

Otimização da produção em máquina multiprodutos na indústria de papel: um estudo utilizando o método AHP – analytic hierarchy process

Production optimization in a multi-product machine in the paper industry: a study using the AHP – analytic hierarchy process method

DOI:10.34117/bjdv8n3-448

Recebimento dos originais: 27/01/2022

Aceitação para publicação: 25/02/2022

Gilberto Cristiano

Mestrando em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos

Instituição: Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – CEETEPS

Endereço: R. dos Bandeirantes, 169 – Bom Retiro – São Paulo/SP

E-mail: gilberto.cristiano@cpspos.sp.gov.br

Rosângela de Oliveira Souza

Mestranda em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos

Instituição: Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – CEETEPS

Endereço: R. dos Bandeirantes, 169 – Bom Retiro – São Paulo/SP

E-mail: rosangela.souza@cpspos.sp.gov.br

Antônio César Galhardi

Doutor em Engenharia Mecânica

Instituição: Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – CEETEPS

Endereço: R. dos Bandeirantes, 169 – Bom Retiro – São Paulo/SP

E-mail: antonio.galhardi@cpspos.sp.gov.br

Vanderlei Tallach

Mestrando em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos

Instituição: Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – CEETEPS

Endereço: R. dos Bandeirantes, 169 – Bom Retiro – São Paulo/SP

E-mail: vanderlei.tallach@cpspos.sp.gov.br

Alexandre Formigoni

Doutor em Engenharia de Produção

Instituição: Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – CEETEPS

Endereço: R. dos Bandeirantes, 169 – Bom Retiro – São Paulo/SP

E-mail: alexandre.formigoni@cpspos.sp.gov.br

RESUMO

Este artigo apresenta um framework para sequenciamento ideal de produção a partir do uso da análise hierárquica de processo – AHP, para uma máquina produtora de bobinas de papel, que processa sete diferentes produtos. Foi desenvolvida a análise de critérios como: produtividade, setup, demanda, lote mínimo e prazo de entrega, de maneira a fornecer informações consistentes que visam otimizar a utilização da máquina em questão. Observou-se que o método AHP é uma ferramenta de auxílio no processo decisório, pois contempla tanto os aspectos técnicos, como converte aspectos subjetivos

em dados matematicamente confiáveis, além de sua grande flexibilidade para incorporar novas variáveis de análise.

Palavras-chave: otimização, produção de papel, método analytic hierarchy process.

ABSTRACT

This article presents a framework for ideal production sequencing from the use of analytic hierarchy process – AHP, for a machine producing paper reels, which processes seven different products. The analysis of criteria was developed, such as: productivity, setup, demand, minimum batch and delivery time, in order to provide consistent information aiming to optimize the use of the machine in question. It was observed that the AHP method is an aid tool in the decision-making process, because it contemplates both technical aspects as it converts subjective aspects into mathematically reliable data, in addition to its great flexibility to incorporate new analysis variables.

Keywords: optimization, paper production, analytic hierarchy process method.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Padovani e Ferreira (2020), no setor de celulose (matéria-prima básica do papel) o Brasil é o segundo maior produtor e o maior exportador do mundo, destinando 70% de toda a produção aos mercados chinês, europeu e americano. Quanto à produção de papel, 80% são consumidos no mercado interno, o que derruba o Brasil para a oitava posição no ranking dos maiores exportadores mundiais. A maior fatia da produção é destinada a papéis de impressão (21,7%), *tissue* - produto de baixa gramatura utilizado principalmente para a fabricação de papel higiênico, guardanapos e papel toalha - (3,7%) e papel cartão (2,6%). A localização da maior parte das indústrias de papel e celulose é concentrada nas regiões Sul e Sudeste devido ao maior consumo nessas localidades, porém há indústrias espalhadas por todo o território nacional.

O mercado de papel e celulose possui a maior participação - cerca de 61% em 2019 - dentro do segmento de plantio de árvores com fins industriais. Este ramo possui grande importância econômica para o país, tendo arrecadado em 2019 R\$ 86,6 bilhões, o que representa 1,3% do PIB nacional e 6,9% do PIB industrial (PADOVANI e FERREIRA, 2020).

