. (2015). Todavia, após uma revisão da aplicação da Teoria das Restrições nesse setor, percebe-se, de forma genérica, uma carência na literatura que aborda o uso dos instrumentos da TOC, em especial o instrumento dos cinco passos (identificar a restrição do sistema; explorar a restrição; subordinar qualquer outra coisa à decisão anterior; elevar a restrição; voltar ao primeiro passo).

Tendo em vista a realidade da indústria de laticínios, com a presença de diferentes fatores restritivos que dificultam a gestão e alcance das metas, assim como, sazonalidade da produção e inconstância da qualidade do leite, baixa capacitação da mão de obra, disponibilidade dos recursos, incompatibilidade das capacidades produtivas dos equipamentos, a adoção da Teoria das Restrições se mostra interessante como um meio de melhoria do gerenciamento das restrições, limitações e gargalos externos e internos (HERCULANO; ALVES, 2014).

Diante desse contexto, o objetivo desta pesquisa consiste em apresentar uma aplicação simulada da Teoria das Restrições (TOC) para a gestão da produção em uma indústria de laticínios de pequeno porte. Para tanto, no que se refere à metodologia utilizada, trata-se de uma pesquisa qualitativa com estudo de caso em uma indústria cearense de laticínios, realizado a partir da utilização de dados documentais da empresa e observação direta na empresa no período de quatro meses (agosto a novembro de 2016).

Ademais, esse estudo se justifica ainda pela sua contribuição para a gestão da produção da empresa escolhida para o estudo de caso, assim como outras empresas do mesmo setor que possam vir a utilizar esse estudo como referência. Além disso, sua realização proporciona uma análise que pode contribuir com futuras pesquisas empíricas, formulações de hipóteses e aprofundamentos sobre o setor.

## 2. TEORIA DAS RESTRIÇÕES: CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS

Na década de 1980, o físico israelense Eliyahu Goldratt desenvolveu um sistema de programação de produção para um amigo, proprietário de uma fábrica de gaiolas para aves, de forma ocasional. Contudo, ao perceber que havia criado uma nova forma de solucionar um grande problema de otimização do processo produtivo, resolveu estender sua técnica a outros tipos de produção, e assim formalizou a criação do seu *software* de Tecnologia de Produção Otimizada ou *Optimized Production Technology* (OPT).

Goldratt (1992) trabalhou no aprimoramento do *software* OPT com base em melhorias surgidas em problemas reais e princípios lógicos de causa-efeito, na medida em que o mesmo foi sendo aplicado em empresas espalhadas por vários países. Assim, a partir do desenvolvimento dos conceitos da OPT, Goldratt criou a Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* ou TOC), com aplicação mais genérica do que a OPT e suas ferramentas aplicáveis à manufatura (ŞİMŞİT; GÜNAY; VAYVAY, 2014). De fato, como destacado por Simatupang, Wright e Sridharan (2004) e Puche et al. (2016), a aplicação da TOC pode se estender para além da empresa, envolvendo toda a sua cadeia de suprimentos, implementando um comportamento sistêmico de integração dos processos e definindo medidas para o seu desempenho.

A Teoria das Restrições prega que toda organização possui pelo menos um elemento que a limita em relação ao seu desempenho e no alcance de sua meta, sendo este elemento conhecido como restrição ou gargalo. A partir disso, a TOC busca identificar quais são as restrições no sistema (organização) e, com isso, formular soluções para otimizar o seu desempenho. Ou seja, é um sistema de programação de produção desenvolvido a partir da análise e reestruturação das restrições encontradas na linha (NAOR; BERNARDES; COMAN, 2013).

De acordo com Goldratt e Cox (2016), a TOC possui dois pressupostos: a empresa é um sistema cujo resultado depende da forma como diferentes processos interagem; e uma restrição é qualquer fator que limite o sistema a alcançar sua meta. Assim, segundo Woepfel (2016), as restrições podem ser classificadas em políticas, físicas e materiais. A restrição política compreende as normas, procedimentos e práticas usuais da empresa. Já a restrição física está relacionada com uma restrição de recursos, como máquinas e pessoas. Essa restrição ocorre quando a capacidade do recurso é menor que sua demanda

(recurso gargalo). Por fim, as restrições materiais englobam o mercado, fornecedores e os materiais de produção,

Em complemento, Pretorius (2014) afirma que as restrições também podem ser classificadas em internas e externas. As restrições internas são aquelas que ocorrem em algum recurso interno da empresa e as restrições externas originam-se do mercado e impossibilitam a empresa de trabalhar em sua capacidade total. Independentemente da classificação, todos os tipos de restrição podem ser gerenciados através da aplicação da Teoria das Restrições. É interessante mencionar que o gargalo é considerado um caso particular de restrição cuja capacidade é insuficiente. Um aumento da capacidade produtiva do gargalo possibilita um aumento da capacidade do ganho (SOUZA, 2005). Em contrapartida, um recurso não gargalo é aquele cuja capacidade é superior à demanda colocada nele, mas não gera restrição da atuação do sistema (AKMAN; ÖZCAN, 2016; GUPTA; BOYD, 2008).

