

# Uso da programação linear em micros e pequenas empresas: auxílio à tomada de decisão em tempos de pandemia

VERANA MARIA FORNACIARI GONÇALVES

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

DIEGO VIEIRA DOS SANTOS

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

ALESSANDRO ROBERTO ROCHA

Universidade Federal de Juiz de Fora

FERNANDO NASCIMENTO ZATTA

HMZ Consultoria de Negócios e Gerenciamento

WELLINGTON GONÇALVES

Universidade Federal do Espírito Santo

## RESUMO

As tendências e condições de mercado têm impulsionado necessidade de posturas ágeis e, em alguns momentos, audaciosas por parte da gestão de operações das Micro e Pequenas Empresas (MPE's). Por isso, deve haver uma concentração mais acurada e efetiva na análise e interpretação de dados gerenciais e de produção. Considerando esse contexto, este trabalho propôs uma solução sob a forma de modelo matemático de *Linear Programming* (LP) que auxilia o contexto gerencial das MPE's. Os resultados permitem além de subsídios para decisões, parametrizar a solução para necessidades cotidianas. Outra contribuição prática deste trabalho é o modelo LINGO desenvolvido, o qual considera a realidade, características e adaptações às mudanças do mercado.

**Palavras-chave:** Pequenas empresas inovadoras; Gestão de mudanças; Capacidades dinâmicas; Gestão de recursos; Otimização.

## USING LINEAR PROGRAMMING FOR OPERATIONS MANAGEMENT OF MICRO AND SMALL COMPANIES

### ABSTRACT

Market trends and conditions have driven the need for agile and, at times, audacious attitudes on the part of the operations management of Micro and Small Companies (MSC's). Therefore, there must be a more accurate and effective concentration in the analysis and interpretation of managerial and production data. Considering this context, this work proposed a solution in the form of a mathematical model of Linear Programming (LP) that helps the managerial context of MSC's. The results allow, besides subsidies for decisions, to parameterize the solution for everyday needs. Another practical contribution of this work is the developed LINGO model, which considers reality, characteristics and adaptations to market changes.

**Keywords:** Innovative small companies; Change management; Dynamic capabilities; Resource management; Optimization.

## 1 - INTRODUÇÃO

A busca por vantagem competitiva perpassa pela adoção de estratégias que possibilitem as organizações a se diferenciarem no respectivo segmento de atuação (PORTER, 1996; HAMIDI; ZANDIATASHBAR; BONAKDAR, 2019). Na visão destes autores, a habilidade em criar valor junto aos *stakeholders* vem sendo associada – desde meados do século passado – à capacidade dos empreendimentos em assumirem a liderança em custo.

Decorrências do avanço tecnológico contemporâneo, contudo, têm impulsionado significativamente a competitividade entre as organizações, tendo em vista o aprimoramento e aplicabilidade de técnicas e ferramentas de gestão que ensejam maior assertividade nas tomadas de decisão, o que, por conseguinte, convergem em favor da alavancagem e longevidade dos negócios (SEBRAE, 2014).

No entanto, especificamente no âmbito das Micros e Pequenas Empresas (MPE's), ações voltadas ao fortalecimento de estratégias competitivas ainda se apresentam incipientes (PEREIRA; CARVALHO; QUINTÃO, 2019), revelando vulnerabilidade e efemeridade neste profuso segmento, responsável por movimentar 27% do PIB e mais de 50% da empregabilidade formal no Brasil (SEBRAE, 2020).

Parâmetros de suporte à decisão baseados em modelagem matemática têm subsidiado gestores no delineamento de ações visto que, a partir de representações operacionais, é possível obter informações mais precisas, assim como realizar previsões com elevada acurácia e estimativas de risco (MAITI *et al.*, 2020).

Nesse sentido, a *Linear Programming* (LP) desponta como a área da Pesquisa Operacional que contribui no processo de tomada de decisão e, além de se destacar pela ampla aplicabilidade (FREDDI, 2019), figura como notória ferramenta de gestão ao enviar potencial apoio às MPE's.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi contribuir para a elaboração de uma solução que auxilie à tomada de decisão em pequenas empresas. Para tanto, foi empregada uma abordagem metodológica que considerou inteirações destas empresas com seus pares e o mercado, por meio de um *survey* e da utilização da LP. A unidade de pesquisa empregada foi uma pequena empresa do setor de vestuário. Os resultados obtidos com o modelo de LP são comparados com os do atual sistema de custeio da empresa, e, a partir disso, são apresentadas as contribuições da aplicação de uma reflexão que é estendida aos *stakeholders* e mercado.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. O setor confecção e os desafios de sustentabilidade em tempos de pandemia

De acordo com a Confederação Nacional da Indústria (CNI), o setor têxtil e de confecção é um dos setores industriais mais tradicionais e dinâmicos do mundo. A entidade ressalta que as indústrias desse setor apresentam uma extensa cadeia produtiva, englobando

desde a etapa de produção de fibras até a etapa de confecção, e estão presentes nas mais diversas regiões do planeta (CNI, 2017).