O método de produção empregado na maioria das indústrias desse setor, tanto no Brasil quanto no mundo, é o processo *kraft*, que consiste em seis etapas principais: preparação da madeira, cozimento, lavagem, deslignificação (remoção do polímero estrutural lignina do tecido vegetal), branqueamento e secagem.

O presente estudo tem por objetivo determinar a sequência ideal de Programação

de Produção para uma máquina de fabricação de bobinas de papel em uma indústria multinacional do setor, instalada em Caieiras/SP.

A referida máquina processa sete tipos de papel, em diferentes gramaturas e texturas, que recebem nomenclaturas comerciais e que, por questões de direito de uso de marca, serão identificados como Produto A, Produto B, Produto C, Produto D, Produto E, Produto F e Produto G. A máquina, denominada PM7, opera ininterruptamente em três turnos, de oito horas cada. As paradas ocorrem somente a cada troca de tipo de papel, para limpeza e calibração, e em uma semana por ano, para manutenção.

Nesta planta industrial não há nenhuma outra máquina capaz de processar os mesmos tipos de papel, portanto sua otimização é fundamental para que a fábrica possa reduzir os gargalos e aumentar a produtividade efetiva.

Para o estudo, foi utilizado o método AHP - *Analytic Hierarchy Process*, que é uma abordagem projetada para lidar tanto com o racional quanto com o intuitivo, de maneira a ordenar as alternativas, a partir da melhor, em escala decrescente de ganhos, considerando uma série de critérios. No método, o problema de decisão é dividido em níveis hierárquicos, o que facilita a compreensão e análise do problema.

No topo desta hierarquia está a meta a ser atingida. No segundo nível estão os critérios, que serão avaliados par a par a fim de que se estabeleçam as prioridades a serem consideradas. E no terceiro nível estão as alternativas que poderão ser escolhidas pelos decisores.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Fundamentação Teórica deste trabalho apresenta visões sobre a Pesquisa Operacional e sobre o AHP - *Analytic Hierarchy Process*, bem como descreve as etapas de aplicação deste método.

2.1 PESQUISA OPERACIONAL

A Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional - SOBRAPO define a Pesquisa Operacional (PO) como “a área de conhecimento que estuda, desenvolve e aplica métodos analíticos avançados para auxiliar na tomada de melhores decisões nas mais diversas áreas de atuação humana” (SOBRAPO, 2021).

Para Santos (2013) a Pesquisa Operacional utiliza modelos matemáticos e/ou lógicos para resolver problemas reais, com caráter multidisciplinar. Conforme o tipo e a

complexidade do problema a ser estudado, serão escolhidos os melhores modelos que aderem àquela realidade.

2.2 MÉTODO AHP

O método *Analytic Hierarchy Process* – AHP foi desenvolvido por Tomas L. Saaty no início dos anos 1970. É considerado um dos métodos mais utilizados e conhecidos no apoio à tomada de decisão na resolução de conflitos negociados, em problemas com múltiplos critérios. Este método busca tratar a complexidade com a decomposição e divisão do problema em fatores, que possam ainda ser decompostos em novos fatores até o nível mais básico (MARINS; SOUZA; BARROS, 2009).

Segundo Vargas (1990), a utilização do método AHP é indicada pelo fato de se mensurar critérios tangíveis com intangíveis, por meio de uma escala de razão, podendo o problema ser dividido em diversas partes, relacionando-as e conectando os juízos de comparação com o objetivo final da aplicação.

Agápito *et al* (2016) afirmam que a conversão de dados empíricos em modelos matemáticos é o principal diferencial do método AHP. Os valores obtidos são processados e comparados. Para cada um dos fatores são atribuídos os pesos necessários para a avaliação dos elementos dentro da hierarquia definida.