Tendo em vista que a TOC objetiva o melhoramento contínuo nas organizações a partir da gestão de suas restrições, Goldratt e Cox (2016) propõem um processo de otimização contínua, composto por cinco etapas estruturadas, cuja premissa é promover uma gestão eficaz e coordenada do todo, aliviando as restrições. O Quadro 1 apresenta as etapas do processo e suas descrições.

Quadro 1 - Processo de otimização contínua da TOC.

Etapa	Descrição
1. Identificar as restrições do sistema	Nesta etapa são identificadas as restrições do sistema, de tal modo que é localizado o recurso que está impedindo um aumento no desempenho do sistema e alcance da sua meta.
2. Explorar as restrições do sistema	Esta etapa consiste em tirar o máximo das restrições, de modo que não se perca tempo algum nos gargalos. Isto é, deve-se explorar ao máximo a restrição, de forma que o recurso gargalo seja usado em plena capacidade.
3. Subordinar qualquer outra coisa à decisão anterior	Esta etapa propõe a sincronização do sistema em função da restrição, ou seja, enquanto a etapa dois estabelece a cadência de operação, esta etapa assegura o cumprimento do ritmo definido previamente.
4. Elevar as restrições do sistema	Esta etapa consiste em aumentar de alguma forma a capacidade do gargalo para que a capacidade de fluxo do sistema também seja aumentada.
5. Voltar ao primeiro passo e evitar a inércia.	Caso o sistema de restrições for quebrado, deve-se inicializar o processo novamente desde a primeira etapa.

Fonte: Elaborado com base em Goldratt e Cox (2016).

Em suma, o processo desenvolvido por Goldratt e Cox (2016) implica na identificação do elemento que está limitando a capacidade de produção, análise de como a capacidade desse elemento pode ser otimizada de tal modo que se obtenha o máximo desempenho possível desse elemento, sincronização da velocidade e atividade dos elementos que não são considerados gargalos em função da capacidade do elemento restritivo e aumento da capacidade de produção da restrição (SUGANG; ZHENHUI; FAZHU, 2011; MOHAMMADI et al., 2015).

Conforme Woeppel (2016), é comum que as empresas ao conseguirem eliminar restrições de seus sistemas encerrem seu processo de gestão das restrições com a crença de que não há mais elementos restritivos no funcionamento da mesma, contudo, é de fundamental importância que a gestão das restrições seja uma atividade de melhoria contínua de todas as empresas tendo em vista que sempre existirão restrições a serem quebradas.

Vale ainda ressaltar que a escolha da TOC como ferramenta de melhoria produtiva dentre as outras abordagens existentes no âmbito da administração da produção, tais como o Sistema Toyota de Produção, implica o conhecimento dos seus benefícios e limitações. Dentre os benefícios da TOC, considera-se que devido a sua busca pela otimização do desempenho geral através de melhorias no desempenho locais de fatores limitantes, ela permite uma visão sistêmica da organização. Ademais, é uma ferramenta de melhoria flexível visto que pode ser implantada individualmente ou em conjunto a outras ações de melhoria na organização (BUZZI; RIBEIRO; CARLESSO, 2013).

Em termos de limitações, cabe notar que nas empresas de pequeno e médio porte, a implantação da TOC pode vir a ser dificultada em função da carência de profissionais qualificados para implantar e controlar instrumentos de gestão da produção como os utilizados na Teoria das Restrições e por, em alguns casos, não fazerem uso de planos de gestão e controle da produção (CHECOLLI; MONTEIRO, 2000).

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Quanto aos aspectos metodológicos, esta pesquisa foi desenvolvida mediante abordagem qualitativa, dado que esta possibilita analisar, interpretar e descrever a complexidade de problemas sem fazer uso de técnicas e métodos estatísticos (MARCONI; LAKATOS, 2006). Como método de pesquisa, optou-se pela realização de um estudo de caso que, conforme Yin (2013), possui relevância na investigação de fenômenos contemporâneos, principalmente através da sua observação direta.

O estudo de caso foi, portanto, realizado em uma pequena empresa que atua no setor de laticínios, localizada em Pentecoste/CE, sob o nome de Laticínios Valemilk, durante o período de quatro meses, de agosto a novembro de 2016. A escolha dessa empresa para ser objeto do estudo de caso se deu pela acessibilidade obtida junto à empresa e na disponibilidade das informações necessárias sobre o processo produtivo e seus gargalos, condições estas fundamentais para a aplicação da TOC. Além disso, por ser uma empresa de pequeno porte, o reconhecimento das restrições vivenciadas pela empresa e a aplicação simulada dos cinco passos da TOC são facilitados, permitindo o alcance do objetivo proposto por esse estudo.

Vale ressaltar que, conforme Alves et al. (2011), no âmbito da indústria manufatureira, é comum a realização de pesquisas sob a forma de simulação da TOC, justificadas pela dificuldade dos pesquisadores em ter acesso à fábrica durante um período de tempo necessário ao desenvolvimento, acompanhamento e conferência dos resultados da TOC.

Os dados utilizados para o desenvolvimento deste estudo foram, assim, obtidos mediante pesquisa documental nos relatórios gerados pelo sistema de informação que integra todos os dados e processos da organização em um único sistema (sistema ERP próprio). Tais documentos consistiram em relatórios de pedidos, ordens de produção, rendimento da produção diária por produto englobando ganhos e perdas ocorridos, controle de estoque de insumos e produtos acabados.

