



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS BLUMENAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA TÊXTIL

Eduardo Werner Benvenuti

Análise de eficiência na gestão de portfólio de tecidos de malha

Blumenau
2021

Eduardo Werner Benvenuti

Análise de eficiência na gestão de portfólio de tecidos de malha

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Têxtil.

Orientadora: Prof^ª. Fernanda Steffens, Dr^ª.

Coorientadora: Prof^ª. Andrea Cristiane K. Bierhalz, Dr^ª.

Coorientador: Prof. Carlos Ernani Fries, Dr.

Blumenau

2021

Ficha de identificação da obra

Benvenuti, Eduardo Werner

Análise de eficiência na gestão de portfólio de tecidos de malha / Eduardo Werner Benvenuti ; orientadora, Fernanda Steffens, coorientadora, Andrea Cristiane Krause Bierhalz, coorientador, Carlos Ernani Fries, 2021.
108 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil, Blumenau, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia Têxtil. 2. Tecidos de malha. 3. Análise de portfólio. 4. Análise envoltória de dados. 5. Árvore de decisão. I. Steffens, Fernanda. II. Bierhalz, Andrea Cristiane Krause. III. Fries, Carlos Ernani IV. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Engenharia Têxtil. V. Título.

Eduardo Werner Benvenuti

Análise de eficiência na gestão de portfólio de tecidos de malha

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof^ª. Regina Aparecida Sanches, Dr^ª

Universidade de São Paulo

Prof. Diego de Castro Fettermann, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Engenharia Têxtil.

Prof^ª. Rita de Cassia Siqueira Curto Valle, Dr^ª.

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil

Prof^ª. Fernanda Steffens, Dr^ª.

Orientadora

Blumenau, 2021.

Este trabalho é dedicado a meu querido avô, Roque Moacir Benvenuti.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Catarina e à sociedade brasileira, por permitirem a ampliação gratuita de meus horizontes de conhecimento.

A toda minha família, em especial a meus pais, Maristela Werner Benvenuti e Almir Benvenuti, pelos desafios que enfrentamos em 2021.

A meu irmão, Davi Werner Benvenuti, pelo companheirismo e apoio.

Aos meus padrinhos, Moacyr Luiz Filagrana (*in memoriam*), Leozita Werner Filagrana e Ari Geraldino da Silva, por todo o carinho e respaldo.

A meus orientadores, Fernanda Steffens, Carlos Ernani Fries e Andrea Cristiane Krause Bierhalz pela atenção, paciência e presteza durante toda a elaboração e execução do presente trabalho.

Ao estimado professor Fernando Ribeiro Oliveira (*in memoriam*), que sempre procurou me manter motivado na execução da dissertação.

A Gerson Benvenuti e Evandro Ristow, os quais, humildemente, compartilharam comigo seus conhecimentos práticos de valiosas experiências profissionais na indústria têxtil.

A todos meus amigos, por vivenciarem comigo momentos importantes dessa jornada.

E principalmente a Deus, pelas bênçãos da minha vida.

A esperança que se adia entristece o coração, mas o desejo cumprido é árvore de vida. (BÍBLIA, Provérbios, 13, 12).

RESUMO

O setor têxtil brasileiro é um importante empregador na indústria de transformação nacional e uma das maiores indústrias têxteis do mundo. No entanto, o ano de 2020 trouxe um novo cenário para o segmento, bem como para toda a indústria global, devido aos desafios de sobrevivência impostos pela pandemia de COVID-19. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um protocolo de tomada de decisão para atender às novas exigências desse panorama atípico na indústria têxtil. Uma abordagem promissora para enfrentar esse cenário de instabilidade econômica seria promover o incremento da eficiência avaliando o efeito de parâmetros técnicos e de custeio na gestão de portfólio de produtos têxteis. Juntamente com técnicas estatísticas, modelos DEA (*Data Envelopment Analysis*) e Árvores de Decisão foram aplicados a dados de um conjunto de malhas esportivas. Os resultados permitiram identificar produtos têxteis ineficientes quanto à relação insumo-produto, bem como os principais motivos técnicos relacionados às maiores ineficiências, tais como composição de fibras e raportes dos tecidos de malha utilizados na fabricação. Foi possível ainda nortear o desenvolvimento de uma nova malha fictícia, compreendendo seu posicionamento na Árvore de Decisão apresentada, o que possibilita conjecturar a eficiência de Retorno Variável de Escala (VRS) desse produto antes mesmo de seu efetivo lançamento.

Palavras-chave: Indústria têxtil. Malhas por trama. Análise Envoltória de Dados. Árvore de Decisão.

ABSTRACT

The Brazilian textile sector is an important employer in the national manufacturing industry and one of the largest textile industries in the world. However, the year 2020 brought a new scenario for the segment, as well as for the entire global industry, due to the survival challenges imposed by the COVID-19 pandemic. This work aims to develop a decision-making protocol to attend to new requirements of this atypical panorama in the textile industry. A promising approach that addresses this scenario of economic instability would be to promote efficiency's increment by assessing the influence of technical and financial parameters on the management of textile product portfolios. Along with statistical techniques, DEA (Data Envelopment Analysis) models and Decision Trees were applied to data from a sports weft knitted fabrics sample. Results allow identifying inefficient textile products regarding input-output ratio as well as the main technical reasons related to the greatest inefficiencies, such as fiber composition and the structure of the knitted fabric used in the manufacture. It was also possible to guide the development of a new fictitious knitted fabric, understanding its position in the presented Decision Tree, allowing to conjecture the Variable Return of Scale (VRS) efficiency of this product even before its effective launch.

Keywords: Textile industry. Weft knitted fabrics. Data Envelopment Analysis. Decision Tree.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução do saldo de empregos para todo setor têxtil, de janeiro de 2020 a março de 2021.	16
Figura 2 – Direito técnico (a) e avesso técnico (b) de uma estrutura <i>jersey</i>	30
Figura 3 – Distribuição das agulhas de tear duplafrentura (a) e laçadas frontais e traseiras (b) da malha em configuração <i>rib</i> 1x1.	31
Figura 4 – Distribuição das agulhas de tear duplafrentura (a) e laçadas frontais e traseiras (b) da malha em configuração <i>interlock</i>	32
Figura 5 – Deslocamento angular entre t_1 e t_2	33
Figura 6 – Vista superior do cilindro de tear com representação do movimento circular.....	34
Figura 7 – Tear circular de duplafrentura em <i>interlock</i>	34
Figura 8 – Vista superior da seção transversal do corpo rígido em rotação.....	36
Figura 9 – Medida de eficiência técnica, modelo CRS, <i>input</i> orientado.	47
Figura 10 – Medida de eficiência técnica, modelo VRS, <i>input</i> orientado.....	48
Figura 11 – Medida de eficiência de escala, <i>input</i> orientado.	49
Figura 12 – Medidas de eficiência para retornos não decrescentes (IRS) e não crescentes (DRS) de escala, orientados para <i>input</i>	51
Figura 13 – Medida de eficiência gerencial, modelo orientado para <i>input</i>	52
Figura 14 – Representação esquemática das fases da pesquisa.....	62
Figura 15 – Exemplo de caixa de fios de poliéster (a) e elastano (b).....	64
Figura 16 – Tear circular monofrentura (a) e duplafrentura (b).....	65
Figura 17 – Rolos de malha crua.....	65
Figura 18 – Resumo de atividades produtivas da empresa.....	66
Figura 19 – Exemplos de malhas do portfólio analisado.....	67
Figura 20 – Formação de desenho por meio da seleção de agulhas de um tear circular semi-Jacquard.....	67
Figura 21 – Exemplo de Árvore de Decisão.....	77
Figura 22 – Árvore de Decisão com escore VRS dependente.....	85
Figura 23 – Ramo até ID=26 e ID=27.....	86
Figura 24 – Ramos até folhas ID=7, ID=8 e ID=9.	87
Figura 25 – Ramos até folhas ID=18 e ID=19.	88
Figura 26 – Posicionamento da malha fictícia na Árvore de Decisão.....	90

Figura 27 – Variável "viscose" figura como primeiro "nó" da Árvore de Decisão.....	91
Figura 28 – Divisão por tipo de "frontura" de produtos com "viscose" em sua composição...	93
Figura 29 – Estratificação pela composição de "poliéster".	94
Figura 30 – Nós de “elastano” na Árvore de Decisão.	95
Figura 31 – Nós relacionados a desempenho e estrutura de teares.	96
Figura 32 – Extrato da Árvore de Decisão a partir do nó "largura".	98
Figura 33 – Ilustração esquemática do "Protocolo de Tomada de Decisão” proposto.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores financeiros no 4º trimestre de 2020 em comparação com 1º trimestre de 2021.	16
Tabela 2 – Número de publicações no Portal de Periódicos da CAPES de acordo com a Palavra-Chave.....	22
Tabela 3 – Número reordenado de publicações no Portal de Periódicos da CAPES.....	23
Tabela 4 – Determinação de preço de venda com índice <i>Mark-up</i> (R\$/kg).....	59
Tabela 5 – Descrição inicial da empresa estudada.	63
Tabela 6 – Variáveis de custeio coletadas na pesquisa, com dados para um extrato de malhas.	69
Tabela 7 – Cálculo do valor da variável “matéria-prima” para malha 280.	69
Tabela 8 – Cálculo do custo de “beneficiamento” para malha 280.....	70
Tabela 9 – Cálculo de custo por quilograma da malha 280.....	72
Tabela 10 – Cálculo do preço por quilograma da malha 280.....	73
Tabela 11 – Variáveis coletadas na dissertação, com dados de um extrato da amostra de malhas.....	75
Tabela 12 – Análise de correlação das variáveis indicadas aos modelos DEA.....	79
Tabela 13 – Resultado do teste de Bartlett.	80
Tabela 14 – Análise fatorial com extração de fatores com componentes principais.....	81
Tabela 15 – Escores de eficiência, com dados de um extrato da amostra de malhas.....	82
Tabela 16 – Valores de <i>inputs</i> ideais para incremento da eficiência técnica, para um extrato da amostra.....	83
Tabela 17 – Características técnicas de uma malha fictícia a ser lançada.....	89
Tabela 18 – Análise de correlação entre todos os parâmetros da pesquisa.	92
Tabela 19 – Síntese da relação de cada variável técnica de composição com a eficiência técnica VRS.....	99
Tabela 20 – Síntese da relação de cada variável técnica estrutural com a eficiência técnica VRS	100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABIT Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção
- ACP Análise Fatorial com Extração de Fatores com Componentes Principais
- BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CNI Confederação Nacional da Indústria
- COFINS Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
- CRS *Constant Return of Scale* (Retorno Constante de Escala)
- CSLL Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido
- DEA *Data Envelopment Analysis* (Análise de Envolvimento de Dados)
- DRS *Decreasing Return-to-Scale* (Retorno Decrescente de Escala)
- FGL Modelo Färe-Grosskopf-Lovell
- FIESC Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina
- FIPECAFI Fundação Instituto de Pesquisas Contábeis, Atuariais e Financeiras
- GAMS *General Algebraic Modeling Language* (Linguagem de Modelagem Algébrica Geral)
- ICMS Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação
- IRPJ Imposto de Renda de Pessoa Jurídica
- IRS *Increasing Return-to-Scale* (Retorno Crescente de Escala)
- KDD *Knowledge Discovery in Databases* (Descoberta de Conhecimento em Bancos de Dados)
- PET Polietileno Tereftalato
- PIB Produto Interno Bruto
- PIS Programa de Integração Social
- RPM Revoluções ou Rotações por Minuto
- SciELO *Scientific Electronic Library Online* (Biblioteca Eletrônica Científica Online)
- SC Santa Catarina
- SEBRAE Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
- SEFAZ Secretaria de Estado da Fazenda
- SF *Stochastic Frontiers* (Fronteiras Estocásticas)
- VRS *Variable Return of Scale* (Retorno Variável de Escala)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	MOTIVAÇÃO	17
1.2	OBJETIVOS	19
1.2.1	Objetivo Geral.....	19
1.2.2	Objetivos Específicos	19
1.3	ESTRUTURA	20
2	REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1	PORTAL DE PERIÓDICOS DA CAPES.....	21
2.1.1	Avaliação de eficiência de produtos e os modelos DEA	25
2.1.2	Árvores de Decisão e gestão de portfólio de produtos.....	28
2.2	TECNOLOGIA DE MALHARIA CIRCULAR	29
2.2.1	Aspectos gerais de tecidos de malha <i>jersey</i>.....	29
2.2.2	Aspectos gerais de tecidos de malha dupla.....	30
2.3	O CONCEITO DE VELOCIDADE ANGULAR.....	33
2.4	A VELOCIDADE LINEAR E SUA RELAÇÃO COM A VELOCIDADE ANGULAR.....	35
2.5	CÁLCULO DE PRODUTIVIDADE EM TEARES CIRCULARES	37
2.6	CONVERSÃO DE FATOR DE VELOCIDADE PARA VELOCIDADE LINEAR ESCALAR.....	40
2.7	EFICIÊNCIA TÉCNICA E TEORIA DA PRODUÇÃO.....	42
2.8	ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)	44
2.8.1	Modelos para Análise Envoltória de Dados	45
2.8.2	Técnicas estatísticas para seleção das variáveis <i>input</i> e <i>output</i>.....	53
2.9	TÉCNICA DE MINERAÇÃO DE DADOS	55
2.10	ANÁLISE DE CUSTOS E PRECIFICAÇÃO	56
2.10.1	Custo de Produção	57

2.10.2	Estratégia e formação do preço de venda.....	58
2.11	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	62
3.1	ROTEIRO METODOLÓGICO	62
3.2	LEVANTAMENTO E TRATAMENTO DOS DADOS	63
3.2.1	Caracterização da pessoa jurídica fornecedora dos dados	63
3.2.2	Aspectos gerais do portfólio de malhas esportivas	67
3.2.3	Coleta, registro e tratamento de dados	68
3.3	AVALIAÇÃO DOS ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA, DE ESCALA E GERENCIAL DOS TECIDOS DE MALHA.....	75
3.3.1	Determinação dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> para modelos DEA.....	75
3.3.2	Identificação de unidades ineficientes e propostas de medidas gerenciais.....	76
3.4	CONSTRUÇÃO DA ÁRVORE DE DECISÃO	77
3.5	EFEITO DOS PARÂMETROS TÉCNICOS NOS ESCORES DEA	78
4	DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	79
4.1	SELEÇÃO DE <i>INPUTS</i> E <i>OUTPUTS</i> PARA ANÁLISE DEA	79
4.1.1	Análise de Correlação de Variáveis	79
4.1.2	Teste de esfericidade de Bartlett	80
4.1.3	Análise fatorial com extração de fatores com componentes principais.....	80
4.2	AVALIAÇÃO DOS ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA, DE ESCALA E GERENCIAL DOS TECIDOS DE MALHA.....	81
4.3	CONSTRUÇÃO DA ÁRVORE DE DECISÃO	84
4.4	INVESTIGAÇÃO DO EFEITO DE FATORES TÉCNICOS NOS ESCORES...	91
5	CONCLUSÃO.....	102
	REFERÊNCIAS.....	104

1 INTRODUÇÃO

O setor têxtil brasileiro é o segundo maior empregador da indústria de transformação nacional, com 1,5 milhão de colaboradores diretos e 6,5 milhões indiretos, e obteve em 2019 um faturamento de mais de R\$180 bilhões (ABIT, 2021). A Associação da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT) (2021) relata ainda que o Brasil é a quinta maior indústria têxtil do mundo, o segundo maior produtor de denim, e o terceiro maior produtor de tecidos de malhas.

No entanto, o ano de 2020 trouxe um novo cenário para o segmento têxtil mundial, bem como para toda indústria brasileira, em decorrência da pandemia de COVID-19. Durante a onda pandêmica inicial, muitos países adotaram medidas de distanciamento social, suspendendo-as somente após a obtenção de um controle adequado da transmissão da doença (PRATHER; WONG; SCHOOLEY, 2020). De acordo com o nível de contágio de cada localidade, e para mitigar a possibilidade de ressurgimento da infecção, podem ser necessários, até 2022, períodos prolongados ou intermitentes de distanciamento social e fechamento de comércio em todo o mundo (KISSLER *et al.*, 2020). A pandemia deixou empresas e governos desordenados com uma coleção desconcertante de interrupções nas indústrias e suas cadeias de suprimentos, com significativos impactos econômicos (DEL RIO-CHANONA *et al.*, 2020).

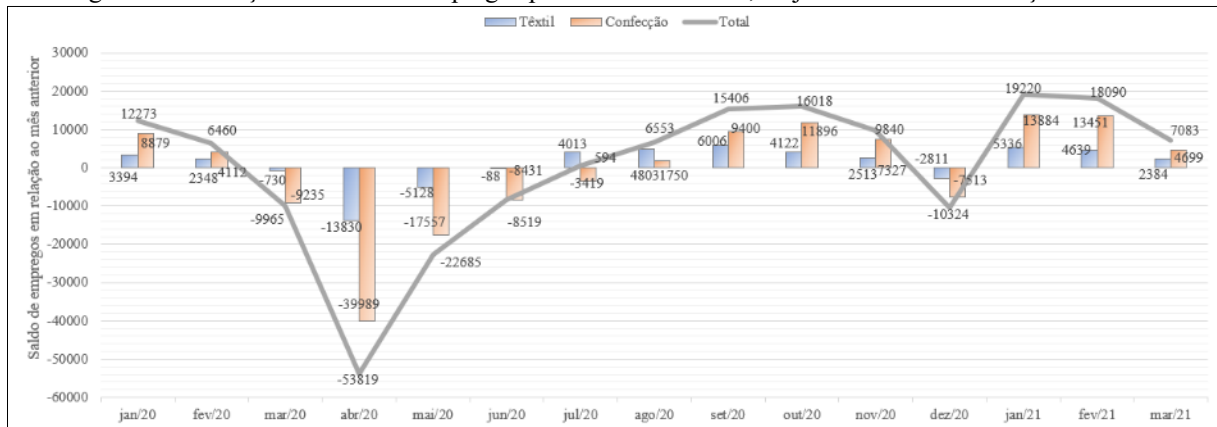
No contexto brasileiro do fim de 2020, somente as atividades extrativas alcançaram evolução frente ao ano anterior, as quais apresentaram avanço de 1,3% (IBGE, 2021). Na transição para 2021, uma nova fase de restrições e isolamento social justificam as expectativas por mais um ano sem alento econômico, com aumento nas taxas de desemprego, de inflação e de juros (CNI, 2021). Em um cenário pessimista, espera-se que o nível de atividade pré-pandemia de fevereiro de 2020 retorne apenas em 2022, ocasionando uma desaceleração no crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro de 2021 (CNI, 2021).

Analisando-se os resultados industriais efetivamente apurados no primeiro trimestre de 2021, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) (2021) aponta que, para o cenário têxtil, houve queda na satisfação com o lucro operacional, com a situação financeira e com o acesso ao crédito por parte das indústrias do segmento (CNI, 2021). O principal problema apontado, mencionado por quase 70% das empresas, foi a falta e, principalmente, o aumento do custo das matérias-primas, o qual se encontra no maior patamar da série histórica iniciada em 2012.

A evolução do saldo de empregos para o setor têxtil no período de janeiro de 2020 a março de 2021 evidencia ainda que a recuperação do segmento é “em W” (Figura 1). O

formato da letra “W” elucidada o comportamento do saldo de empregos no período, de aceleração intensa, mas com ciclos de recaída. A eventual recuperação forte em formato de “V” esperada pelo Ministério da Economia (2020) não é a realidade do setor, diminuindo a possibilidade de períodos vigorosos de estabilidade econômica.

Figura 1 – Evolução do saldo de empregos para todo setor têxtil, de janeiro de 2020 a março de 2021.



Fonte: adaptado de ABIT, 2021.

Os resultados de desempenho para a indústria em geral, apontados pela Tabela 1, explicitam ainda que não há um único indicador¹ em que as empresas industriais brasileiras estivessem em situação mais favorável no primeiro trimestre de 2021 em relação ao último trimestre de 2020, independentemente do porte.

Tabela 1 – Indicadores financeiros no 4º trimestre de 2020 em comparação com 1º trimestre de 2021.

Porte da indústria	Margem de lucro operacional			Preço médio das matérias-primas			Situação financeira			Acesso ao crédito		
	4ºtri/20	1ºtri/21	Variação	4ºtri/20	1ºtri/21	Variação	4ºtri/20	1ºtri/21	Variação	4ºtri/20	1ºtri/21	Variação
Pequena	45,5	37,4	-17,8%	78,8	79,5	0,9%	48,0	41,6	-13,3%	39,0	35,3	-9,5%
Média	48,4	42,2	-12,8%	79,4	80,2	1,0%	52,2	46,3	-11,3%	41,0	39,6	-3,4%
Grande	53,7	51,2	-4,7%	77,0	80,2	4,2%	57,6	55,8	-3,1%	45,3	44,5	-1,8%

Fonte: adaptado de CNI, 2021.

¹ Valores acima de 50 indicam satisfação com a margem de lucro operacional e a situação financeira, facilidade no acesso ao crédito ou aumento no preço médio das matérias-primas. Valores abaixo de 50 indicam o oposto. Pequena empresa: 10 a 49 empregados; Média empresa: 50 a 249 empregados; Grande empresa: 250 ou mais.

1.1 MOTIVAÇÃO

Tendo em vista os aspectos de insegurança na indústria e na cadeia de suprimentos de todo o mundo e o papel relevante do setor têxtil na economia do Brasil, é cristalina a necessidade de se incrementar a eficiência das empresas na utilização de seus recursos, como as inflacionadas matérias-primas.

A gestão do portfólio de produtos das indústrias têxteis faz parte do processo de aumento de eficiência. Os gestores industriais devem identificar as relações insumo-produto e os parâmetros de custeio essenciais para garantia da rentabilidade pretendida em cada produto comercializado, permitindo o investimento direcionado naquilo que é fundamental para manutenção do nível de serviço (BERNARDI, 1996). Naturalmente, espera-se que cada produto de um portfólio têxtil tenha uma demanda particular pelos recursos da empresa, apresentando uma eficiência específica.

Uma abordagem promissora para identificar recursos e características relevantes à eficiência de organizações é a Análise Envoltória de Dados ou *Data Envelopment Analysis* (DEA). Profundas análises podem ser realizadas por meio desse método, visto que a metodologia se baseia quase que inteiramente em dados e aplica-se a diversos setores, mesmo os sem fins lucrativos, desde instituições de saúde pública até empresas de grande porte (COOPER; SEIFORD; TONE, 2006). Muitas extensões dessa análise têm sido propostas ao longo dos anos, tornando o DEA um meio versátil e frequentemente utilizado para avaliação de eficiência de processos produtivos (FRIES, 2013).

Um dos estudos que mostram o potencial de análises como o DEA no setor têxtil é o aplicado por Fallahpour *et al.* (2018). No trabalho foi desenvolvida uma ferramenta de seleção de fornecedores têxteis, determinando-se quais deles estão associados aos menores custos e melhores resultados, como flexibilidade e escore de satisfação com o serviço prestado.

Modelos DEA tendem a identificar, a partir de uma avaliação comparativa, unidades de análise (*Decision making units* - DMUs) ineficientes, as quais se distanciam de uma fronteira de eficiência otimizada, possibilitando a investigação de características que podem levar para próximo dessa fronteira. A identificação de referências ineficientes em um portfólio de tecidos de malha é parte fundamental do presente trabalho. As unidades básicas de análise são todos os tecidos de malhas esportivos de uma extensa carteira de produtos – mais de 700 – comercializados por um fabricante do Estado de Santa Catarina.

A escolha de uma malharia de Santa Catarina para o estudo parte do princípio de que o estado é o segundo maior polo empregador têxtil e do vestuário do Brasil e, considerando-se o número de empregos e a geração de riqueza, é o setor mais importante da indústria estadual (FIESC, 2021). O estado de Santa Catarina é ainda o maior produtor nacional de travesseiros, etiquetas tecidas, fitas elásticas e fios para tricô e crochê (FIESC, 2021). Dados do Registro Anual de Informações Sociais (RAIS) de 2019 apontam que mais de 170 mil colaboradores estão empregados no setor têxtil de Santa Catarina, em mais de 9 mil estabelecimentos (FIESC, 2021). O Observatório da Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC) (2021) também relata que o setor têxtil de Santa Catarina detém o maior número de empregados dentre todas as indústrias do estado, com participação de 21%. Fica evidente, desse modo, a importância de estudos de eficiência no segmento têxtil na região.

Com relação ao tipo específico de atividade têxtil, optou-se por uma fabricante de tecidos de malhas esportivas, a qual fica situada no Vale do Itajaí. Em publicação do próprio governo do estado de Santa Catarina em parceria com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), menciona-se que a região do Vale do Itajaí é um dos maiores *clusters* têxteis do mundo, bem como o principal polo exportador de confecções de malha e artigos de cama, mesa e banho do Brasil, além de ser uma região em que malharias apresentam grande contribuição econômica (SEBRAE, 2021).

Adicionalmente, destaca-se que o uso de dados de uma empresa especificamente catarinense decorre da facilidade de acesso aos dados inerentes ao estudo. No entanto, é evidente que o tema e a natureza do presente trabalho são tempestivos para toda a indústria mundial, seja por ocasião do período de instabilidade econômica da pandemia de COVID-19, bem como pela notória necessidade de incremento contínuo da eficiência das organizações.

Portanto, o presente trabalho busca compreender a forma com que parâmetros técnicos de fabricação podem interferir no incremento de eficiência pretendido por gestores de portfólio de tecidos de malha esportivos. Para tanto, utilizar-se-á, após aplicação dos modelos DEA, a técnica de Árvore de Decisão, a qual é considerada uma forma simples de representação de relações existentes em um conjunto de dados, os quais são divididos em subgrupos, na forma de uma hierarquia de declarações para classificá-los (BREIMAN *et al.*, 1984). Essa classificação é determinante para a investigação do efeito dos parâmetros técnicos das diferentes estruturas têxteis na eficiência dos produtos analisados, obtendo-se, dessa forma, um protocolo de tomada de decisão na gestão de portfólio de tecidos de malha.

1.2 OBJETIVOS

Haja vista a relevância de investigações de eficiência em empresas de transformação, pretende-se, por meio da aplicação de modelos DEA e Árvores de Decisão, desenvolver um protocolo de tomada de decisão para gestão de portfólio de tecidos de malha, avaliando-se o efeito de parâmetros técnicos têxteis e de custeio na busca pelo incremento de eficiência. Espera-se que os resultados obtidos possam ainda embasar o desenvolvimento de futuras malhas, ou ainda, indicar quais aspectos técnicos durante a manufatura devem ser considerados, principalmente em tempos de instabilidade econômica.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é avaliar o efeito de parâmetros técnicos e de custeio na gestão de portfólio de tecidos de malha por intermédio das ferramentas de Análise Envoltória de Dados e Árvores de Decisão.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atendimento do objetivo geral, pretende-se:

- a) avaliar a eficiência multidimensional relativa de cada produto analisado, identificando referências eficientes e ineficientes, considerando-se os modelos DEA de avaliação com retorno constante e variável de escala;
- b) aplicar modelos de Árvores de Decisão sobre os dados da amostra de produtos e os escores de eficiência obtidos por meio dos modelos DEA, identificando-se possíveis relações entre parâmetros técnicos dos produtos em seus escores de eficiência;
- c) simular a eficiência técnica VRS esperada de um novo produto fictício;
- d) investigar os motivos de eventual efeito de parâmetros técnicos no escore de eficiência dos produtos.

1.3 ESTRUTURA

O trabalho está estruturado em cinco capítulos, iniciando-se com a descrição do tema estudado e sua importância. Evidencia-se também o papel da pandemia de COVID-19 no panorama econômico e industrial internacional, e são listados os objetivos pretendidos no estudo.

Na sequência, no segundo capítulo, é executada uma relevante análise bibliométrica, apresentando resultados que indicam o grau de desenvolvimento dos temas abordados e possíveis tendências para o setor têxtil. No mesmo capítulo, prossegue-se com a revisão bibliográfica e fundamentação teórica dos conceitos relacionados à tecnologia de malharia e análise de dados, como DEA e as Árvores de Decisão.

O terceiro capítulo abrange todos os procedimentos metodológicos abordados na pesquisa, desde a definição dos dados a serem coletados, até as etapas de tratamento e análise das informações pretendidas.

O quarto capítulo refere-se às análises estatísticas utilizadas na seleção de variáveis dos modelos DEA, como também os escores de eficiência calculados por esses modelos para cada artigo de malha. Apresenta-se também os resultados das Árvores de Decisão, que auxiliam na identificação do efeito de determinados parâmetros técnicos e de custeio nos resultados obtidos.

No quinto e último capítulo os objetivos propostos são comparados com os resultados obtidos, propondo-se, na sequência, temas de pesquisas futuras que podem contribuir no aperfeiçoamento do protocolo de tomada de decisão ora desenvolvido.

2 REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De forma a determinar o grau de desenvolvimento dos temas abordados no presente estudo, tanto nacional como internacionalmente, inicia-se o capítulo com uma breve revisão bibliométrica. Termos em inglês que fazem referência à indústria têxtil, estatística e análise de custos foram importantes na pesquisa. Esse levantamento foi concentrado no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), em decorrência da integração de diversas bases de dados de todas as áreas do conhecimento. O Portal de Periódicos foi oficialmente lançado em 11 de novembro de 2000 pelo Ministério da Educação, com o objetivo de centralizar e otimizar a busca e aquisição dos acervos científicos de bibliotecas virtuais de editoras nacionais e internacionais (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2021).

Após revisão bibliométrica, apresenta-se os conceitos e fundamentos inerentes às investigações pretendidas, a partir de uma revisão detalhada da literatura pertinente. Primeiramente, é desenvolvida toda a fundamentação teórica acerca da Engenharia Têxtil, explanando-se a tecnologia de fabricação de tecidos de malha. Posteriormente, são descritas as ferramentas DEA e Árvore de Decisão, elencando-se o potencial dessas técnicas em análises de eficiências, em todo tipo de organização, com ou sem fins lucrativos. Concluindo-se o capítulo, são apresentados os principais conceitos de análise de custos em empresas, englobando-se também os fundamentos de precificação de produtos da indústria de transformação.

2.1 PORTAL DE PERIÓDICOS DA CAPES

Na revisão bibliométrica do Portal de Periódicos da CAPES considerou-se os trabalhos publicados até o dia 10 de abril de 2021, data base do levantamento. A coluna “Total Revisado por Pares” da Tabela 2 indica quantos trabalhos tiveram publicação anterior à data mencionada. A coluna “Revisado por Pares 2016-2021” aponta a quantidade de resultados de publicações a partir de 2016, e a coluna “% Revisado por Pares 2016-2021” representa o percentual de trabalhos publicados nesse período em relação à totalidade dos resultados, retratando-se a relevância de cada tema pesquisado nos últimos anos.

