

MODELO MATEMÁTICO DE OTIMIZAÇÃO APLICADO AO DIMENSIONAMENTO DE ESTOQUES E ADMINISTRAÇÃO DO CAPITAL DE GIRO

*Mathematical Model of Optimization Applied to Stock Sizing and Working Capital
Administration*

Carlos Roberto Souza Carmo¹
Jéssica Rayse de Melo Silva²

RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo propor um modelo matemático de otimização voltado para o apoio à tomada de decisões relacionadas à administração de estoques a fim de minimizar as despesas financeiras geradas pelas necessidades de capital de giro. Para tanto, inicialmente, foi constituída uma plataforma teórica acerca da dinâmica das operações e variáveis relacionadas ao dimensionamento do capital de giro. Depois, foi pesquisada e proposta a modelagem matemática alvo desta investigação, e ainda, foi identificado o respectivo método de solução. Para avaliar a funcionalidade do modelo matemático pesquisado, foram realizados testes computacionais baseados em um estudo de caso real. Ao final, foi possível observar que a modelagem matemática de otimização proposta permitiu minimizar as despesas financeiras geradas pelo investimento realizado nos estoques a partir de uma única variável de decisão, ou seja, quantidades de mercadorias e/ou produtos comprados mensalmente para revenda.

Palavras-chave: Financiamento do Capital Circulante Líquido. Gestão. Métodos quantitativos aplicados.

ABSTRACT

This research aimed to propose a mathematical optimization model aimed at supporting decision-making related to inventory management in order to minimize the financial expenses generated by working capital needs. To this end, initially, a theoretical platform was created about the dynamics of operations and variables related to the dimensioning of working capital. Then, the target mathematical modeling of this investigation was researched and proposed, and the respective solution method was identified. To assess the functionality of the researched mathematical model, computational tests were performed based on a real case study. In the end, it was possible to observe that the proposed mathematical optimization model allowed to minimize the financial expenses generated by the investment made in inventories from a single decision variable, that is, quantities of goods and / or products purchased monthly for resale.

Keywords: *Financing of Net Working Capital. Management. Quantitative methods applied.*

1- Doutor em Agronomia pela UNESP (Botucatu) e Mestre em Ciências Contábeis pela PUC-SP. Professor da Faculdade de Ciências Contábeis da Univ. Federal de Uberlândia (FACIC-UFU). e-mail: carlosjj2004@hotmail.com / crscarmo@ufu.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3806-9228>.

2- Doutora e mestra em Ciências Contábeis pela PPGCC UFU. Professora da Faculdade de Ciências Contábeis da Univ. Federal de Uberlândia (FACIC-UFU). e-mail: jessicar@ufu.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5052-094X>.

1 Introdução

O capital de giro de uma empresa pode ser entendido como o montante de recursos necessários para financiar seus investimentos em ativos operacionais (estoques, contas a receber, etc.), desde o momento da sua entrada dos estoques na empresa até o momento em que os clientes pagam suas compras a prazo; sendo que, em uma parte desse intervalo de tempo, tal financiamento ocorre por parte dos fornecedores de mercadorias e serviços, entre outros passivos operacionais (não onerosos), e, após o fim do prazo em que a empresa dispõe do financiamento dos seus fornecedores, ela passa a incorrer em necessidades de capital de giro que, normalmente, são financiadas mediante o pagamento de juros (recursos onerosos).

Ou seja, enquanto as mercadorias e/ou produtos não são vendidos e os clientes não pagam suas compras, ocorre o investimento em ativos operacionais e, dentro de certo intervalo de tempo, enquanto os valores a pagar para fornecedores não são exigidos, ocorre o financiamento com base em passivos operacionais (não onerosos); a partir do momento em que os prazos concedidos por fornecedores se esgotam, surge uma lacuna entre investimentos e financiamentos operacionais, gerando, assim, as demandas por financiamento para capital de giro (BENMAMOUN; HACHIMI; AMINE, 2019).

De uma forma mais simplificada, a diferença entre montantes e prazos de entradas e saídas dos recursos relacionados ao giro das atividades operacionais é o que gera as necessidades de capital de giro das empresas. E, em grande parte das vezes, o financiamento dessas necessidades ocorre a partir da obtenção de crédito junto a fontes de recursos onerosas, isto é, mediante a cobrança de juros pelo prazo em que tal crédito é concedido.

Contudo a obtenção e a manutenção de financiamento externo são muito difíceis em momentos de crise ou de desaceleração econômica, como tem acontecido recentemente (ZHANGA; ZHANG; PEI, 2019). Por isso, torna-se imperativo que as empresas se atentem aos prazos inerentes aos seus ciclos operacionais a fim de reduzir o tempo demandado para a conversão das suas compras em montantes efetivos de caixa (BENMAMOUN; HACHIMI; AMINE, 2019).

Ao considerar o impacto financeiro dos investimentos em estoques, comparativamente aos investimentos totais em ativos de curto prazo, e, ainda, as demandas por financiamento oneroso de curto prazo que tais investimentos podem gerar, observa-se que as necessidades de investimento em giro podem afetar também a lucratividade das empresas mediante a geração de despesas financeiras.

Diante desse quadro, destaca-se a necessidade de uma gestão voltada para análise e compreensão da dinâmica das atividades operacionais relacionadas ao gerenciamento do capital de giro e dos seus possíveis impactos no desempenho financeiro das organizações (KABUYE *et al.*, 2019).

Nesse sentido, a tomada de decisões voltadas para a redução de prazos médios de estocagem e prazos médios de recebimento de compras (clientes) e/ou a ampliação dos prazos para pagamentos aos fornecedores de mercadorias e serviços assumem grande relevância no processo de maximização do capital de giro e de minimização das despesas financeiras oriundas do financiamento das necessidades desse tipo de capital.

Assim, a tomada de decisões com vistas à redução dos estoques tem ganhado força desde o final dos anos 1990 e o início dos anos 2000 (CHUANG; OLIVA; HEIM, 2019). A explicação para tal fato pode estar relacionada tanto à dificuldade das empresas em obter financiamento para suas operações de curto prazo em tempos de crise/desaceleração econômica, quanto à influência das decisões relacionadas aos estoques na liquidez e no desempenho financeiro das organizações (LUO; SHANG, 2019).

Nesse contexto, a presente pesquisa teve por objetivo propor um modelo matemático de otimização voltado para o apoio à tomada de decisões relacionadas à compra de

mercadorias para revenda fim de minimizar as despesas financeiras (juros) geradas pelas necessidades do capital de giro referentes aos investimentos realizados em estoques.

Para tanto, inicialmente, foi constituída uma plataforma teórica sobre a temática relacionada à dinâmica das operações e variáveis que podem influenciar o dimensionamento do capital de giro das empresas, com especial atenção à questão dos estoques de mercadorias e/ou produtos destinados à comercialização. A seguir, foi apresentada e discutida a modelagem matemática de otimização alvo desta pesquisa científica e, ainda, foi identificado o respectivo método de solução. Na sequência, foi pesquisada e detalhada a base de dados constituída para aplicação de testes computacionais para validação do modelo proposto. Finalmente, a partir de um estudo de caso real, foi realizada a aplicação do modelo desta pesquisa e procedeu-se à avaliação dos respectivos resultados, permitindo afirmar que o modelo em questão atingiu satisfatoriamente o objetivo para o qual foi desenvolvido.