Além disso, no período de realização da pesquisa, foram realizadas visitas semanais à empresa para observação direta e participante do seu processo produtivo. Tais observações ocorreram no interior da fábrica, visando o mapeamento do processo produtivo e identificação dos gargalos do sistema. Desse modo, as informações observadas, que não estão no sistema informatizado da empresa, foram registradas regularmente em caderno de campo para futuras contribuições no desenvolvimento do estudo.

Neste contexto, vale ressaltar ainda que a participação dos pesquisadores mediante observação direta do processo produtivo na indústria tornou desnecessária a aplicação de entrevistas, que é um instrumento comumente usado em estudos de caso, junto a gestores e funcionários da empresa. A triangulação dos dados, portanto, se deu no conjunto de dados documentais e observacionais coletados, em modelo semelhante aos estudos de caso apresentados por Gray (2016), desenvolvidos em empresas japonesas.

Por fim, posterior à coleta, organização e análise dos dados, deu-se a aplicação simulada dos cinco passos da TOC, seguindo o modelo proposto por Goldratt e Cox (2016).

## 4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1. Descrição da empresa

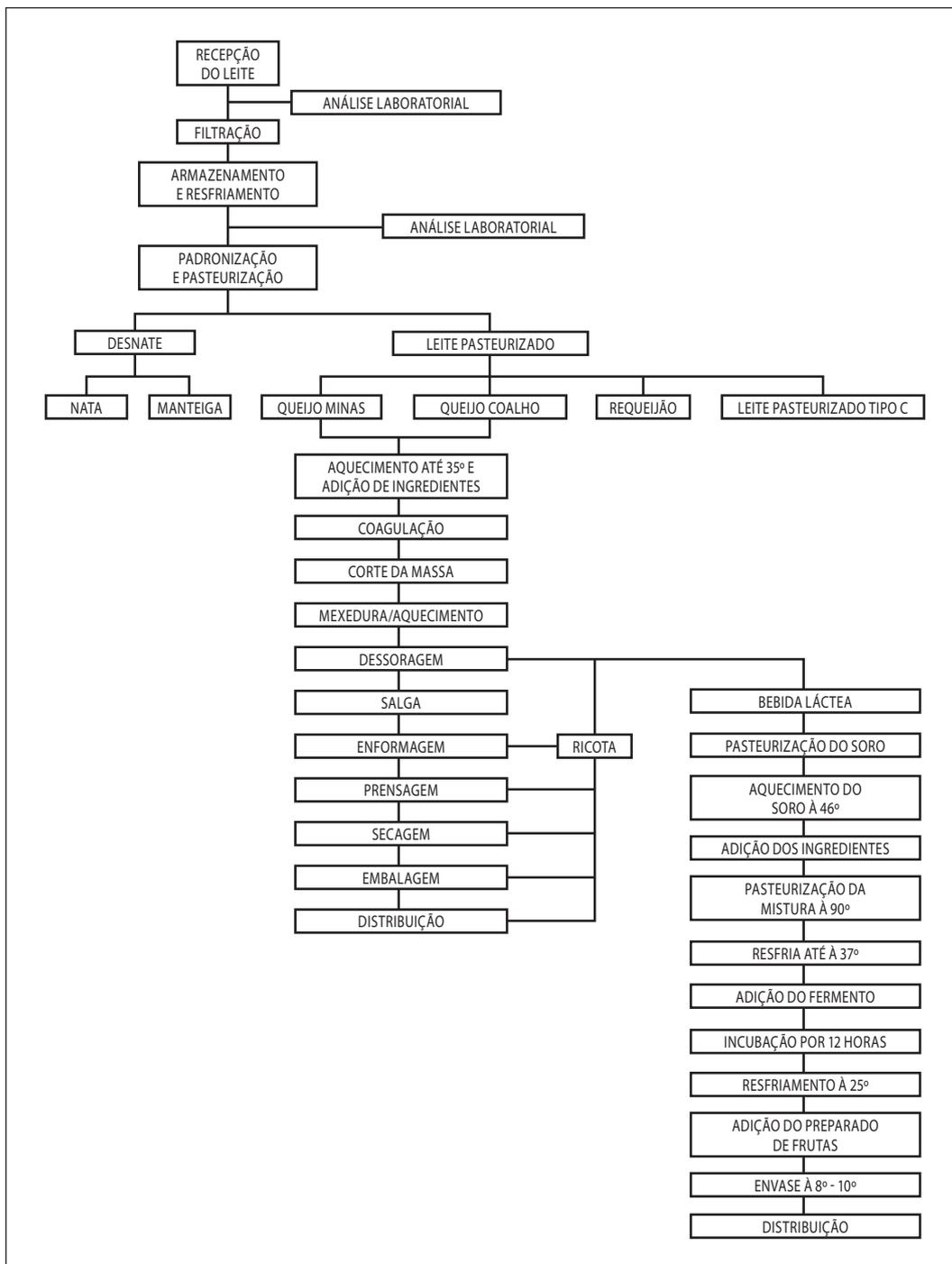
A empresa escolhida como objeto deste estudo foi a Laticínios Valemilk, sediada em Pentecoste /CE e fundada no ano de 1998 pelo empresário César. Sua missão consiste em produzir e comercializar produtos lácteos de qualidade, garantindo a segurança alimentar dos seus produtos, a satisfação e fidelidade dos seus consumidores e a excelência no atendimento. Sua visão é tornar-se referência no setor de laticínios e aumentar a sua participação no mercado cearense de lácteos por meio da ampliação do seu mix de produtos e canais de distribuição. Em 2016, período de realização desta pesquisa, a empresa contava com um quadro de 42 funcionários, dos quais onze atuam diretamente na produção, estando os demais alocados nas áreas administrativas, de logística e de vendas.