No Brasil, o setor é responsável por cerca de 1,5 milhão de empregos diretos e 6% do faturamento da indústria de transformação, contando com mais de 32 mil empresas que são formadas majoritariamente (96,8%) por MPE's (CNI, 2017). Em complemento, Maciel *et al.* (2019) mencionam que o país se notabiliza por ser “a última cadeia têxtil completa do Ocidente”, uma vez que abrange desde a produção de fibras, passando pela etapa de fiação, tecelagem, confecção, varejo e até desfiles de moda.

Em particular, o setor de confecção possui o quarto maior parque produtivo do mundo e absorve em torno de 75% da força de trabalho de toda a indústria têxtil e de confecção no país (CNI, 2017). No ano de 2017, a indústria de confecção atingiu 5,9 bilhões de itens produzidos (MACIEL *et al.*, 2019).

Gamboa *et al.* (2020) acrescentam que a etapa da confecção de vestuários registra um elevado número de pequenas empresas, com considerável grau de informalidade e perda da capacidade produtiva decorrentes da ausência de ganhos de escala, sendo que um dos fatores que contribuem para essa situação refere-se, na visão desses autores, a aspectos do regime tributário predominante no setor.

As empresas nacionais da indústria de confecção, segundo Godinho e Corso (2019), tiveram ápice de produção até o final da década de 1970, mas, a partir da década de 1990, essas empresas acabaram perdendo participação no mercado, principalmente com o estímulo no país ao comércio internacional e a concorrência de empresas asiáticas.

Na conjuntura atual, além de enfrentar os desafios pertinentes ao enquadramento legislativo, especialmente quanto a questões tributárias, às inovações tecnológicas, à concorrência internacional, entre outros, o setor tem enfrentado as consequências da pandemia do novo Coronavírus (Covid-19). No entendimento de Vasconcelos e Vasconcelos (2020) e de Vendramine, Nobre e Vieira (2021), as medidas de isolamento social adotadas para controle de contágio dessa doença restringem a circulação de trabalhadores e consumidores, o que compromete tanto a demanda por produtos quanto a oferta de trabalho, instaurando uma crise sanitária, social e econômica.

Segundo dados de uma pesquisa da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), realizada entre os dias 23 e 25 de março de 2020 com 225 empresas do ramo, a pandemia do Covid-19 afetou 97% dessas empresas por diversos motivos: cancelamento ou adiamento de pedidos de clientes, problemas no escoamento da produção dos clientes, problemas no abastecimento de insumos, alterações nos custos de insumos de produção, entre outros (ABIT, 2020).

Diante desse contexto excepcional, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) cita que têm sido implementadas ações governamentais para minimizar os impactos da pandemia no funcionamento e na empregabilidade dos pequenos negócios, tais como a vigência da Resolução n. 850/2020 do Conselho Deliberativo do Fundo de Amparo ao Trabalhador (CODEFAT), que institui linhas de crédito para empresas com faturamento de até R\$ 10 milhões com condições especiais para MPE's; além das Medidas Provisórias n.º.

936/2020 e n.º. 944/2020 que dispõem sobre os aspectos de manutenção do emprego e da renda (IPEA, 2020)

Sendo assim, as MPE's do setor de confecções devem buscar alternativas que possam gerar, entre outras vantagens, o aumento da produtividade e a redução de custos para o alcance da maximização de lucros. Entretanto, segundo Gamboa *et al.* (2020) a obtenção de aumento significativo da produtividade encontra relativa dificuldade neste setor que possui tecnologia consideravelmente estável e baixa qualificação de mão de obra.

Para Siqueira *et al.* (2019), as empresas devem priorizar as boas práticas de gestão, considerando diversas variáveis, tanto objetivas quanto subjetivas, demonstrando conhecimento integral acerca da demanda de seus produtos no mercado, no intuito de alcançar lucratividade e sustentabilidade a longo prazo. Nesse sentido, podem ser adotados novos padrões de produção, nos quais se promovam a utilização eficiente de recursos e a minimização de perdas e desperdícios (CNI, 2017).

A fim de alcançar os objetivos organizacionais, Gomes *et al.* (2019) sugerem a utilização de técnicas que envolvam a programação linear, considerada uma das ferramentas mais eficazes no planejamento e acompanhamento de atividades, a qual se baseia em problemas de otimização com múltiplas variáveis de decisão.

## **2.2. *Mathematical programming* como ferramenta gerencial em MPE'S**

A necessidade de organizar e otimizar recursos, processos e posicionamento de mercado faz parte das necessidades gerenciais do cotidiano das MPE's. E isso, em diversos casos, significa manter o seu *market share* o mais estável possível ou, até mesmo, estar operando de maneira sustentável.

Dentro desse contexto, Kapitonov *et al.* (2017) destacam que as MPE's por suas características necessitam, em sua maioria, de soluções operacionais que sejam efetivas. No entanto, estes autores também enfatizam que tais soluções sejam replicáveis considerando o perfil das MPE's.