Tabela 2 – Número de publicações no Portal de Periódicos da CAPES de acordo com a Palavra-Chave.

Palavra-Chave	Total Revisado por Pares	Revisado por Pares 2016-2021	% Revisado por Pares 2016-2021
"Efficiency"	3271535	1178210	36%
"Textile"	181713	60205	33%
"Cost Analysis"	78267	29603	38%
"Knit" OR "Knitting" OR "Knitted"	70171	19562	28%
"Decision Tree"	59047	30259	51%
"Textile" AND "Efficiency"	43140	19490	45%
"Textile Industry"	29202	9300	32%
"Data Envelopment Analysis"	21107	9059	43%
"Textile" AND "Warp"	7065	2764	39%
"Textile" AND "Weft"	6242	2477	40%
"Textile Engineering"	3731	1328	36%
"Mark-up"	3346	211	6%
"Cost Analysis" AND "Decision Tree"	1255	561	45%
"Textile" AND "Cost Analysis"	877	361	41%
"Textile" AND "Data Envelopment Analysis"	476	253	53%
"Data Envelopment Analysis" AND "Cost Analysis"	415	172	41%
"Textile" AND "Decision Tree"	414	231	56%
"Decision Tree" AND "Data Envelopment Analysis"	289	154	53%
"Circular Knitting Machine"	260	107	41%
"Textile" AND "Mark-up"	84	1	1%
"Cost Analysis" AND "Mark-up"	37	3	8%
("Knit" OR "Knitting" OR "Knitted") AND "Data Envelopment Analysis"	33	11	33%
"Textile" AND "Decision Tree" AND "Data Envelopment Analysis"	12	9	75%
"Textile" AND "Cost Analysis" AND "Weft"	7	4	57%
"Textile" AND "Decision Tree" AND "Weft"	7	4	57%
"Data Envelopment Analysis" AND "Mark-up"	0	0	0%
"Textile" AND "Data Envelopment Analysis" AND "Weft"	0	0	0%

Fonte: Autoria própria, 2021.

Ordenando-se a Tabela 2 em ordem crescente de “% Revisado por Pares 2016-2021”, obtém-se a Tabela 3 apresentada a seguir.

Tabela 3 – Número reordenado de publicações no Portal de Periódicos da CAPES.

Palavra-Chave	Total Revisado por Pares	Revisado por Pares 2016-2021	% Revisado por Pares 2016-2021
<i>"Textile" AND "Decision Tree" AND "Data Envelopment Analysis"</i>	12	9	75%
<i>"Textile" AND "Cost Analysis" AND "Weft"</i>	7	4	57%
<i>"Textile" AND "Decision Tree" AND "Weft"</i>	7	4	57%
<i>"Textile" AND "Decision Tree"</i>	414	231	56%
<i>"Decision Tree" AND "Data Envelopment Analysis"</i>	289	154	53%
<i>"Textile" AND "Data Envelopment Analysis"</i>	476	253	53%
<i>"Decision Tree"</i>	59047	30259	51%
<i>"Textile" AND "Efficiency"</i>	43140	19490	45%
<i>"Cost Analysis" AND "Decision Tree"</i>	1255	561	45%
<i>"Data Envelopment Analysis"</i>	21107	9059	43%
<i>"Data Envelopment Analysis" AND "Cost Analysis"</i>	415	172	41%
<i>"Textile" AND "Cost Analysis"</i>	877	361	41%
<i>"Circular Knitting Machine"</i>	260	107	41%
<i>"Textile" AND "Weft"</i>	6242	2477	40%
<i>"Textile" AND "Warp"</i>	7065	2764	39%
<i>"Cost Analysis"</i>	78267	29603	38%
<i>"Efficiency"</i>	3271535	1178210	36%
<i>"Textile Engineering"</i>	3731	1328	36%
<i>("Knit" OR "Knitting" OR "Knitted") AND "Data Envelopment Analysis"</i>	33	11	33%
<i>"Textile"</i>	181713	60205	33%
<i>"Textile Industry"</i>	29202	9300	32%
<i>"Knit" OR "Knitting" OR "Knitted"</i>	70171	19562	28%
<i>"Cost Analysis" AND "Mark-up"</i>	37	3	8%
<i>"Mark-up"</i>	3346	211	6%
<i>"Textile" AND "Mark-up"</i>	84	1	1%
<i>"Data Envelopment Analysis" AND "Mark-up"</i>	0	0	0%
<i>"Textile" AND "Data Envelopment Analysis" AND "Weft"</i>	0	0	0%

Fonte: Autoria própria, 2021.

Com base na Tabela 2 e Tabela 3 apresentadas, é possível identificar o uso de termos que remetem ao setor têxtil de forma genérica. Utilizou-se a palavra-chave *"Textile"* em substituição a *"Knitting" OR "Knit" OR "Knitted"* em decorrência da maior quantidade de

resultados originários do primeiro termo em comparação com os outros três acrescidos. Os resultados da consulta de “*Data Envelopment Analysis*” AND “*Cost Analysis*”, por exemplo, foram muito superiores a (“*Knit*” OR “*Knitting*” OR “*Knitted*”) AND “*Data Envelopment Analysis*”. Vale destacar que se fez valer do termo “*Weft*” para estreitar a pesquisa em direção às malharias (malharia por trama), mesmo que ele possa remeter à tecnologia de tecelagem plana.

Para se fazer referência às técnicas de análise de dados do trabalho, utilizou-se os termos “*Decision Tree*” e “*Data Envelopment Analysis*” para Árvore de Decisão e Análise Envoltória de Dados, respectivamente. A palavra “*Efficiency*” também foi explorada por ter relação direta com os temas e modelos utilizados, principalmente o DEA.

Uma vez que o presente estudo aborda parâmetros de custeio e temas importantes como precificação e análise de custos, foram buscadas palavras-chaves como “*Cost Analysis*” e “*Mark-up*”. Na sequência deste capítulo será explanado em maiores detalhes o significado de “*Mark-up*”, no entanto, adianta-se no momento que, de acordo com Bernardi (1996), esse termo refere-se a um índice que relaciona os custos de determinado produto e seu preço de venda, levando-se em consideração os lucros almejados. Ressalta-se, portanto, sua eventual contribuição na pesquisa bibliométrica.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 2, nota-se as maiores quantidades de trabalhos para pesquisas com palavras-chaves genéricas, como “*Efficiency*”, “*Textile*” e “*Decision Tree*”. Verifica-se uma disparidade entre o fato de “*Mark-up*” trazer apenas 3.346 resultados, comparados aos mais de 78 mil resultados para “*Cost Analysis*”. Além disso, apenas 6% dos trabalhos relacionados ao índice “*Mark-up*” transcorrem após 2016. Porém, o sistema de precificação da empresa estudada é baseado no índice mencionado, inclusive com preparação do seu sistema *Enterprise Resource Planning* (ERP) para esse tipo de estratégia de precificação. Por isso, inclui-se o termo “*Mark-up*” em outras combinações de palavras-chave.

As buscas individuais com “*Decision Tree*” e “*Data Envelopment Analysis*” relatam a relevância dessas técnicas de análise nas produções científicas, inclusive nas mais recentes. A Tabela 3 deixa evidente que a Análise Envoltória de Dados e as Árvores de Decisão são os temas que apresentaram um crescimento substancialmente superior na sua aplicação do que os demais. Mais da metade dos trabalhos encontrados para a combinação entre “*Textile*” AND “*Decision Tree*” e entre “*Textile*” AND “*Data Envelopment Analysis*” foram publicados nos últimos cinco anos. O mesmo não ocorre para a pesquisa científica de forma geral: utilizando-

se o termo “*Analysis*” no Portal de Periódicos da CAPES, para remeter a qualquer publicação científica que execute análises nas mais diversas áreas, o resultado foi de apenas 35% de publicações nos últimos cinco anos, percentual muito similar aos termos também genéricos “*Textile*” e “*Efficiency*”.

Buscando-se concomitantemente os três principais temas do presente trabalho, “*Textile*” AND “*Decision Tree*” AND “*Data Envelopment Analysis*”, obtém-se apenas 12 publicações, das quais 9 são originárias a partir do ano de 2016. Uma delas é a obra de Fallahpour *et al.* (2018) mencionada no capítulo de introdução. Porém, nenhuma das 12 publicações incorpora modelos DEA conjuntamente com Árvores de Decisão para desenvolvimento dos resultados. As obras apenas mencionam referências e publicações anteriores que se utilizaram dessas ferramentas, não necessariamente no setor têxtil.

Utilizando-se as palavras-chave “*Textile*” AND “*Cost Analysis*” AND “*Weft*”, os quais são termos em inglês que fazem referência a “têxtil”, “análise de custos” e “trama”, respectivamente, encontrou-se apenas sete trabalhos revisados por pares. Isso significa que, independentemente do tipo de análise de custos, seja com ou sem a utilização do DEA, não há desenvolvimento do tema no âmbito da indústria têxtil de malharia. Buscou-se também na base de dados nacional SciELO a palavra-chave genérica “*Textile*”, obtendo-se a quantidade de 396 resultados. Utilizando-se o termo “*Cost Analysis*”, resultou-se em mais de 2.000 trabalhos. Percebe-se que há mais estudos de análise de custos, do que de têxteis de forma geral. Fica evidente a imaturidade de estudos desta natureza no setor têxtil, sejam eles nacionais ou internacionais.

A Tabela 2 e a Tabela 3 da revisão bibliométrica indicam que há oportunidades latentes de desenvolvimento de pesquisas no âmbito da tecnologia de malharia, especialmente com a utilização de ferramentas específicas como DEA e Árvore de Decisão. Em decorrência da escassez de estudos na área têxtil e como forma de validar o potencial dessas ferramentas na gestão de portfólio de produtos em geral, pesquisou-se ainda publicações em outras áreas, das quais alguns exemplos são relatados na sequência.

2.1.1 Avaliação de eficiência de produtos e os modelos DEA

Os gerentes de negócios enfrentam constantemente a decisão de dar continuidade ou abandonar novos projetos de desenvolvimento de produtos (DONTHU e UNAL, 2014). Em determinados casos, gerentes possuem dificuldade em visualizar o fracasso de um projeto, em

decorrência de questões subjetivas, como o apelo emocional e as questões culturais. Donthu e Unal (2014) propuseram um método objetivo de avaliação de eficiência de projetos de desenvolvimento de produto de qualquer setor, por meio de modelos DEA, buscando identificar se o esforço dos gerentes estava focado realmente em produtos promissores e eficientes. Os autores consideram como produto mais eficiente aquele que, em relação a outros, está com o progresso mais avançado, detém a maior expectativa de retorno financeiro à empresa e apresenta os menores custos de execução. O modelo DEA utilizado se mostrou uma ferramenta objetiva e prática que facilita a decisão dos gestores na determinação de produtos eficientes, sem interferência de avaliações subjetivas, trazendo também recomendações de quais projetos deveriam ser interrompidos. Os gerentes podem, repetidamente, explorar esta ferramenta inserindo as variáveis *input* e *output* e, em seguida, identificar os projetos que devem ser escalados ou abandonados. Consequentemente, perdas significativas, tanto de insumo como de tempo, podem ser evitadas. Similarmente, Homburg (2005) destaca o potencial dos modelos DEA em identificar ineficiências de um portfólio de produtos para então desenvolver um modelo próprio, que aborda as limitações de se assumir condições de retorno constante ou variável de escala.

O processo de tomada de decisão sobre a avaliação e seleção de projetos de desenvolvimento de novos produtos também foi abordado por Chiang e Che (2010). Para avaliar o desempenho e eficiência de produtos eletrônicos, este estudo também desenvolveu uma classificação por meio de modelos DEA. Os autores afirmam que uma vantagem evidente de utilização de DEA na análise é a possibilidade de se utilizar variáveis *input* e *output* de diferentes unidades de medida, evitando avaliações distorcidas ocasionadas por eventuais conversões de unidades. Diferentemente de Donthu e Unal (2014), os autores incorporam ainda índices de parâmetros subjetivos, como risco de faturamento, risco de oportunidade e risco de fabricação, de forma a refinar a busca pelo portfólio de produtos ideal.

O estudo de Linton, Walsh e Morabito (2002) inicia mencionando outra evidente vantagem de utilização de modelos DEA na análise de portfólio de produtos. As técnicas gráficas e visuais convencionais, preferidas por gestores, estagnam quando muitos projetos ou produtos devem ser considerados, uma vez que os tomadores de decisão apresentam capacidade limitada para analisar múltiplos projetos simultaneamente. Em contrapartida, essa análise de grandes conjuntos de dados não é um problema para os modelos DEA. O DEA pode reduzir a dimensionalidade do problema e fazer uma espécie de filtro inicial, por meio do ranqueamento dos produtos do portfólio, configurando como um mecanismo incipiente na

análise. Produtos com escores relativamente muito altos ou muito baixos podem ser descartados sem demais delongas. Posteriormente, determina-se o foco de uma análise mais subjetiva dos produtos considerados “intermediários”, que pode considerar aspectos de design, cultura e aceitação de mercado, por exemplo. Por intermédio dos modelos DEA, Linton, Walsh e Morabito (2002) puderam avaliar concomitantemente a eficiência de 469 projetos de uma empresa de desenvolvimento científico industrial. A partir do estudo, os autores esperam ainda que os gerentes possam ajustar paulatinamente as variáveis utilizadas, automatizando cada vez mais a análise do portfólio e diminuindo a necessidade da análise visual.

A pesquisa de Wang, Anderson e Zehr (2016) aborda um importante aspecto da utilização de modelos DEA na análise de portfólio de produtos: a formação de preços. Os autores estudam a relação dinâmica que existe entre os recursos oferecidos por um portfólio de osciloscópios e a formação de preços desses produtos. O trabalho busca o preço ótimo de cada produto com base em uma análise comparativa com a concorrência de mercado. Parte do princípio de que preços altos acarretam volumes de venda insuficientes para sustentar a oferta do produto pelas empresas, e preços excessivamente baixos não recuperam nem mesmo o custo dos produtos vendidos.

Assim, o modelo DEA utilizado por Wang, Anderson e Zehr (2016) auxilia na definição dos preços, de forma a identificar “medidas gerenciais” necessárias para projetar cada produto do portfólio na fronteira de eficiência. Na ocasião de lançamento de um osciloscópio, o fabricante pode calcular os escores de eficiência DEA de um portfólio específico sem a presença de um novo produto. Posteriormente, calcula os escores incluindo o lançamento. Caso a eficiência do novo produto for menor que 1, significa que é recomendado reduzir o preço. Caso a eficiência seja exatamente 1, deve ser verificado se algum osciloscópio de mercado que detinha escore 1 antes da análise com novo produto se tornou ineficiente, o que significaria que o lançamento poderia ocorrer com preço ainda mais elevado. Os autores salientam, porém, que no modelo não são analisadas as vendas concretizadas de cada DMU, nem mesmo marcas ou empresas associadas aos produtos. Adicionalmente, não foram analisados atributos subjetivos, como design. Sugere-se no estudo que sejam agregados a futuros modelos índices que traduzam a eventual escassez de oferta de algum produto específico em relação à sua demanda.

2.1.2 Árvores de Decisão e gestão de portfólio de produtos

A técnica de mineração de dados denominada Árvore de Decisão é uma das ferramentas exploradas no presente trabalho para criar um protocolo de tomada de decisão na análise de portfólio de produtos. Os resultados do levantamento bibliométrico expuseram sua restrita exploração no setor industrial têxtil, porém, encontrou-se trabalhos em outros segmentos industriais, os quais traçam estratégias de análise e desenvolvimento de portfólios por meio dessa técnica.

Tucker e Kim (2009) desenvolveram um método para otimizar o processo de desenvolvimento de portfólio de produtos. Os autores têm a percepção de que a formulação de um portfólio requer amplo conhecimento sobre o espaço que cada produto possui no mercado, bem como sobre as limitações técnicas do projeto de engenharia e dos processos de fabricação de uma empresa. No entanto, a exaustiva busca por todos os conceitos de produtos possíveis precisa ser eliminada por meio de técnicas que reduzam o tempo despendido no desenvolvimento do portfólio, bem como permitam que os produtos atendam ainda parâmetros de desempenho exigidos pelo mercado. Essa necessidade foi atingida no supracitado trabalho justamente por meio da técnica de Árvore de Decisão, a qual gerou rapidamente um conjunto ideal de conceitos de produtos a ser validado pelas equipes de engenharia. Utilizando a mencionada técnica no mercado de eletrônicos, dados de 40 mil respostas de clientes e 576 possíveis conceitos foram resumidos a um total de 46 produtos, os quais formaram um portfólio considerado ideal. Esse portfólio apresentou na pesquisa o potencial de maximizar os lucros da empresa, sem violar as expectativas dos clientes sobre a performance dos produtos.

Fan, Ong e Koh (2006) investigaram a relação entre os preços e as características de casas e habitações oferecidas no mercado imobiliário. Para isso, apresentaram e utilizaram uma abordagem a partir de Árvores de Decisão que, na visão dos autores, é uma importante ferramenta de reconhecimento de padrões estatísticos. Usando o mercado imobiliário de habitação de Cingapura como um estudo de caso, a pesquisa demonstra a utilidade dessa técnica para examinar a relação entre os preços da habitação e suas características, identificando o efeito de cada atributo das habitações sobre os preços. A ferramenta permite ainda prever os preços de um novo projeto de casa ou apartamento. A árvore construída mostra que os compradores de habitações de até quatro quartos buscam características básicas como área total e idade do imóvel. No entanto, o comprador de habitações de cinco quartos

analisa principalmente o número de andares e nivelamento do piso. Os compradores de apartamentos executivos focam majoritariamente em características adicionais de serviço e qualidade, como instalações recreativas e arquitetura do ambiente. Em uma analogia com o presente estudo, os atributos das habitações poderiam ser atributos de tecidos de malha, e o efeito dos mesmos nos escores de eficiência de cada produto poderia ser investigado por meio da construção da Árvore de Decisão.

2.2 TECNOLOGIA DE MALHARIA CIRCULAR

De acordo com a obra de Spencer (2001), malhas de trama são derivadas de quatro estruturas básicas, sendo elas *rib*, *interlock*, *jersey* e ponto esquerdo. Cada estrutura é composta por uma combinação diferente de pontos de malha, tricotados por meio de um determinado arranjo de agulhas.

Na estrutura *jersey* ou meia malha, as agulhas tricotam como um único conjunto, formando as laçadas voltadas ao direito técnico da malha, lado este que é o indicado para utilização na confecção. Estruturas *rib* e *interlock* necessitam de dois conjuntos de agulhas tricotando a estrutura de malha de modo a formar dois direitos técnicos (SPENCER, 2001).

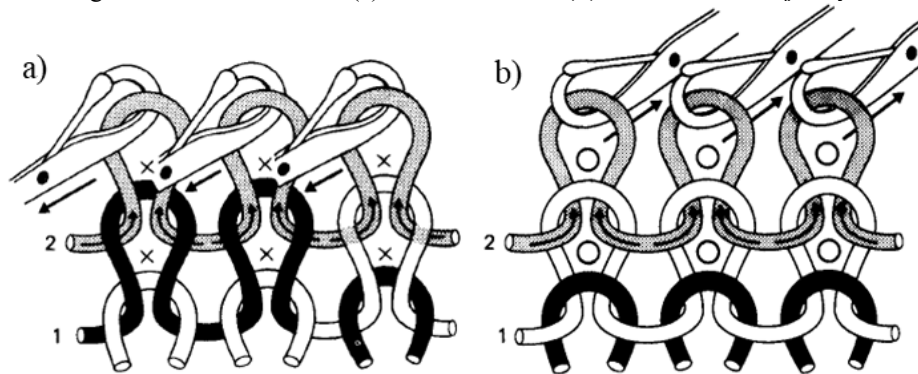
Cada tipo de estrutura mencionado é produzido em teares de malharia circular e serão detalhados a seguir.

2.2.1 Aspectos gerais de tecidos de malha *jersey*

A estrutura *jersey* ou meia malha se faz presente nas malhas denominadas *single-jersey*. Seu direito técnico, exemplificado na Figura 2a, é liso. As “pernas” das laçadas são visíveis e ofuscam a “cabeça” da laçada anterior. Os “pés” da laçada estão por baixo, e as “pernas” por cima, nos seus pontos de ligação. As “colunas” formadas são mais visíveis no direito técnico.

No avesso técnico, os pontos tricotados formam colunas com aparência de semicírculos interligados, como percebido na Figura 2b. As “cabeças” das laçadas são visíveis e as “pernas” ficam debaixo da cabeça da laçada anterior. Os “pés” das malhas se situam por cima dos pontos de ligação e as pernas por baixo deles. As “fileiras” são mais visíveis no avesso técnico.

Figura 2 – Direito técnico (a) e avesso técnico (b) de uma estrutura *jersey*.



Fonte: Spencer, 2001.

Esta estrutura de malha por trama é a mais simples de se produzir. Como destaque de propriedades, nota-se o potencial de recuperação de 40% em largura após eventual alongamento (SPENCER, 2001).

A maioria das malhas *jersey* é produzida em teares circulares cujo cilindro de agulhas se desloca por meio de sistemas de cames estacionários que, junto com seus alimentadores de fio, estão situados em intervalos regulares ao redor da circunferência do cilindro. O fio é fornecido a partir de cones colocados em um suporte ou em uma gaiola independente, passando por guias dos alimentadores. A malha crua é produzida em forma tubular e puxada para baixo por dentro do cilindro da máquina, por meio de tensionadores instalados na base do tear (SPENCER, 2001).

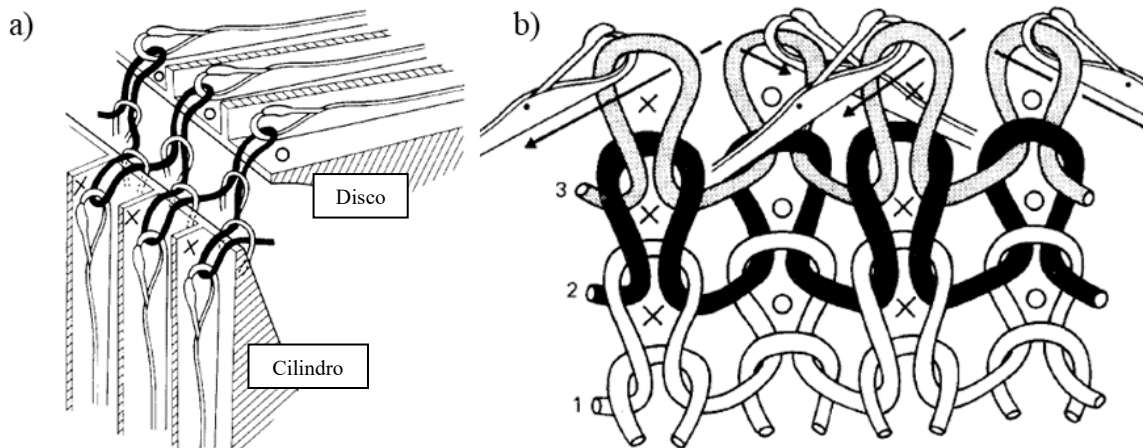
Comparado com um tear de configuração *rib* ou *interlock*, o tear para *jersey* é mais simples e econômico, com potencial para suportar maior número de alimentadores, maior velocidade de operação e maior gama de títulos de fio.

2.2.2 Aspectos gerais de tecidos de malha dupla

Tecidos de malha dupla a partir da malharia circular são formados em teares que tenham agulhas no disco e no cilindro, caracterizando, portanto, um tear de duplafrontura. Spencer (2001) afirma ainda que, na Europa, a malha dupla teve em geral grande aplicação em comparação com a malha produzida em teares monofrontura, principalmente na moda feminina, devido à estabilidade dimensional e à porosidade da estrutura.

Como forma de exemplificar o princípio mecânico de funcionamento de uma malha dupla, apresenta-se a Figura 3.

Figura 3 – Distribuição das agulhas de tear duplafrentura (a) e laçadas frontais e traseiras (b) da malha em configuração *rib* 1x1.



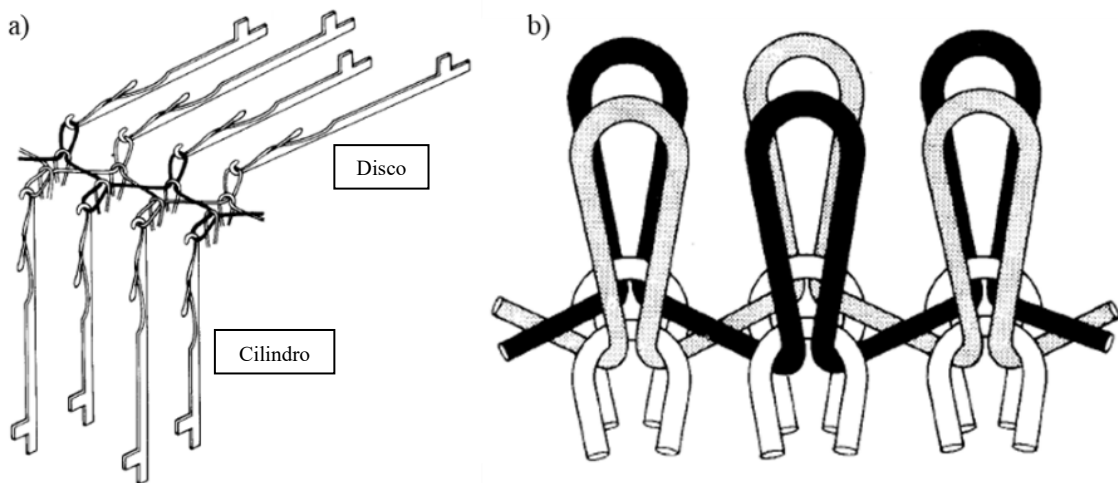
Fonte: adaptado de Spencer, 2001.

A estrutura de uma malha dupla é produzida quando dois conjuntos de agulhas (no cilindro e no disco) controlados independentemente são configurados de maneira que os ganchos das agulhas de um conjunto trabalhem em direção oposta aos ganchos do outro conjunto (Figura 3a). Assim, os dois conjuntos de agulhas desenham suas laçadas com um ou mais fios alimentados, mas em direções opostas, de modo que a malha, formada no espaço entre as duas frenturas de agulhas, apresente laçadas voltadas para ambas as faces (SPENCER, 2001).

Apresenta-se na Figura 3b o resultado de uma malha dupla fabricada no supracitado tear, configurado em *rib* 1x1. Percebe-se na figura que as laçadas estão ora no plano frontal, ora no plano traseiro da malha, de maneira intermitente, no sentido das colunas, pelo fato de que na configuração *rib* as agulhas de disco e cilindro estão dispostas de maneira intercalada.

Na situação em que cada conjunto de agulhas está alinhado frente a frente, tem-se a configuração *interlock*, podendo-se produzir malhas exatamente iguais em ambos os lados do artigo final. A Figura 4 ilustra o arranjo das agulhas (Figura 4a) e princípio de funcionamento na produção de malha dupla em configuração *interlock*. Na Figura 4b, percebe-se o arranjo das laçadas da malha em ambos os lados.

Figura 4 – Distribuição das agulhas de tear duplafrentura (a) e laçadas frontais e traseiras (b) da malha em configuração *interlock*.



Fonte: adaptado de Spencer, 2001.

Existe ainda o tipo de tear de configuração *interlock* a 8 chaves, o qual requer 8 sistemas de cames ou chaves para produzir um curso completo de malha. Esse tipo de configuração apresenta uma estrutura uniforme e bem equilibrada, com maior elasticidade do que estruturas de *interlock* simples, e versátil na elaboração de padrões e desenhos (SPENCER, 2001).

Spencer (2001) também afirma que as malhas duplas podem ter desenhos ou padrões formados pela própria cor dos fios utilizados ou pela seleção de agulhas no cilindro e disco. Teares de estrutura com base *interlock* que possuem versões de duas ou mais pistas no cilindro, por exemplo, permitem maior capacidade de formação de desenhos de malhas.

O mesmo autor também afirma que o diâmetro do cilindro define diretamente a largura da estrutura de malha produzida, o que influencia de modo direto as etapas subsequentes de produção, como a confecção do produto propriamente dito. Há também o parâmetro do tear chamado de finura ou galga (*Gauge*), que determina a relação do número de agulhas por uma unidade de comprimento (do cilindro), e interfere sobre o resultado de gramatura e toque das malhas. A finura também determina o título de fio a ser utilizado na fabricação do artigo de malha (SPENCER, 2001).

Dentro do contexto das malhas duplas, vale mencionar, por fim, que para a construção de características de repetitividade de desenho, existem ainda os teares do tipo Jacquard intermediário (mini-Jacquard/semi-Jacquard), que, segundo Spencer (2001), tem potencial de área de desenho padrão limitado, mas dispõe de alimentadores e velocidade suficientes para serem empregados na produção de uma única cor e estruturas simples, bem como malhas Jacquards. Teares mini-Jacquard oferecem ainda um menor custo de aquisição,

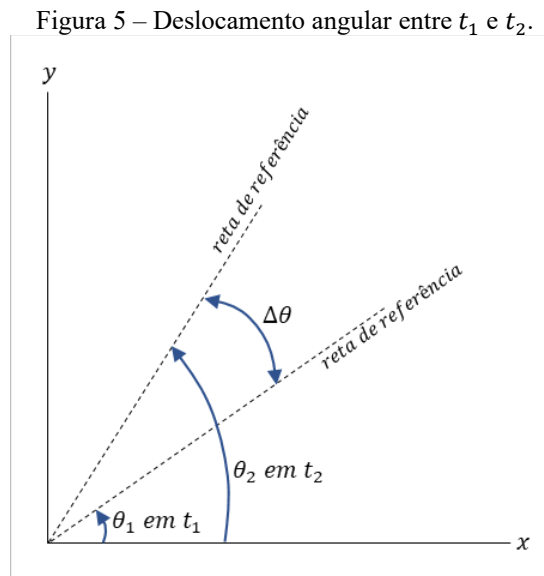
visto que utilizam sistemas mecânicos de seleção de agulhas para disco e cilindro, os quais são mais baratos do que sistemas eletrônicos (Jacquard). Destaca-se que este tipo de tear é encontrado tanto para estruturas mono como para malhas duplas.

2.3 O CONCEITO DE VELOCIDADE ANGULAR

Segundo Halliday e Resnick (2008), se um corpo em rotação está em uma posição angular θ_1 no instante t_1 e na posição angular θ_2 no instante t_2 (Figura 5), a sua velocidade angular média ($\omega_{méd}$) no intervalo de tempo Δt de t_1 a t_2 é definida como indicado na Equação (1):

$$\omega_{méd} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (1)$$

onde $\Delta\theta$ é o deslocamento angular durante o intervalo de tempo Δt .