A capacidade de beneficiamento do laticínio é de 30.000 litros de leite por dia. Contudo, seu nível regular de processamento é, em média, de 12.000 litros de leite por dia. A produção na Laticínios Valemilk é do tipo puxada, ou seja, é feita a partir dos pedidos gerados no sistema ERP próprio da empresa. A empresa possui oito tipos de produtos em linha da marca principal Valemilk, e suas variações, sendo estes: leite pasteurizado integral; queijo coalho (tradicional e light); queijo minas frescal (tradicional e light); ricota fresca; bebida láctea (morango e salada de frutas); requeijão cremoso (tradicional e light); manteiga e nata com sal.

### 4.2. Processos produtivos e linhas de produção

Para o conhecimento da produção da indústria, apresenta-se, na Figura 1, o processo produtivo da Laticínios Valemilk, com foco na linha produtiva da bebida láctea em razão da restrição analisada ocorrer no seu processo de fabricação (restrição de produção de um sabor de bebida láctea por dia).

Figura 1 - Modelo do processo produtivo.



Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

A primeira etapa do processo produtivo consiste na recepção do leite, em caminhões isotérmicos. O descarregamento nos tanques de recepção é feito somente após a coleta de amostras para o laboratório de controle de qualidade que, através de análises laboratoriais, atesta a conformidade com os padrões de análises físico-químicas, como a ausência de neutralizantes da acidez, reconstituintes de densidade e de resíduos de antibióticos, tendo em vista que a presença de tais substâncias é prejudicial para o processo produtivo e para a qualidade do produto final. Quando o descarregamento é liberado, o leite passa por um processo de filtração antes de ser armazenado e resfriado nos tanques externos da plataforma.

Ao programar a quantidade de leite a ser utilizado na produção do dia, o leite destinado a produção sai dos tanques externos e passa por um processo de padronização e pasteurização, que também está sujeito a análises laboratoriais para garantir que o leite foi, de fato, padronizado para o teor de gordura especificado e pasteurizado corretamente. Esse equipamento de padronização ajusta a gordura do leite para o valor desejado em conformidade com o produto que vai ser produzido. Por exemplo, para a produção de queijo minas frescal, o leite deve estar padronizado com 2,6% de gordura. Com a padronização, é gerado o creme, que é o excesso de gordura do leite integral e é utilizado na produção de nata com sal, manteiga e no requeijão cremoso.

Quanto à pasteurização, esta é uma tecnologia obrigatória em todo o processo de laticínios, consistindo no tratamento térmico elimina as bactérias patogênicas do leite. O leite passa por placas que o submetem a altas temperaturas (75°C) durante quinze segundos e, em seguida, a baixas temperaturas (3°C). Esse choque térmico reduz a carga bacteriana do leite e também é capaz de prolongar a vida de prateleira do leite e dos seus derivados.

A fabricação da nata com sal e da manteiga faz uso dos mesmos equipamentos e máquinas em seu processo produtivo. Já o requeijão cremoso é produzido em uma máquina destinada somente a sua produção, assim como a bebida láctea. Os queijos minas, coalho e ricota possuem processos de fabricação distintos no que diz respeito ao tempo de fabricação, ingredientes, máquinas, equipamentos e quantidade de mão de obra utilizada. Contudo, a partir do processo de enformagem, esses produtos passam pelas mesmas etapas de produção até a distribuição.

Em consequência do processo de produção dos queijos (com exceção do requeijão, que é considerado um queijo do tipo fundido, cujo preparo da massa básica é diferenciado), é produzido o soro do leite, que é destinado à produção de ricota e bebida láctea.

A bebida láctea, produto lácteo resultante da mistura do leite e soro de leite adicionado ou não de produto ou substância alimentícia, gordura vegetal, leite fermentado, fermento lácteo selecionado e outros produtos, é produzida em uma fermenteira com dispositivo para aquecimento a vapor e resfriamento, com capacidade produtiva máxima de 3.000 litros por dia. O ciclo de sua produção, evidenciado na Figura 1, é de uma produção por dia, em virtude da necessidade de doze horas de incubação do fermento em seu processo. Ou seja, a produção da bebida láctea tem início em um dia e se encerra no outro, quando é iniciada uma nova produção.

Regularmente, de todo o volume de leite processado diariamente (12.000 litros), 55% é de leite pasteurizado tipo C e 45% é destinado para a fabricação dos demais produtos lácteos. É interessante notar que a bebida láctea é geralmente produzida com leite em pó integral, sendo produzida com leite fluido somente em períodos de aumento do volume de leite estocado.