2.2.1 Etapas de aplicação do método AHP

Franco *et al* (2017) sugerem que a aplicação do método AHP deve obedecer às seguintes etapas:

- 1) Construção das hierarquias: nesta etapa, é necessário modelar o problema de acordo com uma hierarquia de elementos de decisão inter-relacionados. Conforme Colin (2011), a hierarquia de um problema é representada por um objetivo, seus fatores de decisão, e suas alternativas;
- 2) Definição das prioridades: Saaty (1991) propõe uma escala de julgamento para a comparação par a par, onde cada comparação tem seu grau de importância.
- 3) O Quadro 1 apresenta a escala de julgamento proposta por Saaty.

Quadro 1 - Escala Fundamental de Saaty

Escala numérica	Escala conceitual	Descrição
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o juízo favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação a outra, com o mais alto grau de segurança
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se busca uma condição de compromisso entre duas definições

Fonte: Saaty (1991)

- 4) Construção das matrizes pareadas: Nesta etapa, a partir das comparações par a par, é construída uma matriz, seguindo os princípios de Saaty (1991) conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Matriz Pareada

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1j} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2j} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \dots & a_{3j} \\ \dots & \dots & \dots & 1 & \dots \\ a_{j1} & a_{j2} & a_{j3} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

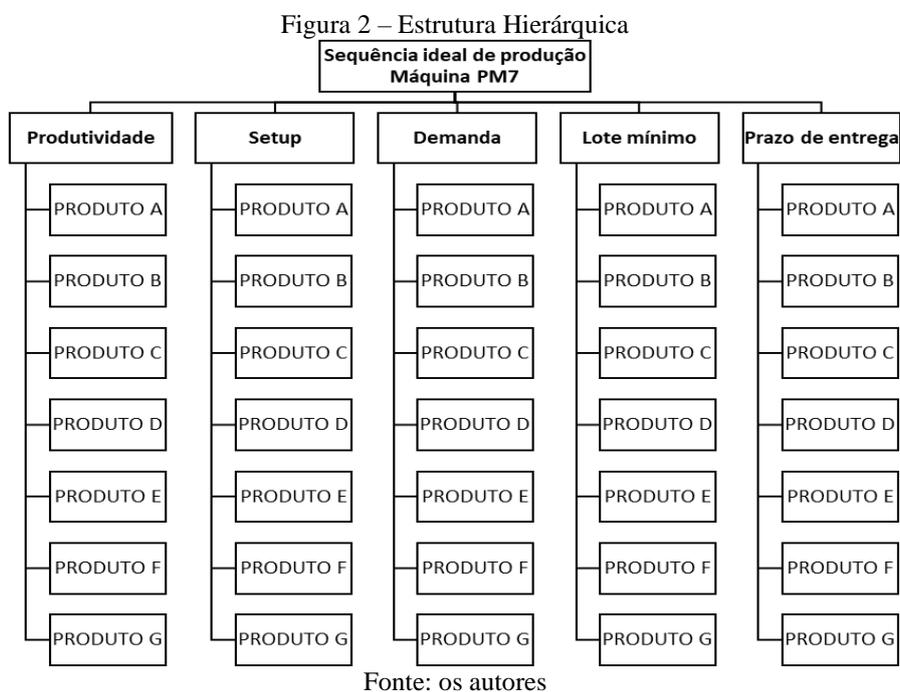
Fonte: Saaty (1991)

- 5) Obtenção do Vetor de Prioridade Relativa: após a construção da matriz pareada é obtido o Vetor de Prioridade Relativa, que é a média de cada coluna, calculada por meio da soma dos elementos de cada linha da matriz normalizada e da divisão desta soma pelo número de elementos na linha.
- 6) Análise de Consistência: nesta etapa é realizado um teste, onde é gerado um novo vetor coluna, obtido um vetor máximo e calculados o Índice de Consistência e a Razão de Consistência, cujas fórmulas serão demonstradas oportunamente.
- 7) Avaliação das alternativas: Última etapa do método AHP, em que são avaliadas as respostas em cada passo, considerando a melhor alternativa viável de decisão para a empresa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo as etapas propostas na Fundamentação Teórica deste trabalho, primeiramente foi construída a estrutura hierárquica do problema.