Além do reconhecimento da marca no setor de confecção, para Mohd Tajuddin, Hashim e Zainol (2017) a lealdade do cliente é desenvolvida a longo prazo a partir de uma confiança conquistada no produto. Por conseguinte, essa confiança começa com a qualidade ofertada, a qual se deve à diferenciação competitiva em termos de preços, volumes de vendas, economias de escala e custos otimizados, concluem estes autores.

Segundo Akaeze (2016), as MPE's criam dois em cada três novos empregos e, produzem duas vezes e meia mais inovações do que as grandes empresas. Para este autor, esse fato se deve a renovação de estratégias utilizadas, quais sejam, em termos gerenciais ou operacionais. Em seu estudo, o autor aponta que estas empresas, ao utilizarem ferramentas computacionais, apresentam resultados favoráveis e, em contrapartida, aquelas que possuem planejamentos e ações manuais possuem limitado *market share* no mercado.

No entanto, devido à variação de setores, atividades e características das MPE's, de acordo com Maiti *et al.* (2020), é necessário o uso de técnicas e ferramentas que possibilitem

uma modelagem e parametrização de cada problemática. Na visão destes autores, o uso de modelos de *Linear Programming* (LP) se apresenta como vantajoso por ser de baixa complexidade em termos de tempo de execução para que MPE's obtenham vantagem competitiva.

Nesse sentido, Cvetkoska (2016) afirma que o avanço proporcionado por modelos de LP é a simplicidade e a versatilidade baseada em recursos. Algo desejável para MPE's em seu gerenciamento e sustentabilidade do negócio, especialmente em seus estágios iniciais do ciclo de vida, complementa esta autora. Na opinião de Bagshaw (2019) e Wu *et al.* (2019), uma característica significativa da LP é que, matematicamente, o modelo proposto pode ser convertido em modelos de *Mixed-integer linear programming* ou de *Stochastic Linear Programming* e, assim, passa a atender a variação temporal – algo comum às pequenas empresas.

Devido à plurivalência e adaptabilidade a diversos contextos e cenários, a LP foi selecionada como diretriz à resolução de um problema cotidiano de pequenas empresas por modelagem matemática. Para Dantzig (1955), a LP é usada, em geral, para auxiliar a tomada de decisão sobre a combinação ideal de elementos ou variáveis e a alocação de recursos limitados, os quais são simulados a partir da geração de lucros máximos ou custos mínimos.

Em geral, um modelo de LP é definido por meio de uma função objetivo, que é estabelecida para auxiliar a análise do problema estudado e, ainda, garantir que todos os elementos importantes deste problema sejam considerados (BOYD; BOYD; VANDENBERGHE, 2004; MAITI *et al.*, 2020). Uma característica essencial da função objetivo é a consideração de sua representação em duas ou mais partes (DANTZIG, 1955).

A operacionalização da simulação da otimização de um problema compreende a formulação de uma função de objetivo, a qual é delimitada por um conjunto de restrições (BOYD; BOYD; VANDENBERGHE, 2004). No entanto, conforme Wu *et al.* (2019) essa função, ao considerar o resultado desejado, envolve a triangulação de variáveis que, por conseguinte, ponderam a maximização dos resultados desejáveis, quais sejam, lucro, conveniência, receita, resultados do colaborador, eficiência da máquina, etc., ou a minimização de resultados adversos como: custo, preço, taxa, distância percorrida, tempo de execução, peso, etc.

Dantzig (1955) destaca que em um problema LP, os coeficientes da função objetivo necessitam ser identificados de acordo com um diagnóstico prévio do problema a ser analisado. Em relação a isso, este autor enfatiza que o tomador de decisão precisa conhecer quais variáveis estão envolvidas no problema, caracterizando o que se deseja de cada uma delas. Adicionalmente, Bagshaw (2019) complementa que as restrições precisam ser identificadas em termos de limitações. De maneira geral, a função objetivo apresenta a seguinte configuração (Equação 1):

$$\text{Max. ou Min. } Z = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_nx_n \quad (1)$$

Em que,  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ , são coeficientes da função objetivo e,  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , são as variáveis de decisão.

Desta forma, as restrições são delimitações que norteiam decisões ou objetivos (CVETKOSKA, 2016). Isso, por conseguinte, é ratificado por Maiti *et al.* (2020) ao

assegurar que essas restrições não excedam os recursos à disposição. Para esta autora, essas restrições ocorrem essencialmente em duas dimensões: as funcionais que estão relacionadas a requisitos de entrada e ao atendimento aos limites dos recursos disponíveis - Equação 2, e as de quantidade (Equação 3).