O principal queijo produzido é o queijo coalho (tradicional e light), sendo utilizado para a sua fabricação em média 4.000 litros de leite por dia; sendo que cada tanque de fabricação de queijo processa 1.000 litros por vez, que é o equivalente à produção média por dia de 420 quilos de queijo. Já o volume de queijo minas frescal e de ricota fabricados é inferior à quantidade de queijo coalho, visto que a demanda por esses produtos é inferior. A fabricação do queijo minas frescal (tradicional e light) não é diária e é comum que não seja produzido toda a capacidade de processamento por tanque (1.000 litros), para não produzir estoques de um produto que não possui um rápido fluxo de saída.

### 4.3. Aplicação simulada da teoria das restrições

As restrições identificadas em laticínios de pequeno porte são diversas, tais como: sazonalidade da produção de leite; inconstância da qualidade do leite; falhas no planejamento da produção; desconhecimento das capacidades produtivas dos equipamentos; desconhecimento ou falta de investimento em ferramentas de apoio à decisão e informatização; e disponibilidade de recursos.

Algumas dessas restrições citadas estão fora do controle das empresas, como a sazonalidade da produção de leite, sendo caracterizadas como restrições externas (PRETORIUS, 2014). Já outras restrições demandam ações de melhoria de longo prazo, não só por parte das empresas de laticínios, mas de toda a cadeia produtiva do leite. Um exemplo é a restrição relacionada à qualidade do leite vindo dos fornecedores, que se enquadra em um dos exemplos de restrição destacado por Woeppel (2016). As suas consequências diretas para a produção são a diminuição do rendimento do processo produtivo, possíveis perdas de produção e aumento de despesas operacionais relacionados às análises laboratoriais (como fraudes e presença de antibiótico no leite).

Como a empresa objeto desse estudo faz uso de um sistema ERP, que permite um apoio à tomada de decisão e que abrange o controle da produção — no que se refere aos pedidos gerados, envio de ordens de produção, controle de estoque de insumos e produtos acabados, relatórios de produção e rendimento, controle de ganhos e perda de produção, entre outras funções —, as restrições decorrentes de falta de ferramentas de apoio à decisão foram descartadas para a aplicação neste estudo.

Ao analisar as reais limitações vivenciadas no caso estudado, foi escolhida para a aplicação simulada dos cinco passos da TOC e busca da otimização da produção, a restrição referente à capacidade produtiva da bebida láctea, cuja produção é limitada a um sabor de bebida láctea por dia. A seguir, tem-se a descrição de cada uma dessas cinco etapas.

### **1ª Etapa: identificar as restrições do sistema**

A Laticínios Valemilk trabalha regularmente com dois sabores de Bebida Láctea (BL), morango e salada de frutas, em duas formas de embalagem, sendo sacos (de 500 ml e 1.000 ml) ou garrafas (de 180g, 480g e 900g). A produção média de BL por mês é de 40.000 litros, sendo que a demanda de BL de morango corresponde a 68% da demanda total (uma média de 27.200 litros).

Em virtude da demanda por BL de salada de frutas ser inferior à demanda de morango (32%), quando esta é produzida, utiliza-se somente 50% da capacidade produtiva da fermenteira (1.500 litros), a fim de se evitar uma produção em quantidade superior à demanda, gerando estoques de produto acabado e aumentando, assim, as despesas operacionais.



É importante ressaltar também que a bebida láctea só pode ser produzida de segunda a sexta-feira (o laticínio funciona de segunda a sábado), já que o encerramento de seu ciclo produtivo se dá um dia após o seu início. Assim, impossibilita-se a sua produção nos sábados e, conseqüentemente, diminui-se a sua capacidade produtiva semanal.

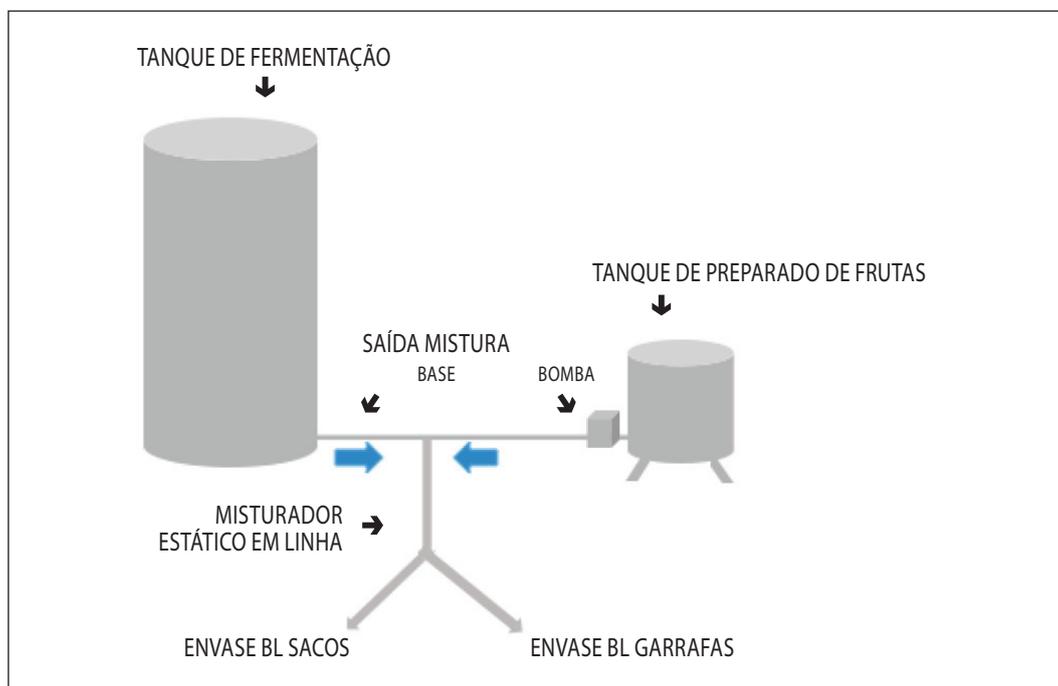
Em vista disso, é interessante que a produção seja otimizada visando o atendimento dos pedidos da demanda existente, além de permitir que a indústria tenha capacidade produtiva para atender um possível aumento de demanda por bebida láctea.