A meta foi estabelecer a sequência ideal de produção para a Máquina PM7. Foram eleitos cinco critérios: produtividade, *setup*, demanda, lote mínimo, e prazo de entrega, com seus respectivos graus de importância comparativa, de acordo com a Escala Fundamental de Saaty. As alternativas são compostas pelos diferentes tipos de papéis produzidos: Produto A, Produto B, Produto C, Produto D, Produto E, Produto F e Produto G. A estrutura hierárquica está representada na Figura 2.



Na sequência, após análise e consenso das pessoas envolvidas com o problema, foi estabelecida a comparação par a par de cada um dos critérios elencados.

Tabela 1 - Avaliação dos Critérios

MATRIZ PAREADA	PRODUTIVIDADE	SETUP	DEMANDA	LOTE MÍNIMO	PRAZO DE ENTREGA
PRODUTIVIDADE	1/1	1/2	1/4	1/3	1/3
SETUP	2/1	1/1	2/4	3/2	1/2
DEMANDA	4/1	4/2	1/1	2/1	3/2
LOTE MÍNIMO	3/1	2/3	1/2	1/1	3/5
PRAZO DE ENTREGA	3/1	2/1	2/3	5/3	1/1
SOMA	13	37/6	35/12	39/6	59/15

Fonte: os autores

A Tabela 2 apresenta a normalização da matriz pareada, efetuando a divisão de cada resultado pela soma da coluna.

Tabela 2 - Normalização da Matriz Pareada

MATRIZ PAREADA	PRODUTIVIDADE	SETUP	DEMANDA	LOTE MÍNIMO	PRAZO DE ENTREGA
PRODUTIVIDADE	1/13	3/37	3/35	2/39	10/118
SETUP	2/13	6/37	6/35	9/39	15/118
DEMANDA	4/13	12/37	12/35	12/39	45/118
LOTE MÍNIMO	3/13	4/37	6/35	6/39	18/118
PRAZO DE ENTREGA	3/13	12/37	8/35	10/39	30/118

Fonte: os autores

Após a normalização da matriz, é necessário encontrar o Vetor de Prioridade Relativa (w). Nesta fase, realizou-se a média de cada linha dos critérios elencados.

Tabela 3 - Vetor de Prioridade Relativa (w)

MATRIZ PAREADA	PRODUTIVIDADE	SETUP	DEMANDA	LOTE MÍNIMO	PRAZO DE ENTREGA	MÉDIA
PRODUTIVIDADE	0,0769	0,0811	0,0857	0,0513	0,0847	0,0759
SETUP	0,1538	0,1622	0,1714	0,2308	0,1271	0,1691
DEMANDA	0,3077	0,3243	0,3429	0,3077	0,3814	0,3328
LOTE MÍNIMO	0,2308	0,1081	0,1714	0,1538	0,1525	0,1633
PRAZO DE ENTREGA	0,2308	0,3243	0,2286	0,2564	0,2542	0,2589

Fonte: os autores

De acordo com os vetores obtidos, o critério “Demanda” figura como prioritário e o critério “Prazo de Entrega” figura como o segundo mais importante.

Para calcular a Razão de Consistência (RC) é necessário primeiro obter o valor de λ_{max} que representa o maior autovalor da matriz A, obtido a partir da seguinte equação:

$$A w = \lambda_{max} X w$$

É necessário calcular uma matriz quadrada a partir da Matriz de Comparação, aqui já convertida em decimal, pelo Vetor de Prioridade.

$$\begin{array}{c}
 \text{Matriz de Comparação} \\
 \left(\begin{array}{ccccc}
 1,0000 & 0,5000 & 0,2500 & 0,3333 & 0,3333 \\
 2,0000 & 1,0000 & 0,5000 & 1,5000 & 0,5000 \\
 4,0000 & 2,0000 & 1,0000 & 2,0000 & 1,5000 \\
 3,0000 & 0,6667 & 0,5000 & 1,0000 & 0,6000 \\
 3,0000 & 2,0000 & 0,6667 & 1,6667 & 1,0000
 \end{array} \right)
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \text{Vetor de} \\
 \text{Prioridade} \\
 \left(\begin{array}{c}
 0,0759 \\
 0,1691 \\
 0,3328 \\
 0,1633 \\
 0,2589
 \end{array} \right)
 \end{array}
 = \lambda_{\max}
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c}
 0,0759 \\
 0,1691 \\
 0,3328 \\
 0,1633 \\
 0,2589
 \end{array} \right)
 \end{array}$$