Sujeito a:

$$\begin{cases} b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + b_{13}x_3 + \dots + b_{1n}x_n \leq k_1 \\ b_{21}x_1 + b_{22}x_2 + b_{23}x_3 + \dots + b_{2n}x_n \leq k_2 \\ b_{31}x_1 + b_{32}x_2 + b_{33}x_3 + \dots + b_{3n}x_n \leq k_3 \\ b_{m1}x_1 + b_{m2}x_2 + b_{m3}x_3 + \dots + b_{mn}x_n \leq k_m \end{cases} \quad (2)$$

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \geq 0 \quad (3)$$

Em que:  $b_{11}, b_{12}, \dots, b_{21}, b_{22}, \dots, b_{31}, b_{32}, \dots, b_{m1}, b_{m2}, \dots, k_1, k_2, k_3 \dots k_m$  são os coeficientes de entrada e,  $b_{ij}, i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n$ , sendo  $i$  a quantidade de recurso consumido por 1 unidade de atividade  $j$ .

Usualmente, segundo Boyd, Boyd e Vandenberghe (2004) na resolução de problemas de LP, os contextos que requerem a maximização de elementos têm restrições menores ou iguais ( $\leq$ ) a determinados valores limitantes, enquanto que os problemas de minimização possuem restrições maiores ou iguais ( $\geq$ ). Por esse motivo, variáveis de decisão são o foco principal da função objetivo, sendo essencial conhecer suas unidades de mensuração, homem-hora, quantidade a ser produzida, quilos, elementos de custo, e assim por diante, como também são a base para as restrições (DANTZIG, 1955).

### 3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

A realização deste trabalho teve por base um survey (CVETKOSKA, 2016) e uma modelagem matemática (MAITI *et al.*, 2020), ambos direcionados à elaboração de uma solução que auxilie à tomada de decisão em pequenas empresas. Essa realização foi efetivada por meio de 5 etapas (Figura 1). Como unidade de pesquisa foi utilizada uma pequena empresa do setor de vestuário, a qual possui 10 colaboradores e uma representatividade significativa na região, localizada em uma cidade da região do Rio Doce (Minas Gerais). Essa empresa foi selecionada por estar situada em uma região a qual necessita elevar sua atratividade e soluções que apoiem sua cadeia produtiva (CUNHA; GOMES; FERNANDES, 2017).



Figura 1 – Síntese operacional da abordagem metodológica

A primeira etapa da abordagem realizou um diagnóstico que iniciou com uma sessão de brainstorming com o gestor e três colaboradores da área operacional da empresa (AKAEZE, 2016). Nessa sessão foram obtidos dados que subsidiaram a elaboração do instrumento de coleta. Em seguida, após elaborar o instrumento, este foi aplicado ao gestor e a todos os colaboradores da empresa por meio de questionário eletrônico, no período de 02 a 26/07/2016, sendo levantados elementos que caracterizaram um problema específico (CVETKOSKA, 2016).

Em seguida, a partir do conhecimento do problema a ser resolvido e dos elementos que o compõe, foi elaborada uma modelagem matemática (MAITI *et al.*, 2020). Na elaboração dessa modelagem foi considerada uma interação com stakeholders e usuários da solução, tanto em termos de coleta de dados quanto na usabilidade das informações geradas. Assim, o desenvolvimento da solução ocorreu por meio de linguagem de programação primária (LINGO 17) - script, em que a modelagem elaborada foi implementada. Esse desenvolvimento considerou as particularidades do setor e da empresa, além do conhecimento matemático necessário para sua utilização.

Posteriormente, por intermédio de teste do script, foi possível verificar a funcionalidade, usabilidade, velocidade de processamento, precisão das operações e da integração de processos, confiabilidade, além da facilidade de portabilidade para outro ambiente computacional e funcionar apropriadamente. Após a testagem da solução, esta foi apresentada à unidade de pesquisa para entrar em operação no seu cotidiano. Para tanto, foi realizado um treinamento em que todo o ciclo operacional e de manutenção foram apresentados.

O processamento estatístico do survey foi realizado com o emprego do software SPSS (*Statistical Package for the Social Science*) *Statistics Desktop* 23.0 - versão *trial*, a fim de contribuir para minimização de erros. Desta forma, a análise de dados foi antecedida de preparo inicial, em que *missing values* (valores em falta) e *outliers* (valores atípicos) foram verificados para evitar possíveis discrepâncias. Para auxiliar a modelagem matemática, implementação, testagem e manutenção da solução de LP foi utilizado o solver LINGO 17 versão *trial*.

A verificação da confiabilidade interna da escala utilizada no instrumento de coleta foi examinada por meio do alfa de Cronbach ( $C_\alpha$ ), em que um valor do coeficiente igual ou superar a 0,7 indica consistência adequada (TABER, 2018). Com relação a ocorrência de outliers foi utilizado o intervalo  $-2,5 < < 2,5$ , que segundo Brudvig, Brusco e Cradit (2019) e Aronne, Grossi e Bressan (2020) para amostras de até 100 elementos se apresenta como eficiente na detecção dessas anomalias.