## **2ª Etapa: explorar as restrições do sistema**

Após a identificação da restrição no sistema produtivo, é necessária explorá-la, isto é, deve-se buscar eliminar as situações que reduzem a capacidade de determinada etapa do processo de atender à demanda e de alcançar melhores resultados para a empresa (GOLDRATT; COX, 2016). No caso do estudo, a capacidade produtiva é limitada em função do processo produtivo, que restringe a produção de BL a um sabor (na etapa de adição do preparado de frutas), o que, por sua vez, também determina a quantidade a ser produzida.

Para que ocorra um aumento da capacidade produtiva, torna-se vantajosa a compra de um novo equipamento, chamado de misturador estático de linha, que é bastante utilizado em linhas de produção de diferentes indústrias. Esse equipamento permite que a adição do preparado de frutas não ocorra em toda a fermenteira, o que limitaria a produção de todo o tanque de fermentação. Do contrário, ele possibilita a adição do preparado de frutas em linha à mistura base da bebida láctea por meio de uma bomba localizada antes do momento de envase, conforme ilustrado na Figura 3, a seguir.

Figura 3 - Simulação de instalação do misturador estático em linha.



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Conforme pode ser observado, o misturador estático em linha seria instalado na saída da fermenteira e estaria acoplado a um reservatório de preparado de frutas, o qual pode ser adicionado de preparado de morango, salada de frutas, ou qualquer outro sabor. Dessa forma, seria possível produzir a quantidade máxima de mistura base da bebida láctea, chamada mistura branca, que ainda não recebeu o preparado de fruta da bebida láctea e, a partir dessa quantidade (3.000 lts), poderia ser ajustado de forma flexível e inteiramente de acordo com a demanda o quanto se deseja produzir de cada sabor.

Por exemplo, poderiam ser produzidos 3.000 litros de mistura base da BL e com ela serem produzidos 2.000 litros de morango e, em seguida, 1.000 litros de salada de frutas. Para tanto, seria necessário apenas trocar o tipo de preparado de frutas presente no reservatório acoplado ao misturador estático em linha. Neste sentido, a instalação do misturador estático de linha, nesta etapa da TOC, possibilitaria uma reestruturação da restrição encontrada no sistema produtivo, como apontam Naor, Bernardes e Coman (2013).

### **3ª Etapa: subordinar qualquer outra coisa à decisão anterior**

Na terceira etapa de aplicação da TOC, todos os recursos não gargalos, conforme descritos por Akman e Özcan (2016) e Gupta e Boyd (2008), devem seguir a programação feita para o recurso gargalo. Em outras palavras, uma vez que foi alcançada uma nova capacidade produtiva na restrição, as demais etapas do processo produtivo devem se adequar para atuar conforme essa nova capacidade (GOLDRATT; COX, 2016).

Na indústria analisada, a restrição que antes limitava a produção da mistura básica produzida no tanque de fermentação foi solucionada, de tal modo que é possível fazer uso da plena capacidade do tanque de fermentação durante todos os dias disponíveis para produção de bebida láctea, se assim for necessário. Desse modo, só seria produzida uma quantidade inferior à capacidade máxima nos casos em que a demanda fosse inferior.

Como dito anteriormente, a Laticínios Valemilk trabalha com a produção do tipo puxada a partir dos pedidos gerados no sistema ERP. Neste sentido, a empresa seguiria a lógica descrita por Pretorius (2014), de que é importante manter a restrição sempre ocupada, mas que o necessário consiste em produzir em alinhamento com a demanda, evitando o crescimento de estoques, inventários e despesas operacionais.

Visto que, antes da etapa anterior de exploração da restrição, a linha de produção da BL não estava sendo usada em sua capacidade máxima, a ociosidade produtiva existente após a saída do tanque de fermentação, isto é, nas máquinas de envase tanto de saco como de garrafas, seria capaz de absorver o aumento da capacidade produtiva proposto.

### **4ª Etapa: elevar as restrições do sistema**

Como destacado por Souza (2005), um aumento da capacidade produtiva do gargalo possibilita um aumento da capacidade do ganho. Entretanto, para se produzir uma quantidade de BL superior à produzida anteriormente ao aumento da capacidade do gargalo, em que a média consistia em 40.000 litros por mês, é necessário que haja uma demanda para esse aumento da produção.

Com o novo equipamento, a Laticínios Valemilk poderá produzir até 60.000 litros de BL por mês, caso produza a capacidade máxima do tanque de fermentação (3.000 lts) nos cinco dias disponíveis para a produção de BL por semana (15.000 lts por semana).