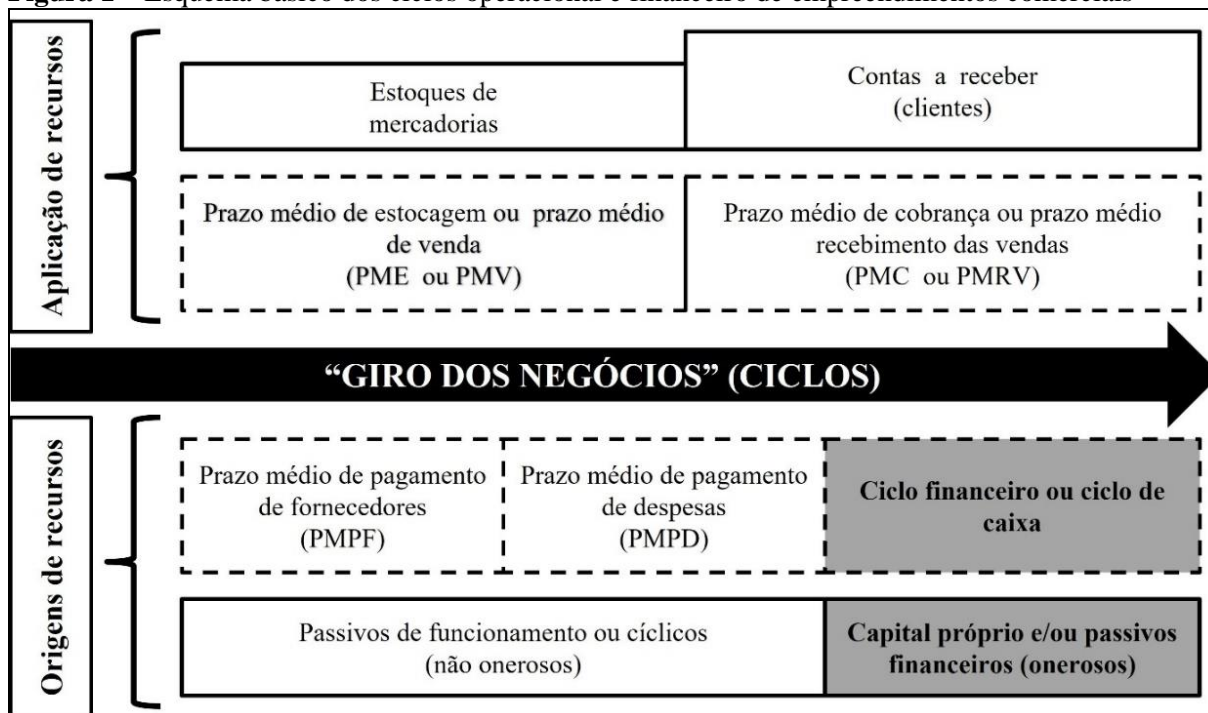
2 Base Teórica

Segundo Chang (2018), as discussões envolvendo a tipologia de capitais em teorias financeiras passa por quatro grupos de capitais (orçamento de capital, estrutura de capital, política de dividendos e capital de giro), dentre os quais, os estudos envolvendo o capital de giro receberam menos atenção que as demais, mesmo diante do seu impacto sobre a lucratividade e o risco empresarial.

Em primeira instância, o capital de giro pode ser entendido como a diferença entre ativos (bens e direitos) e passivos (obrigações) de curto prazo (com vencimento até um ano) (LUO; SHANG, 2019).

Contudo, ao buscar maior compreensão sobre os fatores determinantes das necessidades de capital de giro, o processo de análise das variáveis relacionadas ao tema deve ir além da diferença entre ativos e passivos de curto prazo, ou seja, tais grupos devem ser separados em ativos e passivos circulantes cíclicos ou operacionais, portanto, não onerosos, e ativos e passivos circulantes financeiros, portanto, onerosos; e, ainda, deve-se levar em conta os prazos envolvidos na conversibilidade e exigibilidade desses ativos e passivos, respectivamente, dentro do curto prazo (ASSAF NETO, 2000), ou seja, deve-se levar em conta a duração (prazos) e os componentes dos ciclos operacional e financeiro, conforme resumo esquemático descrito na Figura 1.

Conforme pode ser visto na Figura 1, a aplicação de recursos no desenvolvimento de uma atividade econômica comercial implica, inicialmente, na compra e estocagem de mercadorias ao preço de custo, durante determinado prazo (prazo médio de estocagem ou de venda: PME ou PMV); a seguir, essas mercadorias são vendidas e os valores investidos inicialmente em estoques migram para o contas a receber, ao preço de venda, e, lá, permanecem também durante certo período de tempo (prazo médio de cobrança ou de recebimento das vendas: PMC ou PMRV), até que se convertam efetivamente em caixa. Paralelamente, durante o prazo concedido pelos fornecedores para pagamento das compras (prazo médio de pagamento aos fornecedores: PMPF) e/ou durante o prazo fornecido pelos demais fornecedores (prazo médio de pagamento das despesas: PMPD), ocorre o financiamento das atividades operacionais da empresa sem qualquer tipo de despesa financeira (juros). A partir do momento em que a empresa paga seus fornecedores e deixa de contar com o financiamento cíclico ou operacional, ou não oneroso, ela passa a depender de recursos próprios ou de dívidas junto a fornecedores de capital oneroso cuja característica principal é a cobrança de juros.

Figura 1 – Esquema básico dos ciclos operacional e financeiro de empreendimentos comerciais

Fonte: elaborado pelos autores com base em Assaf Neto (2000).

Dessa forma, a gestão do capital de giro envolve decisões relacionadas à lucratividade e ao risco, pois, se houver um investimento excessivo em ativos que não giram tão rapidamente, a empresa deixa de contar com recursos em caixa para pagar suas obrigações, o que lhe traz riscos de liquidez e faz com que ela passe a financiar suas atividades com recursos financeiros que lhe geram gastos com juros (despesas financeiras), o que impacta sua lucratividade.

Percebe-se que a gestão do capital de giro implica na tomada de decisões envolvendo o equilíbrio entre risco e lucratividade (CHANG, 2018; IBRAHIM; TIMOTHY, 2018) e, ainda, demanda o dimensionamento equilibrado entre investimento e financiamento de curto prazo, o que passa obrigatoriamente por todas as atividades operacionais da empresa, tendo início na execução e recepção de pedidos, indo para estocagem, passando pela comercialização e distribuição e, finalmente, chegando ao recebimento de vendas e ao pagamento de suas obrigações (BENMAMOUN; HACHIMI; AMINE, 2019).

Nesse contexto, os estoques assumem grande relevância para o dimensionamento do capital de giro, pois podem chegar até a 50% do total dos ativos (FAROOQ, 2019). Por isso, para maximizar o capital de giro, é imprescindível diminuir os estoques (BENMAMOUN; HACHIMI; AMINE, 2019).

A questão do dimensionamento dos estoques também está relacionada ao custo de oportunidade, uma vez que, o dinheiro parado nos estoques deixa de ser direcionado para outra atividade e isso pode comprometer a lucratividade da empresa. Nesse sentido, já existem estudos capazes de atestar a existência de uma relação significativa entre níveis de estoques e níveis de lucratividade (FAROOQ, 2019).

A rápida conversibilidade de estoques em montantes de caixa leva a um ciclo operacional mais curto (ciclo operacional = prazo médio de estocagem + prazo médio de recebimento das vendas), o que denota um gerenciamento eficiente do capital de giro (KABUYE *et al.*, 2019).

Apesar dos níveis dos estoques estarem sendo consistentemente reduzidos nas empresas, as decisões relacionadas a eles ainda se caracterizam como uma alavanca gerencial

com efeitos no desempenho operacional de empreendimentos varejistas (CHUANG; OLIVA; HEIM, 2019). E, nesse sentido, a gestão de estoques tem por objetivo evitar investimentos desnecessários nesse tipo de ativo mediante a manutenção de quantidades suficientes para garantir vendas uniformes (GEORGE, 2019).

Pelo fato de as empresas não serem capazes de suportar grandes investimentos em estoques de forma a atender volumes de demanda incomuns, em épocas tão competitivas como a atual, é preciso desenvolver técnicas de gestão que permitam satisfazer as necessidades de clientes com um mínimo de investimento (IBRAHIM; TIMOTHY, 2018). Sendo que, no contexto particular das micro e pequenas empresas, a correta administração dos estoques assume especial relevância, uma vez que tais itens são um dos principais problemas gerenciais desse tipo de empreendimento (IBRAHIM; TIMOTHY, 2018).

A despeito da necessidade de desenvolvimento de técnicas de gestão de estoques que permitam satisfazer as necessidades dos clientes com um mínimo de investimento possível, Luo e Shang (2019) observam que a maioria dos modelos propostos pela literatura pressupõe oferta irrestrita de caixa e despreza a relação entre decisões e fluxos de caixa relacionados aos estoques.