A soma das linhas da matriz obtida resultará no Vetor de Pesos para cada critério.

$$0,0759 + 0,0845 + 0,0832 + 0,0544 + 0,0863 = 0,3844$$

$$0,1519 + 0,1691 + 0,1664 + 0,2450 + 0,1294 = 0,8618$$

$$0,3038 + 0,3381 + 0,3328 + 0,3267 + 0,3883 = 1,6897$$

$$0,2278 + 0,1127 + 0,1664 + 0,1633 + 0,1553 = 0,8256$$

$$0,2278 + 0,3381 + 0,2219 + 0,2722 + 0,2589 = 1,3189$$

Após os resultados dos valores máximos, é calculada sua média para obter-se o valor de λ_{\max} .

$$\lambda_{\max} = \text{Média} \left\{ \begin{array}{c}
 \underline{0,3844} + \underline{0,8618} + \underline{1,6897} + \underline{0,8256} + \underline{1,3189} \\
 \left[\begin{array}{ccccc}
 0,0759 & 0,1691 & 0,3328 & 0,1633 & 0,2589
 \end{array} \right]
 \end{array} \right\} = 5,0772$$

O índice de consistência é determinado pela fórmula: $IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$

$$\text{Neste estudo encontrou-se: } IC = \frac{5,0772 - 5}{5 - 1} = 0,0193$$

A Razão de Consistência (RC) é obtida pela fórmula: $RC = \frac{IC}{IR}$

O valor de IR (Índice Randômico), conforme Saaty (1991), é obtido de uma tabela a partir de um índice randômico calculado para matrizes quadradas de ordem n pelo Laboratório Nacional de Oak Ridge, nos EUA:

Quadro 2 - Valores de IR para matrizes quadradas de ordem n

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Fonte: Saaty (1991)

Portanto, $RC = \frac{0,0193}{1,12} = 0,0172$.

Saaty (1991) afirma que para $RC \leq 0,1$ é possível concluir que os valores das prioridades relativas são consistentes.

O passo seguinte é estabelecer uma matriz de comparação para cada um dos critérios.

Para o critério “Produtividade” foi utilizada a capacidade nominal de produção da máquina, de acordo com cada tipo de papel. Somados estes valores, obteve-se uma proporção percentual de sua participação na produtividade global da máquina em toneladas por hora.

Tabela 4 – Matriz de Comparação Produtividade

MATRIZ DE COMPARAÇÃO - PRODUTIVIDADE		
Tipo	ton/hora	Normalizado
PRODUTO A	2,1792	0,1104
PRODUTO B	3,0250	0,1532
PRODUTO C	1,9667	0,0996
PRODUTO D	2,5667	0,1300
PRODUTO E	3,0250	0,1532
PRODUTO F	2,9625	0,1500
PRODUTO G	4,0208	0,2036
SOMA	19,7458	1,0000

Fonte: os autores

Para o critério “Setup” foi computado o tempo decorrido em horas entre lavagem e calibração da máquina a cada troca. Foram somados os tempos - considerando um ciclo completo de produção para todos os tipos de papel - e estabeleceu-se uma proporção do tempo total de setup.

Tabela 5 – Matriz de Comparação Setup

MATRIZ DE COMPARAÇÃO - SETUP		
Tipo	horas	Normalizado
PRODUTO A	6	0,1250
PRODUTO B	6	0,1250
PRODUTO C	6	0,1250
PRODUTO D	12	0,2500
PRODUTO E	6	0,1250
PRODUTO F	6	0,1250
PRODUTO G	6	0,1250
SOMA	48	1,0000

Fonte: os autores

O critério “Demanda” é baseado na projeção de vendas, em toneladas, para o bimestre julho/agosto de 2021. De forma análoga aos critérios anteriores, foram somadas as demandas individuais para obter a demanda total e, conseqüentemente, a proporção de cada item.