#### 4. RESULTADOS

A sessão de brainstorming – realizada com o gestor e os três colaboradores da área operacional da empresa – possibilitou o entendimento da problemática a ser abordada. Isto posto, foi levantada a necessidade de maximizar o lucro da empresa, assim como, informações referentes à quantidade de recursos disponíveis, horas de trabalho, demanda e lucro por unidade produzida. A amostragem foi composta por todos os colaboradores, os quais

responderam ao instrumento de coleta de dados. A consistência interna desse instrumento foi atestada ao se obter um  $C_\alpha$  igual a 0,83. Ao realizar análise dessa amostragem verificou-se ausência de outliers e de *missing values*.

Desta forma, segundo os dados levantados, foi detectado que a empresa produz e comercializa cinco tipos diferentes de produtos (Tabela 1), com uma jornada de trabalho de 44 horas semanais, desempenhada por 10 colaboradores, disponibilidade de 2520 metros de tecido, e, uma capacidade produtiva de 550 peças por semana. Assim, o processo produtivo da empresa foi caracterizado considerando uma unidade produzida de cada item do *mix* disponível no momento do diagnóstico.

**Tabela 1** – Parâmetros da produção

Produto	Lucro/unidade (R\$)	Tecido (m)	Mão de Obra (min.)
Camisa polo	11,80	0,80	12
Camisa Gola Careca	12,98	0,70	5
Calça	11,80	1,20	37,50
Avental	12,98	0,60	16
Touca	5,90	0,40	4

O ciclo produtivo anual da empresa considera um período de 8 meses, o qual subsidia a elaboração do planejamento operacional, sendo a produtividade média requerida para delimitação deste ciclo. Após a definição dessa informação, foram levantados ciclo produtivos considerando os últimos cinco anos (Tabela 2). E, por solicitação do gestor da empresa, foi estimado um cenário pessimista, verificado a partir de uma Média Geométrica ( $M_G$ ) das demandas desses anos. E, deste modo, foi visualizada a tendência central desse conjunto de dados (MOHD TAJUDDIN; HASHIM; ZAINOL, 2017).

**Tabela 2** – Previsão de demanda

Produto	Produtividade (Un.)					$M_G$ (Un.)
	2015	2016	2017	2018	2019	
Camisa Polo	30	50	65	70	90	57
Camisa Gola Careca	85	100	130	140	180	123
Calça	35	50	65	70	90	59
Avental	17	20	26	28	36	25
Touca	15	20	26	28	36	24

A modelagem matemática do problema de LP considerou a existência de uma interação entre a empresa, *stakeholders* e usuários da solução (MAITI *et al.*, 2020), sendo formulada a função objetivo em decorrência da coleta de dados, considerando ainda a usabilidade das informações a serem geradas (Equação 4).

$$\text{Max. } L = 11,8x_1 + 12,98x_2 + 11,8x_3 + 12,98x_4 + 5,9x_5 \quad (4)$$

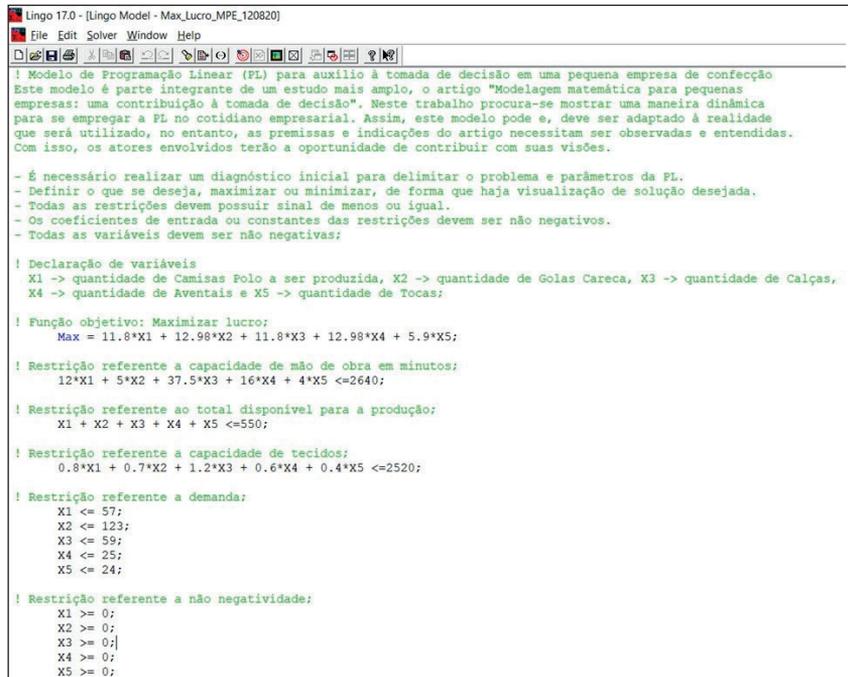
Em que:  $x_1$  é a quantidade de Camisa Polo a ser produzida;  $x_2$  é a quantidade de Camisa Gola Careca;  $x_3$  é a quantidade de Calça;  $x_4$  é a quantidade de Avental e  $x_5$  é a quantidade de Touca.