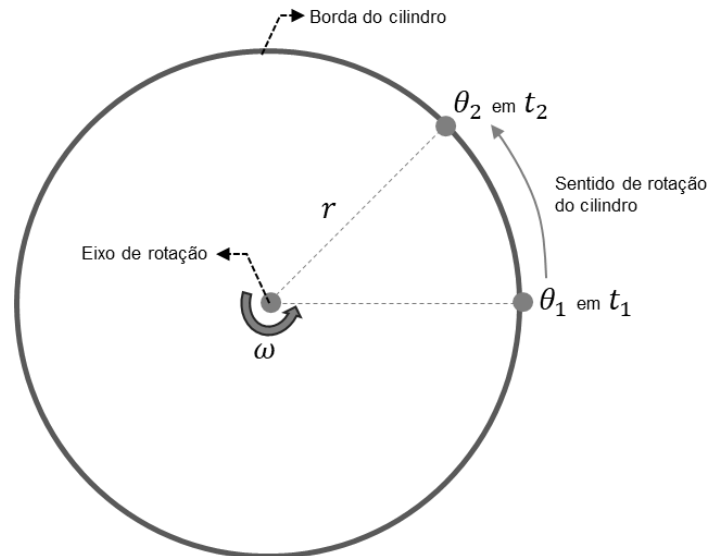


Fonte: adaptado de Halliday e Resnick, 2008.

Os mesmos autores destacam ainda que as unidades de velocidade angular mais usadas são o radiano por segundo (rad/s) e a revolução por segundo (rev/s). Outra medida usada em indústrias, tais como a fonográfica, é o RPM, que seria o mesmo que revoluções/rotações por minuto (HALLIDAY e RESNICK, 2008).

E ainda, em uma analogia com a Figura 5 e a Equação (1), apresenta-se a Figura 6 com uma representação do movimento circular desempenhado por um cilindro de tear circular.

Figura 6 – Vista superior do cilindro de tear com representação do movimento circular.

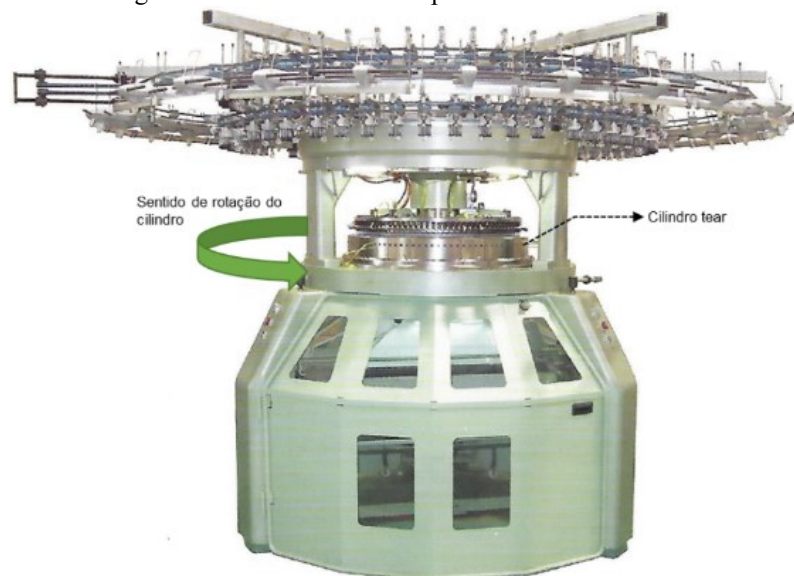


Fonte: Autoria própria, 2021.

Nota: r = raio do cilindro.

A Figura 7 exibe um exemplo de tear duplafrentura de configuração *interlock*, a qual indica a localização do cilindro da máquina e seu sentido de rotação.

Figura 7 – Tear circular de duplafrentura em *interlock*.



Fonte: adaptado de Fukuhara, 2021.

2.4 A VELOCIDADE LINEAR E SUA RELAÇÃO COM A VELOCIDADE ANGULAR

Ainda de acordo com a obra de Halliday e Resnick (2008), todas as partículas de um corpo rígido girando descrevem uma circunferência em torno do eixo de rotação. Como o corpo é rígido, todas as partículas têm a mesma velocidade angular ω , uma vez que todas elas completam uma rotação no mesmo intervalo de tempo. Dessa forma, quanto mais distante do eixo de rotação está uma partícula, maior é a circunferência que ela terá que percorrer e mais elevada será sua velocidade linear escalar V . Halliday e Resnick (2008) demonstram ainda que esse fenômeno pode ser percebido em um carrossel. Todos que estão em um carrossel giram com a mesma velocidade angular ω independentemente da distância a que se encontram do centro do eixo de rotação, mas a velocidade linear escalar V é nitidamente maior para os que se encontram na borda ou periferia do carrossel (HALLIDAY e RESNICK, 2008).

Seguindo o raciocínio, se uma reta de referência em um corpo rígido gira de um ângulo θ , um ponto no interior do corpo a uma distância r do eixo de rotação descreve um arco de circunferência de comprimento S , o qual é dado pela Equação (2):

$$S = \theta . r \quad (2)$$

Onde θ é medido em radianos.

Derivando a Equação (2) com r constante, obtém-se:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{d\theta}{dt} . r \quad (3)$$

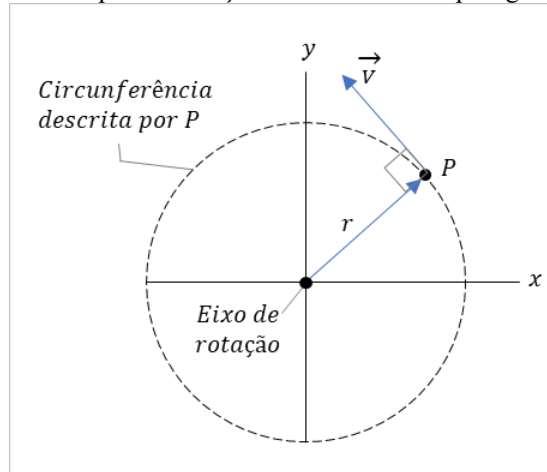
Vale ressaltar que dS/dt em (3) é a velocidade linear escalar (o módulo da velocidade linear) do ponto considerado, e $d\theta/dt$ é a velocidade angular ω do corpo em rotação (HALLIDAY E RESNICK, 2008).

Portanto:

$$V = \omega . r \quad (4)$$

De acordo com a Equação (4), como todos os pontos ou partículas do corpo rígido apresentam a mesma velocidade angular ω , os pontos com os maiores valores de r (mais distantes do eixo de rotação) apresentam velocidade linear escalar V superior. A Figura 8 mostra que a velocidade linear é sempre tangente à trajetória circular do ponto P considerado.

Figura 8 – Vista superior da seção transversal do corpo rígido em rotação.



Fonte: adaptado de Halliday e Resnick, 2008.

Se a velocidade angular do corpo é constante, a velocidade linear de qualquer ponto do corpo é inalterável ao longo do tempo, o que significa que os pontos do corpo rígido estão em movimento circular uniforme. Portanto, Halliday e Resnick (2008) trazem a expressão do período de revolução T de cada ponto e do corpo rígido como um todo, como sendo:

$$T = \frac{2\pi r}{V} \quad (5)$$

A Equação (5) divide a distância $2\pi r$ percorrida em uma revolução pela velocidade escalar observada (HALLIDAY e RESNICK, 2008). Nesta Equação, substituindo V por (4), obtém-se:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (6)$$

De (6) nota-se que o tempo de uma revolução é igual ao ângulo 2π rad equivalente a uma rotação dividido pela velocidade angular escalar com a qual o ângulo é percorrido (HALLIDAY e RESNICK, 2008).

2.5 CÁLCULO DE PRODUTIVIDADE EM TEARES CIRCULARES

De acordo com Spencer (2001), a velocidade de um tear circular pode ser expressa de três formas:

- a) Como “revoluções do tear por minuto (RPM)”: é somente relevante para um tear com diâmetro específico. Um tear com maior diâmetro opera com menos revoluções por minuto;
- b) Como “velocidade circunferencial em metros por segundo”: é constante para qualquer diâmetro de tear de um mesmo modelo e pode ser utilizado para calcular a velocidade em RPM para um diâmetro específico de tear.

De acordo com o exemplo verificado em Spencer (2001):

“...um tear de 30 polegadas de diâmetro opera com 40 RPM. Comprimento do círculo = $\pi \cdot d$, onde $\pi = 3,142$, e $d = 30$ polegadas. Então, $\pi \cdot d = 94,26$ polegadas, ou 239,4 cm (2,4m). Em um minuto o tear percorre 96 m (2,4m x 40 revoluções). A velocidade circunferencial do tear é de 1,6 m/s (96/60). De forma a converter a velocidade circunferencial para RPM, tem-se: 96m/min dividido por 2,4m = 40 RPM para um tear de 30 polegadas de diâmetro;”

- c) Como “fator de velocidade”: é uma constante obtida pela multiplicação entre a velocidade em RPM (por exemplo 30 RPM) e o diâmetro do tear em polegadas (por exemplo 30 polegadas), resultando em um fato de velocidade de 900 (pol.RPM). Como pode ser notado, a velocidade em RPM e o diâmetro são inversamente proporcionais: quando o diâmetro do tear é maior, a velocidade em RPM é menor.

A partir da velocidade do tear, Spencer (2001) traz ainda uma expressão para calcular a produção P realizada por um tear de malharia circular, em cursos/carreiras por hora, como sendo:

$$P \left(\frac{\text{cursos}}{\text{hora}} \right) = \frac{\omega \text{ (RPM)} \times \varepsilon \text{ (\%)} \times n \times 60 \text{ min}}{100} \quad (7)$$

Onde:

ω = velocidade angular

ε = eficiência

n = número de alimentadores

Curso/carreira é a malha formada pelo fio de um alimentador em uma rotação do tear, ou seja, uma fileira de malha. Quanto mais alimentadores em um tear, mais cursos se formam em uma revolução. Logicamente, quanto mais rápido rotacionar o cilindro do tear, mais cursos são formados em um mesmo intervalo de tempo. Portanto, de (7) destaca-se que, para mesma condição de eficiência, a produtividade de determinado tipo de malha depende de um fator que multiplica a velocidade do tear em RPM e o número de alimentadores. Quanto mais elevada a velocidade do tear e a quantidade de alimentadores, maior será sua produtividade. E ainda, a partir das relações apresentadas por Spencer (2001), para teares com a mesma quantidade de alimentadores, será mais produtivo o tear que tiver maior velocidade em RPM, desde que tenham o mesmo diâmetro.

Como forma de comparar o desempenho ou produtividade de dois teares diferentes, que operassem com a mesma eficiência, em um mesmo intervalo de tempo, é possível criar uma relação entre o desempenho de ambos, como segue:

$$P_{m\acute{a}x. TEAR 1} \left(\frac{cursos}{hora} \right) = \omega_{m\acute{a}x. TEAR 1} (RPM) \times \frac{\varepsilon (\%)}{100} \times n_{TEAR 1} \times 60 \text{ min} \quad (8)$$

$$P_{m\acute{a}x. TEAR 2} \left(\frac{cursos}{hora} \right) = \omega_{m\acute{a}x. TEAR 2} (RPM) \times \frac{\varepsilon (\%)}{100} \times n_{TEAR 2} \times 60 \text{ min} \quad (9)$$

Onde:

$P_{m\acute{a}x.}$ = produção máxima

$\omega_{m\acute{a}x.}$ = velocidade angular máxima

Considerando-se $\Delta P_{TEAR1/TEAR2}$ (em %) como a diferença de desempenho ou produtividade do TEAR 1 em relação ao TEAR 2, tem-se:

$$P_{\text{máx. TEAR } 1} = \left(1 + \frac{\Delta P_{\text{TEAR } 1/\text{TEAR } 2}}{100}\right) \cdot P_{\text{máx. TEAR } 2} \quad (10)$$

$$\left(1 + \frac{\Delta P_{\text{TEAR } 1/\text{TEAR } 2}}{100}\right) = \frac{P_{\text{máx. TEAR } 1}}{P_{\text{máx. TEAR } 2}} \quad (11)$$

$$\left(1 + \frac{\Delta P_{\text{TEAR } 1/\text{TEAR } 2}}{100}\right) = \frac{\omega_{\text{máx. TEAR } 1} (\text{RPM}) \times \frac{\varepsilon (\%) }{100} \times n_{\text{TEAR } 1} \times 60 \text{ min}}{\omega_{\text{máx. TEAR } 2} (\text{RPM}) \times \frac{\varepsilon (\%) }{100} \times n_{\text{TEAR } 2} \times 60 \text{ min}} \quad (12)$$

$$\left(1 + \frac{\Delta P_{\text{TEAR } 1/\text{TEAR } 2}}{100}\right) = \frac{\omega_{\text{máx. TEAR } 1} (\text{RPM}) \times n_{\text{TEAR } 1}}{\omega_{\text{máx. TEAR } 2} (\text{RPM}) \times n_{\text{TEAR } 2}} \quad (13)$$

Para o caso de uma comparação com teares de mesmo diâmetro e raio do cilindro, e considerando-se a Equação (4):

$$\left(1 + \frac{\Delta P_{\text{TEAR } 1/\text{TEAR } 2}}{100}\right) = \frac{\frac{V_{\text{máx. TEAR } 1} (\text{m/s})}{r (\text{m})} \times \frac{60}{2\pi} \times n_{\text{TEAR } 1}}{\frac{V_{\text{máx. TEAR } 2} (\text{m/s})}{r (\text{m})} \times \frac{60}{2\pi} \times n_{\text{TEAR } 2}} \quad (14)$$

$$\left(1 + \frac{\Delta P_{\text{TEAR } 1/\text{TEAR } 2}}{100}\right) = \frac{V_{\text{máx. TEAR } 1} (\text{m/s}) \times n_{\text{TEAR } 1}}{V_{\text{máx. TEAR } 2} (\text{m/s}) \times n_{\text{TEAR } 2}} \quad (15)$$

$$\Delta P_{\text{TEAR } 1/\text{TEAR } 2} = \left(\frac{V_{\text{máx. TEAR } 1} (\text{m/s}) \times n_{\text{TEAR } 1}}{V_{\text{máx. TEAR } 2} (\text{m/s}) \times n_{\text{TEAR } 2}} - 1\right) \times 100 \quad (16)$$

Onde:

$V_{\text{máx.}}$ = velocidade circunferencial máxima

Portanto, a diferença de produtividade ou desempenho ΔP entre dois teares de mesmo diâmetro pode ser expressa pela Equação (16), ficando evidente a influência do número de alimentadores e da velocidade linear escalar (ou circunferencial) de cada tear.

2.6 CONVERSÃO DE FATOR DE VELOCIDADE PARA VELOCIDADE LINEAR ESCALAR

Fator de velocidade é uma propriedade mecânica de tear circular utilizada por fabricantes de teares como Fukuhara®, do Japão. A partir do conceito apresentado por Spencer (2001), nota-se que essa propriedade pode ser uma forma de mensurar a velocidade linear na periferia do cilindro de um tear circular, que associa a velocidade angular do cilindro em RPM e o seu diâmetro em polegadas. Uma vez que os catálogos de fabricantes de teares costumam apresentar velocidades em RPM e medidas de diâmetro em polegadas, pode ser conveniente utilizar o fator de velocidade como forma de calcular a velocidade linear sem conversão de unidades para metro por segundo ou radianos por segundo, por exemplo.

Dessa forma, a partir do conceito de fator de velocidade de Spencer (2001), o fator de velocidade para os teares circulares obedece a seguinte relação:

$$\text{Fator de velocidade (pol.RPM)} = \omega' \cdot \emptyset \quad (17)$$

Onde:

ω' = velocidade angular em *RPM*;

\emptyset = diâmetro em " (polegada);

Considerando a expressão (4):

$$V = \omega \cdot r$$

Onde:

V = velocidade linear em *m/s* (metro por segundo);

ω = velocidade angular em *rad/s* (radiano por segundo);

r = raio em *m* (metro);

E convertendo, portanto, todas as unidades de (17) para o sistema internacional, tem-se:

$$\omega = \omega' \frac{2\pi}{60} = \frac{\pi}{30} \omega' \frac{rad}{s} \quad (18)$$

$$r = \frac{\emptyset}{2} \cdot 0,0254 = 0,0127 \cdot \emptyset \text{ m} \quad (19)$$

Substituindo (18) e (19) em (4):

$$V = \frac{\pi}{30} \omega' \cdot 0,0127 \cdot \emptyset = \frac{0,00127 \pi}{3} \omega' \cdot \emptyset \quad (20)$$

Substituindo (17) em (20), tem-se:

$$V = \frac{0,00127 \pi}{3} \cdot \text{Fator de velocidade} \quad (21)$$

Portanto, a partir de um dado fator de velocidade (pol x RPM) fornecido por qualquer fabricante de tear, pode-se facilmente converter essa propriedade para velocidade linear (em m/s), conforme Equação (21).

Vale ressaltar ainda que, como forma de padronizar os termos do presente trabalho e formalizar as análises mecânicas, serão convertidos os termos apresentados por Spencer (2001) e Halliday e Resnick (2008) em nomenclaturas específicas para o caso dos teares circulares. A denominada “velocidade linear” de Halliday e Resnick (2008), indicada na periferia da circunferência da Figura 8, é chamada por Spencer (2001) de “velocidade circunferencial”. Nota-se, porém, que para ambas as literaturas a definição física é idêntica, como na expressão (4). Determinados fabricantes de teares chamam ainda a velocidade linear na borda do cilindro como “velocidade periférica”. Portanto, para os efeitos do presente estudo, a “velocidade linear” é considerada sinônimo de “velocidade circunferencial” e de “velocidade periférica”.

2.7 EFICIÊNCIA TÉCNICA E TEORIA DA PRODUÇÃO

A fundamentação teórica a seguir compreende os conceitos de eficiência em sistemas produtivos, bem como os modelos de medição de eficiência, onde a Análise Envoltória de Dados está inclusa. São apresentadas também técnicas estatísticas para levantamento de hipóteses acerca dos escores obtidos com modelos DEA.

A teoria da produção abordada por Vasconcellos e Garcia (2008) investiga a relação técnica e tecnológica entre a quantidade física de produtos (*outputs*) e de fatores de produção (*inputs*). A expressão a seguir relaciona *outputs* e *inputs*, servindo de conceito de produtividade (*PR*):

$$PR = \frac{\text{Produção}}{\text{Insumos}} \quad (22)$$

Vale ressaltar que o conceito de produção faz referência não somente a bens tangíveis, como também a serviços e métodos. O conceito de produtividade considera que o insumo esteja sendo utilizado de uma forma adequada, sem desperdícios e excessos.

Pindyck e Rubinfeld (2010) apresentam uma função de produção, como uma relação que elucida o que foi obtido em um determinado período em termos de quantidade real de produto a partir da quantidade real utilizada dos fatores de produção:

$$q = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (23)$$

No caso simples de posse de um insumo e um produto, a produtividade pode ser descrita por um quociente entre esses fatores:

$$PR = \frac{x}{y} \quad (24)$$

Essa relação, porém, se torna mais complexa nos casos em que mais de um produto e mais de um insumo são utilizados na medida da produtividade, definida agora como Produtividade Total dos Fatores (TFP). Segundo Coelli *et al.* (2005), essa medida multidimensional pode ser definida como a proporção de produção total em relação às proporções de insumos utilizados:

$$PR = \frac{\sum_{j=1}^m p_j y_j}{\sum_{i=1}^n q_i x_i} \quad (25)$$

Sendo y_j a quantidade de j -ésimo produto, com $j=1, 2, \dots, m$ e x_i indica a quantidade do i -ésimo insumo utilizado no processo de transformação, com $i = 1, 2, \dots, n$. Os pesos p_j e q_i são coeficientes técnicos atribuídos pela tecnologia utilizada no processo de transformação de insumos em produtos.

Ferreira e Gomes (2009) mencionam que o conceito de eficiência técnica é uma relação entre a produtividade atingida pelo agente transformador e a produtividade ótima que pode ser alcançada (produção com menor utilização possível de insumos). Assim, novamente para o caso de um único produto e insumo, tem-se:

$$ET = \frac{\frac{y_1}{x_1}}{\frac{y_1^*}{x_1}} = \frac{PR_1}{PR_1^*} \quad (26)$$

Denomina-se y_1^* como a produção máxima possível, por meio do emprego otimizado do insumo x_1 , definindo-se o conceito de produtividade máxima, representado por PR_1^* . O número 1 refere-se a um agente transformador qualquer em questão.

Para uma quantidade n de insumos e m de produtos, tem-se o modelo:

$$ET = \frac{\frac{\sum_{j=1}^m p_j y_j}{\sum_{j=1}^m p_j y_j^*}}{\frac{\sum_{i=1}^n q_i x_i}{\sum_{i=1}^n q_i x_i}} = \frac{PR}{PR^*} \quad (27)$$

Coelli *et al.* (2005) destacam alguns dos principais métodos para avaliação de eficiência:

- a) Mínimos Quadrados (*least-squares* – LS): modelos econométricos de produção;
- b) Índices de Produtividade Total dos Fatores (Tomqvist/Fisher);

- c) Análise Envoltória de Dados (DEA);
- d) Fronteira de Produção Estocástica (*Stochastic Frontiers* – SF).

Coelli *et al.* (2005) também observam que os dois primeiros métodos partem do princípio que todas as empresas operam eficientemente, o que pode ser um equívoco. Os dois últimos são aplicados a amostras, o que permite medidas de eficiência técnica relativa, não considerando também que as unidades de análise sejam todas tecnicamente eficientes. Como destacado previamente, o presente trabalho será embasado na Análise Envoltória de Dados e seus modelos.

2.8 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

A Análise Envoltória de Dados foi proposta inicialmente no artigo *Measuring the Efficiency of Making Units* de Charnes, Cooper e Rhodes (1978) sendo válida somente para modelos com retornos de escala constantes. Posteriormente Banker *et al.* (1984) trouxeram melhorias que permitiram a aplicação do modelo em situações de escala variáveis. O DEA passou a ser então um meio versátil para avaliação de eficiência de processos, surgindo ao longo do tempo outras propostas e extensões do modelo (FRIES, 2013).

Fries (2013) evidencia que a Análise Envoltória de Dados é aplicada em diferentes setores, sejam eles empresas privadas ou públicas, com ou sem fins lucrativos. Nessa análise, as organizações e atividades são denominadas unidades tomadoras de decisões (DMUs), as quais consistem em instituições que operam num setor econômico, produzindo bens e/ou serviços e têm sua eficiência produtiva medidas empiricamente (FRIES, 2013).

Sendo mais específico, Wei (2011) define Análise Envoltória de Dados como uma abordagem de programação matemática para fornecer uma avaliação entre as eficiências de um conjunto de DMUs que possuem um número múltiplo de insumos e produtos. A DEA pode, então, separar as unidades operacionais eficientes do ineficiente por meio da fronteira eficiente que é gerada pelas melhores unidades no conjunto de DMUs (WÖBER, 2007). Cooper *et al.* (2007) definem as melhores unidades como sendo *Benchmarking* na orientação de medidas gerenciais e melhorias em eficiência das DMUs avaliadas.

Souza (2012) sugere que a aplicação do método deve passar por três fases no estudo de medida da eficiência:

- a) definição e seleção das DMUs para análise;

- b) determinação dos fatores, das variáveis *inputs* (entradas) e *outputs* (saídas) que são relevantes e adequados para avaliar a eficiência relativa das DMUs selecionadas;
- c) simulações e análise dos resultados.

2.8.1 Modelos para Análise Envoltória de Dados

O modelo básico DEA calcula eficiência das DMUs por meio da soma ponderada dos *outputs* dividida pela soma ponderada dos *inputs*, sem determinação inicial de pesos destes fatores. Cada DMU é responsável por estabelecer seu plano de produção, que é o conjunto de pesos para os *inputs* e *outputs* que ela considera apropriada para maximizar sua produtividade (COOPER *et al.*, 2007).

Para uma dada DMU o de um conjunto de n unidades de produção usando tecnologia similar com r *inputs* X e s *outputs* Y , o objetivo é determinar o conjunto de pesos v_i ($i = 1, \dots, r$), e u_j ($j = 1, \dots, s$), que maximiza a relação entre seus *outputs* e *inputs* ponderados, sujeito à restrição de que para cada DMU do conjunto a ser analisado, a soma ponderada dos seus *outputs* seja limitada pela soma ponderada de seus *inputs*, ou seja:

Modelo 1:

$$\max_{u,v} \quad e_0 = \frac{\sum_{j=1}^s u_j Y_{jo}}{\sum_{i=1}^r v_i X_{io}} \quad \text{sujeito a} \quad \frac{\sum_{j=1}^s u_j Y_{jm}}{\sum_{i=1}^r v_i X_{im}} \leq 1; m=1, \dots, n \quad (28)$$

e as restrições usuais de não-negatividade para as variáveis u e v .

Assume-se que o denominador das equações do Modelo 1 tenha pelo menos uma componente com peso e quantidade relativa a pelo menos um *input* estritamente positivo.

O denominador da função objetivo do problema de otimização do Modelo 1 pode ser limitado a 1 de maneira que o mesmo possa ser transformado em um problema de Programação Linear:

Modelo 2:

$$\begin{aligned}
 \max_{u,v} e_0 &= \sum_{j=1}^s u_j Y_{jo} & (29) \\
 \text{sujeito a: } & \sum_{i=1}^r v_i X_{io} = 1 \\
 & \sum_{j=1}^s u_j Y_{jm} \leq \sum_{i=1}^r v_i X_{im} \quad m = 1, \dots, n \\
 & v_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, r \\
 & u_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, s
 \end{aligned}$$

Este problema de Programação Linear é referido na literatura como modelo de retornos constantes de escala (*CRS – Constant Return of Scale*) (COOPER, SEIFORD e TONE, 2007; LOVELL, 1993). As DMUs com $e_m = 1$ estão operando com planos de produção na fronteira de eficiência. Valores de $e_m < 1$ indicam que as DMUs estão operando fora dessa fronteira e são ineficientes quando comparadas com as primeiras.

O Modelo 2 é orientado a *input*, considerando o menor consumo possível de *input* para um dado nível de produção de *output*.

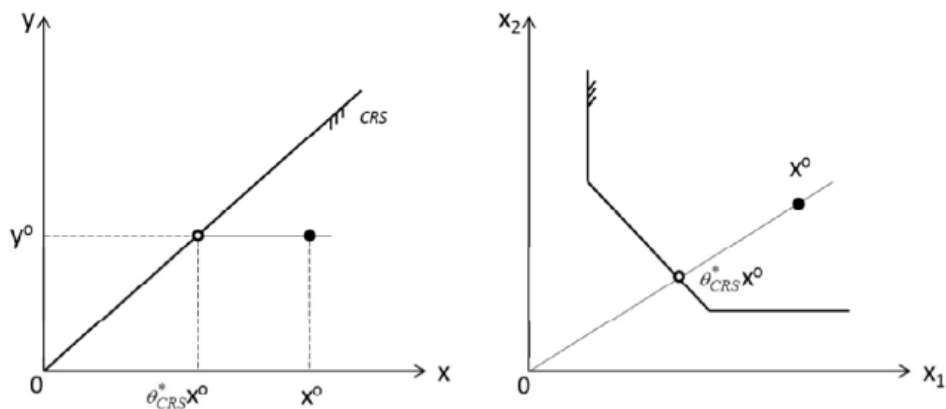
Para um número combinado de insumos e produtos menor que o número de DMUs observadas, é preferível computacionalmente resolver o dual do Modelo 2 (NORMAN e STOKER, 1991):

Modelo 3:

$$\begin{aligned}
 \min_{\theta_{CRS}, \lambda} \theta_{CRS} & & (30) \\
 \text{sujeito a: } & \sum_{m=1}^n \lambda_m X_{im} \leq \theta_{CRS} X_{io} \quad i = 1, \dots, r \\
 & \sum_{m=1}^n \lambda_m Y_{jm} \geq Y_{jo} \quad j = 1, \dots, s \\
 & \lambda_m \geq 0 \quad m = 1, \dots, n
 \end{aligned}$$

A solução do Modelo 3 provê o escalar θ_{CRS}^* , o qual corresponde ao menor multiplicador das quantidades de insumos da DMU o , que projeta esta unidade na fronteira de eficiência pelos decréscimos nos valores das quantidades de insumo (FERREIRA e GOMES, 2009), e mantendo constante a proporção de insumos empregada por ela. Na Figura 9 é mostrada a projeção do plano de produção da DMU o sobre a fronteira gerada pelo modelo CRS considerando um único insumo e a projeção de X^o em $\theta_{CRS}^* X^o$, no espaço gerado pelo conjunto de dois insumos (X_1 e X_2). O índice de eficiência obtido com o modelo CRS é chamado por Cooper *et al.* (2007) de “eficiência técnica global” (*global technical efficiency*).

Figura 9 – Medida de eficiência técnica, modelo CRS, *input* orientado.



Fonte: Färe, Grosskopf e Lovell, 1994.

A adição da restrição de convexidade $\sum_{m=1}^n \lambda_m = 1$ ao modelo de programação matemática (Modelo 3) restringe a região de soluções viáveis do modelo CRS às combinações convexas geradas pelos planos de produção das DMUs observadas. Este modelo foi sugerido por Banker, Charnes e Cooper (1984) e introduz o conceito de retornos variáveis de escala (*VRS – Variable Return of Scale*) à análise envoltória de dados, que melhor representa a realidade de sistemas de produção. A eficiência obtida por meio do modelo VRS também é denominada por Cooper *et al.* (2007) de “eficiência técnica pura local” (*local pure technical Efficiency*) e a formulação do modelo é dada por:

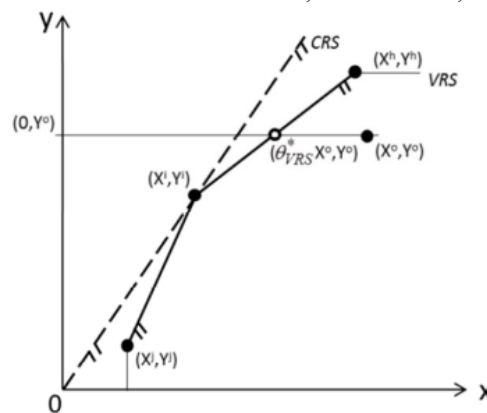
Modelo 4:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\theta_{VRS}, \lambda} \theta_{VRS} & (31) \\
 & \text{sujeito a: } \sum_{m=1}^n \lambda_m X_{im} \leq \theta_{VRS} X_{io} \quad i = 1, \dots, r \\
 & \sum_{m=1}^n \lambda_m Y_{jm} \geq Y_{jo} \quad j = 1, \dots, s \\
 & \sum_{m=1}^n \lambda_m = 1 \\
 & \lambda_m \geq 0 \quad m = 1, \dots, n
 \end{aligned}$$

A Figura 10 ilustra a medida de eficiência técnica sob a condição de retornos variáveis de escala para um processo de transformação de um insumo em um produto. A fronteira de eficiência é definida pelos planos de produção (X^h, Y^h) , (X^i, Y^i) e (X^j, Y^j) . Para a DMU o , a eficiência técnica relativa ao modelo VRS, θ_{VRS}^* , com orientação para *input*, é definida pela relação das distâncias entre os pontos $(0, Y^o)$ e $(\theta_{VRS}^* X^o, Y^o)$ e entre os pontos $(0, Y^o)$ e (X^o, Y^o) (COOPER *et al.*, 2007).