Tabela 6 – Matriz de Comparação Demanda

MATRIZ DE COMPARAÇÃO - DEMANDA		
Tipo	ton/bimestre	Normalizado
PRODUTO A	330	0,2143
PRODUTO B	200	0,1299
PRODUTO C	400	0,2597
PRODUTO D	50	0,0325
PRODUTO E	260	0,1688
PRODUTO F	260	0,1688
PRODUTO G	40	0,0260
SOMA	1540	1,0000

Fonte: os autores

O critério “Lote Mínimo” representa a quantidade mínima ideal, em toneladas, para produzir cada tipo de papel. Para o recorte de tempo estudado, o Produto D e o Produto G, apesar de não atingirem a quantidade estabelecida para seus Lotes Mínimos, serão produzidos de acordo com a projeção apresentada na Tabela 6 (50 e 40 toneladas, respectivamente) uma vez que os demais tipos de papel superam suas quantidades mínimas de produção.

Tabela 7 – Matriz de Comparação Lote Mínimo

MATRIZ DE COMPARAÇÃO - LOTE MÍNIMO		
Tipo	ton	Normalizado
PRODUTO A	60	0,1250
PRODUTO B	60	0,1250
PRODUTO C	60	0,1250
PRODUTO D	60	0,1250
PRODUTO E	60	0,1250
PRODUTO F	120	0,2500
PRODUTO G	60	0,1250
SOMA	480	1,0000

Fonte: os autores

Para definir o critério “Prazo de Entrega” foi necessária uma comparação par a par de cada tipo de papel. O papel identificado como Produto F deve ser entregue até o dia 15 de cada mês, o Produto D deve ser entregue até o dia 25 de cada mês e os demais modelos até o dia 20 de cada mês. Deve-se escalonar as prioridades de entrega.

Tabela 8 – Matriz de Comparação Prazo de Entrega

MATRIZ DE COMPARAÇÃO - PRAZO DE ENTREGA							
	PRODUTO A	PRODUTO B	PRODUTO C	PRODUTO D	PRODUTO E	PRODUTO F	PRODUTO G
PRODUTO A	1/1	1/1	1/1	2/1	1/1	1/3	1/1
PRODUTO B	1/1	1/1	1/1	2/1	1/1	1/3	1/1
PRODUTO C	1/1	1/1	1/1	2/1	1/1	1/3	1/1
PRODUTO D	1/2	1/2	1/2	1/1	1/2	1/4	1/2
PRODUTO E	1/1	1/1	1/1	2/1	1/1	1/3	1/1
PRODUTO F	3/1	3/1	3/1	4/1	3/1	1/1	3/1
PRODUTO G	1/1	1/1	1/1	2/1	1/1	1/3	1/1

Fonte: os autores

Na sequência realizou-se o procedimento semelhante ao já apresentado nas Tabelas 2 e 3 para obter o Vetor de Prioridade Relativa para cada alternativa.

Tabela 9 - Vetor de Prioridade Relativa das Alternativas

	PRODUTO A	PRODUTO B	PRODUTO C	PRODUTO D	PRODUTO E	PRODUTO F	PRODUTO G	MÉDIA
PRODUTO A	0,1176	0,1176	0,1176	0,1333	0,1176	0,1143	0,1176	0,1194
PRODUTO B	0,1176	0,1176	0,1176	0,1333	0,1176	0,1143	0,1176	0,1194
PRODUTO C	0,1176	0,1176	0,1176	0,1333	0,1176	0,1143	0,1176	0,1194
PRODUTO D	0,0588	0,0588	0,0588	0,0667	0,0588	0,0857	0,0588	0,0638
PRODUTO E	0,1176	0,1176	0,1176	0,1333	0,1176	0,1143	0,1176	0,1194
PRODUTO F	0,3529	0,3529	0,3529	0,2667	0,3529	0,3429	0,3529	0,3392
PRODUTO G	0,1176	0,1176	0,1176	0,1333	0,1176	0,1143	0,1176	0,1194