Analogamente, a partir dos artefatos disponíveis, tornou-se necessária a delimitação das restrições, pois, deste modo, além da prevenção de excessos, possibilita-se a adoção de um planejamento racionalizado de recursos (CVETKOSKA, 2016). À vista disso, as restrições da função objetivo foram formuladas considerando a dimensão funcional dos elementos que a compõe, assim como o atendimento aos limites e quantidades dos recursos disponíveis (Equação 5).

Sujeito a:

$$\left\{ \begin{array}{l} 12x_1 + 5x_2 + 37,5x_3 + 16x_4 + 4x_5 \leq 2640 \text{ (restrição referente a disponibilidade de mão de obra)} \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq 550 \text{ (restrição referente a capacidade de produção)} \\ 0,8x_1 + 0,7x_2 + 1,2x_3 + 0,6x_4 + 0,4x_5 \leq 2520 \text{ (restrição referente a disponibilidade de tecido)} \\ x_1 \leq 57; x_2 \leq 123; x_3 \leq 59; x_4 \leq 25; x_5 \leq 24 \text{ (restrição referente a demanda)} \\ \forall x_j \geq 0; j = 1, \dots, 5 \text{ (restrição de não negatividade)} \end{array} \right. \quad (5)$$

Posteriormente, o desenvolvimento do script da solução foi realizado considerando a aplicabilidade para o problema estudado e, também, de forma que possa ser adaptado ou reformulado para outras conjecturas (Figura 2). Adicionalmente ao script, foram elaboradas orientações e diretrizes quanto ao uso.



```

Lingo 17.0 - [Lingo Model - Max_Lucro_MPE_120820]
File Edit Solver Window Help
! Modelo de Programação Linear (PL) para auxílio à tomada de decisão em uma pequena empresa de confecção
Este modelo é parte integrante de um estudo mais amplo, o artigo "Modelagem matemática para pequenas
empresas: uma contribuição à tomada de decisão". Neste trabalho procura-se mostrar uma maneira dinâmica
para se empregar a PL no cotidiano empresarial. Assim, este modelo pode e, deve ser adaptado à realidade
que será utilizado, no entanto, as premissas e indicações do artigo necessitam ser observadas e entendidas.
Com isso, os atores envolvidos terão a oportunidade de contribuir com suas visões.

- É necessário realizar um diagnóstico inicial para delimitar o problema e parâmetros da PL.
- Definir o que se deseja, maximizar ou minimizar, de forma que haja visualização de solução desejada.
- Todas as restrições devem possuir sinal de menos ou igual.
- Os coeficientes de entrada ou constantes das restrições devem ser não negativos.
- Todas as variáveis devem ser não negativas;

! Declaração de variáveis
X1 -> quantidade de Camisas Polo a ser produzida, X2 -> quantidade de Golas Careca, X3 -> quantidade de Calças,
X4 -> quantidade de Aventais e X5 -> quantidade de Tocas;

! Função objetivo: Maximizar lucro;
Max = 11.8*X1 + 12.98*X2 + 11.8*X3 + 12.98*X4 + 5.9*X5;

! Restrição referente a capacidade de mão de obra em minutos;
12*X1 + 5*X2 + 37.5*X3 + 16*X4 + 4*X5 <=2640;

! Restrição referente ao total disponível para a produção;
X1 + X2 + X3 + X4 + X5 <=550;

! Restrição referente a capacidade de tecidos;
0.8*X1 + 0.7*X2 + 1.2*X3 + 0.6*X4 + 0.4*X5 <=2520;

! Restrição referente a demanda;
X1 <= 57;
X2 <= 123;
X3 <= 59;
X4 <= 25;
X5 <= 24;

! Restrição referente a não negatividade;
X1 >= 0;
X2 >= 0;
X3 >= 0;
X4 >= 0;
X5 >= 0;

```

Figura 2 – Inserção da modelagem matemática no solver

Assim, o modelo foi simulado e testado em um notebook DELL *Inspiron* 15 3000, equipado com processador Intel® Core™ i7-8565U (1.8 GHz até 4.6GHz, cache de 8MB, quad-core, 8ª geração), *Windows 10 Home Single Language*, de 64 bits - em Português (Brasil), Placa de vídeo dedicada AMD *Radeon™* 520 com 2GB de GDDR5, Memória de 8GB (1x8GB), DDR4, 2400MHz; Expansível até 16GB (1 slot so DIMM, sem slot livre) e SSD de 128GB + HD de 1TB 5400 RPM (Figura 3).