O ponto $(\theta_{VRS}^* X^o, Y^o)$ representa a máxima retração possível de insumo que pode ser aplicada à DMU o , tal que esta seja eficiente tecnicamente sob condições de retornos variáveis de escala.

Figura 10 – Medida de eficiência técnica, modelo VRS, *input* orientado.



Fonte: Cooper, Seiford e Tone, 2007.

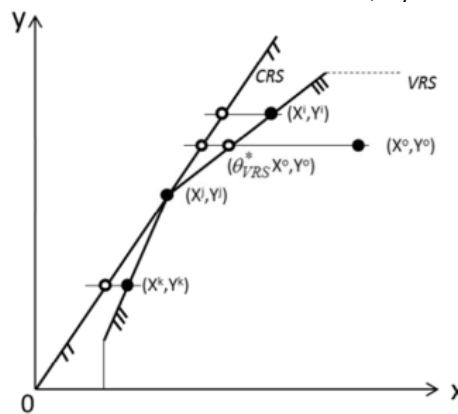
A combinação das medidas de eficiência técnica obtidos com os modelos CRS e VRS pode indicar a existência de ineficiência de escala na operação das DMUs, definida por

Cooper, Seiford e Tone (2007) como sendo a relação entre as respectivas eficiências técnicas CRS e VRS:

$$ESC = \frac{\theta_{CRS}^*}{\theta_{VRS}^*} \quad (32)$$

Como $\theta_{CRS}^* \leq \theta_{VRS}^*$, qualquer DMU com $\theta_{CRS}^* = 1$ opera na escala mais produtiva possível e, portanto, a eficiência de escala é $ESC = 1$. Na Figura 11 as DMUs i e k apresentam $\theta_{CRS}^* < \theta_{VRS}^*$ e, portanto, têm eficiências de escala idênticas às respectivas eficiências técnicas CRS.

Figura 11 – Medida de eficiência de escala, *input* orientado.



Fonte: Färe, Grosskopf e Lovell, 1994.

Extensões da abordagem DEA permitem determinar a natureza da escala de operações, crescente ou decrescente. Retornos crescentes de escala decorrem da operação com produtividade média crescente, que geralmente tende a atingir um patamar de máxima produtividade média e, a partir da qual, os retornos passam a ser decrescentes com o incremento da escala das operações.

O modelo de retornos não decrescentes de escala (*IRS – Increasing Returns-to-Scale*) pode ser formulado substituindo-se a Equação $\sum_{m=1}^n \lambda_m = 1$ do Modelo 4 por $\sum_{m=1}^n \lambda_m \geq 1$ (FERREIRA e GOMES, 2009), resultando na formulação que segue:

Modelo 5:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\theta_{IRS}, \lambda} \theta_{IRS} & (33) \\
 \text{sujeito a: } & \sum_{m=1}^n \lambda_m X_{im} \leq \theta_{IRS} X_{io} & i = 1, \dots, r \\
 & \sum_{m=1}^n \lambda_m Y_{jm} \geq Y_{jo} & j = 1, \dots, s \\
 & \sum_{m=1}^n \lambda_m \geq 1 & m = 1, \dots, n
 \end{aligned}$$

O modelo IRS impede a redução da escala das DMUs, mas permite expandi-la ao infinito, enfatizando o foco nas medidas de eficiência de escala de DMUs de pequeno porte. De forma contrária, retornos não crescentes de escala (*DRS – Decreasing Returns-to-Scale*) podem ser modelados substituindo-se a Equação $\sum_{m=1}^n \lambda_m = 1$ do Modelo 4 pela restrição $\sum_{m=1}^n \lambda_m \leq 1$ (FERREIRA e GOMES, 2009), resultando em:

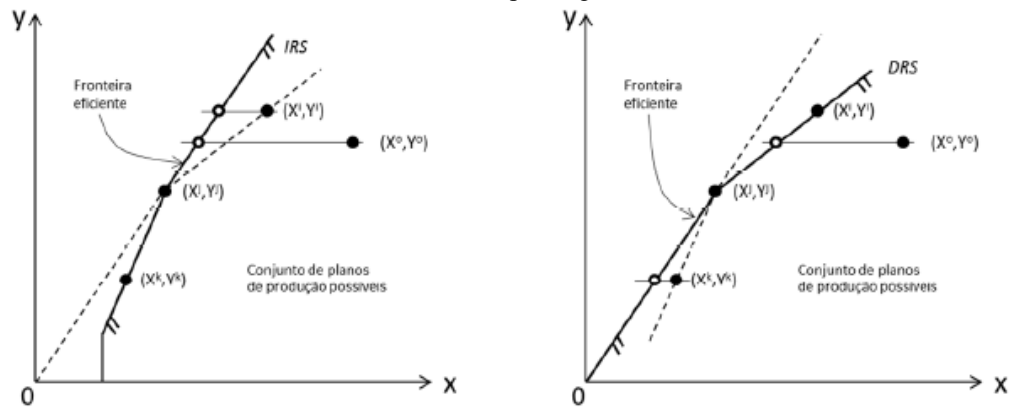
Modelo 6:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\theta_{DRS}, \lambda} \theta_{DRS} & (34) \\
 \text{sujeito a: } & \sum_{m=1}^n \lambda_m X_{im} \leq \theta_{DRS} X_{io} & i = 1, \dots, r \\
 & \sum_{m=1}^n \lambda_m Y_{jm} \geq Y_{jo} & j = 1, \dots, s \\
 & \sum_{m=1}^n \lambda_m \leq 1 & m = 1, \dots, n
 \end{aligned}$$

Diferentemente do modelo CRS, o modelo DRS impede a expansão da escala ao infinito enquanto retornos de escala variáveis para baixo são permitidos, enfatizando o foco nas medidas de eficiência de escala de DMUs de grande porte, quando retornos de escala são decrescentes (COOPER *et al.*, 2007).

A Figura 12 mostra as fronteiras de eficiência e conjuntos de planos de produção possíveis para os modelos IRS e DRS, respectivamente.

Figura 12 – Medidas de eficiência para retornos não decrescentes (IRS) e não crescentes (DRS) de escala, orientados para *input*.



Fonte: Fries, 2013.

Para determinar a natureza da escala de uma DMU qualquer, comparam-se as eficiências obtidas com os modelos VRS, IRS e DRS.

Se os coeficientes de eficiência técnica VRS e IRS forem iguais, então a DMU opera numa escala com retornos crescentes. Caso sejam distintos, então a DMU opera numa escala com retornos decrescentes.

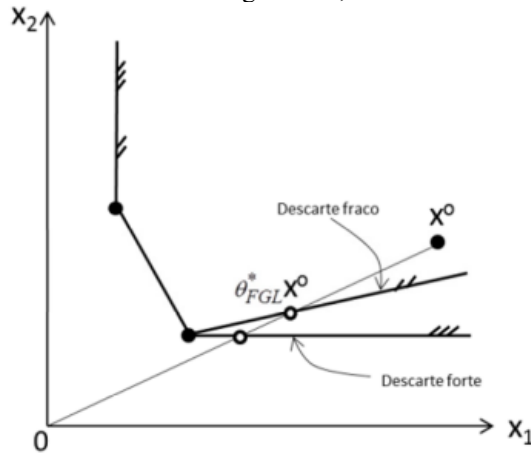
Uma análise similar pode ser realizada partindo da comparação de coeficientes de eficiência técnica VRS e DRS. Se forem os mesmos, então a DMU em questão apresenta retornos decrescentes de escala. Caso os coeficientes sejam diferentes, então a DMU opera com retornos crescentes de escala. Nesse caso, medidas gerenciais que indiquem aumento do porte da DMU, com o incremento nos *inputs* nas mesmas proporções utilizadas, devem permitir aumento de sua eficiência técnica CRS.

Färe, Grosskopf e Lovell (1994) propuseram uma extensão ao modelo VRS que permite decompor a medida de eficiência técnica derivada do modelo VRS nas componentes gerencial e congestionamento. A congestão de insumo é identificada quando quantidades adicionais de insumo fazem com que a produção decresça. O modelo proposto incorpora o conceito de descarte fraco de insumos ao modelo VRS. Descarte é uma característica de um processo que regula as possibilidades de uma DMU armazenar ou desfazer-se de insumos ou produtos sem interferir na operação produtiva, e podem ser fortes ou fracos. Os modelos DEA apresentados anteriormente pressupõem descarte forte de insumos, que se verifica quando se

pode aumentar o *input* sem haver redução do *output*. O descarte fraco de insumo é identificado quando há custo produtivo para aumentar o consumo de um *input*.

A Figura 13 ilustra o conceito de descarte de um processo produtivo de dois insumos X_1 e X_2 . Os descartes forte e fraco de insumo estão indicados pelas duas envoltórias do conjunto de planos de produção possíveis. O descarte forte de insumo é exibido quando (X^0, Y^0) for um plano viável e implicar que o plano (X, Y^0) também é viável para todo e qualquer $X \geq X^0$. O descarte fraco de insumo é exibido quando (X^0, Y^0) for um plano viável e implicar que o plano $(\theta X^0, Y^0)$ também é viável para todo $\theta \leq 1$.

Figura 13 – Medida de eficiência gerencial, modelo orientado para *input*.



Fonte: Färe, Grosskopf e Lovell, 1994.

O modelo *input* orientado de avaliação da eficiência técnica com descarte fraco para insumo, denominado de FGL, tem relaxadas as restrições de descarte forte dos *inputs* no modelo original VRS, resultando no seguinte problema de programação linear (FÄRE *et al.*, 1994):

Modelo 7:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\theta_{FGL}, \lambda} \theta_{FGL} & (35) \\
 & \text{sujeito a } \sum_{m=1}^n \lambda_m X_{im} \leq \theta_{FGL} X_{io} & i = 1, \dots, r \\
 & \sum_{m=1}^n \lambda_m Y_{jm} \geq Y_{jo} & j = 1, \dots, s \\
 & \sum_{m=1}^n \lambda_m = 1 \\
 & \lambda_m \geq 0 & m = 1, \dots, n
 \end{aligned}$$

A solução do Modelo 7 permite identificar parcelas da eficiência técnica decorrente da gestão inadequada (eficiência gerencial) e do congestionamento de insumos. Färe *et al.* (1994) definem a medida de congestão nos insumos, θ_{CON}^* , como sendo:

$$\theta_{CON}^* = \frac{\theta_{VRS}^*}{\theta_{FGL}^*} \quad (36)$$

Congestionamento de *inputs* é detectado para $\theta_{CON} < 1$, quando $\theta_{VRS}^* \neq \theta_{FGL}^*$. Nos casos em que o congestionamento é detectado, é possível identificar suas razões por meio do relaxamento parcial das restrições de insumos que se supõe serem as causas do congestionamento.

2.8.2 Técnicas estatísticas para seleção das variáveis *input* e *output*

Ferreira e Gomes (2009) destacam o processo de seleção de variáveis utilizadas como *inputs* e *outputs* para os cálculos dos escores de eficiência das DMUs como de fundamental importância na utilização de modelos DEA.

Um dos passos cruciais do processo de seleção de variáveis é a redução de dimensionalidade dos dados. O objetivo da mencionada redução é remover variáveis redundantes do arquivo de dados, altamente correlacionadas, eventualmente substituindo todo o conjunto de dados por um número menor de variáveis não correlacionadas. A análise de

correlação e a Análise Fatorial com Extração de Fatores com Componentes Principais (ACP) são técnicas estatísticas comumente utilizadas no processo de redução (POSSAMAI, 2006; SOUZA, 2012; FRIES, 2013). A ACP forma um conjunto de fatores que sintetizam as informações disponíveis, por meio de combinações lineares das variáveis originais.

Johnson e Wichern (1982) definem as Componentes Principais (CP) de um conjunto X de n variáveis originais como um sistema ortogonal dado pelas combinações lineares não correlacionadas de X que retêm o maior conteúdo de informação de n observações das variáveis originais, com maior poder de esclarecer a variabilidade de dados da amostra. As variáveis originais são representadas como o produto dos escores t_i (*scores*) e carga fatorial p_i (*loading*).

Para cálculo desses pesos e escores, tem-se a relação:

$$X = t_1 p_1 + t_2 p_2 + \dots + t_n p_n \quad (37)$$

Fries (2013) destaca que apesar de o número de componentes ser o mesmo do número de variáveis originais, algumas componentes, ditas “principais”, são responsáveis por uma larga parcela do poder de explicação da variabilidade de dados da amostra. Pode-se, então, trocar as variáveis originais por essas componentes de maior representatividade, reduzindo-se, assim, o número de variáveis na análise.

A implementação da ACP em um conjunto de dados pode ser amparada por indicadores de testes de adequação, como o teste de esfericidade de Bartlett, por exemplo. O teste de Bartlett testa a hipótese de que a matriz de correlação é uma matriz de identidade, o que indicaria que as variáveis não estão relacionadas e, portanto, possivelmente inadequadas para realização da ACP. Valores do nível de significância (p-valor) menores do que 0,05 amparam, portanto, a execução da ACP na amostra (IBM, 2021).

Ferreira e Gomes (2009) estruturam e sugerem, portanto, seis passos na seleção de variáveis: 1) estudar detalhadamente a atividade em análise; 2) consultar especialista que deve indicar quais variáveis *input* e *output* são relevantes; 3) utilizar um número limitado de variáveis; 4) construir tabela de intercorrelações entre as variáveis no intuito de excluir variáveis redundantes que estejam fortemente correlacionadas com as demais; 5) utilizar modelos de medidas específicas ou modelos com variáveis não discricionárias e 6) proceder análise multivariada, como a ACP.

2.9 TÉCNICA DE MINERAÇÃO DE DADOS

A Mineração de Dados (*Data Mining*) é considerada frequentemente como sinônimo de *Knowledge Discovery in Databases* (KDD), Descoberta (ou Extração) de Conhecimento em Bases de Dados, no entanto, representa apenas uma etapa de um processo mais amplo (CASTANHEIRA, 2008). A Extração de Conhecimento em Base de Dados é o processo de identificação de padrões válidos, novos, potencialmente úteis e compreensíveis embutidos nos dados. Para isso, são utilizadas técnicas de diversas áreas do conhecimento, como estatística, matemática, bancos de dados, inteligência artificial, visualização de dados e reconhecimento de padrões (FAYYAD, 1996).

Para Rezende (2003), o processo de KDD é composto pelas seguintes etapas:

- a) identificação do problema;
- b) pré-processamento;
- c) extração de padrões;
- d) pós-processamento.

Na primeira etapa, identificação do problema, são determinados os objetivos e metas a serem alcançados no processo de *Data Mining*, por meio do estudo do domínio da aplicação. Em seguida, na etapa denominada pré-processamento, trata-se da limpeza dos dados e redução de volume, para que seja abrandado o tempo de processamento e a utilização de memória realizada pelos algoritmos de mineração. A extração de padrões é a fase de mineração de dados propriamente dita. Nesta fase é escolhida a tarefa e definido o algoritmo a ser utilizado, podendo ser executado continuamente, uma vez que esta etapa é um processo de iteração, para que haja a extração de padrões. O pós-processamento é o momento em que os conhecimentos são interpretados e utilizados em processos de tomada de decisão ou em sistemas (REZENDE, 2003).

A Árvore de Decisão é considerada uma forma simples de representação de relações existentes em um conjunto de dados, os quais são divididos em subgrupos, com base nos valores das variáveis consideradas. O resultado é uma hierarquia de declarações de causa e efeito que são utilizadas, principalmente, para classificação (BREIMAN *et al.*, 1984).

Uma Árvore de Decisão pode ser definida como um gráfico acíclico e direto que satisfaz às seguintes propriedades: 1) a hierarquia é denominada árvore e cada segmento é denominado nó; 2) há um nó, chamado raiz, que contém todo o banco de dados; 3) este nó contém dados que podem ser subdivididos dentro de outros sub-nós, chamados de nós filhos;

4) existe um único caminho entre o nó raiz e cada nó; 5) quando os dados do nó não podem ser mais subdivididos dentro de um outro subconjunto ele é considerado um nó terminal ou “folha” (PITOMBO *et al.*, 2011).

As Árvores de Decisão estão fundamentadas no paradigma *bottom-up*, que consiste na obtenção do modelo de classificação pela identificação de relacionamentos entre variáveis dependentes e independentes em bases de dados rotuladas. O classificador é induzido por mecanismos de generalização fundamentados em exemplos específicos (conjunto finito de objetos rotulados). Existem propostas também para dados não-rotulados (PITOMBO *et al.*, 2011).

O algoritmo usado para dividir os dados nos modelos de árvore visa identificar as variáveis independentes que fornecem máxima segregação dos dados segundo a variável dependente. Alguns dos algoritmos mais utilizados para criação de Árvores de Decisão são o C4.5 (QUILAN, 1993), CHAID (KASS, 1980) e CART (BREIMAN *et al.*, 1984).

2.10 ANÁLISE DE CUSTOS E PRECIFICAÇÃO

Para Bernardi (1996), antes das investigações acerca dos custos de uma indústria ou organização, faz-se necessário o entendimento de conceitos muitas vezes equivocadamente definidos: custos, despesas e gastos.

Gasto é tudo que uma determinada empresa desembolsa para atender às finalidades de administração, vendas, investimentos e até mesmo atividades de produção. No conceito de Bernardi (1996), portanto, os “custos”, “despesas” e “investimentos” são tipos de “gastos”.

Para o mencionado autor, custo é o gasto direcionado à produção de bens, inerentes à atividade de produzir. Despesa é o gasto inerente às atividades de venda e administração, as quais buscam à obtenção de receitas para o negócio. Quanto aos investimentos, são definidos como ativos de caráter permanente, que irão beneficiar períodos futuros de atividade da organização.

Conhecidos e classificados os gastos, procede-se com o tratamento dos custos e sua composição. Posteriormente, discute-se a formação de preços a partir dos custos de produção determinados.

2.10.1 Custo de Produção

De acordo com Bornia (2010), o cálculo dos custos dos produtos se dá por meio da divisão dos custos associados a cada produto pelas quantidades produzidas. É necessário classificar os custos entre diretos e indiretos, e absorvê-los nos produtos por meio de métodos específicos de custeio.

Para Bernardi (1996), a determinação do custo inerente à fabricação de produtos de uma indústria deve ser construída a partir de informações recebidas da fábrica e de sua contabilidade, como forma de executar o correto tratamento dos elementos de custo. São três elementos básicos que formam o custo de um produto: materiais diretos, mão-de-obra direta e custos indiretos de fabricação.

Os materiais diretos correspondem aos insumos necessários à composição física do produto, como as matérias-primas, embalagens ou outros materiais básicos. Bernardi (1996) destaca que os materiais diretos representam substancial parcela de desembolsos de uma empresa, influenciando decisivamente o capital de giro. Como notado pelos indicadores da CNI (2021) para o primeiro trimestre de 2021, a inflação no preço de matérias-primas da indústria impactou fortemente o capital de giro das empresas, dificultando a formação de níveis de estoque satisfatórios, bem como impactando o nível de lucratividade dos negócios.

Todos os gastos incorridos até que o material esteja à disposição da empresa fazem parte do custo dos materiais diretos. Mesmo que para Bornia (2010) o cálculo de matéria-prima não seja complexo, uma vez que apenas se multiplica a quantidade de matéria-prima utilizada no produto pelo preço pago por ela, deve-se considerar todas as particularidades do ramo de atividade e do porte da empresa, verificando-se ainda de quais impostos e tributos a empresa é contribuinte. Para determinadas formas de regime de apuração fiscal, a empresa pode ser contribuinte de impostos que geram créditos fiscais, os quais são recuperados contra os débitos gerados nas saídas e incluídos nos preços de venda (BERNARDI, 1996). Nota-se, portanto, a importância de se conhecer a contabilidade da empresa para interpretar corretamente os valores de custos de matéria-prima ou materiais diretos.

Com relação ao custo de mão-de-obra direta, ele é proveniente diretamente da operação e transformação do produto, sendo possível alocá-lo diretamente ao custo de produção de forma objetiva, por medições e controle específicos. São necessários, porém, sistemas de controle e rateio que possam apontar o tempo despendido por cada operador na transformação do produto.

O último item indicado como participante do custo de produção é o custo indireto de fabricação, que é composto por custos de materiais indiretos e mão-de-obra indireta. Segundo Bernardi (1996) e Bornia (2010), para que os custos indiretos sejam alocados ao produto, há necessidade de construção de robustos sistemas de rateio. Esses sistemas devem distribuir os custos indiretos concentrados nos departamentos ou centros de apoio para os departamentos ou centros produtivos.

Devido à complexidade de sistemas de rateio, tanto dos custos de mão-de-obra direta, quanto dos custos indiretos de produção, é possível inferir que empresas de pequeno porte possam ter maiores dificuldades no levantamento de informações de custos precisas. Bernardi (1996) e Bornia (2010) reforçam também que a implementação de um sistema de custos é um projeto que requer tempo, habilidade, experiência, persistência e sobretudo mudança de hábitos.

Complementando-se as discussões de custos de materiais diretos, vale mencionar que determinadas indústrias podem ainda terceirizar parte de seu processo produtivo, como é o caso de malharias que vendem rolos de malha acabada, ou seja, tingida e beneficiada, e não possuem processo interno de beneficiamento. Essas malharias encaminham lotes de malha para prestadores de serviço, geralmente tinturarias. Quando esses lotes retornam, deve-se valorizar cada unidade do estoque ao preço efetivamente pago para cada item especificamente determinado (FIPECAFI, 1995).

Nesse contexto, deve-se observar o valor dos serviços pagos em nota fiscal a esses prestadores de serviço, bem como, novamente, verificar se há algum crédito fiscal a ser considerado. Existem modalidades de prestação de serviço e atividades que não são contribuintes de Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual, Intermunicipal e de Comunicação (ICMS), por exemplo. Nestes casos, o custo do serviço prestado é idêntico ao valor da nota fiscal, acrescido de fretes e outros custos para colocar o produto à disposição da empresa contratante (BERNARDI, 1996).

2.10.2 Estratégia e formação do preço de venda

A decisão estratégica de formação de preços deve se basear em fatores e objetivos mercadológicos orientados em três princípios:

- a) maximização dos lucros;

- b) retorno do investimento;
- c) preço baseado nos custos.

A pressuposição básica da opção pela maximização dos lucros aplica-se, naturalmente, às indústrias de fins lucrativos. Elas buscam perpetuidade dos negócios de maneira saudável, na expectativa de aumentar seu patrimônio líquido e retornos futuros (BERNARDI, 1996).

O princípio de retorno do investimento parte do pressuposto de que é preciso adaptar os lucros pretendidos aos moldes do retorno desejado do capital empregado, que é dado em função de uma série de variáveis e índices financeiros.

Com relação ao princípio de estruturação de preços com base nos custos, Bernardi (1996) relata que essa é uma das formas mais utilizadas para construção de preços, em decorrência de sua praticidade e simplicidade. A formulação de preços baseados nos custos parte da aplicação de um índice divisor ou multiplicador sobre os custos dos produtos, conhecido como *Mark-up*. O *Mark-up* pode ser definido, então, como um índice ou percentual que deve ser adicionado aos custos, sendo estruturado conforme a incidência de impostos, despesas operacionais e lucro desejado na venda, observando-se interesses mercadológicos e financeiros.

O preço deve ser formado para cobrir todos os custos e despesas, de modo que o valor residual, após desconto de despesas variáveis de venda, propicie o retorno esperado. A seguir, na Tabela 4, exemplifica-se a montagem de um preço de venda de um artigo de malha fictício com base em índices *Mark-up*.

Tabela 4 – Determinação de preço de venda com índice *Mark-up* (R\$/kg).

			Custo do Produto	R\$5,00
Item <i>Mark-up</i>	Índice	Valor	Subtotal	
Impostos Federais	6,65%	R\$0,40	R\$5,40	
Impostos Estaduais	3,00%	R\$0,18	R\$5,58	
Comissões	2,00%	R\$0,12	R\$5,70	
Lucro	5,00%	R\$0,30	R\$6,00	
Preço de Venda	100,00%		R\$6,00	
			Multiplicador <i>Mark-up</i>	1,20
			Divisor <i>Mark-up</i>	0,83
Preço de venda =	multiplicador <i>Mark-up</i> x custo			
	1,20 x R\$5,00 = R\$6,00			
Preço de venda =	custo ÷ divisor <i>Mark-up</i>			
	R\$5,00 ÷ 0,83 = R\$6,00			

Fonte: adaptado de Bernardi, 1996.

2.11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da análise bibliométrica e revisão da literatura, identificou-se que a temática de pesquisa proposta no presente trabalho tem potencial inovador no âmbito da Engenharia Têxtil. Não apenas pelo fato de a área possuir ainda vastas oportunidades de exploração, mas também devido às novas demandas de estudos de eficiência e lucratividade de indústrias em período de pandemia, ou outras situações adversas, conforme exposto pela CNI (2021). As ferramentas de Análise Envoltória de Dados e Árvores de Decisão, em combinação com o estudo de parâmetros técnicos têxteis, podem ser fundamentais no atendimento dessas demandas, considerando-se o grande crescimento de aplicação nos últimos cinco anos, bem como a flexibilidade de utilização em diversas áreas do conhecimento. Mesmo em análises anteriores a 2016, como a de Linton, Walsh e Morabito (2002), percebe-se que o aprimoramento dos modelos tem possibilitado a representação de casos reais com resultados mais confiáveis e fidedignos.

Explanou-se também diversos conceitos e fundamentos de tecnologia têxtil. Analisou-se as diferentes abordagens para se mensurar a velocidade de operação de um tear circular, as quais são fundamentais para comparações de desempenho. Por meio da obra de Spencer (2001), verificou-se ainda que existem variáveis no processo de fabricação de tecidos de malha que apresentam comportamento específico ao tipo de estrutura do artigo, ou mesmo com o tear em que é produzido. A largura do rolo de malha fabricado depende diretamente do diâmetro do cilindro do tear utilizado, por exemplo. O número de agulhas por unidade de comprimento (na maioria das vezes polegada), a estrutura da malha, o tipo de fibra e o título do fio definem a gramatura.

Por meio dos conceitos de Bornia (2010) e Bernardi (1996) construiu-se os principais entendimentos sobre os temas de análise de custos e formação de preços. Verificou-se os princípios envolvendo a determinação de custos de produção e sua relação com a estratégia de precificação com índices *Mark-up*.

Dessa forma, analisada a interação entre critérios técnicos, parâmetros de custeio e escores de eficiência DEA de tecidos de malha circular, pretende-se nortear a gestão de portfólio desses tecidos, e ainda, identificar produtos ineficientes que necessitem de medidas gerenciais imediatas. Espera-se que os resultados obtidos no presente trabalho sejam replicáveis a outros fabricantes, pois, de acordo com revisão bibliográfica, mesmo que o portfólio de produtos seja completamente diferente de uma empresa para outra, o raciocínio

de análise utilizando DEA e Árvore de Decisão é aplicável em diversos portfólios, sejam eles de uma mesma indústria ou não. Donthu e Unal (2014) reforçam ainda que avaliações de produtos baseadas em DEA desencadearam uma série de oportunidades de aplicações práticas e pesquisa científica.

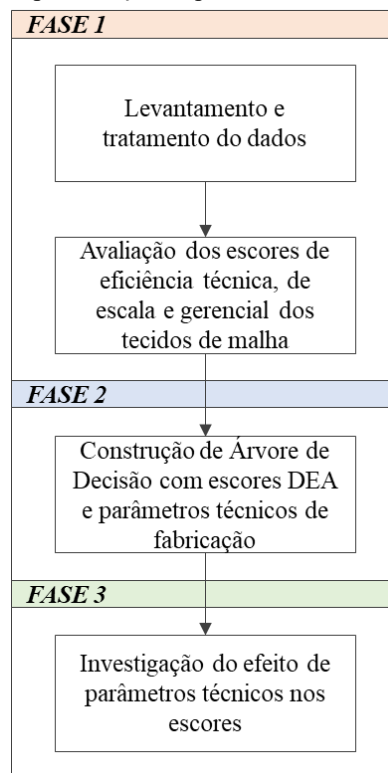
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Serão apresentados neste capítulo os métodos empregados para atender aos objetivos propostos na dissertação. Caracteriza-se, inicialmente, as etapas do trabalho segundo o tipo de pesquisa e, em seguida, descreve-se em detalhes os métodos e procedimentos adotados.

3.1 ROTEIRO METODOLÓGICO

O roteiro metodológico é composto por três fases bem definidas (Figura 14). A primeira fase compreende o levantamento e tratamento dos dados da amostra de malhas esportivas e a execução de modelos DEA para se avaliar os escores de eficiência técnica, de escala e gerencial. A segunda fase recorre à ferramenta de Árvore de Decisão, a qual constrói relações entre parâmetros técnicos de malharia com os escores previamente calculados. A terceira e última fase busca investigar as razões técnicas que determinam eventual efeito dos parâmetros analisados nos escores DEA.

Figura 14 – Representação esquemática das fases da pesquisa.



Fonte: Autoria própria, 2021.

A primeira fase pode ser caracterizada como de natureza exploratória. Segundo Gil (2008), as pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de construir uma visão geral e mais aproximada acerca de determinado fenômeno, e são usadas comumente como primeiro passo de um estudo mais amplo. As demais fases possuem natureza explicativa ou causal, de acordo com Forte (2004). Busca-se a identificação de relações entre fatores específicos e a ocorrência de determinados fenômenos. Sua execução envolve a determinação de variáveis dependentes e independentes, analisando-se suas interrelações, essencialmente por meio de modelos estatísticos e matemáticos. Na visão de Gil (2008), esse tipo de pesquisa é o mais complexo, em decorrência da necessidade de se construir constatações essencialmente fidedignas. No contexto da presente dissertação, avalia-se o efeito de variáveis técnicas e de custeio na gestão de portfólio de malhas esportivas.