Além desse incremento de 50% na sua capacidade produtiva, a empresa poderia também aumentar seu mix de mercado, com a incorporação de novos sabores de bebida láctea, uma vez que o novo equipamento permitiria uma flexibilidade de produção de diferentes sabores, com quantidades de acordo com a demanda, em um mesmo ciclo produtivo. Tal benefício estaria em consonância com os impactos sistêmicos provocados pela aplicação da TOC (BUZZI; RIBEIRO; CARLESSO, 2013; PUCHE et al., 2016; SIMATUPANG; WRIGHT; SRIDHARAN, 2004).

### **5ª Etapa: voltar ao primeiro passo e evitar a inércia**

Em relação à última etapa de aplicação da TOC, quando uma restrição é quebrada, torna-se necessário retornar à primeira etapa do processo de otimização, em uma perspectiva de melhoria contínua, com o propósito de se identificar quais as próximas restrições que inviabilizam um melhor desempenho da empresa, de tal modo que seja evitado a inércia no sistema (GOLDRATT; COX, 2016).

Com um novo cenário produtivo que viabiliza o aumento da demanda por bebida láctea, a nova restrição é considerada de mercado e externa (PRETORIUS, 2014; WOEPPEL, 2016), isto é, de limitação da demanda (demanda atual de 45.000 lts e capacidade produtiva de 60.000 lts). Conforme apontado por Antunes Junior (1998), no caso de restrições externas, é necessárias ações vinculadas ao aumento da demanda no mercado e/ou a política de preços. Tais ações podem ser ações de marketing, alteração no preço baseados na logística, desenvolvimento de novos produtos e outros.

Ademais, é relevante ressaltar que a atual estrutura da empresa, que engloba os setores comercial, administrativo e logístico, possui capacidade de suportar este crescimento de 50% da demanda sem a necessidade de realizar reestruturações.

## 5. CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo geral apresentar uma aplicação simulada da Teoria das Restrições (TOC) para a gestão da produção em uma indústria de laticínios de pequeno porte. Nesta aplicação, foi selecionada como restrição do sistema a etapa de adição do preparado de frutas na linha de produção da bebida láctea que, por sua vez, resulta na limitação da capacidade produtiva. A partir da identificação desta restrição e aplicação da TOC, a solução encontrada foi consistiu na compra de um novo equipamento para ser inserido no processo produtivo e que permitiria a adição do preparado de frutas separadamente do tanque de fermentação.

Evidencia-se que a aplicação simulada da TOC, através da ferramenta dos cinco passos de otimização contínua, denota resultados positivos não só na eliminação da restrição identificada na linha produtiva analisada, mas também permitiria um aumento da capacidade produtiva desta mesma linha de produção em 50%. Além disso, seria estimulado o incremento ao mix de produtos do portfólio da Laticínios Valemilk, decorrente da viabilidade de produzir diferentes sabores em um mesmo ciclo de produção, após a retirada da restrição da linha.

No sistema produtivo analisado neste estudo de caso, as ações de melhoria propostas para a restrição identificada proporcionariam também futuras ações de melhoria nos departamentos de marketing e de vendas da empresa, já que a demanda estaria operando de forma limitada, isto é, abaixo da capacidade de produção. Logo, torna-se evidente que aplicação da TOC contribuiria para a gestão da produção em indústrias de laticínios no que diz respeito aos fatores produtivos restritivos e, ainda, para ações de melhoria que podem estar presentes além da área de produção, isto é, em diferentes departamentos da empresa, tal como de distribuição e administração.

A Teoria das Restrições, por ser considerada um método de gestão que engloba um processo de raciocínio de gerenciamento voltado para as restrições do sistema como um todo, de fato proporciona uma visão sistêmica da empresa e dos fatores limitantes que a mesma enfrenta em diferentes contextos e departamentos, melhorando, assim, o processo de tomada de decisão por parte das diversas gerências.

A empresa em questão, assim como outras indústrias de laticínios, vivencia limitações inerentes ao setor em que está introduzida, tais como a sazonalidade da produção e captação de leite e a incompatibilidade das capacidades produtivas dos equipamentos. Assim, a TOC, devido a sua flexibilidade de aplicação, tende a contribuir para o gerenciamento da atividade produtiva em conformidade com os fatores limitantes no contexto em que a empresa se insere em determinado momento. Ou seja, as restrições podem ser gerenciadas de forma independente ou em conjunto, sendo possível também que se trabalhe em melhorias de restrições temporárias ou não.

Em suma, as contribuições destacadas neste estudo propõem que a ferramenta das cinco etapas de melhoria contínua da TOC seja incorporada à rotina das empresas que visam um crescimento contínuo e gradual, através do melhor aproveitamento dos recursos que impedem o alcance de melhores resultados para a organização.

Como sugestão para estudos futuros da TOC no setor laticinista, denota-se: a análise das contribuições da aplicação da TOC em uma relação de ganho de capacidade produtiva e resultados financeiros; análise dos reflexos do aumento da capacidade produtiva em ações que visem o aumento da demanda, para que a produção seja realizada em plena capacidade; e a aplicação das ferramentas da TOC em fatores restritivos que demandam ações em longo prazo, em virtude de ser este um dos fatores restritivos com maior significância para a realidade laticinista do leite da região Nordeste, como a qualidade do leite.