Diante da relevância das decisões envolvendo o dimensionamento dos estoques e, ainda, da necessidade de se considerar que o atual ambiente econômico mundial impõe uma restrição cada vez maior aos níveis de crédito financeiro concedido, espera-se que a proposição de um modelo matemático de otimização voltado para a minimização das despesas financeiras (juros), geradas pelas necessidades do capital de giro investido em estoques, possa ser de grande utilidade para o apoio à tomada de decisões aplicadas à compra de mercadorias para revenda. Dessa forma, além de contemplar variáveis relacionadas aos níveis de estoques propriamente ditos (estoques médios, estoques de segurança e volume de compras), o modelo proposto nesta pesquisa científica leva em conta uma expressiva quantidade de variáveis relacionadas aos principais fatores determinantes das necessidades de financiamento do capital de giro, ou seja, prazo médio de estocagem (PME), prazo médio de cobrança (PMC ou PMRV), prazo médio de pagamento de fornecedores (PMPF), preços de custos e de vendas e suas respectivas diferenças e, ainda, a taxa de financiamento das demandas de capital para suporte ao giro das atividades operacionais.

3 Modelo Matemático de Otimização e Método de Resolução

Segundo o método da análise dinâmica do capital de giro (ASSAF, 2000), deve-se considerar a existência de dois tipos de ativos e passivos de curto prazo (cíclicos ou operacionais e financeiros ou não-cíclicos), bem como, os respectivos prazos demandados para sua conversão em caixa, e, ainda, a taxa de juros paga pelo financiamento dos recursos demandados para financiamento das necessidades de capital de giro.

Nesse sentido, conforme descrito pelas Equações 1 a 7, o modelo proposto por esta pesquisa busca minimizar as despesas financeiras, geradas pelas necessidades de financiamento do capital de giro, a partir da identificação de níveis mínimos dos estoques de mercadorias (em quantidades) levando em conta variáveis individuais (para cada tipo de mercadoria estocada) relacionadas a: prazos médios de estocagem, de cobrança e de pagamento dos fornecedores; às diferenças entre preços de custo e preços de venda; estoques iniciais e finais; estoques mínimos de segurança; e, à taxa de juros paga para financiamento do capital de giro.

$$\text{Minimize } \sum_{j=1}^k [(\overline{PME}_j pc_j \overline{qe}_j) + (\overline{PMC}_j pv_j \overline{qv}_j) - (\overline{PMPF}_j pc_j qc_j)] (CFCG / 30) \quad (1)$$

MODELO MATEMÁTICO DE OTIMIZAÇÃO APLICADO AO DIMENSIONAMENTO

Sujeito a:

$$\overline{PME}_j = 30 / (\overline{qv}_j / \overline{qe}_j), \quad j = 1, \dots, k \quad (2)$$

$$EI^{(n)}_{(n)_j} = EF_{(n-1)_j}, \quad j = 1, \dots, k \quad (3)$$

$$EF_{(n)_j} = EI_{(n)_j} + qc_{(n)_j} - \overline{qv}_j, \quad j = 1, \dots, k \quad (4)$$

$$\overline{qe}_{(n)_j} = (EI_{(n)_j} + EF_{(n)_j}) / 2, \quad j = 1, \dots, k \quad (5)$$

$$EF_{(n)_j} \geq (\overline{qv}_j / 30) \overline{PMPed}_j, \quad j = 1, \dots, k \quad (6)$$

$$EF_{(n)_j} \leq EI_{(n)_j}, \quad j = 1, \dots, k \quad (7)$$

$$qc_{(n)_j} \geq 0, \quad j = 1, \dots, k \quad (8)$$

Desse modo, a função objetivo do modelo proposto é descrita pela Equação 1 e está sujeita às restrições representadas pelas Equações 2 até 7, cujos índices e variáveis estão detalhados no Quadro 1.

Quadro 1 – Detalhamento dos índices e variáveis da modelagem proposta

Notação	Categoria	Descrição
j	Índice	Índices que representam as k mercadorias e/ou produtos negociadas pela empresa.
(n)	Parâmetro	O mês de aplicação do modelo.
$(n-1)$	Parâmetro	O mês anterior ao mês de aplicação do modelo.
\overline{PME}_j	Parâmetro	Prazo médio de estocagem (em dias) de cada mercadoria e/ou produto j .
pc_j	Parâmetro	Preço de custos de cada mercadoria e/ou produto j .
\overline{qe}_j	Parâmetro	Estoque médio mensal (em unidades) de cada mercadoria e/ou produto j .
\overline{PMC}_j	Parâmetro	Prazo médio de cobrança ou de recebimento (em dias) das vendas para as mercadorias e/ou produtos.
pv_j	Parâmetro	Preço de venda de cada mercadoria e/ou produto j .
\overline{qv}_j	Parâmetro	Vendas médias mensais (em unidades) de cada mercadoria e/ou produto j .
\overline{PMPF}_j	Parâmetro	Prazo médio de pagamento das compras aos fornecedores (em dias) de cada mercadoria e/ou produto j .
qc_j	Variável de decisão	Quantidade a ser comprada mensalmente (em unidades) de cada mercadoria e/ou produto j .
$CFCG$	Parâmetro	Taxa de juros percentual representativa das despesas financeiras mensais do capital de giro.
$EI_{(n)_j}$	Parâmetro	Estoque inicial mensal (em unidades) de cada mercadoria e/ou produto j .
$EF_{(n)_j}$	Parâmetro	Estoque final mensal (em unidades) de cada mercadoria e/ou produto j .
$EF_{(n-1)_j}$	Parâmetro	Estoque final do mês anterior (em unidades) de cada mercadoria e/ou produto j .
\overline{PMPed}_j	Parâmetro	Prazo médio de recebimento dos pedidos de compras (em dias) de cada mercadoria e/ou produto j .

Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

A função objetivo descrita pela Equação 1 tem por finalidade minimizar o montante das despesas financeiras decorrentes da captação de recursos financeiros destinados a cobrir as necessidades de capital de giro (*CFCG*). Para tanto, a determinação das despesas mensais com juros em questão leva em conta o ciclo financeiro do negócio ($[\overline{PME} \dots] + [\overline{PMC} \dots] - [\overline{PMPF} \dots]$), bem como os investimentos realizados em ativos operacionais ou cíclicos ($[\dots pc_j \overline{qe}_j] + [\dots pv_j \overline{qv}_j]$) e, ainda, o respectivo financiamento não oneroso fornecido pelos passivos operacionais ou cíclicos ($[\dots pc_j qc_j]$), para cada mercadoria/produto j , com $j = 1, \dots, k$.

A restrição descrita pela Equação 2 garante que o prazo médio de estocagem (\overline{PME}) leve em consideração os estoques médios (\overline{qe}) de cada mercadoria/produto j , com $j = 1, \dots, k$, bem como os respectivos giros desses estoques (\overline{qv}_j) ao longo de um mês.

A restrição descrita pela Equação 3 define que o estoque inicial (*EI*) do mês atual (n) será igual ao estoque final (*EF*) do mês anterior ($n-1$), para toda mercadoria/produto j , com $j = 1, \dots, k$.

A restrição descrita pela Equação 4 estabelece que o estoque final (*EF*) será calculado a partir da soma do estoque inicial (*EI*) com as quantidades compradas em cada mês n (qc), subtraindo-se as quantidades médias vendidas mensalmente (\overline{qv}) (para todo mês n), para toda mercadoria/produto j , com $j = 1, \dots, k$.

A restrição descrita pela Equação 5 garante que o estoque médio mensal (\overline{qe}) será calculado a partir da média simples entre as quantidades referentes aos estoques inicial (*EI*) e final (*EF*) de cada mês n , para toda mercadoria/produto j , com $j = 1, \dots, k$.

A restrição descrita pela Equação 6 define o estoque mínimo de segurança para toda mercadoria/produto j , com $j = 1, \dots, k$, ou seja, ela determina que o estoque final de cada mês será igual à quantidade média vendida diariamente ($\overline{qv}/30$) multiplicada pelo número de dias representativo do tempo gasto pelo fornecedor para entregar mercadoria/produto j , com $j = 1, \dots, k$, a partir do momento/dia do respectivo pedido de compra (\overline{PMPed}).

A restrição descrita na Equação 7 tem por finalidade garantir a queda progressiva da quantidade de mercadorias existente nos estoques finais (*EF*) da empresa, a cada mês n , até que se atinja o estoque mínimo de segurança ($[\overline{qv}/30] \overline{PMPed}$) definido na Equação 6, ou seja, o estoque final em cada mês n será igual ou inferior ao respectivo estoque inicial, contudo nunca menor que o respectivo estoque de segurança para toda mercadoria/produto j , com $j = 1, \dots, k$.