3.2 LEVANTAMENTO E TRATAMENTO DOS DADOS

Todas as fontes de dados presentes no levantamento são primárias, oriundas de um fabricante de tecidos de malha do estado de Santa Catarina. São originárias de um sistema ERP, o qual tem cadastros completos de produtos com relação aos parâmetros têxteis e de custeio. Utilizou-se adicionalmente documentos e relatos que dizem respeito à organização contábil e fiscal da empresa fornecedora dos dados.

3.2.1 Caracterização da pessoa jurídica fornecedora dos dados

Segundo a Certidão Simplificada da empresa fornecedora das malhas na Junta Comercial do Estado de Santa Catarina e considerando-se a data base de 31 de março de 2021, apresenta-se a Tabela 5.

Tabela 5 – Descrição inicial da empresa estudada.

Informações	Especificação
Natureza jurídica	Sociedade Empresária Limitada
Data de fundação	12/04/2004
Objeto social	Fabricação de Tecidos de Malhas
Número de colaboradores	35
Área construída	3500 m ²

Fonte: Autoria própria, 2021.

Trata-se de uma fabricante de tecidos de malhas, com quase duas décadas de atividade no mercado brasileiro. A empresa adquire toda a matéria-prima por meio de fornecedores nacionais e internacionais. Não há processo interno de fiação ou beneficiamento de fios adquiridos. Nas Figura 15 são apresentados exemplos de como são condicionados e armazenados os lotes de fios, com os exemplos do poliéster (Figura 15a) e elastano (Figura 15b). Todos eles são condicionados em caixas, com massas que variam conforme tipo e fabricante.

Figura 15 – Exemplo de caixa de fios de poliéster (a) e elastano (b).

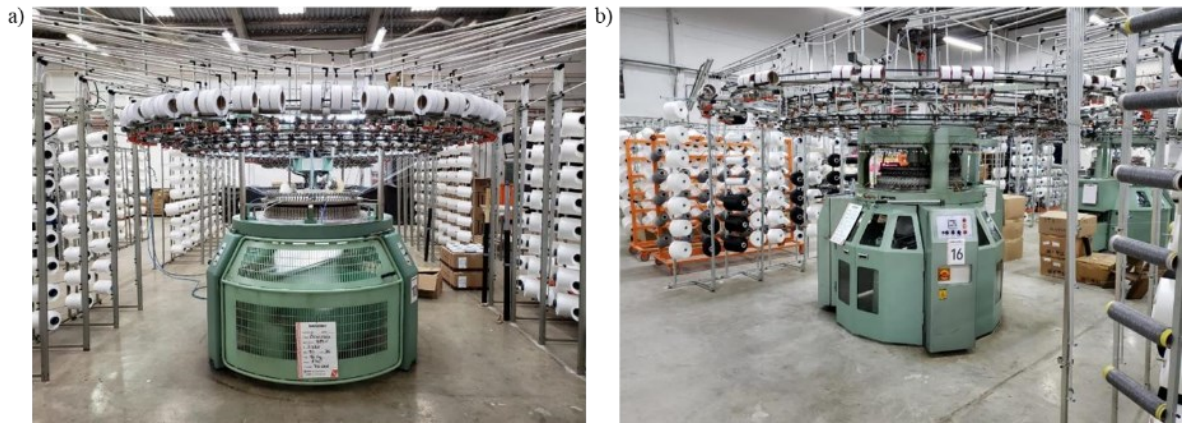


Fonte: Autoria própria, 2021.

Como exposto por Spencer (2001), em um processo de fabricação de tecidos de malha por trama, especialmente na malharia de teares circulares, os fios são dispostos nos alimentadores, com um conjunto de agulhas que tricotam os fios conforme configuração dos comes em seu cilindro. A Figura 16 traz exemplos de teares monofrontura (Figura 16a) e duplafrentura (Figura 16b) utilizados para fabricação dos produtos analisados.

A malha produzida nesta etapa do processo é denominada de malha crua para os efeitos do presente trabalho.

Figura 16 – Tear circular monofrontura (a) e duplafrentura (b).



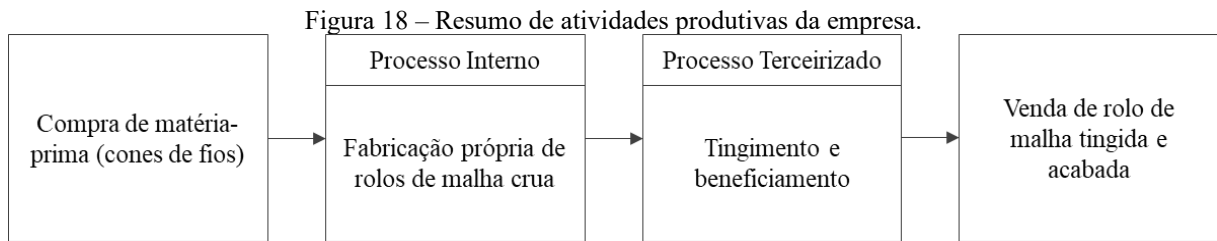
Fonte: Autoria própria, 2021.

Após processo de transformação do fio em malha crua, obtêm-se rolos prontos de malha, como demonstra o exemplo da Figura 17. Esses rolos apresentam, em geral, massa específica, devido à restrição para montagem de lotes mínimos de beneficiamento terceirizado. Com relação a esses processos terceirizados, em determinadas malharias circulares eles se fazem necessários tendo em vista que não são comercializados rolos de malha crua, e sim rolos de malha tingida e beneficiada. Para isso, é necessário contratar terceiros para tingir e beneficiar o produto semiacabado com as devidas cores e acabamentos. A Figura 18 sintetiza quais atividades são executadas pelo tipo de empresa analisada.

Figura 17 – Rolos de malha crua.



Fonte: Autoria própria, 2021.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Chama a atenção a quantidade de diferentes produtos no portfólio de produtos da empresa em questão. São 709 diferentes tecidos de malhas, fabricados em 11 teares monofrontura e em 5 de duplafrentura, dos quais um é do tipo semi-Jacquard. Também são utilizados mais de 50 tipos de fios, que variam em título, cor, composição e número de filamentos, provenientes principalmente das fibras de poliamida e poliéster, ou combinações delas com elastano, em decorrência da aplicabilidade no nicho *sportwear*, o qual é foco da empresa.

De acordo com a definição de porte do Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) (2021), classifica-se a referida fabricante de malhas como média empresa, uma vez que apresenta faturamento anual maior que R\$ 4,8 milhões e menor que R\$ 300 milhões.

Como relação ao tipo de regime fiscal para apuração de tributos federais e estaduais, evidenciou-se que a fabricante opta pelo regime de apuração por meio do lucro presumido, para ambas as esferas. A Receita Federal do Brasil (2021) e a Secretaria da Fazenda do Estado de Santa Catarina (SEFAZ-SC) (2021) explanam que, nesse tipo de regime de apuração, presume-se um lucro padrão proveniente de cada venda realizada, sobre a qual incidirão os tributos estaduais e federais, tais como Imposto de Renda de Pessoa Jurídica (IRPJ), Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido (CSLL), Programa de Integração Social (PIS), Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS) e ICMS. Esses são exatamente os impostos pagos pela empresa analisada em cada venda executada. Essa informação é fundamental para entender quais os valores efetivos de custos de matérias-primas adquiridas e serviços de beneficiamento contratados. No presente cenário, por tratar-se de lucro presumido, e de acordo com o que esclarece a FIPECAFI (1995) e a SEFAZ-SC (2021), considera-se que não há nenhum tipo de desconto a ser considerado nos valores de aquisição de matérias-primas, o qual seria proveniente de um eventual crédito de ICMS ou PIS/COFINS, aplicável em outros regimes de apuração contábil.

3.2.2 Aspectos gerais do portfólio de malhas esportivas

A Figura 19 exemplifica artigos comercializados no segmento de esportes, que fazem parte do portfólio de malhas da empresa supracitada.

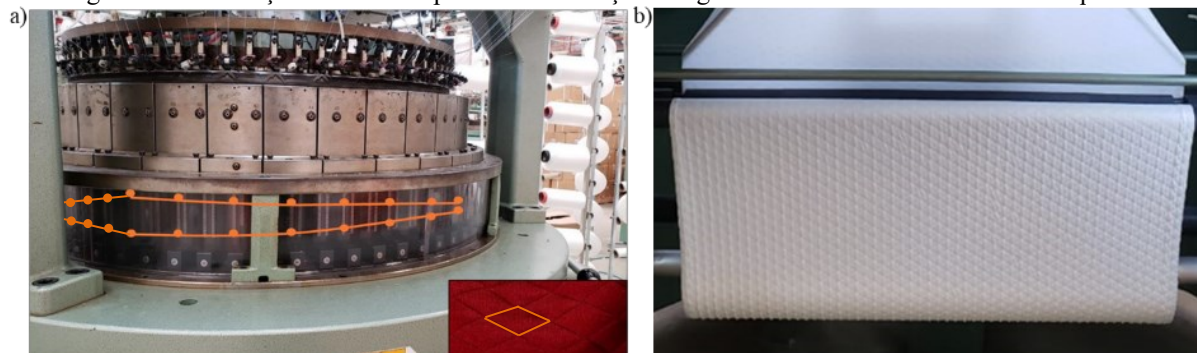
Figura 19 – Exemplos de malhas do portfólio analisado.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Nota-se que as malhas exibem diversos desenhos e padrões, seja pela utilização de fios coloridos (Figura 19a) ou pela própria estrutura (Figura 19b), permitindo a aplicação em diferentes ocasiões, não estando restrito unicamente à área esportiva. É válido destacar ainda a malha conhecida comercialmente como matelassê (Figura 19c). Para fabricação desse tipo de raporte, necessita-se do tear semi-Jacquard, o qual permite, por meio de seu sistema de seleção de agulhas, a construção de pequenos desenhos com padrões de repetição, como o apresentado. A Figura 20a ilustra, parcialmente, a seleção individual de agulhas em um tear semi-Jacquard, sendo possível perceber a formação do losango do desenho ao longo do comprimento do cilindro, como também na própria malha crua (Figura 20b).

Figura 20 – Formação de desenho por meio da seleção de agulhas de um tear circular semi-Jacquard.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Como mencionado, ocorre uso predominante das fibras de poliamida e poliéster, ou combinações delas com elastano, decorrente das propriedades que favorecem a prática esportiva e o conforto dos usuários (VARGHESE; THILAGAVATHI, 2015).

3.2.3 Coleta, registro e tratamento de dados

A coleta de dados do trabalho tem como principal objetivo identificar parâmetros, variáveis e características específicas às atividades de malharia, que poderiam ser escolhidas como *input* ou *output* nos modelos DEA, bem como utilizadas na aplicação de Árvores de Decisão.

Para registro dos dados, recorreu-se ao *software Microsoft Excel 2019*, que permite tratamento, formatação, classificação e ordenação de todos os dados coletados, além da visualização de informações faltantes ou erroneamente informadas.

Baseando-se nas constatações da revisão de literatura apresentada, notou-se que as variáveis candidatas a *inputs* e *outputs* precisam estar associadas a parâmetros especialmente de custeio, que indiquem o grau de uso dos recursos por parte de cada produto do portfólio de malhas esportivas.

Para Bernardi (1996) e Bornia (2010), o grau de uso dos recursos está associado aos itens de custo de cada produto, sendo fundamental entender o sistema de precificação da empresa. Foram solicitados todos os parâmetros de custeio envolvidos nesse sistema (Tabela 6), possibilitando-se a determinação daqueles mais adequados aos cálculos dos escores de eficiência. Os valores para as variáveis de custeio foram normalizados, como forma de não expor dados considerados estratégicos e sigilosos para a empresa.

Para os efeitos das avaliações da pesquisa, o termo “parâmetro técnico” é equivalente ao termo “variável técnica”; bem como “parâmetro de custeio” é equivalente a “variável de custeio”.

Tabela 6 – Variáveis de custeio coletadas na pesquisa, com dados para um extrato de malhas.

DMU	Matéria-prima ²	Beneficiamento ³	Quebra ⁴	Tempo ⁵	Margem percentual ⁶	Margem real ⁷
Malha 001	0,64	0,18	0,67	0,30	0,49	0,38
Malha 002	0,64	0,48	0,67	0,30	0,49	0,38
Malha 003	0,88	0,31	0,67	0,35	0,79	0,52
Malha 004	0,88	0,24	0,67	0,35	0,79	0,52
Malha 005	0,88	0,39	0,67	0,35	0,79	0,52
Malha 006	0,88	0,48	0,67	0,35	0,79	0,52
Malha 007	0,73	0,28	0,67	0,38	0,61	0,35
Malha 008	0,64	0,18	0,67	0,31	0,86	0,38
Malha 009	0,54	0,18	0,67	0,25	0,42	0,40
Malha 010	0,75	0,41	0,42	0,87	0,79	0,54
Malha 011	0,75	0,31	0,42	0,87	0,79	0,54
Malha 012	0,75	0,36	0,42	0,87	0,79	0,54
Malha 013	0,75	0,43	0,42	0,87	0,79	0,54
Malha 014	0,75	0,41	0,42	0,87	0,79	0,54
Malha 015	0,75	0,43	0,42	0,87	0,79	0,54
Malha 016	0,75	0,36	0,42	0,87	0,79	0,54
Malha 017	0,75	0,46	0,42	0,87	0,79	0,54
Malha 018	0,75	0,53	0,42	0,87	0,79	0,54
Malha 019	0,75	0,41	0,42	0,87	0,79	0,54
Malha 020	0,75	0,43	0,42	0,87	0,79	0,54
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Malha 709	0,52	0,26	0,58	1,00	0,61	0,36

Fonte: Autoria própria, 2021.

A coluna DMU da Tabela 6 identifica cada malha da amostra disponível. A primeira variável, “matéria-prima”, é o custo em Reais (moeda corrente brasileira) das matérias-primas consumidas na fabricação de um quilograma da respectiva malha. Na Tabela 7, exemplifica-se o cálculo desse custo com o cenário de uma das malhas da amostra (Malha 280).

Tabela 7 – Cálculo do valor da variável “matéria-prima” para malha 280.

	Composição (%)	Custo de compra (R\$/kg)	Custo de matéria-prima (R\$/kg)
Fio 1	13,07	2,08	0,27
Fio 2	86,93	0,32	0,28
		Total	0,55

Fonte: Autoria Própria, 2021.

² Custo de matéria-prima (R\$/kg).³ Custo de tingimento e beneficiamento terceirizados (R\$/kg).⁴ Percentual perdido durante o processo de beneficiamento (%).⁵ Tempo para fabricação da malha (min/kg).⁶ Margem de lucro estimada para precificação com *Mark-up* (%).⁷ Margem bruta (R\$/kg).

A Malha 280 apresenta em sua composição dois tipos de fios, os quais apresentam preços distintos de compra. Multiplica-se, então, o percentual de participação de cada fio na malha crua pelo respectivo valor de compra, obtendo-se, assim, o custo final dos fios utilizados na malha. Novamente destaca-se que os valores da Tabela 7, mesmo sendo ilustrados com a unidade em R\$, estão normalizados. Isso vale para todas as demais variáveis da presente análise.

Ao custo de matéria-prima, adiciona-se também o custo de processos internos. É calculado o valor em Reais que uma malharia gasta para produzir um quilograma de malha crua em suas próprias instalações, denominada nas presentes análises como “custo de facção”. Esse valor inclui custos fixos, tais como: energia elétrica, ordenados e salários, materiais de expediente e custos de manutenção e componentes. Notou-se, porém, que no caso da empresa analisada, não existe nenhum sistema de mapa de custos, indicando que essa variável, se considerada, poderia fragilizar as análises (BORNIA, 2010). Em relato dos gestores da fábrica, o valor considerado para o custo de facção segue, arbitrariamente, os valores padrão de mercado, que seriam pagos para uma empresa terceirizada produzir a mesma malha. Em substituição a essa variável, optou-se pela variável “tempo”, a ser explicada posteriormente em detalhes.

Na sequência da Tabela 6, tem-se a variável “beneficiamento”, a qual representa o valor em Reais referente a todos os processos de tingimento e beneficiamento terceirizados necessários para acabamento das malhas. Assumindo-se ainda o exemplo da Malha 280, contata-se que o valor de “beneficiamento” é de R\$0,44/kg. A Tabela 8 demonstra o cálculo envolvido com esta variável.

Tabela 8 – Cálculo do custo de “beneficiamento” para malha 280.

	Custo/kg de malha beneficiada
Processo de Beneficiamento 1	R\$0,36
Processo de Beneficiamento 2	R\$0,08
Total	R\$0,44

Fonte: Autoria própria, 2021.

A próxima variável considerada na Tabela 6 é a “quebra”, a qual tem grande relevância nas análises. Ela indica qual percentual de malha crua em relação à massa é desperdiçado para se obter o produto beneficiado, como demonstrado na Equação (38).

$$Q = 1 - \frac{M_f}{M_i} \quad (38)$$

Onde M_f é a massa de malha ao final de todo o processo de transformação, após os processos de beneficiamento, M_i é a quantidade inicial de malha crua enviada aos fornecedores de beneficiamento e Q é a quebra do processo de beneficiamento.

Considerando-se que os fornecedores dos processos de beneficiamento utilizam a massa M_i para cobrança dos serviços executados, calcula-se o custo total de beneficiamento (C_t), dado pela Equação (39).

$$C_t = C_i M_i \quad (39)$$

Onde C_i é o custo por quilograma de malha beneficiada, considerando-se quebra igual a zero.

No entanto, espera-se que a quebra de um processo real de beneficiamento seja maior que zero. Dessa forma, o custo total de beneficiamento deve ser diluído pela quantidade restante do processo M_f , obtendo-se o custo real por quilograma de malha beneficiada (C_f).

$$C_f = \frac{C_t}{M_f} \quad (40)$$

Substituindo (39) em (40):

$$C_f = C_i \frac{M_i}{M_f} \quad (41)$$

Substituindo-se (38) em (41):

$$C_f = \frac{C_i}{(1-Q)} \quad (42)$$

O resultado da quebra varia naturalmente para cada lote fabricado. Por isso, de acordo com o histórico de beneficiamentos da empresa, o percentual de quebra a ser considerado na precificação dos produtos é um valor fixo, combinado com o prestador de

serviços, cujo compromisso é manter as quebras individuais dos lotes sempre abaixo desse patamar.

Salienta-se que a empresa fornecedora dos dados despreza uma possível quebra no processo de malharia, pois, de acordo com os fios e respectivas fibras utilizados, o percentual de quebra desse processo é considerado irrelevante frente ao processo de beneficiamento.

Dessa forma, a partir da expressão (42) é possível observar a importância da variável quebra na estratégia de precificação de uma malharia que terceiriza seus processos de beneficiamento.

Para o presente estudo de caso, então, após apuração dos custos de matéria-prima, custos de facção, custos de beneficiamento e do percentual de quebra, obtém-se o custo real por quilograma de malha produzida C_f .

Resumidamente, é possível calcular o valor C_f para o exemplo da Malha 280, como ilustrado na Tabela 9.

Tabela 9 – Cálculo de custo por quilograma da malha 280.

Item de Custo	Montante
Matéria-prima	R\$0,55
Facção	R\$1,00
Beneficiamento	R\$0,44
Subtotal C_i	R\$1,99
Quebra	0,58%
Total C_f	R\$2,00

Fonte: Autoria própria, 2021.

Na Tabela 9 verifica-se a necessidade do “custo de facção” para determinação do “custo de um quilograma de malha”. Porém, como mencionado, não há um sistema de custeio na empresa que indique precisão no “custo de facção” considerado, o que poderia fragilizar as análises para os efeitos do presente estudo. Então, solicitou-se à mesma que informasse o tempo para fabricar cada malha em seu respectivo grupo de teares. Esse tempo tem relação direta com o quanto uma malha consome de todos os recursos da empresa em seu processo de transformação, assim como é relatado nos exemplos de Bornia (2010).

O tempo para fabricar um rolo de malha com massa padrão nos teares circulares pode ser calculado levando-se em consideração o número de revoluções e a velocidade angular sugerida para o grupo de tear em que o rolo é produzido. Considerando-se a velocidade angular (ω) na Equação (6) medida em RPM, a Equação que determina o período para uma revolução completa (T) do tear fica:

$$T = \frac{1}{\omega} \quad (43)$$

Portanto, o tempo T_{Rolo} para fabricação de um rolo completo de malha pode ser expresso por:

$$T_{Rolo} = \frac{rev}{\omega} \quad (44)$$

Onde:

rev = número de revoluções do tear para conclusão de um rolo completo

A Equação (44), portanto, pode ser utilizada nos modelos DEA como um *input*, uma vez que o tempo é uma excelente unidade de medida do trabalho e esforço dedicados aos produtos (BORNIA, 2010).

Nas obras de Bernardi (1996) e Bornia (2010) é visto que a ferramenta de precificação *Mark-up* considera a adição de índices ao custo dos produtos para formar o preço de venda. No contexto da empresa, além dos impostos inerentes ao regime de apuração fiscal, determina-se o preço dos artigos de malha com a adição do índice de lucro estimado, cujo valor varia para cada produto, conforme posicionamento de mercado pretendido. Desenvolvendo-se o exemplo da Malha 280, arbitrando-se valores aleatórios para os impostos, é possível calcular o preço desse produto como apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Cálculo do preço por quilograma da malha 280.

Item <i>Mark-up</i>	Item de Custo	Valor
	Matéria-prima	R\$0,55
	Facção	R\$1,00
	Beneficiamento	R\$0,44
	Subtotal C_i	R\$1,99
	Quebra	0,58%
	Total C_f	R\$2,00
Impostos Federais	1,00%	R\$0,02
Impostos Estaduais	1,00%	R\$0,02
Margem de Lucro	0,42%	R\$0,01
	Preço Final	R\$2,05

Fonte: Autoria própria, 2021.

A margem de lucro percentual possível de ser aplicada na estratégia de precificação *Mark-up* de um produto está associada diretamente com sua capacidade de trazer retorno financeiro à empresa, aumentando, conseqüentemente, sua eficiência (BERNARDI, 1996). Essa variável de margem de lucro também foi obtida no levantamento de dados, sendo apresentada na Tabela 6 como “margem percentual”.

Considerou-se também, além do valor da margem percentual, o valor da margem em Reais, denominada “margem real” na Tabela 6. Isso se deve ao fato de que um produto de baixo preço, mesmo que tenha uma grande margem percentual, traz um lucro em Reais relativamente pequeno em relação a outros. O contrário também é verdadeiro: pequenas margens percentuais de produtos mais caros podem significar ainda grandes margens em Reais. Dessa forma, “margem percentual” e “margem real” são as candidatas a *outputs* dos modelos DEA, e as demais variáveis apresentadas são as candidatas a *inputs*.

À luz da literatura técnica têxtil, solicitou-se adicionalmente parâmetros estruturais das malhas, a saber:

- a) composição (%): respectivo percentual de massa de cada fibra presente na estrutura da malha;
- b) largura (cm): dimensão do rolo de malha;
- c) gramatura (g/m^2): massa de malha por unidade de área;
- d) revoluções: número de revoluções do tear para conclusão de um rolo de malha completo;
- e) velocidade (RPM): velocidade angular de operação admitida no tear;
- f) frontura: tear monofrontura ou duplafrentura;

Esses parâmetros técnicos servirão, principalmente, para aplicação dos modelos de Árvore de Decisão. Salienta-se que gramatura e largura fazem referência à malha beneficiada e acabada, pois não foram solicitadas a largura e gramatura dos produtos semiacabados. A Tabela 11 mostra, portanto, todas as variáveis técnicas coletadas, com dados de outro extrato da amostra de malhas.

Vale ressaltar ainda que, para as discussões da presente dissertação, “revoluções” e “voltas” são consideradas sinônimos.

Tabela 11 – Variáveis coletadas na dissertação, com dados de um extrato da amostra de malhas.

DMU	Parâmetros Técnicos										Parâmetros de Custeio						
	Composição						Estrutura					Inputs				Outputs	
	Poliéster	Poliamida	Elastano	Viscose	Algodão	Linho	Largura	Gramatura	Revoluções	Velocidade	Frontura	Matéria-prima	Beneficiamento	Quebra	Tempo	Margem percentual	Margem real
Malha 001	0%	0%	0%	0%	100%	0%	92	160	1076	27	Mono	0,64	0,18	0,67	0,30	0,49	0,38
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Malha 008	0%	0%	0%	0%	100%	0%	96	240	1107	27	Mono	0,64	0,18	0,67	0,31	0,86	0,38
Malha 010	0%	100%	0%	0%	0%	0%	91	250	2109	18	Dupla	0,75	0,41	0,42	0,87	0,79	0,54
Malha 031	100%	0%	0%	0%	0%	0%	172	280	1707	20	Dupla	0,36	0,54	0,58	0,64	0,61	0,32
Malha 123	50%	0%	0%	0%	50%	0%	180	215	1434	27	Mono	0,80	0,41	0,67	0,40	0,40	0,53
Malha 180	64%	0%	3%	33%	0%	0%	72	210	2183	23	Dupla	0,64	0,28	0,83	0,71	0,64	0,45
Malha 182	64%	0%	3%	33%	0%	0%	72	210	2183	23	Dupla	0,64	0,41	0,83	0,71	0,64	0,45
Malha 227	0%	0%	4%	87%	0%	9%	180	170	962	22	Mono	0,74	0,48	1,00	0,33	0,40	0,53
Malha 237	0%	88%	12%	0%	0%	0%	165	350	758	28	Mono	0,93	0,27	0,58	0,20	0,73	0,49
Malha 460	93%	0%	7%	0%	0%	0%	150	415	1518	18	Dupla	0,47	0,54	0,67	0,63	0,32	0,39
Malha 475	94%	0%	6%	0%	0%	0%	160	350	1179	28	Mono	0,44	0,39	0,58	0,31	0,40	0,54
Malha 508	96%	0%	4%	0%	0%	0%	160	195	1185	28	Mono	0,43	0,23	0,58	0,32	0,40	0,36
Malha 562	96%	0%	4%	0%	0%	0%	55	400	1567	24	Dupla	0,40	0,23	0,83	0,49	0,51	0,69
Malha 586	0%	0%	4%	96%	0%	0%	180	190	965	27	Mono	0,69	0,43	0,83	0,27	0,77	0,38
Malha 630	0%	0%	3%	0%	97%	0%	72	220	2399	23	Dupla	0,91	0,39	0,83	0,78	0,40	0,56
Malha 658	0%	0%	3%	97%	0%	0%	45	300	1813	22	Dupla	0,67	0,44	0,75	0,61	0,40	0,49
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Malha 709	99%	0%	1%	0%	0%	0%	160	280	2680	20	Dupla	0,52	0,26	0,58	1,00	0,61	0,36

Fonte: Autoria própria, 2021.

3.3 AVALIAÇÃO DOS ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA, DE ESCALA E GERENCIAL DOS TECIDOS DE MALHA

A partir da descrição e entendimento de todas as variáveis de custos e parâmetros de custeio disponibilizados, executa-se em seguida, por intermédio do software *Statistica*, o tratamento estatístico para seleção de *inputs* e *outputs* para os modelos DEA, com o objetivo de verificar se alguma das variáveis da Tabela 6 deve ser descartada.

3.3.1 Determinação dos *inputs* e *outputs* para modelos DEA

Os modelos DEA devem representar, na medida do possível, as características operacionais mais relevantes dos produtos da amostra, passíveis de mensuração, que possam embasar decisões gerenciais. Tendo em vista essa característica dos modelos, percebe-se que

o processo de seleção de *inputs* e *outputs* é muito importante na obtenção de resultados significativos e conclusões concretas.

O primeiro fator considerado para seleção das variáveis é indicado por Cooper *et al.* (2007), que diz que é desejável que o número de DMUs excedesse em muitas vezes o número de variáveis *input* e *output*, para poder se discriminar as unidades eficientes das ineficientes. Faz-se necessária, portanto, a redução na dimensionalidade dos dados. Isso vai ao encontro do princípio da parcimônia: bons modelos não devem incluir mais parâmetros do que os necessários para representar adequadamente determinada relação (GREENE, 2011).

Da forma como exposto no capítulo da fundamentação teórica, Ferreira e Gomes (2009) propõem um procedimento específico para manutenção de um número reduzido de variáveis. Optou-se, assim, por seguir um passo a passo derivado do procedimento desses autores, adaptado às propostas da presente dissertação. A primeira etapa consiste numa análise de correlação linear, considerando todas as variáveis contínuas disponíveis ao processo de seleção de *inputs* e *outputs*. Caso um conjunto de variáveis esteja fortemente correlacionado, pode-se substituí-lo por uma única variável, que tem poder representativo de todo o conjunto considerado.

A etapa seguinte consiste na execução do teste de esfericidade de Bartlett, como forma de eventualmente endossar a utilização da técnica de ACP. Caso a hipótese nula seja negada pelo teste, que alega que a matriz de correlações é equivalente à matriz identidade, é possível que a ACP resulte em uma sintetização do conjunto de variáveis representativas.

3.3.2 Identificação de unidades ineficientes e propostas de medidas gerenciais

Definidas as variáveis *inputs* e *outputs* para os modelos DEA, prossegue-se com o cálculo dos escores de eficiência técnica (CRS e VRS), como também os escores de eficiência de escala (ESC) e gerencial (FGL). Os resultados específicos dos modelos ESC e FGL não serão debatidos em profundidade na presente dissertação, pois ambos podem integrar trabalhos de extensas investigações acerca do congestionamento de recursos no processo produtivo.

A partir dos escores, define-se então a posição das unidades em relação às fronteiras de eficiência, como também se propõe medidas gerenciais para melhoramento dos escores calculados nos modelos DEA.

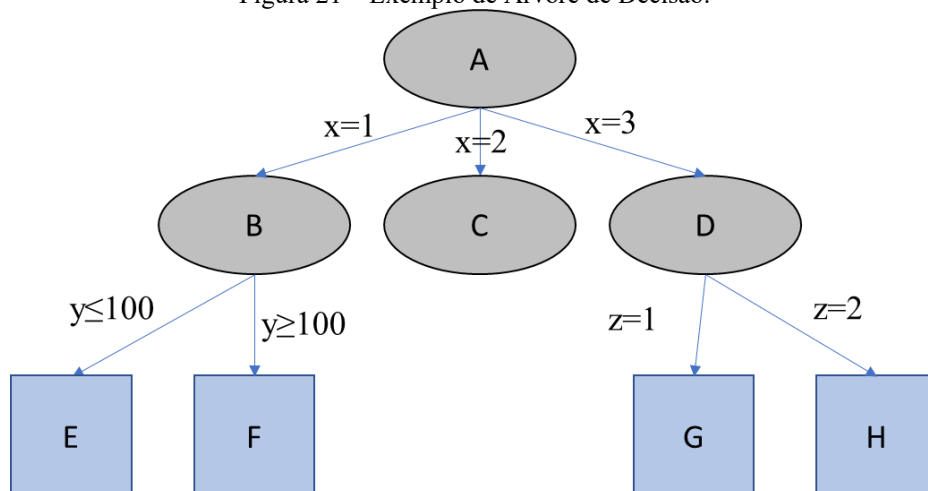
3.4 CONSTRUÇÃO DA ÁRVORE DE DECISÃO

Considerada como a segunda fase do trabalho, descreve-se como são buscadas eventuais relações entre os escores DEA de eficiência técnica (VRS) e parâmetros técnicos de fabricação das malhas esportivas.