Variable	Value	Reduced Cost
X1	57.00000	0.000000
X2	123.0000	0.000000
X3	22.53333	0.000000
X4	25.00000	0.000000
X5	24.00000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	3001.133	1.000000
2	0.000000	0.3146667
3	298.4667	0.000000
4	2336.660	0.000000
5	0.000000	8.024000
6	0.000000	11.40667
7	36.46667	0.000000
8	0.000000	7.945333
9	0.000000	4.641333
10	57.00000	0.000000
11	123.0000	0.000000
12	22.53333	0.000000
13	25.00000	0.000000
14	24.00000	0.000000

Figura 3 – Dados de saída do solver

Ao realizar a simulação, foi obtido como solução ótima o valor de R\$ 3.001,13, que significa o lucro máximo da empresa, com um processamento realizado em 15 milésimos de segundo, utilizando 29% da memória do notebook e uma única iteração, considerando o diagnóstico realizado, ou seja, 5 variáveis ( $x_1; x_2; x_3; x_4$  e  $x_5$ ) e 14 restrições. Esse resultado compreende o lucro obtido com a produção de 57 unidades de Camisa Polo ( $x_1$ ), 123 Camisas Gola Careca ( $x_2$ ), 22 Calças ( $x_3$ ), 25 Aventais ( $x_4$ ) e 24 Toucas ( $x_5$ ).

Vale ressaltar que a solução ótima utiliza 99,24% da capacidade de mão de obra, 45,64% da produção e 12% de tecido. Esses números aparentemente sugerem um desbalanço da produção atual da empresa. Por outro lado, embora este trabalho não tenha pretendido investigar e impactar no nível de balanceamento da linha de produção (NALLUSAMY, 2016), vale destacar que o planejamento e controle somados à uma estratégia de produção, permitem, dentre outros benefícios, a otimização do uso de recursos, que por sua vez afeta diretamente esse balanceamento.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, examinamos com sucesso diversos tipos de produtos do mix, recursos disponíveis, quantidades e custos de produção de uma pequena empresa do setor de confecção. Sugerimos uma solução ideal usando dados secundários coletados dos registros da empresa, por meio de um problema de *Linear Programming* (LP), formulado com modelagem matemática usando o solver LINGO.

A solução revelou que o gestor da empresa deve se concentrar mais na produção de camisa Gola Careca e Polo, enquanto os outros tipos devem ser avaliados e produzidos de acordo com a estratégia de posicionamento de mercado, pois suas contribuições devem ser acompanhadas com rigor mais elevado, a fim de atingir o lucro mensal máximo desejado.

Desta forma, teorias, análises e fórmulas são estudadas, aplicadas e demonstradas com exemplo prático. Incertezas nas MPE's são desafios para as operações, especialmente quando se trata de orçamento, planejamento, gestão e controle. Por esse motivo, compreender estas incertezas auxilia a minimização de riscos, sendo importante para evitar resultados abaixo do ideal. O modelo determinístico apresentado neste trabalho é ferramenta eficaz para lidar com questões de gerência empresarial e da produção, sobretudo com relação a alocações ótimas de recursos, o qual pode e deve ser adaptado para diferentes cenários e condições.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) / Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES) e, ao Laboratório de Pesquisa Operacional, Logística e Transportes (POLT) pelo apoio e contribuições no desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- AKAEZE, C. O. **Exploring Strategies Required for Small Business Sustainability in Competitive Environments**. 2016. Tese (Doutorado em Administração) - College of Management and Technology, Walden University, Minnesota, 2016.
- ARONNE, A.; GROSSI, L.; BRESSAN, A. A. Identifying outliers in asset pricing data with a new weighted forward search estimator. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 31, n. 84, p. 458-472, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO (ABIT). **Enquete com os empresários do setor têxtil e confecção: acompanhamento sobre os impactos do Coronavírus** (Semana 23/03 – 27/03). São Paulo: ABIT, 2020. Disponível em: <https://www.abit.org.br/uploads/arquivos/SEMANA%202327%20impactos%20Covid.19%20pptx.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2020.
- BAGSHAW, K. B. A Review of Quantitative Analysis (QA) in Production Planning Decisions Using the Linear Programming Model. **American Journal of Operations Research**, v. 9, n. 6, p. 255-269, 2019.
- BOYD, S.; BOYD, S. P.; VANDENBERGHE, L. **Convex optimization**. Cambridge: Cambridge university press, 2004. p.127-189.

BRUDVIG, S.; BRUSCO, M. J.; CRADIT, J. D. Joint selection of variables and clusters: recovering the underlying structure of marketing data. **Journal of Marketing Analytics**, v. 7, n. 1, p. 01-12, 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI); ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO (ABIT). **O setor têxtil e de confecção e os desafios da sustentabilidade**. Brasília: CNI, 2017. Disponível em: [https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer\\_public/bb/6f/bb6fdd8d-8201-41ca-981d-deef4f58461f/abit.pdf](https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/bb/6f/bb6fdd8d-8201-41ca-981d-deef4f58461f/abit.pdf). Acesso em: 15 ago. 2020.

CUNHA, D. M.; GOMES, M. F. A.; FERNANDES, D. M. Microrregião de Governador Valadares (MG): a dinâmica de seus fluxos migratórios. **Espaço em Revista**, v. 19, n. 1, p. 98-115, 2017.

CVETKOSKA, V. A survey of the use of operational research in decisions made by micro, small and medium-sized enterprises in Macedonia. **Croatian Operational Research Review**, v. 7, n. 2, p. 349-365, 2016.

DANTZIG, G. B. Linear programming under uncertainty. **Management science**, v. 1, n. 3-4, p. 197-206, 1955.