Finalmente, a restrição descrita pela Equação 8 estabelece que a variável de decisão relacionada às quantidades a serem compradas mensalmente seja não-negativa.

4 Base de Dados para Testes Computacionais e Validação do Modelo

Para validação do modelo proposto, foi utilizada uma base de dados referentes a um estudo de caso real realizado em uma empresa varejista que comercializa bebidas classificadas em quatro grandes grupos: (i) cervejas em garrafa: cerveja long neck S, cerveja long neck B, cerveja long neck A, cerveja garrafa 600 mililitros (ml) S, cerveja garrafa 600 ml- B e cerveja garrafa 600 ml A; (ii) cervejas em lata: cerveja lata 350 ml S, cerveja lata 350 ml B, cerveja lata 350 ml A, cerveja lata 473 ml S, cerveja lata 473 ml B e cerveja lata 473 ml A; (iii) refrigerantes em garrafas tipo PET de dois litros (L): refrigerante sabores 2 L C, refrigerante sabores 2 L F, refrigerante sabores 2 L K e refrigerante sabores 2 L A; e (iv) refrigerantes em garrafas do tipo PET de 600 ml: refrigerante sabores 600 ml C, refrigerante sabores 600 ml F, refrigerante sabores 600 ml K e refrigerante sabores 600 ml A.

Devido ao fato de apresentar vendas médias mensais regulares (\overline{qv}), a empresa em questão realiza compras médias mensais em quantidades constantes (\overline{qc}), de tal forma que o

MODELO MATEMÁTICO DE OTIMIZAÇÃO APLICADO AO DIMENSIONAMENTO

excedente das compras mensais ($\overline{qc} - \overline{qv}$) fica armazenado e é destinado à cobertura de demandas sazonais, contudo, na sua situação atual, a empresa apresenta estoques médios mensais muito elevados. Assim, os parâmetros assumidos para realização dos testes computacionais encontram-se descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros utilizados para realização dos testes computacionais

j	Produto	$EI^{(a)}$ (un)	$qc^{(a)}$ (un)	$EF^{(a)}$ (un)	$\overline{qv}^{(b)}$ (un)	$PMC^{(b)}$ (dias)	$PMPF^{(b)}$ (dias)	$PMPed^{(b)}$ (dias)	$pc^{(b)}$ (R\$)	$pv^{(b)}$ (R\$)
1	Cerveja long neck-S	151	1070	240	981	3	4	5	1,75	3,50
2	Cerveja long neck-B	163	1041	172	1032	3	4	5	1,76	3,50
3	Cerveja long neck-A	85	750	200	635	3	4	5	1,50	3,00
4	Cerveja garrafa 600 ml-S	138	856	356	638	3	4	5	3,20	6,00
5	Cerveja garrafa 600 ml-B	114	521	273	362	3	4	5	3,20	6,00
6	Cerveja garrafa 600 ml-A	133	200	139	194	3	4	5	3,00	5,50
7	Cerveja lata 350 ml-S	128	1300	251	1177	3	4	5	1,40	3,00
8	Cerveja lata 350 ml-B	142	1350	305	1187	3	4	5	1,41	3,00
9	Cerveja lata 350 ml-A	81	600	173	508	3	4	5	1,15	2,75
10	Cerveja lata 473 ml-S	35	300	91	244	3	4	5	1,90	4,00
11	Cerveja lata 473 ml-B	42	300	106	236	3	4	5	1,90	4,00
12	Cerveja lata 473 ml-A	20	100	38	82	3	4	5	1,60	3,75
13	Refrigerante sabores 2 L-C	110	1400	517	993	3	3	3	3,90	7,00
14	Refrigerante sabores 2 L-F	28	100	44	84	3	3	3	3,70	6,00
15	Refrigerante sabores 2 L-K	7	60	30,5	36	3	3	3	3,50	5,50
16	Refrigerante sabores 2 L-A	7	50	26	31	3	4	5	3,30	5,50
17	Refrigerante sabores 600 ml-C	11	350	89	272	3	3	3	2,60	4,00
18	Refrigerante sabores 600 ml-F	2	60	20	42	3	3	3	2,50	4,00
19	Refrigerante sabores 600 ml-K	7	70	32	45	3	3	3	2,50	4,00
20	Refrigerante sabores 600 ml-A	9	90	41	58	3	4	5	2,30	4,00

(a) Parâmetros considerados somente no primeiro mês (n) e que, portanto, serão recalculados ao longo da aplicação mensal do modelo proposto.

(b) Parâmetros considerados fixos para todas as mercadorias j ao longo da aplicação mensal do modelo proposto; contudo, em outras aplicações do modelo proposto, essas variáveis poderiam ser diferentes para mercadoria j , de acordo com cada caso.

Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

Uma vez que a empresa varejista em questão dispõe de uma única fonte de recursos para financiamento das suas demandas de capital de giro, ou seja, o limite de cheque especial da sua conta corrente de pessoa jurídica, assumiu-se como taxa de juros percentual representativa da despesa financeira mensal do capital de giro ($CFCG$) o percentual de 13,50% ao mês.

O modelo proposto nesta investigação científica foi aplicado consecutivamente ao longo de oito períodos mensais subsequentes ao momento inicial n . Apesar de aplicado a toda mercadoria/produto j , com $j = 1, \dots, k$, para fins de simplificação, os valores e as quantidades analisados foram apresentados e discutidos de forma agrupada, conforme já descrito nas alíneas “i”, “ii”, “iii” e “iv” da presente seção.

Para a solução do modelo proposto foi utilizado o suplemento analítico SOLVER disponível em planilhas eletrônicas de cálculo e, ainda, um computador com processador Intel Core® i5 2,30 GHz com 8,00 GB de memória RAM instalada.

5 Análise dos Dados e Apresentação dos Resultados

A presente seção foi dividida em duas seções secundárias, sendo que, a primeira foi destinada a análise da situação inicial da empresa alvo do estudo de caso, portanto, sem a

aplicação do modelo proposto nesta investigação científica, e a segunda tratou da análise da situação da empresa após a aplicação do modelo desenvolvido a partir desta pesquisa.

5.1 Análise da Situação da Empresa antes da Aplicação do Modelo

Uma vez que as quantidades vendidas e as quantidades compradas eram consideradas constantes por parte da empresa em que se realizou o estudo de caso para aplicação e avaliação do modelo proposto nesta investigação, procedeu-se à apuração do resultado econômico do exercício mensal da entidade ao longo dos oito períodos subsequentes ao mês inicial n sem aplicação do modelo proposto, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2 – Apuração do resultado do exercício mensal, antes da aplicação do modelo proposto

Contas de resultado	n (R\$)	$n+1$ (R\$)	$n+2$ (R\$)	$n+3$ (R\$)	$n+4$ (R\$)	$n+5$ (R\$)	$n+6$ (R\$)	$n+7$ (R\$)	$n+8$ (R\$)
Receita Bruta	36.226	36.226	36.226	36.226	36.226	36.226	36.226	36.226	36.226
Deduções	2.369	2.369	2.369	2.369	2.369	2.369	2.369	2.369	2.369
Receita Líquida	33.856	33.856	33.856	33.856	33.856	33.856	33.856	33.856	33.856
CMV	18.686	18.686	18.686	18.686	18.686	18.686	18.686	18.686	18.686
Lucro Bruto	15.170	15.170	15.170	15.170	15.170	15.170	15.170	15.170	15.170
Custos e Despesas Fixas	6.434	6.434	6.434	6.434	6.434	6.434	6.434	6.434	6.434
Resultado Operacional	8.736	8.736	8.736	8.736	8.736	8.736	8.736	8.736	8.736
Despesas Financeiras	363	982	2.022	3.482	5.357	7.652	10.365	13.487	17.032
Resultado do Período	8.373	7.754	6.714	5.254	3.379	1.084	-1.629	-4.751	-8.295

Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

Conforme pode ser observado na Tabela 2, o crescimento das despesas financeiras faz com que empresa comece a ter prejuízos a partir do sexto mês de atividade ($n+6$) e, no oitavo mês de atividade ($n+8$), o prejuízo gerado é praticamente igual ao montante dos lucros apurados no mês atual n .