O entendimento dos fatores técnicos que ocasionaram os escores DEA calculados são fundamentais para embasar o incremento de eficiência da empresa, bem como o desenvolvimento de novos produtos. Para associar, por exemplo, os parâmetros técnicos estruturais de largura, gramatura e composição com os escores de eficiência, será utilizado o modelo CHAID (*Chi-squared automatic interaction detection* – Detecção de interação automática qui-quadrado) de Árvore de Decisão, criando interrelações e hipóteses como ilustrado no esquema da Figura 21. O modelo CHAID supramencionado consiste em uma Árvore de Decisão construída pela divisão repetida de subconjuntos da amostra de dados em dois ou mais grupos, começando com todo o conjunto (LINOFF e BERRY, 2011). Esse método, que é baseado no teste de associação qui-quadrado e aceita apenas preditores (nós) categóricos nominais ou ordinais, permite simplificar o tamanho da árvore construída e favorecer a análise gráfica das interrelações de causa e efeito, principalmente em conjuntos de dados com muitas variáveis (MAGIDSON e SPPSS INC., 1993; TURE, TOKATLI e KURT, 2009).

O modelo de árvore de decisão CHAID será aplicado com auxílio do *software Statistica®*.

Figura 21 – Exemplo de Árvore de Decisão.



Fonte: adaptado de Witten e Frank, 2000.

Supõem-se, no exemplo da Figura 21, que x , y e z sejam variáveis técnicas da amostra e que A é o conjunto de todos os dados caracterizados conforme os escores de eficiência. Esse conjunto pode ser então subdividido em outros 3 grupos, de acordo com os valores da variável x , os quais apresentam diferentes características quanto aos escores. Como C é um conjunto sem estratificação subsequente, ele é denominado como uma “folha” da Árvore de Decisão. O mesmo raciocínio é aplicado para os demais conjuntos e variáveis. As interligações entre os conjuntos serão tratadas na presente pesquisa como “ramos”, as quais indicam um percurso para se chegar de um conjunto a outro.

3.5 EFEITO DOS PARÂMETROS TÉCNICOS NOS ESCORES DEA

Além de encontrar uma relação entre os parâmetros técnicos e os escores DEA por intermédio da segunda fase da pesquisa, é necessário construir na terceira fase hipóteses que descrevam tecnicamente essa relação. Para isso, após análise de correlação de todas as variáveis, técnicas e de custeio, serão investigados aspectos da tecnologia de malharia que possam explicar as evidências apontadas na Árvore de Decisão.

Por fim, espera-se construir um protocolo de tomada de decisão que oriente gestores de fábricas de malhas a verificarem rapidamente os efeitos de parâmetros de custeio e técnicos na gestão de seus portfólios de produtos, buscando sempre o incremento de eficiência.

4 DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A apresentação dos resultados inicia-se com a análise dos escores de eficiência DEA de cada produto. Na sequência, constrói-se hipóteses que relacionam parâmetros técnicos têxteis com os escores calculados.

4.1 SELEÇÃO DE *INPUTS* E *OUTPUTS* PARA ANÁLISE DEA

O primeiro passo na seleção de *inputs* e *outputs* para os modelos DEA é a identificação das variáveis de maior representatividade para o problema.

4.1.1 Análise de Correlação de Variáveis

Com o suporte do *software STATISTICA*® executou-se o cálculo das correlações, baseando-se nos dados normalizados e variáveis apresentadas na Tabela 6, considerando-se, no entanto, todas as DMUs. Como não há dados faltantes, todos os resultados foram obtidos a partir de um tamanho de amostra $n = 709$. A Tabela 12 traz as correlações⁸ entre as variáveis.

Tabela 12 – Análise de correlação das variáveis indicadas aos modelos DEA.

	Matéria-prima	Beneficiamento	Quebra	Tempo	Margem percentual	Margem real
Matéria-prima	1,00	-0,07	0,08	-0,13	0,09	0,20
Beneficiamento	-0,07	1,00	-0,04	-0,11	-0,08	0,25
Quebra	0,08	-0,04	1,00	-0,15	-0,06	0,00
Tempo	-0,13	-0,11	-0,15	1,00	0,01	0,08
Margem percentual	0,09	-0,08	-0,06	0,01	1,00	-0,15
Margem real	0,20	0,25	0,00	0,08	-0,15	1,00

Fonte: StatSoft STATISTICA® 12.5.192.7, 2021.

Não houve nenhum valor de correlação significativo, maior do que 0,85. Ou seja, não foram observados resultados consideravelmente próximos a 1,00, os quais permitiriam a eliminação de variáveis sem prejuízos às análises e à representação de toda carteira de malhas.

⁸ As cores seguem uma lógica de análise de dados visual, com degradê que parte do vermelho (menores valores de correlação), seguindo para o laranja, amarelo, até chegar ao verde (maiores valores de correlação).

Pode-se inferir, por exemplo, que as margens de lucro, tanto percentual quanto em Reais, possuem baixa correlação com o custo de matéria-prima, portanto, o uso de matérias-primas caras e nobres não está associado a maiores lucros.

4.1.2 Teste de esfericidade de Bartlett

Após a análise de correlação, que impossibilitou a redução da dimensionalidade dos dados em um primeiro momento, procede-se com o teste de esfericidade de Bartlett, como tentativa de validar a hipótese nula de que a matriz de correlação é a matriz identidade. O teste foi executado com auxílio do *software SPSS Statistics®* e seus resultados (Tabela 13) sinalizarão a adequação da análise fatorial com extração de componentes principais no conjunto de dados das malhas.

Tabela 13 – Resultado do teste de Bartlett.

Informação	Valor
Estatística Qui-quadrado	178,394
Graus de liberdade	15
Nível de significância (p-valor)	$p < 0,001$

Fonte: *IBM SPSS Statistics® 28.0.0.0*, 2021.

O valor do nível de significância ($p < 0,001$) rejeita a hipótese nula e indica, portanto, que a ACP pode ser utilizada como mecanismo de eventual redução de dimensionalidade dos dados.

4.1.3 Análise fatorial com extração de fatores com componentes principais

Novamente com o suporte do *software STATISTICA®*, determinou-se as componentes principais dos dados do corpo amostral de tamanho $n = 709$. As componentes geradas e as respectivas representatividades estão na Tabela 14.

Tabela 14 – Análise fatorial com extração de fatores com componentes principais.

Componentes	R ² X	R ² X Acumulado
1	0,226021	0,226021
2	0,205874	0,431895
3	0,179588	0,611483
4	0,163704	0,775187
5	0,134019	0,909207

Fonte: StatSoft STATISTICA® 12.5.192.7, 2021.

O resultado da análise pode ser considerado pouco satisfatório, uma vez que, conforme mostra a Tabela 14, são necessárias 5 componentes para atingir 90,0% da variância da amostra extraída pelo *software*. Espera-se que 6 componentes expliquem 100% do problema, uma vez que há 6 variáveis ao todo. Indica-se, assim, que nenhuma das variáveis pode ser excluída na seleção de *inputs* e *outputs*.

Concluindo-se a seleção, determinou-se que as variáveis “margem percentual” e “margem real” são consideradas *outputs*, e todas as demais são *inputs*, por todos os motivos expostos anteriormente.

4.2 AVALIAÇÃO DOS ESCORES DE EFICIÊNCIA TÉCNICA, DE ESCALA E GERENCIAL DOS TECIDOS DE MALHA

A partir dos *inputs* e *outputs* apresentados na Tabela 6 e com auxílio do *NEOS Server* (2021), utilizou-se o sistema de modelagem e otimização matemática *General Algebraic Modeling System* (GAMS) para calcular os escores de eficiência, por meio dos modelos CRS e VRS. A relação entre os resultados de cada modelo resultou na eficiência de escala. Os modelos DRS e IRS também foram utilizados na análise, de modo se determinar a posição, acima ou abaixo, de cada DMU em relação à escala ótima de eficiência. Esse posicionamento pode indicar se as malhas foram ou não desenvolvidas com um porte adequado à atividade da empresa. Vale salientar que o significado de “porte adequado” está associado à eficiência de escala (ESC), cuja exploração em detalhes não é objeto da presente pesquisa. Por fim, determinou-se ainda a eficiência gerencial das DMUs, por meio do modelo FGL, comparando-se a proporção de utilização de cada *input* nas malhas analisadas (n=709).

Os resultados de eficiência técnica (CRS e VRS), de escala (ESC) e gerencial (FGL) seguem na Tabela 15, para alguns exemplos entre as 709 malhas do estudo. Os retornos

crecentes (IRS) e decrescentes (DRS) de escala também são apresentados. A coluna “Posição” indica se uma DMU está abaixo ou acima da escala ótima de eficiência.

Tabela 15 – Escores de eficiência, com dados⁹ de um extrato da amostra de malhas.

DMU	Inputs				Outputs		Escores DEA						Posição
	Matéria-prima	Beneficiamento	Quebra	Tempo	Margem percentual	Margem real	CRS	VRS	FGL	DRS	IRS	ESC	
Malha 001	0,64	0,18	0,67	0,30	0,49	0,38	0,69	0,96	1,00	0,69	0,96	0,72	Abaixo
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Malha 008	0,64	0,18	0,67	0,31	0,86	0,38	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Ótima
Malha 010	0,75	0,41	0,42	0,87	0,79	0,54	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Ótima
Malha 031	0,36	0,54	0,58	0,64	0,61	0,32	0,80	1,00	1,00	0,80	1,00	0,80	Abaixo
Malha 123	0,80	0,41	0,67	0,40	0,40	0,53	0,47	0,73	0,73	0,47	0,73	0,65	Abaixo
Malha 180	0,64	0,28	0,83	0,71	0,64	0,45	0,49	0,67	0,67	0,49	0,67	0,73	Abaixo
Malha 182	0,64	0,41	0,83	0,71	0,64	0,45	0,49	0,66	0,66	0,49	0,66	0,74	Abaixo
Malha 227	0,74	0,48	1,00	0,33	0,40	0,53	0,52	0,71	0,74	0,52	0,71	0,72	Abaixo
Malha 237	0,93	0,27	0,58	0,20	0,73	0,49	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Ótima
Malha 460	0,47	0,54	0,67	0,63	0,32	0,39	0,39	0,84	0,84	0,39	0,84	0,47	Abaixo
Malha 475	0,44	0,39	0,58	0,31	0,40	0,54	0,61	1,00	1,00	0,61	1,00	0,62	Abaixo
Malha 508	0,43	0,23	0,58	0,32	0,40	0,36	0,52	1,00	1,00	0,52	1,00	0,52	Abaixo
Malha 562	0,40	0,23	0,83	0,49	0,51	0,69	0,81	0,99	1,00	0,81	0,99	0,82	Abaixo
Malha 586	0,69	0,43	0,83	0,27	0,77	0,38	0,92	0,92	0,99	0,92	0,92	1,00	Acima
Malha 630	0,91	0,39	0,83	0,78	0,40	0,56	0,39	0,57	0,57	0,39	0,57	0,68	Abaixo
Malha 658	0,67	0,44	0,75	0,61	0,40	0,49	0,38	0,69	0,69	0,38	0,69	0,56	Abaixo
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Malha 709	0,52	0,26	0,58	1,00	0,61	0,36	0,63	0,89	1,00	0,63	0,89	0,70	Abaixo

Fonte: NEOS Server for MOSEK/GAMS, 2021.

Por intermédio da Tabela 15, nota-se os excelentes escores de eficiência da Malha 008, os quais são iguais a 1,00 em todos os modelos DEA. Significa que esse produto, assim como a Malha 010 e 237, é *Benchmarking* para o restante da amostra, mesmo tendo umas das menores margens de lucro em Reais de toda a carteira de produtos. A comparação multidimensional dessas referidas malhas com as demais desperta curiosidade para entender os motivos técnicos que geram eficiência máxima considerando todos os modelos DEA.

É importante ressaltar também os escores da Malha 630, os quais são um dos menores de toda a análise. Nota-se que os custos de matéria-prima e de quebra, bem como o tempo de fabricação são elevados. As razões técnicas por trás desses valores, no entanto,

⁹ Cores das variáveis *inputs*: do menor valor (verde) ao maior (vermelho). *Outputs* e Escores invertem a lógica.

devem ser exploradas. Analisar, por exemplo, a composição dessa malha e sua influência sobre os preços de matérias-primas pode ser fundamental para compreender os escores calculados. Com relação ao tempo de fabricação, deve-se investigar detalhes técnicos dos teares circulares utilizados no processo, a fim de identificar o que leva a um retardo na duração de formação da malha crua.

Ademais, é possível nortear medidas gerenciais que busquem levar unidades ineficientes até a fronteira de eficiência técnica. Uma vez que os modelos DEA são orientados a *input*, pode-se multiplicar os escores VRS pelos valores das variáveis *inputs* de cada malha, obtendo-se os valores ideais que levariam a respectiva malha à fronteira de eficiência. A Tabela 16 ilustra esse processo. Vale ressaltar que se fez valer do escore VRS, pois o conceito de retornos variáveis de escala é o que melhor representa a realidade de sistemas de produção, conforme exposto por Banker, Charnes e Cooper (1984).

Tabela 16 – Valores de *inputs* ideais para incremento da eficiência técnica, para um extrato da amostra.

DMU	<i>Inputs</i>				<i>Outputs</i>		Escore	<i>Inputs</i> ideais			
	Matéria-prima	Beneficiamento	Quebra	Tempo	Margem percentual	Margem real	VRS	Matéria-prima	Beneficiamento	Quebra	Tempo
Malha 001	0,64	0,18	0,67	0,30	0,49	0,38	0,96	0,61	0,18	0,64	0,29
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Malha 008	0,64	0,18	0,67	0,31	0,86	0,38	1,00	0,64	0,18	0,67	0,31
Malha 010	0,75	0,41	0,42	0,87	0,79	0,54	1,00	0,75	0,41	0,42	0,87
Malha 031	0,36	0,54	0,58	0,64	0,61	0,32	1,00	0,36	0,54	0,58	0,64
Malha 123	0,80	0,41	0,67	0,40	0,40	0,53	0,73	0,58	0,30	0,48	0,29
Malha 180	0,64	0,28	0,83	0,71	0,64	0,45	0,67	0,43	0,18	0,56	0,47
Malha 182	0,64	0,41	0,83	0,71	0,64	0,45	0,66	0,42	0,27	0,55	0,47
Malha 227	0,74	0,48	1,00	0,33	0,40	0,53	0,71	0,53	0,34	0,71	0,23
Malha 237	0,93	0,27	0,58	0,20	0,73	0,49	1,00	0,93	0,27	0,58	0,20
Malha 460	0,47	0,54	0,67	0,63	0,32	0,39	0,84	0,39	0,45	0,56	0,53
Malha 475	0,44	0,39	0,58	0,31	0,40	0,54	1,00	0,43	0,39	0,58	0,31
Malha 508	0,43	0,23	0,58	0,32	0,40	0,36	1,00	0,42	0,23	0,58	0,31
Malha 562	0,40	0,23	0,83	0,49	0,51	0,69	0,99	0,40	0,22	0,83	0,48
Malha 586	0,69	0,43	0,83	0,27	0,77	0,38	0,92	0,64	0,40	0,77	0,25
Malha 630	0,91	0,39	0,83	0,78	0,40	0,56	0,57	0,52	0,22	0,48	0,45
Malha 658	0,67	0,44	0,75	0,61	0,40	0,49	0,69	0,46	0,30	0,52	0,42
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Malha 709	0,52	0,26	0,58	1,00	0,61	0,36	0,89	0,46	0,23	0,52	0,89

Fonte: NEOS Server for MOSEK/GAMS, 2021.

Observa-se que malhas com escore VRS igual a 1,00 não possuem valores dos *inputs* alterados, pois estão localizadas justamente na fronteira, enquanto as demais malhas, ineficientes, devem reduzir os valores de *inputs*. Verifica-se, por exemplo, que para direcionar a Malha 630 à eficiência VRS de 1,00, é necessário reduzir os valores de custo em mais de 40%. Os gestores do portfólio podem determinar, então, quais valores são passíveis de redução, ou ainda, na pior das hipóteses, optar pela descontinuidade da fabricação do produto.

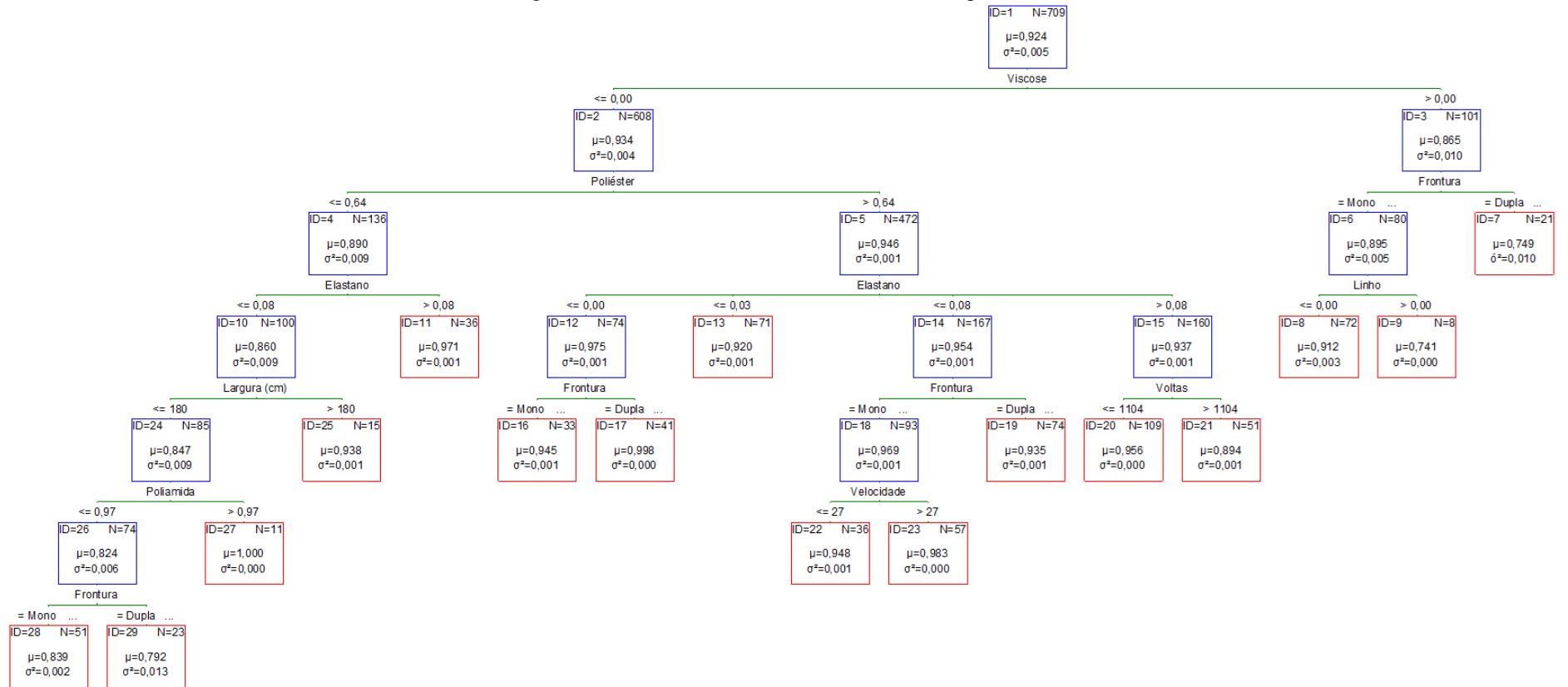
Fica evidente o potencial dos escores DEA no direcionamento das análises das malhas, o qual desperta discussões e dúvidas técnicas que podem ser respondidas com os demais parâmetros e variáveis levantados na pesquisa, explorados na etapa seguinte.

4.3 CONSTRUÇÃO DA ÁRVORE DE DECISÃO

Para construção das Árvores de Decisão e das relações entre parâmetros técnicos e a eficiência técnica do portfólio de produtos, o escore de eficiência técnica (VRS) calculado é então colocado como dependente das variáveis técnicas contínuas apresentadas.

A Figura 22 apresenta a árvore gerada para o modelo DEA mencionado.

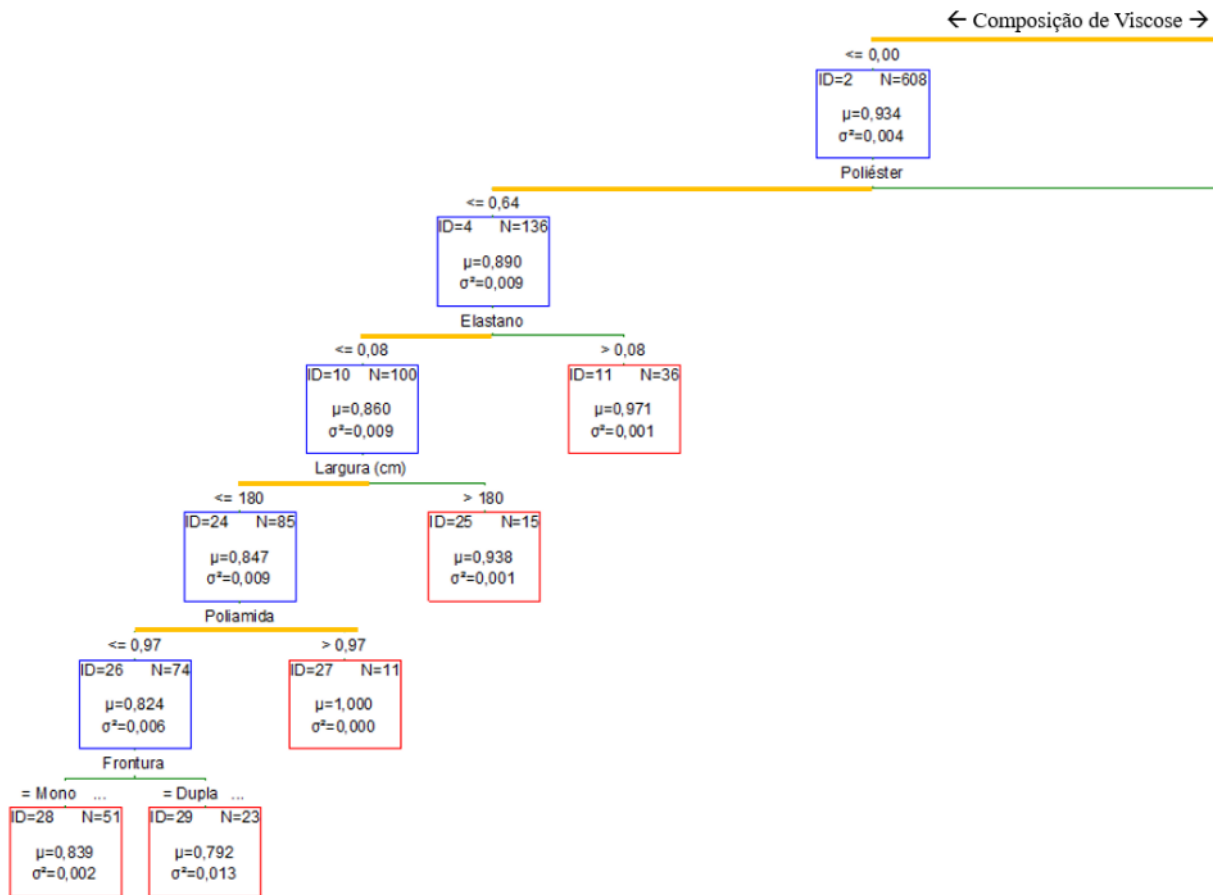
Figura 22 – Árvore de Decisão com escore VRS dependente.



Fonte: StatSoft STATISTICA® 12.5.192.7, 2021.

Fica evidente o efeito da composição de cada fibra têxtil na construção da Árvore de Decisão. Nota-se que as primeiras divisões são geradas a partir dessa variável. Um ramo ou caminho interessante é o destacado em amarelo na Figura 23.

Figura 23 – Ramo até ID=26 e ID=27.



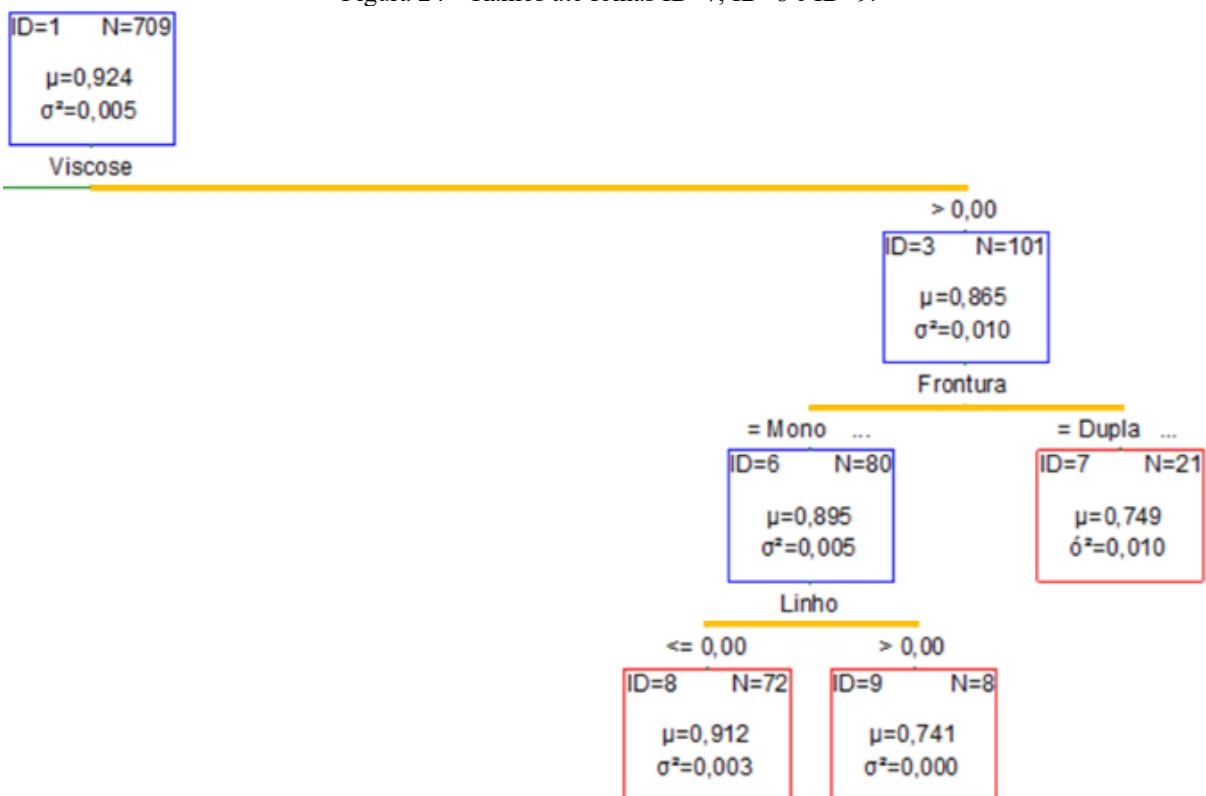
Fonte: StatSoft STATISTICA® 12.5.192.7, 2021.

O ramo destacado indica que a composição de poliamida influencia diretamente a eficiência técnica dos produtos sem viscose (ID=2), com composição de poliéster menor do que 64% (ID=4), com composição de elastano menor ou igual a 8% (ID=10) e com largura do rolo menor ou igual a 180 cm (ID=24). Nesse contexto, malhas com composição de poliamida maior do que 97% (ID=27) atingem a fronteira de eficiência técnica da carteira de produtos. Em contrapartida, valores de composição menores do que 97% (ID=26) para a composição significam redução de quase 20% no escore de eficiência VRS. Além disso, caso a frontura do tear utilizado seja dupla, a eficiência tende a cair mais ainda, para valores de escore abaixo de 0,8, como evidencia a folha ID=29.

Também são interessantes as folhas ID=7, ID=8 e ID=9, cujos ramos são destacados em amarelo na Figura 24. Todas as malhas envolvidas nesses ramos até elas possuem em sua composição a presença da fibra viscosa. Ela indica uma queda de eficiência dos produtos em comparação com aqueles sem viscosa.

A frontura do tear utilizado para fabricação desse conjunto é novamente um parâmetro técnico de influência na eficiência. O escore VRS médio dos produtos oriundos de teares duplafrentura (ID=7) é 16% menor em comparação com monofrentura (ID=6). Percebe-se também que os 8 produtos com linho da folha ID=9 levam a uma queda acional de eficiência, apresentando escore médio de 0,741, o menor de toda a árvore.

Figura 24 – Ramos até folhas ID=7, ID=8 e ID=9.