## REFERÊNCIAS

AKMAN, G.; ÖZCAN, B. Developing effective manufacturing strategies for product mix decisions via theory of constraints: a case study. **Journal of Naval Science and Engineering**, v. 12, n. 1, p. 1-18, 2016.

ALVES, A. P.; SILVA, T. G.; ALMEIDA, R.; COGAN, S. Utilizando os passos da teoria das restrições para a melhoria contínua da produção: um estudo aplicado a uma fábrica de jeans. **Revista ADM. MADE**, v. 15, n. 1, p. 93-114, 2011.

ANTUNES JUNIOR, J. A. V. **Em direção a uma teoria geral do processo na administração:** uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero. 1998. 339 p. Tese (Doutorado em Administração) - Programa de Pós Graduação em Administração, Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

BUZZI, E. M.; RIBEIRO, M. E. O.; CARLESSO, R. A teoria das restrições na identificação de gargalos no setor produtivo: a indústria uniforme 1000 cores. **Revista Eletrônica da Faculdade de Alta Floresta**, v. 3, n. 2, p. 2013.

CHECOLLI, P. F.; MONTEIRO, A. V. A Teoria das Restrições como recurso para a excelência da gestão da manufatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 20, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2000.

FERNANDES, F. S.; FERNANDES, L. J. D.; PEREIRA, R. G.; COGAN, S. A teoria das restrições: estudo de caso em uma indústria de couros do Estado de Santa Catarina. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, v. 1, n. 11, p. 59-82, 2009.

GOLDRATT, E. M. **A Síndrome do Palheiro:** garimpando informações num oceano de Dados. São Paulo: Educator, 1992.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **The goal:** a process of ongoing improvement. 3. ed. London, UK: Routledge, 2016.

GRAY, D. E. **Pesquisa no mundo real.** 2. ed. São Paulo: Penso Editora, 2016.

GUPTA, M. C.; BOYD, L. H. Theory of constraints: a theory for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 28, p. 991-1012, 2008.

HERCULANO, H. A.; ALVES, I. A. Q. Identificação e mensuração dos entraves organizacionais: uma análise da gestão estratégica de custos na cadeia produtiva de leite e derivados. **Custos e Agronegócio online**, v. 10, n. 1, p.152-168, 2014.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. São Paulo. Atlas, 2006.

MARION FILHO, P. J.; MATTE, V. A. Mudanças institucionais e reestruturação na indústria brasileira de laticínios (1990-2000). **Economia e Desenvolvimento**, n. 18, p. 48-72, 2006.

MOHAMMADI, H.; GHAZANFARI, M.; NOZARI, H.; SHAFIEZAD, O. Combining the theory of constraints with system dynamics: a general model (case study of the subsidized milk industry). **International Journal of Management Science and Engineering Management**, v. 10, n. 2, p. 102-108, 2015.

NAOR, M.; BERNARDES, E. S.; COMAN, A. Theory of constraints: is it a theory and a good one? **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 2, p. 542-554, 2013.

PEGELS, C. C.; WATROUS, C. Application of the theory of constraints to a bottleneck operation in a manufacturing plant. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 16, p. 302-311, 2005.

PRETORIUS, P. Introducing in-between decision points to TOC's five focusing steps. **International Journal of Production Research**, v. 52, n. 2, p. 496-506, 2014.

PUCHE, J.; PONTE, B.; COSTAS, J.; PINO, R.; DE LA FUENTE, D. Systemic approach to supply chain management through the viable system model and the theory of constraints. **Production Planning & Control**, v. 27, n. 5, p. 421-430, 2016.

SILVA, P. H. F.; PORTUGAL, J. A. B; CASTRO, M. C. D. **Qualidade e competitividade em laticínios**. Juiz de Fora: ILCT, 1999.

SIMATUPANG, M.; WRIGHT, A. C.; SRIDHARAN, R. Applying the theory of constraints to supply chain collaboration. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 9, p. 57-70, 2004.

ŞİMŞİT, Z. T.; GÜNAY, N. S.; VAYVAY, Ö. Theory of constraints: a literature review. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 150, p. 930-936, 2014.

SOUZA, F. B. Do OPT à Teoria das Restrições: mitos e avanços. **Revista Produção**, v. 15, n. 2, p. 184-197, 2005.

SUGANG, G.; ZHENHUI, J.; FAZHU, J. An empirical study of product mix based on theory of constraints. **Journal of Heilongjiang Bayi Agricultural University**, v. 5, p. 28, 2011.

UMBLE, M.; UMBLE, E.; MURAKAMI, S. Implementing theory of constraints in a traditional Japanese manufacturing environment: the case of Hitachi Tool Engineering. *International Journal of Production Research*, v. 44, n. 10, p. 1863-1880, 2006.

WATSON, K. J.; BLACKSTONE, J. H.; GARDINER, S. C. The evolution of a management philosophy: the theory of constraints. **Journal of Operations Management**, v. 25, p. 387-402, 2007.

WOEPPEL, M. **Manufacturer's guide to implementing the theory of constraints**. Florida: CRC Press, 2016.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. 5. ed. California, USA: Sage publications, 2013.