Ao considerar que a empresa em questão realiza compras médias mensais em quantidades constantes ($\bar{q}c$) e superiores às quantidades médias vendidas mensalmente ($\bar{q}v$), pode-se verificar o efeito dos estoques excedentes ($\bar{q}c - \bar{q}v$) em cada mês, bem como seu efeito cumulativo ao longo dos oito meses subsequentes ao mês atual n , conforme demonstrado na Tabela 3.

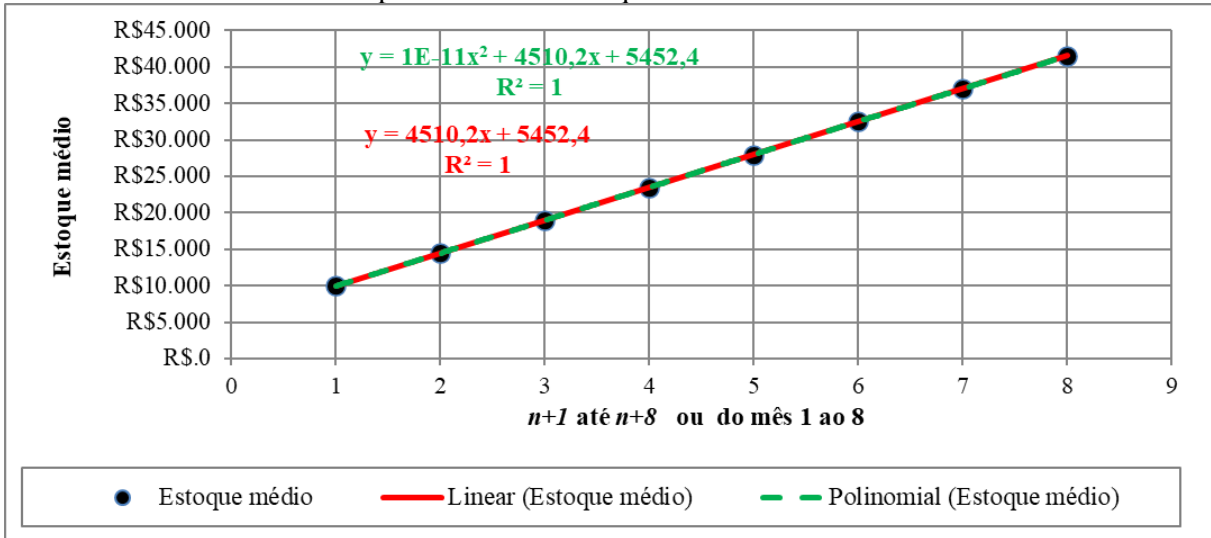
Tabela 3 – Detalhamento da evolução dos estoques médios, antes da aplicação do modelo proposto

Estoque médio	n (R\$)	$n+1$ (R\$)	$n+2$ (R\$)	$n+3$ (R\$)	$n+4$ (R\$)	$n+5$ (R\$)	$n+6$ (R\$)	$n+7$ (R\$)	$n+8$ (R\$)
Cerveja em garrafa	2.672	4.241	5.809	7.378	8.946	10.515	12.083	13.652	15.220
Cerveja em lata	1.035	1.799	2.564	3.328	4.093	4.858	5.622	6.387	7.152
Refrigerante 2 L	1.480	3.274	5.067	6.860	8.653	10.446	12.240	14.033	15.826
Refrigerante 600 ml	265	649	1.033	1.417	1.801	2.185	2.568	2.952	3.336
Total	5.452	9.963	14.473	18.983	23.493	28.003	32.514	37.024	41.534

Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

A análise das informações contidas na Tabela 3 demonstra que existe um crescimento médio e cumulativo nos estoques na ordem de R\$4.510,00/mês. Esse crescimento cumulativo uniforme fica mais evidente ao ser observada a tendência do comportamento dos estoques médios descrita no Gráfico 1, de $n+1$ até $n+8$ ou do mês 1 ao 8, posto que o mês inicial n seria o zero do gráfico em questão.

Gráfico 1 – Tendências de comportamento dos estoques médios mensais



Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

Pela análise do Gráfico 1 pode-se observar que, independentemente da forma adotada para a estimativa (linear ou polinomial), fica evidente uma tendência de comportamento linear no crescimento dos estoques médios mensais, uma vez que o coeficiente angular do polinômio de ordem 2 (ax^2) é muito pequeno.

Por outro lado, ao analisar as informações referentes às despesas financeiras, observa-se que elas crescem de forma mais que proporcional em relação ao crescimento dos estoques médios mensais, conforme as informações resumidas na Tabela 4.

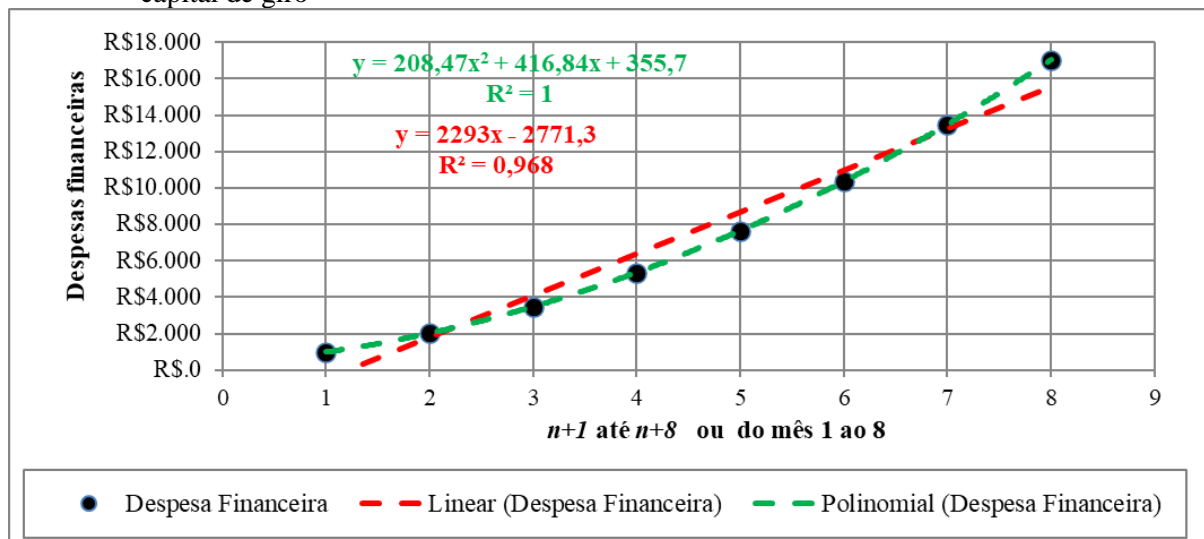
Tabela 4 – Detalhamento da evolução das despesas financeiras geradas pela necessidade de capital de giro, antes da aplicação do modelo proposto

Grupo de mercadorias	<i>n</i> (R\$)	<i>n</i> +1 (R\$)	<i>n</i> +2 (R\$)	<i>n</i> +3 (R\$)	<i>n</i> +4 (R\$)	<i>n</i> +5 (R\$)	<i>n</i> +6 (R\$)	<i>n</i> +7 (R\$)	<i>n</i> +8 (R\$)
Cerveja em garrafa	186	424	800	1.312	1.962	2.748	3.672	4.733	5.931
Cerveja em lata	75	139	243	384	558	768	1.015	1.288	1.600
Refrigerante 2 L	90	356	826	1.500	2.378	3.461	4.747	6.238	7.933
Refrigerante 600 ml	13	63	154	286	460	675	931	1.228	1.567
Total	363	982	2.022	3.482	5.357	7.652	10.365	13.487	17.032

Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

A tendência de crescimento mensal mais que proporcional das despesas financeiras pode ser constatada a partir da análise do Gráfico 2.

Gráfico 2 – Tendências de comportamento das despesas financeiras mensais com financiamento do capital de giro



Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

A análise do Gráfico 2 evidencia que o comportamento da evolução das despesas financeiras mensais é distinto em relação às duas formas utilizadas para estimar a tendência de crescimento. Ou seja, a forma polinomial de ordem 2 é a que melhor se ajusta ($R^2_{polinomial} > R^2_{linear}$) ao comportamento observado na tendência evolutiva das despesas financeiras mensais.