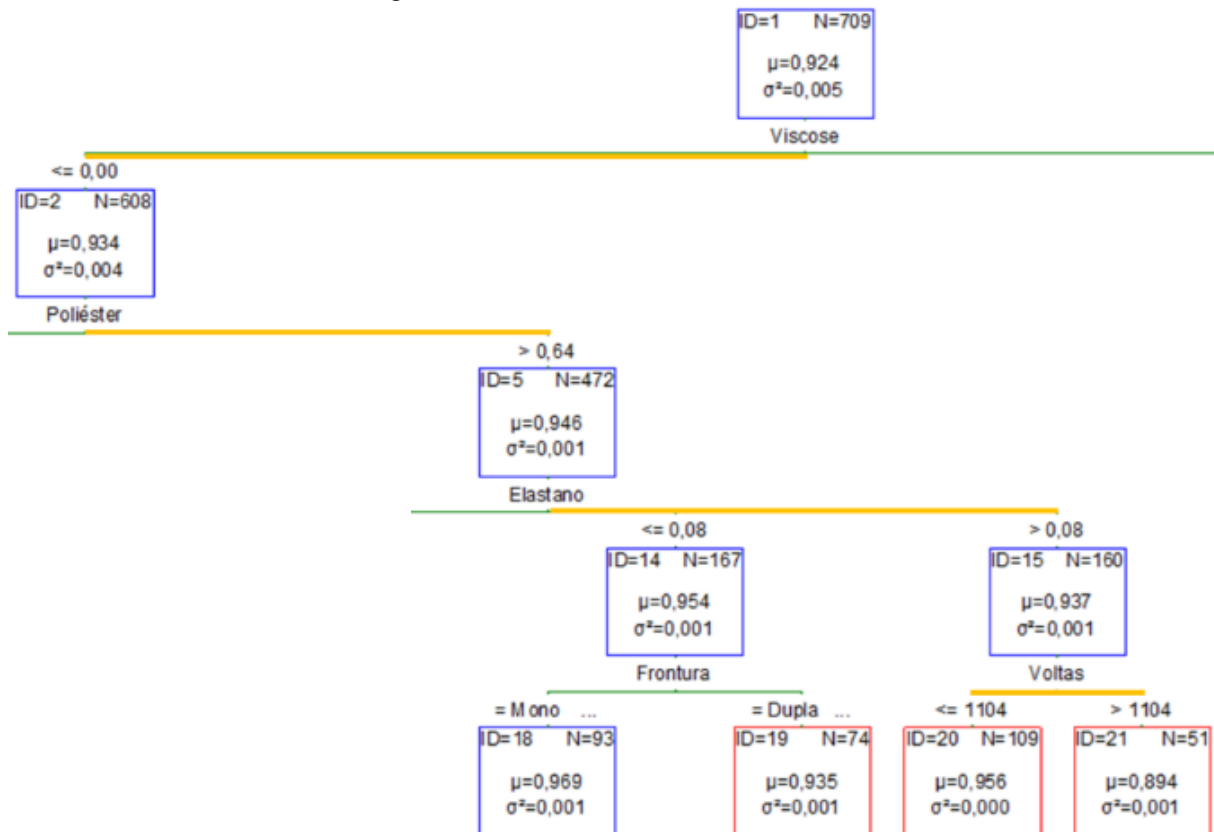
Fonte: StatSoft STATISTICA® 12.5.192.7, 2021.

Outro fator relevante percebido é o efeito do número de voltas no escore de eficiência técnica VRS. Na Figura 25 verifica-se que há 160 tecidos de malhas sem viscosa em sua composição, mas com mais de 64% de poliéster e mais de 8% de elastano, dos quais 109 pertencem à folha ID=20, e 51 à folha ID=21. A folha ID=20 engloba as referências que necessitam de 1104 ou menos voltas completas do tear para finalizar um rolo de malha crua,

apresentando uma média de escores de eficiência de 0,956. Os produtos que implicam em mais voltas, englobados na folha ID=21, levam a uma redução de 6,5% na eficiência.

É fundamental ainda destacar que a composição superior a 64% de poliéster presente nessas malhas está associada a maiores escores, em comparação com produtos de menores composições dessa fibra. De forma contrária, a presença de elastano, quando menor ou igual a 3%, reduz os valores da eficiência técnica VRS (ID=13).

Figura 25 – Ramos até folhas ID=18 e ID=19.



Fonte: StatSoft STATISTICA® 12.5.192.7, 2021.

Identificadas algumas das relações entre os parâmetros estruturais das malhas e os escores de eficiência, serão realizadas na próxima seção as discussões sobre as razões técnicas dessas influências, por meio do entendimento de características dos fios e dos tipos de tear utilizados, por exemplo. Uma importante relação que deve ser explorada é a duplafrontura dos teares com as maiores ineficiências. Apenas na folha ID=17 a monofrontura foi a causadora de quedas nos escores VRS.

As malhas esportivas fabricadas a partir de fibras de viscose também devem ser analisadas em maiores detalhes, uma vez que o parâmetro técnico mais importante para classificação da amostra de malhas é a composição desta matéria-prima.

É possível ainda inferir que a *Árvore de Decisão* apresentada na Figura 22 já é um resultado relevante do presente trabalho, visto que é possível prognosticar o escore de eficiência de um eventual produto a ser desenvolvido. Por exemplo, se for necessário desenvolver um novo tecido de malha esportivo, com base em novas demandas desse segmento de mercado, deve-se observar suas características técnicas e posicioná-lo na *Árvore de Decisão*, obtendo-se qual seu provável escore de eficiência VRS. Da mesma forma como relatado por Tucker e Kim (2009), o desenvolvimento de um método para otimizar o processo de desenvolvimento de portfólio de produtos, prevendo conceitos de malhas que reduzam o tempo despendido no processo, ao mesmo tempo em que se observa parâmetros de desempenho exigidos pelo mercado, é um evidente mecanismo de incremento de eficiência das organizações.

Para se verificar o efeito da aplicação da técnica de *Árvore de Decisão* em análises de conceitos de produtos, elaborou-se o exemplo com uma nova malha fictícia, cujas características estão apresentadas na Tabela 17.

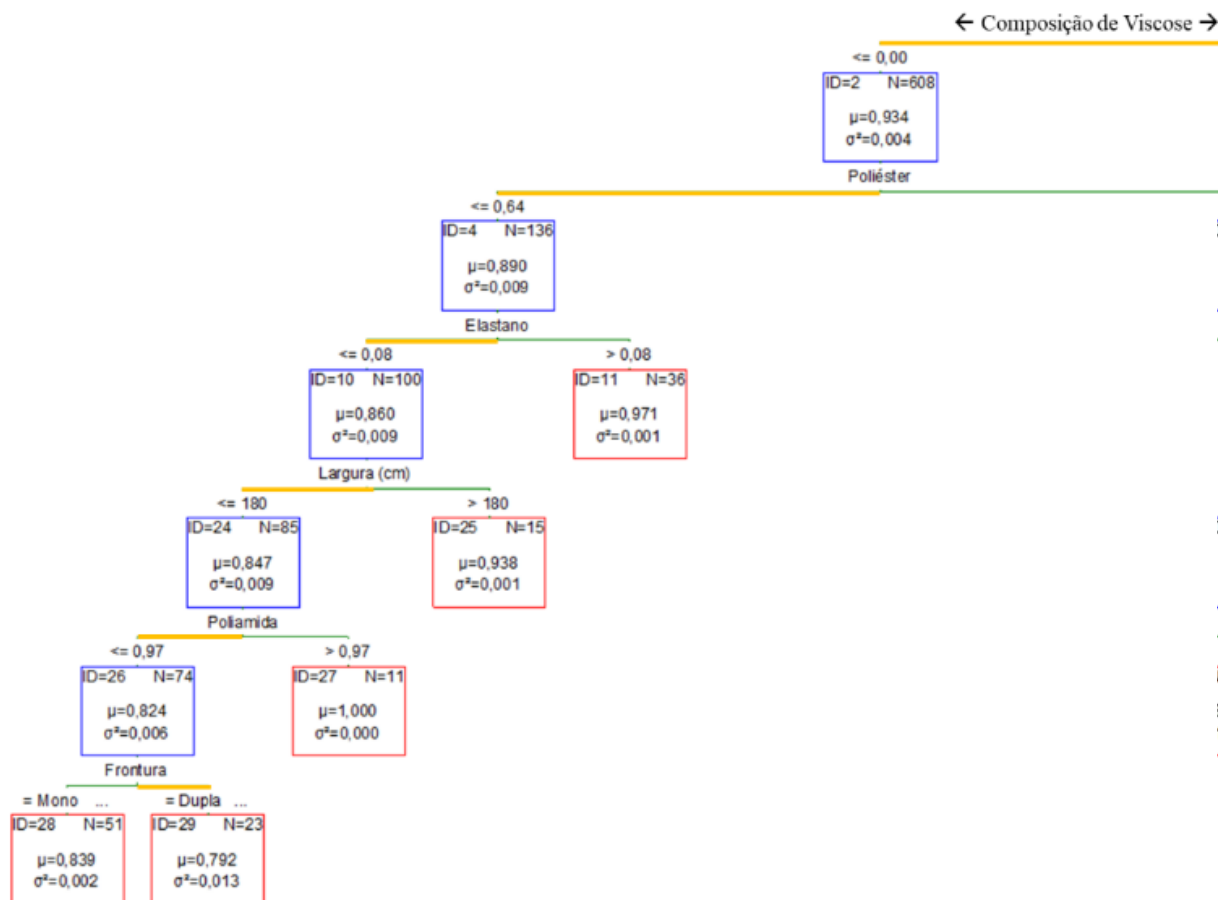
Tabela 17 – Características técnicas de uma malha fictícia a ser lançada.

<u>Característica</u>	<u>Valor</u>
Composição	95% Poliamida; 5% Elastano
Largura	160 cm
Gramatura	310 g/cm ²
Número de voltas	2100
Frontura	Dupla
Velocidade angular admitida	20 RPM

Fonte: Autoria própria, 2021.

Busca-se, em seguida, as características apresentadas na Tabela 17 nos ramos da Figura 22, conforme mostra o caminho destacado em amarelo na Figura 26.

Figura 26 – Posicionamento da malha fictícia na Árvore de Decisão.



Fonte: StatSoft STATISTICA® 12.5.192.7, 2021.

Nota-se que, a partir do perfil do portfólio de tecidos de malha analisado, esse produto tem uma tendência a apresentar eficiência técnica média de 0,792 (ID=29). O gestor da carteira pode, então, verificar a viabilidade de se aumentar a composição de poliamida na malha, para valores acima de 97%, o que poderia posicionar o protótipo em uma região mais próxima da fronteira de eficiência.

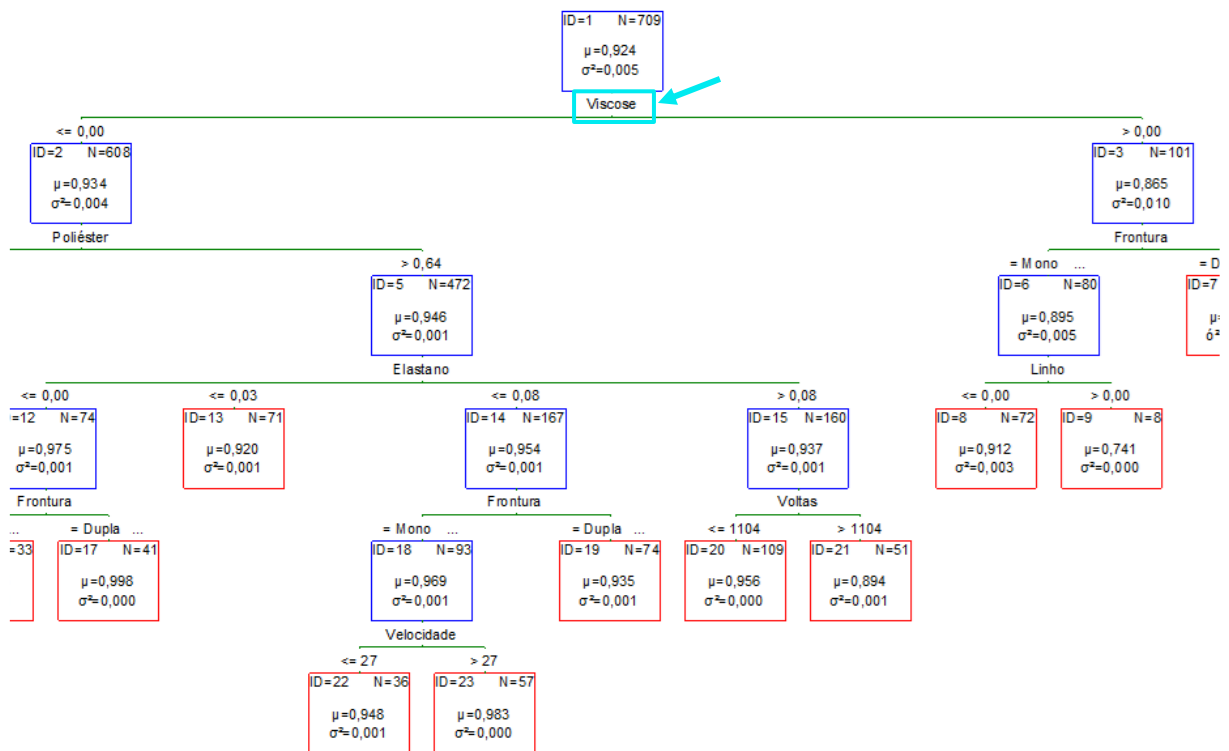
Portanto, a Árvore de Decisão apresentada é uma orientação relevante aos gerentes de produto, que podem avaliar se determinado lançamento é realmente viável estrategicamente.

4.4 INVESTIGAÇÃO DO EFEITO DE FATORES TÉCNICOS NOS ESCORES

As relações entre parâmetros técnicos e a eficiência técnica VRS apresentadas na Árvore de Decisão direcionam o foco de atenção dos gestores para incremento da eficiência na gestão do portfólio de tecidos de malha. A terceira fase da pesquisa parte, então, para a investigação das razões dessas relações, a partir de argumentos que compreendem a tecnologia de malharia.

A análise da Árvore de Decisão (Figura 27) evidencia que o percentual de composição da fibra viscosa nos produtos foi significativo para divisão da amostra de malhas. Para se determinar se essa variável é congruente com as demais, elaborou-se a Tabela 17, a qual consiste em uma análise de correlação entre todos os parâmetros da pesquisa.

Figura 27 – Variável "viscose" figura como primeiro "nó" da Árvore de Decisão.



Fonte: StatSoft STATISTICA® 12.5.192.7, 2021.

Tabela 18 – Análise de correlação entre todos os parâmetros da pesquisa.

Variável	Parâmetros Técnicos										Parâmetros de Custeio						
	Composição (%)					Estrutura					Inputs				Outputs		
	Poliéster	Poliamida	Elastano	Viscose	Algodão	Linho	Largura	Gramatura	Revoluções	Velocidade	Frontura (0 - Mono; 1 - Dupla)	Matéria-prima	Beneficiamento	Quebra	Tempo	Margem percentual	Margem real
Poliéster		-0,64	0,01	-0,51	-0,33	-0,21	0,09	0,23	0,11	-0,13	0,20	-0,87	0,11	-0,26	0,12	-0,16	-0,05
Poliamida	-0,64		0,16	-0,12	-0,10	-0,03	0,00	-0,01	0,07	0,03	-0,08	0,66	0,05	-0,25	0,07	0,18	0,23
Elastano	0,01	0,16		-0,14	-0,30	-0,03	0,11	0,39	-0,25	0,52	-0,42	0,24	0,28	-0,09	-0,38	-0,04	0,26
Viscose	-0,51	-0,12	-0,14		-0,11	0,35	0,03	-0,33	-0,17	0,05	-0,14	0,30	-0,16	0,53	-0,16	0,12	-0,13
Algodão	-0,33	-0,10	-0,30	-0,11		-0,03	-0,23	-0,10	-0,03	0,02	0,00	0,28	-0,14	0,18	-0,03	-0,09	-0,12
Linho	-0,21	-0,03	-0,03	0,35	-0,03		0,08	-0,13	-0,11	-0,10	-0,07	0,14	-0,03	0,41	-0,07	-0,10	0,00
Largura	0,09	0,00	0,11	0,03	-0,23	0,08		-0,22	-0,23	0,26	-0,48	-0,13	0,13	-0,10	-0,27	-0,04	-0,15
Gramatura	0,23	-0,01	0,39	-0,33	-0,10	-0,13	-0,22		-0,25	-0,07	0,24	-0,17	0,27	-0,03	-0,15	-0,03	0,15
Revoluções	0,11	0,07	-0,25	-0,17	-0,03	-0,11	-0,23	-0,25		-0,43	0,54	-0,08	-0,11	-0,15	0,93	-0,01	0,16
Velocidade	-0,13	0,03	0,52	0,05	0,02	-0,10	0,26	-0,07	-0,43		-0,84	0,22	0,08	0,02	-0,72	0,01	0,09
Frontura	0,20	-0,08	-0,42	-0,14	0,00	-0,07	-0,48	0,24	0,54	-0,84		-0,28	-0,01	0,05	0,74	-0,02	-0,02
Matéria-prima	-0,87	0,66	0,24	0,30	0,28	0,14	-0,13	-0,17	-0,08	0,22	-0,28		-0,07	0,08	-0,13	0,09	0,20
Beneficiamento	0,11	0,05	0,28	-0,16	-0,14	-0,03	0,13	0,27	-0,11	0,08	-0,01	-0,07		-0,04	-0,11	-0,08	0,25
Quebra	-0,26	-0,25	-0,09	0,53	0,18	0,41	-0,10	-0,03	-0,15	0,02	0,05	0,08	-0,04		-0,15	-0,06	0,00
Tempo	0,12	0,07	-0,38	-0,16	-0,03	-0,07	-0,27	-0,15	0,93	-0,72	0,74	-0,13	-0,11	-0,15		0,01	0,08
Margem perc. ¹⁰	-0,16	0,18	-0,04	0,12	-0,09	-0,10	-0,04	-0,03	-0,01	0,01	-0,02	0,09	-0,08	-0,06	0,01		-0,15
Margem real	-0,05	0,23	0,26	-0,13	-0,12	0,00	-0,15	0,15	0,16	0,09	-0,02	0,20	0,25	0,00	0,08	-0,15	

Fonte: StatSoft STATISTICA® 12.5.192.7, 2021.

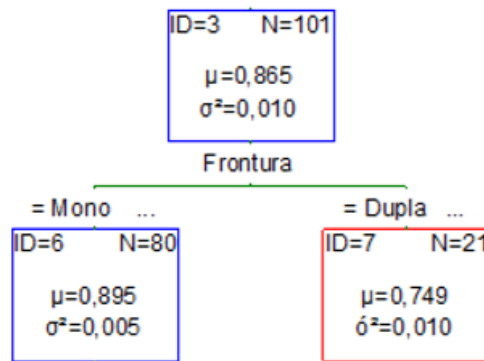
A variável “Quebra” possui o maior valor positivo de correlação com a variável de composição de “Viscose”. Isso significa que malhas produzidas a partir de viscose estão associadas às maiores perdas durante o processo produtivo de tingimento e beneficiamento. É possível concluir que o percentual de desperdício inerente aos artigos provenientes dessa fibra acaba por gerar ineficiências no portfólio de produtos analisado. A literatura têxtil aborda a viscose como sendo uma fibra com grande absorção de umidade. Kofler *et al.* (2013) explica que a viscose tem potencial de absorção, como também de retenção de vapor de água. A transferência do vapor de água através de tecidos de malha é conduzida por gradientes de pressão de vapor, e a diferença total de pressão é maior em condições climáticas de temperatura mais baixa (16°C ou menos) e umidade mais alta (mais de 65% de umidade relativa). Em tais condições, estruturas têxteis, especialmente as compostas por viscose, facilitam a passagem de uma maior quantidade de vapor de água (SKENDERI, Z.; SALOPEK, I. C.; SRDJAK, M., 2009). Essa propriedade também é percebida pela empresa que forneceu os dados da amostra de malhas. É sabido pelos gestores que a exposição

¹⁰ “Margem perc.” é uma abreviação para a variável “Margem percentual”.

prolongada a ambientes úmidos ocasiona ganho de massa em alguns lotes acabados de malhas de viscose, a depender das condições climáticas da ocasião de fabricação, amenizando-se, assim, os desperdícios do processo de beneficiamento. No entanto, como não há controle climático na empresa, o ganho de massa é extremamente variável e, por vezes, há perda de massa em decorrência de dias ditos “secos”, o que acaba por influenciar no percentual de “Quebra” dos produtos.

O modelo CHAID utilizado na Árvore de Decisão identificou, imediatamente após a composição de “viscose”, as variáveis “frontura” e “poliéster” como nós fundamentais na discriminação da amostra. De acordo com Árvore de Decisão (Figura 28 e ID=7), a estrutura de “duplafrontura” dos produtos com viscose está associada a maiores ineficiências das malhas.

Figura 28 – Divisão por tipo de "frontura" de produtos com "viscose" em sua composição.



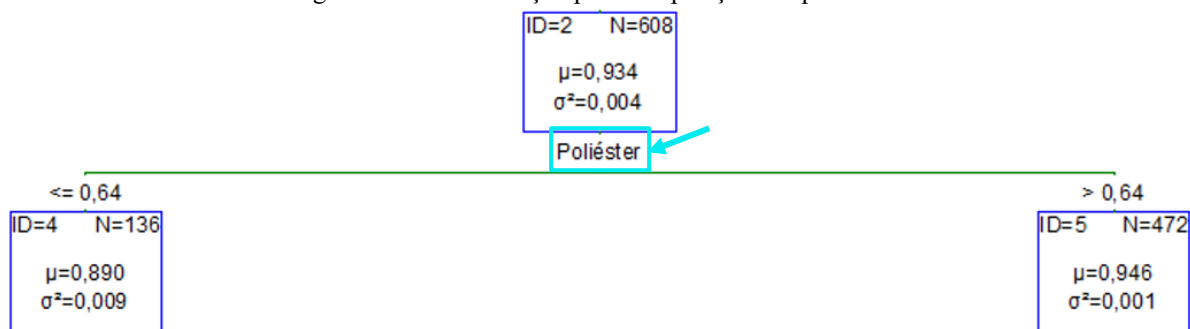
Fonte: StatSoft STATISTICA® 12.5.192.7, 2021.

A Tabela 18 evidencia que os teares “duplafrontura” utilizados na fabricação das malhas estão relacionados a menores velocidades de produção, o que, conseqüentemente, onera o tempo despendido para finalização de um rolo de malha. Uma vez que o “tempo” é *input* dos modelos DEA, espera-se que os teares duplafrontura apresentem, portanto, contribuição na queda de eficiência. Essa correlação verificada vai ao encontro das constatações de Spencer (2001). O autor esclarece que, em comparação com teares “duplafrontura”, os teares “monofrontura” têm uma construção mais simples, são mais fáceis de supervisionar e manter, apresentam velocidade de produção mais elevada e suportam uma maior quantidade de alimentadores. Vale ressaltar que, no entanto, mesmo havendo queda de produtividade, um tecido de malha dupla não pode ser produzido em um tear monofrontura. Uma medida gerencial pertinente a esse cenário seria planejar a troca dos teares duplafrontura

por modelos mais modernos, que possam fabricar malhas de estrutura equivalentes às DMUs da folha ID=7 em maiores velocidades.

A composição de “poliéster” aparece juntamente com “frontura” no segundo ramo da Árvore de Decisão (Figura 29). Os 472 produtos que detêm em sua composição mais de 64% dessa fibra estão sujeitos a um incremento de eficiência (ID=5). Os resultados da Tabela 18 indicam que os menores valores (negativos) de correlação para dois *inputs* dos modelos DEA, “matéria-prima” e “quebra”, estão associados justamente à composição de “poliéster”. Em decorrência dessas relações, entende-se que a inserção de poliéster nos tecidos de malhas pode reduzir os custos com matéria-prima, bem como reduzir o percentual de quebra no processo produtivo. Em comparação com os fios de poliamida, e de acordo com os dados do portfólio analisado, os fios de poliéster utilizados para fabricação dos produtos possuem custo de aquisição 40% menor, o que converge com o potencial de incremento de eficiência. Outrossim, a quebra, previamente associada à queda de eficiência de produtos com viscose, passa a ser relacionada ao aumento de eficiência de produtos com poliéster, uma vez que as perdas de material durante o processo de malharia e beneficiamento podem ser reduzidas em decorrência das características desse tipo de fibra: o poliéster possui, em geral, estabilidade química e resistência a altas temperaturas, a ácidos, bases, alguns solventes, óleos e gorduras (DEOPURA *et al.*, 2008).

Figura 29 – Estratificação pela composição de "poliéster".



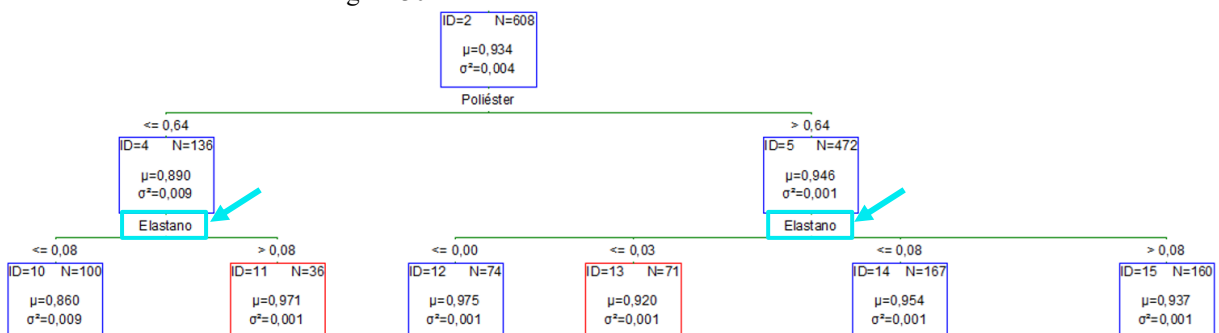
Fonte: StatSoft STATISTICA® 12.5.192.7, 2021.

A utilização de poliéster em portfólios de malhas esportivas decorre de suas propriedades termofisiológicas pertinentes à prática de atividade física. As roupas esportivas demandam valores de alteração dimensional, resistência térmica, absorvidade térmica, condutividade térmica, permeabilidade ao ar e vapor de água específicos a esse fim, observados principalmente em tecidos de malha provenientes de fibras de poliéster (ÖZKAN e KAPLANGIRAY, 2019). O excelente desempenho dessa matéria-prima nesse nicho de

mercado resulta da capacidade de se controlar com precisão a morfologia da fibra, conferindo estabilidade térmica e dimensional, além de controlar propriedades mecânicas com eficácia (JAFFE, EASTS e FENG, 2020). O poliéster pode ainda ser misturado com outras fibras sintéticas ou naturais na fabricação de fios para a malharia circular, como forma de abrandar eventual deficiência de propriedades específicas. Na pesquisa de Tausif *et al.* (2015), por exemplo, misturam-se fibras de poliéster e viscose de bambu em fios de malharia, de modo a atingir características mecânicas e ecológicas superiores a outras misturas de poliéster.

Na prossecução da análise (Figura 30), destaca-se a presença de dois nós após a composição de “poliéster”, ambos referentes à composição de “elastano”. No contexto do portfólio de malhas analisado existe a combinação do elastano com diversas fibras, em decorrência do potencial de enriquecimento de propriedades dos artigos, utilizados na sua maioria no mercado esportivo (HYOSUNG, 2021a). Desde sua introdução no final dos anos 1950, os fios de elastano apresentam continuamente um crescimento de sua exploração e aplicação na indústria têxtil global. Os tecidos e malhas baseados nesse tipo de fio, ao misturarem-se com outras fibras sintéticas e naturais, estão associados a propriedades de conforto, elasticidade, alongamento e compressão adequadas às demandas de consumidores de diversos segmentos da indústria têxtil: roupas de banho, roupas esportivas, roupas íntimas, meias, acessórios e vestuário médico são alguns dos exemplos. Há ainda variantes desenvolvidas para aplicações de uso final específico, como por exemplo, elastanos com elevada refletância de raios ultravioletas, os quais facilitam a inspeção de defeitos de rompimentos ou deslocamento desse tipo de fio nas malhas (MATHUR *et al.*, 2018; HYOSUNG, 2021b).

Figura 30 – Nós de “elastano” na Árvore de Decisão.

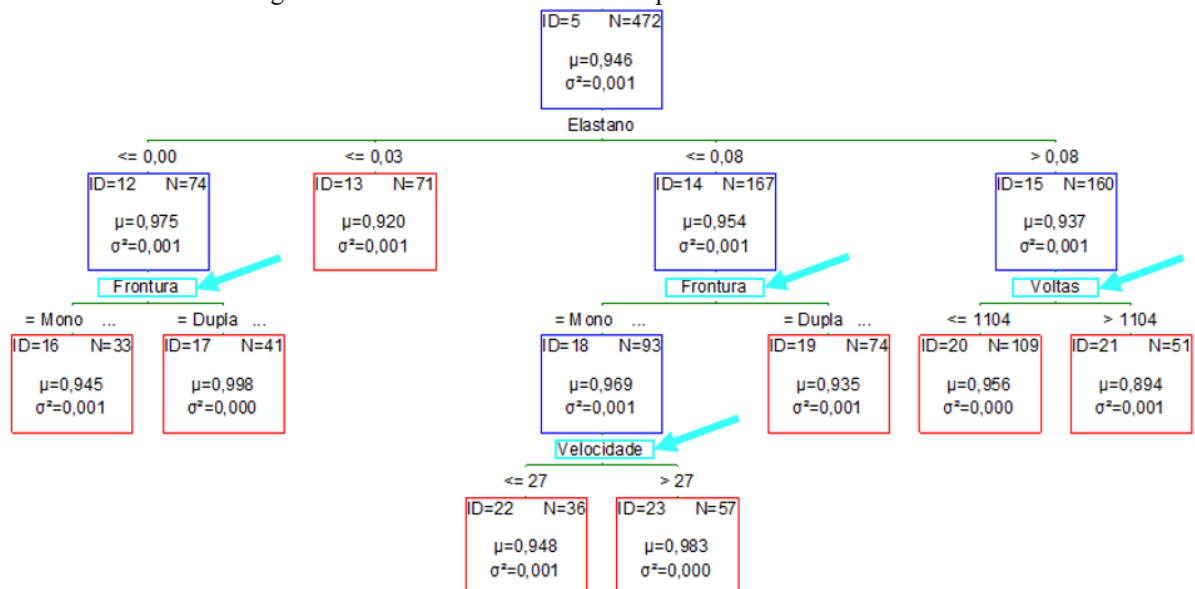


Fonte: StatSoft STATISTICA® 12.5.192.7, 2021.

Há um sensível aumento do escore de eficiência técnica dos produtos com mais de 8% de elastano na composição, e que possuam menos de 64% de poliéster (ID=11). No entanto, em uma análise específica da folha ID=11, verifica-se que a poliamida é presente majoritariamente na estrutura de todos os produtos, e 23 das 36 DMUs possuem escore de eficiência máximo. Esse é um indício que o elastano não é necessariamente o agente incrementador de eficiência. Mesmo que a Tabela 18 mostre uma correlação positiva entre composição de poliamida e custo de matéria-prima, os produtos fabricados a partir dessa fibra apresentam maiores margens, fato ocorrido também na folha ID=11, o que viabiliza compensar o custo dos fios utilizados e aumentar a eficiência. Além disso, de acordo com os dados produtivos específicos dos artigos dessa folha, verifica-se um tempo reduzido de produção, com média normalizada de 0,36 min/kg.

Para os casos de composição de poliéster superior a 64% (Figura 31), também não é evidente se o elastano apresenta uma função de incremento ou redução de eficiência dos produtos no quais está presente, uma vez que o aumento de elastano na composição ora amplia, ora reduz o escore médio de eficiência dos produtos (ID=12, ID=13, ID=14, ID=15). Contudo, observando-se a Figura 31, é indubitável o efeito de parâmetros relacionados ao tempo de produção nos escores de eficiência.

Figura 31 – Nós relacionados a desempenho e estrutura de teares.