FREDDI, E. **Um estudo sobre programação linear e aprendizagem baseada em problemas**. 2019. Dissertação (Mestrado profissional) - Instituto de Matemática Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 2019.

GAMBOA, U. M. R.; MACIEL, V. F.; VENDRUSCOLO, B. D.; SILVA, H. Os efeitos potenciais do regime tributário competitivo para confecção (RTCC): Uma aplicação de vetores autorregressivos (VAR). **Revista de Economia Mackenzie**, v. 17, p. 146-164, 2020.

GODINHO, I. P.; CORSO, L. L. Aplicação da Programação Linear para otimizar o mix de produtos em uma empresa de confecção. **Scientia cum Industria**, v. 7, n. 2, p. 83-87, 2019.

GOMES, J.; MARIZ, E. C.; SILVA, A. M.; KAWAMOTO, L. T. J. Programação linear aplicada à mobilidade urbana: análise do trajeto da residência à escola de estudantes universitários. **Revista Eniac Pesquisa**, v. 8, n. 2, p. 280-297, 2019.

HAMIDI, S.; ZANDIATASHBAR, A.; BONAKDAR, A. The relationship between regional compactness and regional innovation capacity (RIC): Empirical evidence from a national study. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 142, p. 394-402, 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **IPEA Nota técnica nº 63: Socorro governamental às pequenas unidades produtivas frente à atual pandemia**. Brasília: IPEA, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10033>. Acesso em: 16 ago. 2020.

KAPITONOV, I. A.; TASPENOVA, G. A.; MESHKOV, V. R.; SHULUS, A. A. Integration of small and middle-sized enterprises into large energy corporations as a factor of business sustainability. **International journal of energy economics and policy**, v. 7, n. 2, p. 44-52, 2017.

MACIEL, V. F.; FRONZAGLIA, M. L.; SILVA, A. L. P.; SILVA, H.; ORLANDI, K. W. Cadeia têxtil-confecção: competitividade e intervenção governamental na segunda década

do século XXI no Brasil. In: VARTANIAN, P. R.; MACIEL, V. F. (orgs.) **Estudos econômicos setoriais: Máquinas e equipamentos, ferrovias, têxtil e calçados**. São Paulo: Blucher Open Access, 2019. p. 129-168.

MAITI, M.; KRAKOVICH, V.; SHAMS, S. R.; VUKOVIC, D. B. Resource-based model for small innovative enterprises. **Management Decision**, 2020.

MOHD TAJUDDIN, R. B.; HASHIM, S. F. B.; ZAINOL, A. S. B. The role of brand identity in creating resilient small enterprises (SME's) in fashion industry. **International Journal of Supply Chain Management**, v. 6, n. 2, p. 140-146, 2017.

NALLUSAMY, S. Productivity enhancement in a small scale manufacturing unit through proposed line balancing and cellular layout. **International Journal of Performability Engineering**, v. 12, n. 6, p. 523-534, 2016.

PEREIRA, F. C. M.; CARVALHO, R. B.; QUINTÃO, A. A. Uso da inteligência competitiva por micro, pequenas e médias empresas: estudo de caso nas empresas associadas à ACITA, Itabira (MG), Brasil. **Revista Inteligência Competitiva**, v. 9, n. 3, p. 100-122, 2019.

PORTER, M. E. Competitive advantage, agglomeration economies, and regional policy. **International regional science review**, v. 19, n. 1-2, p. 85-90, 1996.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Participação das Micro e Pequenas Empresas na Economia Brasileira**. Brasília: SEBRAE, 2014. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Estudos%20e%20Pesquisas/Participacao%20das%20micro%20e%20pequenas%20empresas.pdf>. Acesso em 12 ago. 2020.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **WebSite**. 2020. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Estudos%20e%20Pesquisas/Participacao%20das%20micro%20e%20pequenas%20empresas.pdf>. Acesso em 12 ago. 2020.

SIQUEIRA, M. P.; AMARO, T. C. F.; QUARTO, L. C.; SOUZA, S. M. F.; QUARTO, J. V. C. O processo de formação de preço de uma microempresa do setor têxtil de confecção. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v. 7, n. 11, p. 138-149, 2019.

TABER, K. S. The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. **Research in Science Education**, v. 48, n. 6, p. 1273-1296, 2018.

VASCONCELOS, P. S.; VASCONCELOS, P. E. A. Desafios da estratégia empresarial: antes, durante e após a pandemia de 2020. **Revista Interdisciplinar de Direito**, v. 18, n. 1, p. 163-182, 2020.

VENDRAMINE, M. F. M.; NOBRE, F. C.; VIEIRA, A. M. Como enfrentar a covid-19? O sol de maio vai nos ajudar? **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração**, v. 15, n. 1, p. 197-211, 2021.

WU, Z.; YANG, K.; YANG, J.; CAO, Y.; GAN, Y. Energy-efficiency-oriented scheduling in smart manufacturing. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, v. 10, n. 3, p. 969-978, 2019.