De uma maneira geral, é possível afirmar que, se fosse mantida a prática de realizar compras de mercadorias para revenda em quantidades fixas mensais, o excedente de estoques acumulados mensalmente geraria uma demanda de recursos para financiamento do capital de giro tão expressiva que, em oito meses, a atual lucratividade apurada pela empresa (Resultado do Período $n = R\$8.373$) seria corroída e geraria prejuízos em igual montante ao final desse mesmo período (Resultado do Período $n+8 = -R\$8.295$).

A explicação para tanto reside no fato de que, apesar dos estoques médios crescerem de forma linear, a demanda por capital de giro gera despesas financeiras crescentes de forma mais que proporcional.

Esse comportamento também pode ser compreendido quando a análise do capital circulante líquido é desdobrada em saldos médios e prazos médios. Tal comportamento gera um efeito em cadeia que combina 3 fatores, ou seja:

- o crescimento dos estoques médios acontece de forma uniforme, visto que o estoque final de um período é sempre maior que o estoque inicial do respectivo período ($EF_{(n)} > EI_{(n)}$), porém tal crescimento uniforme é cumulativo;
- o crescimento dos estoques médios acarreta a diminuição do giro do estoques ($\bar{q}\bar{v} / \bar{q}\bar{e}$) e, por consequência, eleva o prazo médio de estocagem ($30 / [\bar{q}\bar{v}_j / \bar{q}\bar{e}_j]$); e
- a elevação do prazo médio de estocagem faz com que o ciclo operacional ($[PME \dots] + [PMC \dots]$) fique cada vez maior de um mês para o outro.

Uma vez que os estoques inicial, final e médio são determinados a partir de quantidades compradas (entradas de mercadorias) e quantidades vendidas (saída de mercadorias), e, ainda, as quantidades vendidas dependem do mercado e, por isso, independem da tomada de decisões da empresa, só resta à empresa tomar medidas relacionadas à gestão das quantidades compradas mensalmente de cada mercadoria, e essa é justamente a variável de decisão ($qc_{(n)_j}$) do modelo proposto na presente investigação científica.

5.2 Análise da Situação da Empresa após a Aplicação do Modelo

A partir da aplicação do modelo proposto por esta investigação científica, pôde-se perceber uma redução considerável das despesas financeiras referentes aos oito períodos mensais posteriores à situação inicial descrita no mês n e isso, por sua vez, gerou a manutenção do resultado econômico periódico (mensal) positivo e sempre acima dos R\$8.000,00, conforme pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5 – Apuração do resultado do exercício mensal, após a aplicação do modelo proposto

Contas de resultado	n (R\$)	$n+1$ (R\$)	$n+2$ (R\$)	$n+3$ (R\$)	$n+4$ (R\$)	$n+5$ (R\$)	$n+6$ (R\$)	$n+7$ (R\$)	$n+8$ (R\$)
Receita Bruta	36.226	36.226	36.226	36.226	36.226	36.226	36.226	36.226	36.226
Deduções	2.369	2.369	2.369	2.369	2.369	2.369	2.369	2.369	2.369
Receita Líquida	33.856	33.856	33.856	33.856	33.856	33.856	33.856	33.856	33.856
CMV	18.686	18.686	18.686	18.686	18.686	18.686	18.686	18.686	18.686
Lucro Bruto	15.170	15.170	15.170	15.170	15.170	15.170	15.170	15.170	15.170
Custos e Despesas Fixas	6.434	6.434	6.434	6.434	6.434	6.434	6.434	6.434	6.434
Resultado Operacional	8.736	8.736	8.736	8.736	8.736	8.736	8.736	8.736	8.736
Despesas Financeiras	363	616	577	512	455	407	367	336	311
Resultado do Período	8.373	8.121	8.159	8.224	8.281	8.330	8.369	8.400	8.425

Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

Segundo o que foi demonstrado na Tabela 5, até a linha que descreve o resultado operacional de cada período mensal, os valores são idênticos aos valores referentes à situação inicial da empresa sem a aplicação da modelagem proposta nesta pesquisa. Ou seja, conforme é o objetivo da modelagem pesquisada, as despesas financeiras foram minimizadas a partir da redução progressiva mensal das quantidades compradas das mercadorias para revenda, o que levou à redução dos estoques médios mensais de mercadorias/produtos destinados à revenda, conforme pode ser visto na Tabela 6.

Tabela 6 – Detalhamento da evolução dos estoques médios, após a aplicação do modelo proposto

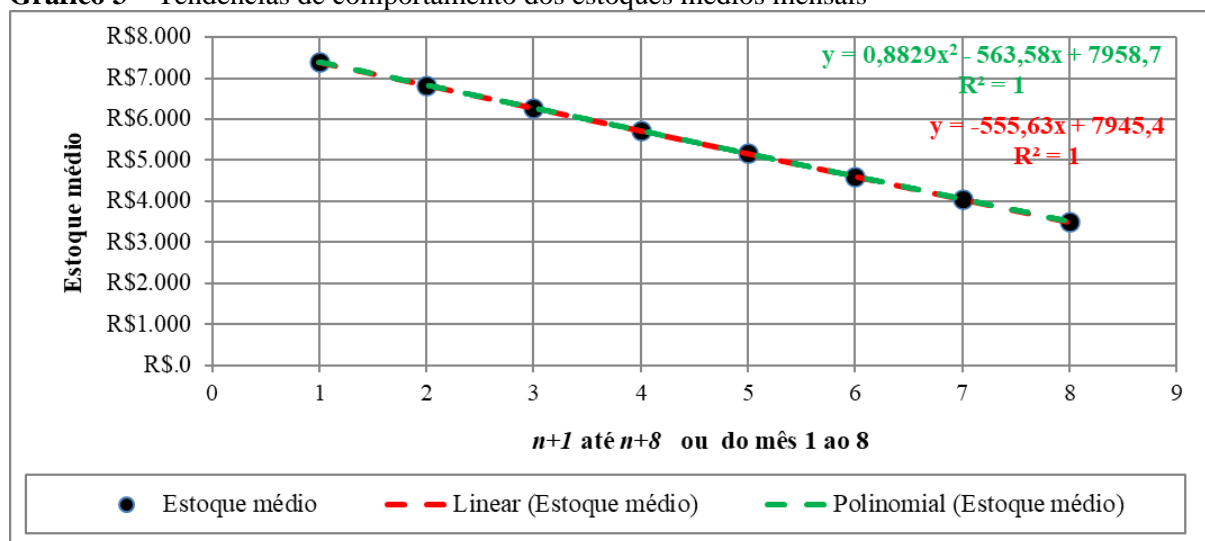
Estoque médio	n (R\$)	$n+1$ (R\$)	$n+2$ (R\$)	$n+3$ (R\$)	$n+4$ (R\$)	$n+5$ (R\$)	$n+6$ (R\$)	$n+7$ (R\$)	$n+8$ (R\$)
Cerveja em garrafa	2.672	3.377	3.219	3.060	2.897	2.740	2.581	2.419	2.260
Cerveja em lata	1.035	1.380	1.295	1.211	1.130	1.043	959	874	793
Refrigerante 2 L	1.480	2.243	1.970	1.704	1.431	1.158	888	615	350
Refrigerante 600 ml	265	436	391	343	293	246	198	151	101
Total	5.452	7.435	6.874	6.317	5.751	5.187	4.626	4.060	3.503

Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

A análise das informações contidas na Tabela 6 demonstra ainda que houve um acréscimo nos valores referentes aos estoques médios de n para $n+1$, contudo, esse acréscimo foi inferior ao que ocorreria sem a aplicação da modelagem de otimização proposta pela presente investigação científica.

A partir do segundo período mensal ($n+2$) de aplicação do modelo proposto, as quantidades compradas continuam a decrescer, o que faz com que os estoques médios mensais também decresçam a partir de uma tendência de queda linear, conforme pode ser observado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Tendências de comportamento dos estoques médios mensais



Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

Cabe observar que, independentemente da queda no valor dos estoques médios, a aplicação do modelo proposto levou em conta que as quantidades médias de vendas mensais sejam mantidas em níveis constantes e, também, que haja estoque disponível para tanto. Uma vez que o modelo proposto determina que os estoques finais sempre apresentem saldos com quantidades mínimas de cada mercadoria/produto nunca inferiores ao estoque de segurança mesmo que as vendas médias mensais não fossem constantes, o modelo se ajustaria normalmente a tal situação.