Fonte: StatSoft STATISTICA® 12.5.192.7, 2021.

Conforme demonstra a Equação (44), uma eventual redução na velocidade angular de operação do tear, ou ainda, um aumento no número de revoluções, elevaria o tempo de

fabricação dos produtos, causando, conseqüentemente, redução de eficiência. Na folha ID=21, mais de 1104 revoluções para finalizar um rolo dos artigos acaba onerando a variável tempo, o que não acontece na folha ID=20. Da mesma forma, o aumento de velocidade na folha ID=23 em comparação com ID=22 ocasiona um sensível incremento de eficiência.

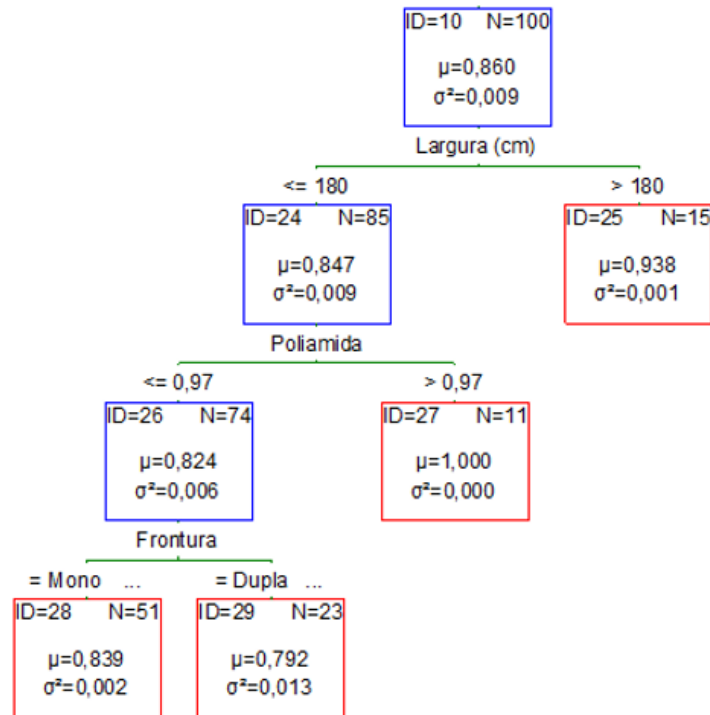
O tipo de frontura dos teares novamente apresenta potencial modificador dos escores dos modelos DEA, uma vez que os artigos agrupados na folha ID=18 apresentam maior eficiência do que os artigos da folha ID=19. No entanto, o incremento de eficiência associados aos teares monofrontura, em decorrência da maior velocidade de operação, não se repete nas folhas ID=16 e ID=17. Agrupadas na folha ID=16 estão uma série de malhas ditas “trabalhadas”, as quais são assim denominadas por possuírem raporte de tricotagem mais complexos em comparação com as malhas da folha ID=17. Portanto, mesmo que o tipo de tear duplafrentura esteja associado à diminuição de velocidade de produção, em casos de estruturas mais simples, é possível atingir maiores velocidades angulares, acarretando aumento dos escores de eficiência. O fabricante de teares Fukuhara® (2021), por exemplo, especifica que a velocidade máxima de operação informada em catálogos de duplafrentura somente são atingidas na fabricação de malhas duplas denominadas “helancas”, as quais são justamente a maioria das malhas na folha ID=17.

Vale ressaltar que o principal objeto de atenção para incremento de eficiência dos produtos envolvidos nas folhas da Figura 31 é o maquinário utilizado na produção das malhas, em decorrência do efeito de parâmetros essencialmente estruturais e de desempenho dos teares sobre a eficiência dos produtos dessa região da árvore.

A parte remanescente da Árvore de Decisão exibe o parâmetro de “largura” como nó inicial (Figura 32). Esse parâmetro é uma medida da própria largura do rolo de tecido de malha acabada. A largura é diretamente proporcional ao diâmetro do cilindro do tear utilizado, portanto, os teares de maior diâmetro são capazes de produzir rolos de maior largura (SPENCER, 2001). O mesmo autor explica ainda que essa questão é explorada principalmente pelos clientes confeccionistas que, ao definirem os moldes do vestuário, determinam qual largura do rolo geraria o menor desperdício durante a fase de encaixe. Dessa forma, os fabricantes de malha buscam produzir determinados tipos de produto e estruturas de malha em teares que tenham um diâmetro do cilindro específico. O que ocorre na folha ID=25 é justamente isso: 13 dos 15 produtos são malhas de um tipo denominado “moletom”, produzidos em um mesmo tear, cujo tempo de produção médio normalizado é de 0,31 min/kg. A largura não é o agente causador do maior escore de eficiência, mas sua relação com um

modelo de tear e estrutura de malha específicos auxilia na caracterização dos artigos da folha ID=25.

Figura 32 – Extrato da Árvore de Decisão a partir do nó "largura".



Fonte: StatSoft STATISTICA® 12.5.192.7, 2021.

Os produtos dotados de largura menor ou igual a 180 cm são divididos ainda de acordo com a composição de poliamida (ID=26 e ID=27). De forma semelhante à folha ID=11, as margens percentual e real dos tecidos de malha da folha ID=27 parecem compensar o elevado custo de matéria e o oneroso tempo de produção associado a eles. Vale ressaltar que todas as malhas são de um mesmo raporte, denominado “ponto colegial”, fabricadas em teares duplafrontura. Os escores desses produtos são todos iguais a 1,00, indicando que é o grupo mais eficiente de todo o portfólio. Produtos com raporte de ponto colegial, no presente caso, podem estar associados a tempestivas oportunidades de mercado, as quais permitem a aplicação de maiores margens na formação de preço.

Na sequência da análise, o tipo de frontura do tear gera o último nó da Árvore de Decisão. O tipo duplafrontura repete o comportamento redutor de eficiência, relacionado às baixas velocidades de produção dos artigos folha ID=29. Todas as malhas da mencionada folha são duplafrontura, mas existe ainda outro fator em comum: a formatação das agulhas em *rib*. Nas demais folhas com produtos essencialmente duplafrontura, a grande maioria das malhas é *interlock*. As malhas *rib* da empresa fornecedora dos dados são sempre fabricadas

em dois teares específicos, muito antigos e, conseqüentemente, lentos em comparação com os demais. A análise do portfólio pode, portanto, justificar a busca e compra de teares mais eficientes, que podem ter efeito direto na viabilidade de produtos *rib* pela empresa. Por vezes, a real necessidade de renovação de um grupo específico de teares é ofuscada pela complexidade em se analisar prioridades de investimentos da empresa em meio a um portfólio de mais de 700 produtos, questão que poderia ser esclarecida com a Árvore de Decisão por este trabalho construída.

A folha ID=28, ainda não explanada, contém 51 produtos, de diferentes composições e estruturas diversas, com escore médio de 0,839. Verificou-se que 65% dos produtos são fabricados a partir do algodão e associados a margens menores, em comparação com outras folhas. Para esse caso, a partir de uma análise de mercado, seria interessante explorar a viabilidade de incremento de margens, ou até mesmo de aquisição de fios de algodão de menor custo, o que geraria impacto na maior parte dos artigos da folha ID=28.

Inúmeras discussões podem ser iniciadas a partir de uma investigação particular e individual das folhas da Árvore de Decisão. Cada parâmetro dos produtos contribuiu para as análises de eficiência da presente dissertação. De forma sintetizada, a Tabela 19 indica o comportamento predominante do parâmetro composição no incremento ou redução da eficiência técnica dos produtos. Adicionalmente, a Tabela 20 resume o comportamento dos parâmetros técnicos estruturais.

Tabela 19 – Síntese da relação do parâmetro composição com a eficiência técnica VRS.

Variáveis técnicas	O aumento do valor incrementa ou reduz eficiência técnica VRS?	Condição	Hipóteses e observações	
Composição	Poliéster	Incrementa	Percentual maior do que 64%	Menor custo de matéria-prima e menor quebra no processo produtivo
	Poliamida	Incrementa	Percentual maior do que 97%	Maiores margens de lucro e menores quebras. Muitos produtos na fronteira de eficiência possuem poliamida
	Elastano	Não se aplica	Não se aplica	Apresenta relação ambígua com a eficiência, reduzindo-a ou incrementando-a a depender do produto
	Viscose	Reduz	Percentual maior do que zero	Perda de massa ao longo do processo produtivo (quebra), em decorrência de características naturais desta fibra
	Algodão	Reduz	Especificamente para a folha ID=28	Menores margens de lucro. Uma análise individual dos produtos é requerida
	Linho	Reduz	Percentual maior do que zero	Faz parte de produtos com viscose na composição. Sua presença colabora com o aumento da quebra esperada

Fonte: Autoria própria, 2021.

Tabela 20 – Síntese da relação dos parâmetros técnicos estruturais com a eficiência técnica VRS.

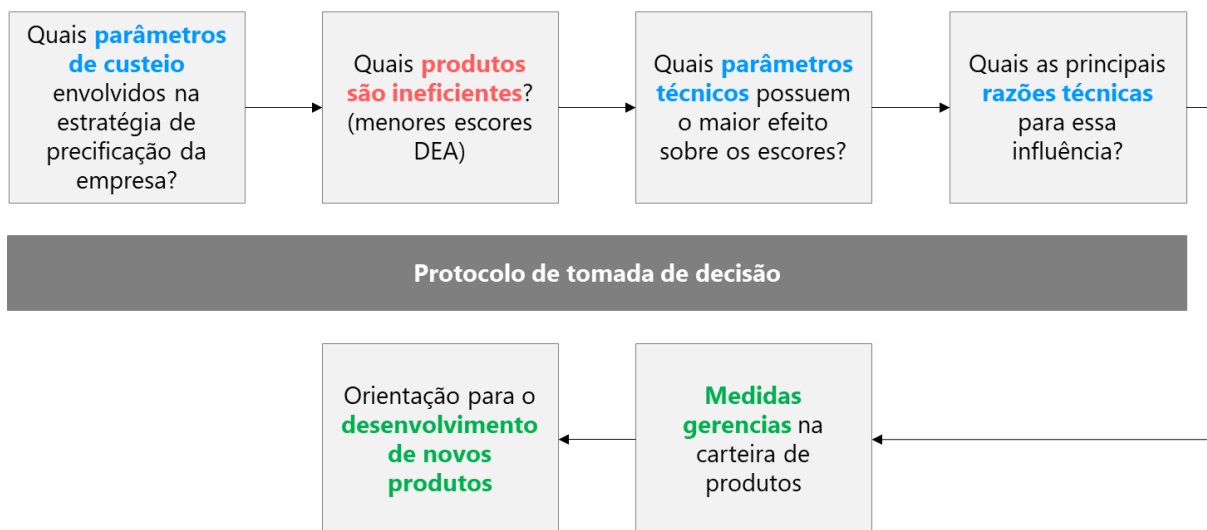
Variáveis técnicas	O aumento do valor incrementa ou reduz eficiência técnica VRS?	Condição	Hipóteses e observações
Largura	Incrementa	Valor maior do que 180 cm	Na realidade, produtos com maiores larguras são fabricados em teares específicos, mais eficientes em decorrência de raporte e velocidade
Gramatura	Não se aplica	Não se aplica	Não é apresentado na Árvore de Decisão. Mesmo que a gramatura seja um parâmetro fundamental na caracterização de uma malha, para a presente amostra, não possui poder discriminante
Estrutura	Revoluções Reduz	Artigos com mais de 1104 revoluções	É diretamente proporcional ao tempo de fabricação, no entanto, é mais significativa para valores maiores do que 1104 revoluções para conclusão de um rolo
Velocidade	Incrementa	Velocidades maiores do que 27 RPM	É inversamente proporcional ao tempo de fabricação, no entanto, é mais significativa para valores maiores do que 27 RPM de velocidade angular admitida
Frontura	Não se aplica	Não se aplica	É variável categórica. Teares duplafrentura apresentam potencial de redução de eficiência, em praticamente todas as folhas da Árvore de Decisão, em decorrência de complexidade de raportes e velocidade admitida

Fonte: Autoria própria, 2021.

De todo modo, é elaborada uma linha de raciocínio para que gestores de extensos portfólios de malhas possam executar uma análise de eficiência e identificar produtos, teares ou estratégias que necessitam de medidas gerenciais imediatas. Mesmo que os dados do portfólio estudado não sejam equivalentes a outras empresas fabricantes de malhas, o protocolo de tomada de decisão, por meio de modelos DEA e Árvore de Decisão, pode ser aplicado a novos conjuntos de dados que reflitam a realidade de uma outra organização que fabrique tecidos de malha, o que traz à tona a potencial escalabilidade dos resultados obtidos.

Portanto, à luz dos objetivos propostos no capítulo inicial desta dissertação de mestrado, desenvolveu-se um protocolo de tomada de decisão para gestão e desenvolvimento de portfólio de tecidos de malha, avaliando-se o efeito de parâmetros técnicos têxteis e de custeio na busca pelo incremento de eficiência. O mencionado protocolo é ilustrado esquematicamente por meio da Figura 33.

Figura 33 – Ilustração esquemática do "Protocolo de Tomada de Decisão" proposto.



Fonte: Autoria própria, 2021.

O protocolo de tomada de decisão na gestão de portfólio de tecidos de malha pode ser praticado quantas vezes for necessário. Como no trabalho de Linton, Walsh e Morabito (2002), os gestores logram da possibilidade de avaliar e ajustar paulatinamente as variáveis utilizadas, buscando, por exemplo, verificar o efeito de aquisição de teares mais modernos, ou observando o impacto de alterações do sistema de custeio e precificação da empresa. Medidas gerenciais, como alterações em características técnicas de produtos ou melhorias no desempenho dos teares, podem ter sua efetividade apurada antes mesmo de sua execução na prática. Como visto, até mesmo o desenvolvimento de um novo produto pode ser norteador por meio desses mecanismos.

5 CONCLUSÃO

O objetivo geral deste estudo é avaliar o efeito de parâmetros técnicos e de custeio na gestão de portfólio de tecidos de malhas por meio das ferramentas estatísticas de Análise Envoltória de Dados e Árvores de Decisão.

Para tanto, foram aplicadas técnicas estatísticas e matemáticas, tais como análise de correlação, análise de componentes principais, programação matemática de modelos DEA orientados a *input* e Árvores de Decisão com variáveis técnicas têxteis.

O processo de seleção de *inputs* e *outputs* para os modelos DEA permitiu concluir que todas as variáveis coletadas eram fundamentais para descrever e representar as malhas estudadas.

Após aplicação dos modelos DEA foi possível identificar produtos que necessitam atenção e medidas gerenciais de acordo com os respectivos escores de eficiência técnica. Foi confirmado o potencial dos escores DEA no direcionamento das análises das malhas, o qual iniciou as discussões técnicas posteriormente exploradas pela técnica de Árvore de Decisão. Verificou-se que há grupos de produtos com escore suficientemente alto para justificar sua continuidade no portfólio, bem como há conjuntos com escore suficiente baixo para justificar sua retirada, sem debates prolongados.

Na sequência, por meio da Árvore de Decisão elaborada, verificou-se o efeito dos parâmetros das malhas, tanto técnicos quanto de custeio, nos escores de cada grupo. Notou-se que a composição da fibra têxtil, a estrutura e o tipo dos teares possuem papel relevante na determinação da eficiência dos produtos. Raportes de malhas mais complexos também apresentaram relação direta com determinados agrupamentos de malhas nas folhas. Foi possível ainda nortear o desenvolvimento de uma nova malha fictícia, compreendendo-se seu posicionamento na Árvore de Decisão apresentada, podendo-se conjecturar a eficiência VRS desse produto antes mesmo de seu efetivo lançamento.

Por meio da discussão apresentada na presente dissertação de mestrado, projetou-se um protocolo de tomada de decisão na gestão de portfólio de tecidos de malhas, que discute e analisa a eficiência de cada DMU da carteira de produtos. Reitera-se sua relevância em tempos de crise, como o da pandemia de COVID-19. No entanto, os resultados gerados pelos modelos se mostram relevantes a qualquer tempo. Mesmo que as relações de causa e efeito investigadas entre escores DEA e variáveis de malhas sejam utilizadas restritamente no portfólio analisado, as investigações seguem princípios da literatura, que podem ser replicados

a outros conjuntos de dados de tecidos de malha, configurando a escalabilidade do protocolo construído.

Na medida em que o protocolo passa a ser utilizado efetivamente, admite-se o aperfeiçoamento e modificação do conjunto de variáveis consideradas nas análises, sejam elas técnicas ou de custeio. Adicionalmente, sugere-se estudos futuros baseados na incorporação de índices subjetivos de malhas no conjunto de *inputs* e *outputs* dos modelos DEA, tais como design, conforto, potencial e risco de mercado. Uma sugestão complementar seria ainda investigar em detalhes os escores de eficiência FGL e ESC nas discussões de futuras pesquisas, como forma de compreender o congestionamento de recursos em processos produtivos de tecidos de malhas.

REFERÊNCIAS

- ABIT. *Perfil do Setor*. 2021. Disponível em: <<https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>>. Acesso em: 02 fev. 2021.
- ABIT. *Dados Economia 2021*. Brasília, 2021, 2p.
- BANKER, R.D.; CHARNES, R.F.; COOPER, W.W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, vol. 30, 1984. pp. 1078–1092.
- BERNARDI, L. A. *Política e formação de preços: uma abordagem competitiva sistêmica e integrada*. São Paulo: Atlas, 1996.
- BÍBLIA, A. T. Provérbios. In: Bíblia. Português. *Bíblia Sagrada Almeida Revista e Atualizada*. Tradução de João Ferreira de Almeida. 2. ed. Barueri: Sociedade Bíblica do Brasil, 1993.
- BNDES. *Porte de empresa*. 2021. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/porte-de-empresa>>. Acesso em: 01 fev. 2021.
- BORNIA, A. C. *Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- BRASIL. Ministério da Economia. *Brasil está em consistente processo de recuperação econômica, assegura Guedes*. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/noticias/2020/novembro/brasil-esta-em-consistente-processo-de-recuperacao-economica-assegura-guedes>>. Acesso em: 01 fev. 2021.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Portal de Periódicos reúne o melhor da produção científica mundial*. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/capes/pt-br/assuntos/noticias/portal-de-periodicos-reune-o-melhor-da-producao-cientifica-mundial>>. Acesso em: 01 fev. 2021.
- BREIMAN, L.; FRIEDMAN, J. H.; OLSHEN, R. A.; STONE, C. J. *Classification and Regression Trees*. Wadsworth, 1984.
- CASTANHEIRA, L. G. *Aplicação de Técnicas de Mineração de Dados em Problemas de Classificação de Padrões*. UFMG, Belo Horizonte, 2008. (Dissertação).
- CHARNES, A.; COOPER, W.W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 1978. pp. 429-444.
- CHIANG, T.; CHE, Z. A fuzzy robust evaluation model for selecting and ranking NPD projects using Bayesian belief network and weight-restricted DEA. *Expert Systems with Applications*, v. 37, n. 1, p. 7408-7418, 2010.
- CNI. *ICEI – Índice de Confiança do Empresário Industrial*. 2021. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/icei-setorial/?utm_source=gpc_relatorio&utm_medium=link&utm_campaign=ICEIsetorial_Mar2021>. Acesso em: 15 abr. 2021.
- CNI. *Indicador de Custos Industriais*. 2020. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/indicador-de-custos-industriais/?utm_source=gpc_relatorio&utm_medium=link&utm_campaign=ici_3tri2020>. Acesso em: 01 mar. 2021.
- CNI. *Indicadores de Competitividade-Custo*. 2020. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/indicadores-de-competitividade-custo/>>. Acesso em: 01 mar. 2021.
- CNI. *Indústria Brasileira*. Brasília, abr. 2021, p. 36, 2021.
- CNI. *Investimentos na Indústria*. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/investimentos-na-industria/?utm_source=gpc_relatorio&utm_medium=link&utm_campaign=investindustria_2020-2021>. Acesso em: 01 mar. 2021.

CNI. *Sondagem Industrial*. Brasília, mar. 2021, 9p.

COELLI, T.; RAO, D.S.P.; O'DONELL, C.J.; BATTESE, G.E. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. New York: Springer, 2. ed., 2005. 331p.

COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M.; TONE, K. *Data Envelopment Analysis – A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. 2. ed. New York: Springer, 2007, 490p.

COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M.; TONE, K. *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses: With DEA-Solver Software and References*. 2. ed. New York: Springer, 2006. 354p.

DEL RIO-CHONA, R. M.; MEALY, P.; PICHLER, A.; LAFOND, F.; FARMER, J. D. Supply and demand shocks in the COVID-19 pandemic: an industry and occupation perspective. *Oxford Review of Economic Policy*, v. 36, n. 1, p. 94-137, 2020.

DEOPURA, B. L.; ALAGIRUSAMY, R.; JOSHI, M.; GUPTA, B. *Polyesters and polyamides*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2008.

DONTHU, N.; UNAL, B. Identifying escalation of commitment in B2B new product development projects using data envelopment analysis. *Journal of Business & Industrial Marketing*, v. 29, n. 3, p. 209-214, 2014.

DURU, C. S. Water-Related Comfort Properties of Silver-Modified Polyamide Fabrics Treated With Wicking and Antibacterial Finishes. *Clothing and Textiles Research Journal*, v. 38, n. 1, p. 59-70, 2020.

FALLAHPOUR, A.; KAZEMI, N.; MOLANI, M.; NAYERI, S.; EHSANI, M. An Intelligence-Based Model for Supplier Selection Integrating Data Envelopment Analysis and Support Vector Machine. *Iranian Journal of Management Studies*, v. 11, n. 2, p. 209-241, 2018.

FAN, G.; ONG, S. E.; KOH, H. C. Determinants of House Price: A Decision Tree Approach. *Urban Studies*, v. 43, n. 12, p. 2301– 2315, 2006.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; LOVELL, C.A.K. *Production Frontiers*. Cambridge: University Press, 1994.

FAYYAD, U. M. (Coord.). *Advances in knowledge discovery and data mining*. Cambridge: MIT, 1996.

FERREIRA, C.M.C.; GOMES, A.P. *Introdução à Análise Envoltória de Dados: Teoria, Modelos e Aplicações*. Viçosa: UFV, 2009. 389p.

FIESC. *Indústria Têxtil e do Vestuário de SC*. 2021. Disponível em: <https://www2.fiescnet.com.br/web/pt/site_topo/pei/info/textil-e-vestuario>. Acesso em: 01 fev. 2021.

FIESC. *Observatório FIESC: Indicadores*. 2021. Disponível em: <<https://observatorio.fiesc.com.br/indicadores/empregos>>. Acesso em: 01 fev. 2021.

FIPECAFI. *Manual de contabilidade das sociedades por ações: aplicável também às demais sociedades*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

FORTE, S.H.A.C. *Manual de elaboração de tese, dissertação e monografia*. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2004.

FRIES, C. E. Avaliação do Impacto do Uso de Tecnologias de Informação e Comunicação na Eficiência de Prestadores de Serviços Logísticos. Tese (*Doutorado*) - Curso de Engenharia de Produção e Sistemas, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. 193p.

FUKUHARA. Ficha Técnica M-9ME42. São Paulo, ago. 2020, 2p.

GIL, A.C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 6ª.Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GREENE, W.H. *Econometric Analysis*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 7.ed., 2011.

- HALLIDAY, D.; RESNICK, R. *Fundamentos de Física, Volume 1: Mecânica*. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- HYOSUNG. *Creora Power Fit*. 2021. Disponível em: <<http://www.creora.com/en/products/performance.do>>. Acesso em: 09 set. 2021a.
- HYOSUNG. *Creora Luminous*. 2021. Disponível em: <<http://www.creora.com/en/products/fluorescence.do>>. Acesso em: 09 set. 2021b.
- HOMBURG, C. Using relative profits as an alternative to activity-based costing. *International Journal of Production Economics*, v. 95, n. 1, p. 387-397, 2005.
- IBGE. *Produção Física Brasil – Mar/21*. Brasília, 2021, 40p.
- IBM. *KMO and Bartlett's Test*. 2021. Disponível em: <<https://www.ibm.com/docs/en/spss-statistics/23.0.0?topic=detection-kmo-bartletts-test>>. Acesso em: 09 set. 2021.
- JAFFE, M.; MENCZEL, J. D. *Thermal Analysis of Textiles and Fibers*. In: JAFFE, M.; EASTS, A. J.; FENG, X. Polyester fibers. 1. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2020. p. 133-149.
- JOHNSON, R.A., WICHERN, D.W., *Applied Multivariate Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1982.
- KAO, C. Network data envelopment analysis: A review. *European Journal of Operational Research*, v. 239, n. 1, p. 1–16, 2014.
- KASS, G.V. *An Exploratory Technique for Investigating Large Quantities of Categorical Data*. Applied Statistics. Vol. 29, No. 2, 1980.
- KOFLER, P. *et al.* Viscose as an alternative to aramid in workwear: Influence on endurance performance, cooling, and comfort. *Textile Research Journal*, v. 89, n. 19, p. 2085-2092, 2013.
- LINOFF, G. S.; BERRY, M. J. A. *Data mining techniques: for marketing, sales, and customer relationship management*. 3. ed. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., 2011.
- LINTON, J. D.; WALSH, S. T.; MORABITO, J. Analysis, ranking and selection of R&D projects in a portfolio. *R&D Management*, v. 32, n. 2, p. 139-148, 2002.
- LOVELL, C.A.K. *Production frontiers and productive efficiency*, in: Fried, H.O.; Know Lovell, C.A.; Schmidt, S.S. (orgs.), *The Measurement of Productive Efficiency – Techniques and Applications*, Oxford University Press, New York, p. 3-67, 1993.
- MAGIDSON, J.; SPSS INC. SPSS for Windows, CHAID, release 6.0. Chicago: SPSS Inc., 1993.
- MATHUR, K.; VALLABH, R.; HAUSER, P.; SEYAM, A. M. Stretch properties of knitted fabrics containing spandex. *Textile Future*, Raleigh, ago. 2018, 5p.
- NAKANO, D.N. Métodos de Pesquisa adotados na Engenharia de Produção e Gestão de Operações. In: MIGUEL, P.A.C. (org). *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- NEOS SERVER. *NEOS Server for MOSEK/GAMS*. 2021. Disponível em: <<https://neos-server.org/neos/solvers/lp:MOSEK/GAMS.html>>. Acesso em: 01 fev. 2021.
- NORMAN, M.; STOKER, B. *Data Envelopment Analysis: The Assessment of Performance*, New York: John Wiley & Sons, 1991.
- ÖZKAN, E. T.; KAPLANGIRAY, B. M. Investigating thermophysiological comfort properties of polyester knitted fabrics. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, v. 5, n. 1, p.50-56, 2019.

- PINDYCK, R.; RUBINFELD, D.L. *Microeconomia*. São Paulo: Pearson, 2010.
- PITOMBO, C. S.; KAWAMOTO, E.; SOUSA, A. J. *An exploratory analysis of relationships between socioeconomic, land use, activity participation variables and travel patterns*. Transport Policy (Oxford), 2011.
- PLOYMALEE, S.; CHARUCHINDA, S.; SRIKULKIT, K. Hydrophilic Property of Polyester Fabric Coated with Polyethylene Glycolated Bisphenol A. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 116, n. 1, p. 473-478, 2010.
- POSSAMAI, R.P. Avaliação da Eficiência Técnica em Concessionárias de Rodovias Utilizando Análise Envoltória de Dados. *Dissertação (Mestrado)* - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. 165p.
- PRATHER, K. A.; WANG, C. C.; SCHOOLEY, R. T. Reducing transmission of SARS-CoV-2. *Science*, v. 368, n. 1, p. 1422-1424, 2020.
- QUINLAN, J. R. *C4.5: programs for machine learning*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 1993.
- RECEITA FEDERAL DO BRASIL. *IRPJ - Lucro Presumido 2020*. Brasília, 2020, 38p.
- REZENDE, S. O. *Sistemas Inteligentes: Fundamentos e Aplicações*. Barueri: Editora Manole, 2003
- SEBRAE. *Estudo Setorial da Indústria Catarinense*. 2021. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/5de09fe521b18f7b92b7e20a734ee57a/\\$File/5741.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/5de09fe521b18f7b92b7e20a734ee57a/$File/5741.pdf)>. Acesso em: 01 fev. 2021.
- SEFAZ-SC. *RICMS/SC-01*. 2021. Disponível em: <http://legislacao.sef.sc.gov.br/consulta/views/Publico/Frame.aspx?x=/Cabecalhos/frame_ricms_01_00_00.htm>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- SKENDERI, Z.; SALOPEK, I. C.; SRDJAK, M. Water Vapour Resistance of Knitted Fabrics under Different Environmental Conditions. *Fibres & Textiles*, v. 17, n. 2, p. 72-75, 2009.
- SPENCER, D. J. *Knitting Technology: A Comprehensive Handbook and Practical Guide*. 3. ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2001.
- TAUSIF, M.; AHMAD, F.; HUSSAIN, U.; BASIT, A.; HUSSAIN, T. A comparative study of mechanical and comfort properties of bamboo viscose as an eco-friendly alternative to conventional cotton fibre in polyester blended knitted fabrics. *Journal of Cleaner Production*, v. 89, n. 1, p. 110-115, 2015.
- TUCKER, C. S.; KIM, H. M. Data-Driven Decision Tree Classification for Product Portfolio Design Optimazation. *Journal of computing and information science in engineering*, v. 9, n. 4, 2009, 14p.
- TURE, M.; TOKATLI, F.; KURT, I. Using Kaplan–Meier analysis together with decision treemethods (C&RT, CHAID, QUEST, C4.5 and ID3) indetermining recurrence-free survival of breast cancer patients. *Expert Systems with Applications*, v. 36, n. 2, p. 2017-2026, 2009.
- VARGHESE, N.; THILAGAVATHI, G. Development of woven stretch fabrics and analysis on handle, stretch, and pressure comfort. *The Journal of The Textile Institute*, v. 106, n. 3, p. 242-252, 2015.
- VASCONCELLOS, M. A. S. DE; GARCIA, M. E. *Fundamentos da Economia*. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2008.
- WANG, B.; ANDERSON, T. R.; ZEHR, W. Competitive Pricing Using Data Envelopment Analysis - Pricing for Oscilloscopes. *International Journal of Innovation and Technology Management*, v. 13, n. 1, 2016, 27p.
- WEI, Q. Data envelopment analysis. *Chinese Science Bulletin*, v. 46, n. 16, p. 1321-1332, 2011.
- WITTEN, I. H.; FRANK, E. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques with Java Implementations*. São Francisco: Morgan Kaufmann, 2000.

WÖBER, K.W. Data envelopment analysis. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, v. 21, n. 4, p. 91-108, 2007.