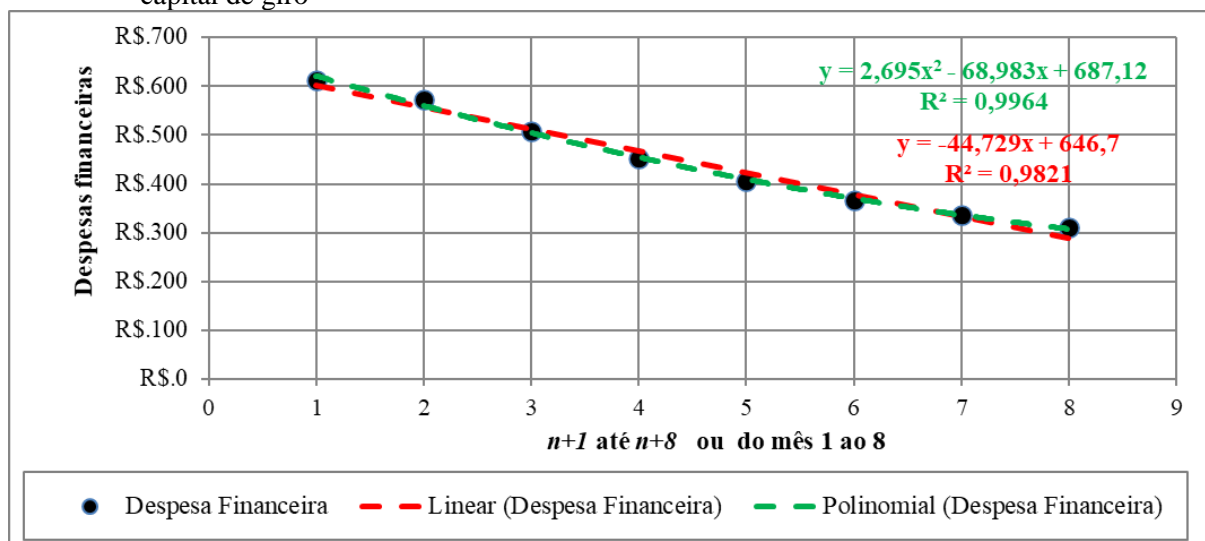
Semelhante ao que acontece com os valores dos estoques médios mensais, as despesas financeiras geradas pelas necessidades de capital giro também decrescem gradativamente a partir do segundo mês de aplicação do modelo proposto ($n+2$), conforme as informações resumidas na Tabela 7.

Tabela 7 – Detalhamento da evolução das despesas financeiras geradas pela necessidade de capital de giro, após a aplicação do modelo proposto

Grupo de mercadorias	n (R\$)	$n+1$ (R\$)	$n+2$ (R\$)	$n+3$ (R\$)	$n+4$ (R\$)	$n+5$ (R\$)	$n+6$ (R\$)	$n+7$ (R\$)	$n+8$ (R\$)
Cerveja em garrafa	186	291	283	261	241	224	210	197	188
Cerveja em lata	75	100	94	86	80	74	69	65	60
Refrigerante 2 L	90	192	170	140	114	92	75	62	54
Refrigerante 600 ml	13	33	30	25	21	17	14	11	10
Total	363	616	577	512	455	407	367	336	311

Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

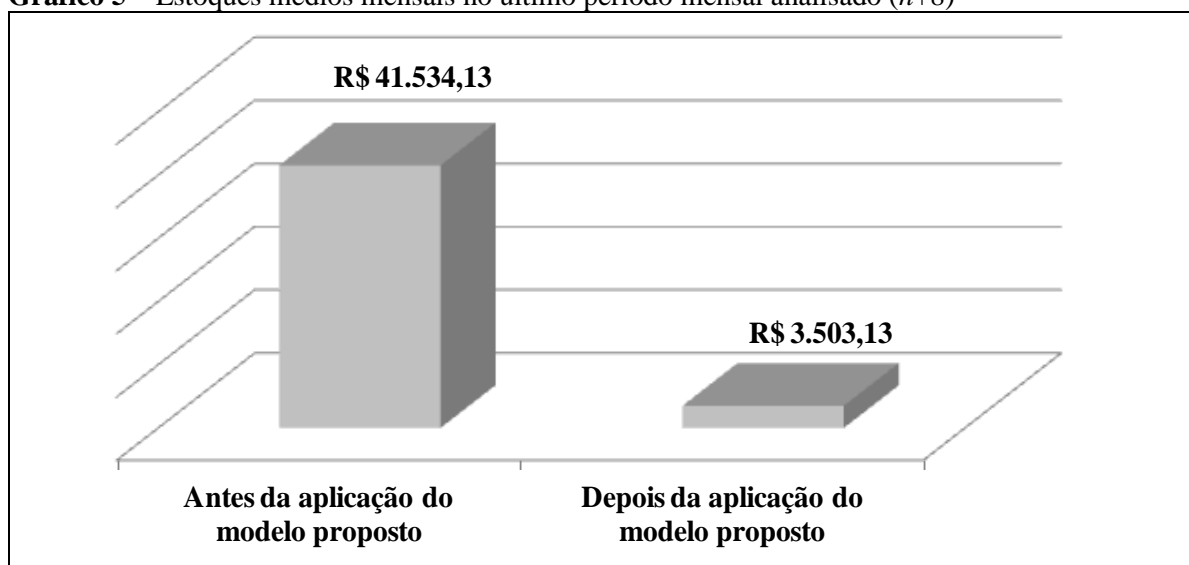
A tendência do comportamento mensal das despesas financeiras pode ser constatada a partir da análise do Gráfico 4. Mesmo se tratando de um decréscimo na evolução do comportamento das despesas financeiras, a tendência observada também é distinta em relação às duas formas utilizadas na estimativa da função representativa do respectivo comportamento, isto é, a forma polinomial de ordem 2 é a que melhor se ajusta ($R^2_{polinomial} > R^2_{linear}$) à evolução das despesas financeiras totais.

Gráfico 4 – Tendências de comportamento das despesas financeiras mensais com financiamento do capital de giro

Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

A análise dos resultados observados permite comprovar a eficiência da modelagem matemática de otimização proposta nesta pesquisa. Tal eficiência pode ser resumida a partir das informações relacionadas a três fatores básicos: o montante dos estoques médios ao final do período de aplicação do modelo proposto ($n+8$); o montante total das despesas financeiras acumuladas ao longo período de aplicação do modelo proposto (de $n+1$ até $n+8$); e a comprovação da relação entre estoques médios mensais (ativos) e o resultado econômico mensal oriundo das contas de resultados.

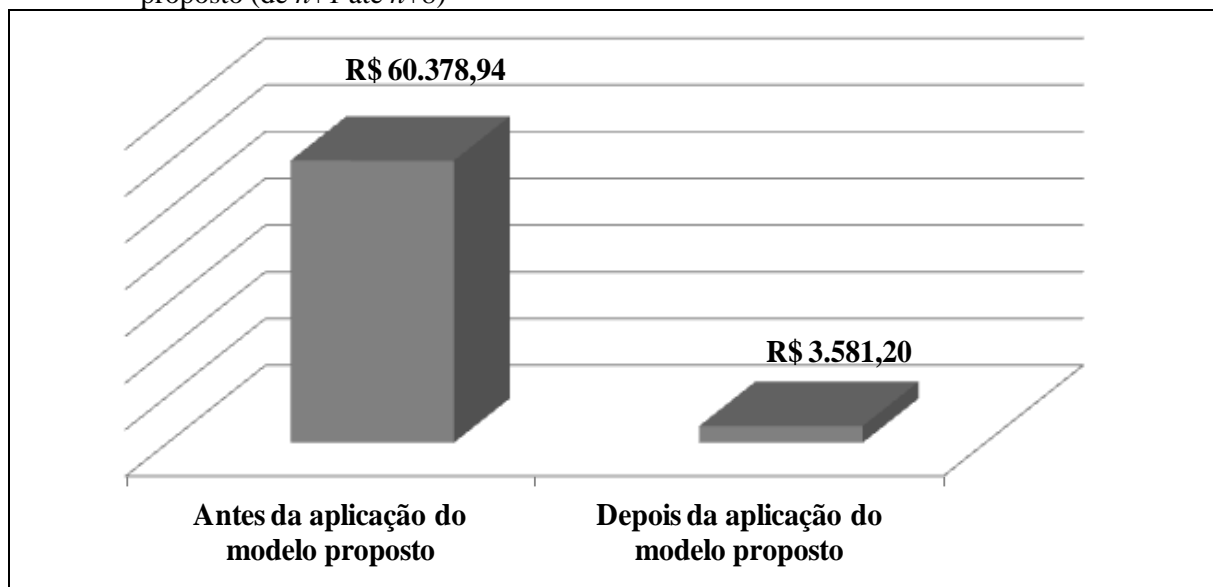
A aplicação do modelo de otimização fez com que os estoques médios no último período mensal analisado ($n+8$) apresentassem 91,57% menores ($1 - R\$3.503,13 / R\$41.534,13 = 1 - 0,08434 = 0,9156$ ou 91,56%), comparativamente à situação observada sem a aplicação do modelo em questão, portanto, caso a empresa seguisse sua política de compras mensais constantes, conforme pode ser visto no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Estoques médios mensais no último período mensal analisado ($n+8$)

Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

Com a utilização do modelo proposto por esta pesquisa, o montante total das despesas financeiras acumuladas ao longo do respectivo período de aplicação (somatório das despesas financeiras de $n+1$ até $n+8$) foi quase dezessete vezes menor ($1 - R\$3.581,20 / R\$60.378,94 = 1 - 0,05931 = 0,09407$ ou 94,07%) quando comparado à situação em que a empresa segue sua política de compras mensais em quantidades constantes, conforme pode ser visto no Gráfico 6.

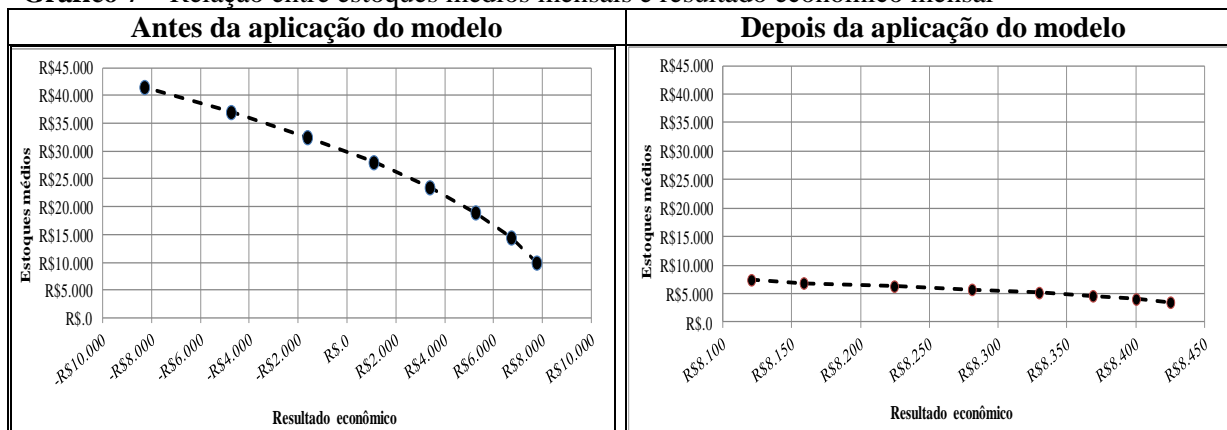
Gráfico 6 – Total das despesas financeiras acumuladas ao longo do período de aplicação do modelo proposto (de $n+1$ até $n+8$)



Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

Apesar das variáveis “estoques” e “resultado econômico” pertencerem a grupos de contas distintos, pois estoques são contas patrimoniais cujos registro e informação contábil acontecem no Balanço Patrimonial e, por outro lado, o resultado econômico é originado a partir das contas de resultado (receitas, custos e despesas) cujos registro e informação contábil acontecem na Demonstração do Resultado do Exercício, a modelagem de otimização proposta neste estudo conseguiu estabelecer uma relação entre essas duas variáveis por meio das despesas financeiras identificadas a partir do processo de análise dinâmica do capital de giro, conforme demonstrado no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Relação entre estoques médios mensais e resultado econômico mensal



Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

Diante dos resultados identificados, pode-se afirmar que, quanto menores forem os níveis médios de estoques, melhores serão os resultados econômicos obtidos e, ainda, níveis ótimos e estáveis de estoques tendem a manter os resultados econômicos estabilizados.

Por fim, destaca-se que o custo computacional para a solução do modelo proposto pode ser considerado muito baixo, uma vez que foram demandados apenas 1 minuto e 7 segundos de processamento.

6 Considerações Finais

A partir do processo de análise dinâmica do capital de giro, a formulação utilizada na modelagem de otimização proposta nesta pesquisa permite à empresa determinar os montantes mínimos de despesas financeiras geradas pelo investimento realizado nos estoques de mercadorias/produtos a partir de uma única variável de decisão, ou seja, quantidades de mercadorias e/ou produtos comprados mensalmente.

Os testes computacionais realizados nesta pesquisa demonstraram que o modelo proposto pode ser útil enquanto ferramenta de apoio à tomada de decisões envolvendo o dimensionamento dos estoques de mercadorias e/ou produtos e das respectivas necessidades de capital de giro e o respectivo custo de financiamento.

A fim de propiciar a continuidade da presente pesquisa, sugere-se a aplicação do modelo proposto às compras de matérias-primas utilizadas por empresas industriais e, para tanto, sugere-se também a incorporação do prazo médio de fabricação ao modelo aqui apresentado.

Dessa forma, espera-se que os resultados desta investigação possam ser somados aos achados científicos de outras pesquisas de igual natureza, contribuindo para a continuidade e a ampliação do conhecimento relacionado ao processo de otimização aplicado à tomada de decisões voltada para a administração do capital de giro.

Referências

ASSAF NETO, A. **Estrutura e análise de balanços: um enfoque econômico-financeiro**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

BENMAMOUN, Z.; HACHIMI, H.; AMINE, A.. Comparison of inventory models for optimal working capital; case of aeronautics company. **International Journal of Engineering (IJE)**, [s. l.], v. 31, n. 4, p. 605-611, Apr., 2018. Disponível em: <http://www.ije.ir/Vol31/No4/A/abstract-2738.html>.

CHANG, C.-C.. Cash conversion cycle and corporate performance: global evidence. **International Review of Economics & Finance**, [s. l.], v. 56, p. 568–581, July, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.iref.2017.12.014>.

CHUANG, H. H. C.; OLIVA, R.; HEIM, G. R.. Examining the link between retailer inventory leanness and operational efficiency: moderating roles of firm size and demand uncertainty. **Production and Operations Management**, [s. l.], p. 1–56, May, 2019. Disponível em: <https://doi.org/doi:10.1111/poms.13055>.

FAROOQ, U.. Impact of inventory turnover on profitability of non financial sector of Pakistan. **Journal of Finance and Accounting Research**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 39–51, Feb., 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.32350/JFAR.0101.03>.

GEORGE, E.. A study on the impact of inventory management on profitability of firms with special reference to steel industry. **International journal of basic and applied research**, [s. l.], v. 9, n. 5, p. 756–761, May, 2019. Disponível em: <http://www.pragatipublication.com/assets/uploads/doc/30b05-756-762.16759.pdf>.

IBRAHIM, O.; TIMOTHY, A. A.. Inventory management techniques practices and operating performance of Nigerian manufacturing quoted firms. **Ceka International Journal of Management, Economics & Human Capital Development**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 1–13, June, 2018. Disponível em: <https://cekajournals.com/wp-content/uploads/2019/03/INVENTORY-MANAGEMENT-TECHNIQUES-PRACTICES-AND-OPERATING-PERFORMANCE-OF-NIGERIAN-MANUFACTURING-QUOTED-FIRMS.pdf>.

KABUYE, F.; KATO, J.; AKUGIZIBWE, I; BUGAMBIRO, N.. Internal control systems, working capital management and financial performance of supermarkets. **Cogent Business & Management**, [s. l.], v. 6, p. 1-18, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/23311975.2019.1573524>.

LUO, W.; SHANG, K. H.. Technical note: managing inventory for firms with trade credit and deficit penalty. **Operations Research**, [s. l.], v. 67, n. 2, p. 468-478, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1287/opre.2018.1787>.

ZHANGA, T.; ZHANG, C. Y.; PEI, Q.. Misconception of providing supply chain finance: Its stabilising role. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], n. 213, p. 175–184, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527319300945?via%3Dihub>.