Fonte: os autores

As prioridades compostas das alternativas são obtidas, multiplicando os valores das prioridades de cada matriz de comparação dos critérios pelo Vetor de Prioridade Relativa (w) calculado na Tabela 3.

$$\begin{pmatrix} 0,1104 & 0,1250 & 0,2143 & 0,1250 & 0,1194 \\ 0,1532 & 0,1250 & 0,1299 & 0,1250 & 0,1194 \\ 0,0996 & 0,1250 & 0,2597 & 0,1250 & 0,1194 \\ 0,1300 & 0,2500 & 0,0325 & 0,1250 & 0,0638 \\ 0,1532 & 0,1250 & 0,1688 & 0,1250 & 0,1194 \\ 0,1500 & 0,1250 & 0,1688 & 0,2500 & 0,3392 \\ 0,2036 & 0,1250 & 0,0260 & 0,1250 & 0,1194 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0,0759 \\ 0,1691 \\ 0,3328 \\ 0,1633 \\ 0,2589 \end{pmatrix}$$

Tabela 10 – Prioridades Compostas

	PRODUTIVIDADE	SETUP	DEMANDA	LOTE MÍNIMO	PRAZO DE ENTREGA	PRIORIDADES COMPOSTAS	SEQUÊNCIA IDEAL DE PRODUÇÃO
PRODUTO A	0,0084	0,0211	0,0713	0,0204	0,0309	0,1522	3º
PRODUTO B	0,0116	0,0211	0,0432	0,0204	0,0309	0,1273	5º
PRODUTO C	0,0076	0,0211	0,0864	0,0204	0,0309	0,1665	2º
PRODUTO D	0,0099	0,0423	0,0108	0,0204	0,0165	0,0999	6º
PRODUTO E	0,0116	0,0211	0,0562	0,0204	0,0309	0,1403	4º
PRODUTO F	0,0114	0,0211	0,0562	0,0408	0,0878	0,2173	1º
PRODUTO G	0,0155	0,0211	0,0086	0,0204	0,0309	0,0966	7º

Fonte: os autores

Após apuradas as prioridades compostas, o estudo aponta que a Programação de Produção para a Máquina PM7 tem como sequência ideal para o bimestre julho/agosto de 2021 primeiramente os papéis denominados como Produto F (item com prazo de entrega mais curto) e Produto C (item com maior demanda), na sequência o Produto A, o Produto E e o Produto B (intermediários) e finalmente o Produto D (item com maior tempo de setup) e Produto G (item com menor demanda), o que demonstra coerência com os critérios de escolha adotados pela empresa.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível observar que o método AHP apresentou uma resposta condizente com as necessidades elencadas pelos departamentos envolvidos em S&OP (*Sales & Operations* -Vendas e Operações) da empresa estudada.

Algumas constatações apresentadas pelo estudo são iguais ao que já se executa na prática atualmente. Já outras, apesar de ligeiramente divergentes, apresentam uma coerência com as metas globais da empresa, o que permite sua aplicação sem restrições.

Os dados relativos a Demanda e Prazo de Entrega referem-se ao bimestre julho/agosto de 2021, de forma que permitem a aplicação imediata das respostas obtidas neste estudo e sua comparação com o rendimento atual da máquina PM7.

Por se tratar de um estudo experimental em um recorte de tempo específico, é possível refazê-lo em diferentes períodos e de acordo com modificações que venham a surgir, tais como incrementos na capacidade de produção da máquina, redução nos tempos de *setup*, oscilações de demanda, alterações nas políticas de pedidos e nos prazos de entrega. Também é possível acrescentar novos critérios que permitam aumentar sua abrangência e trazer soluções ainda mais completas para a fábrica.

REFERÊNCIAS

AGÁPITO, A. O.; VIANNA, D. S.; MOITINHO, L. C. S.; MEZA, E. B. M.; VIANNA, M. F.

D. Utilização do método de análise hierárquica (AHP) como ferramenta de auxílio multicritério no processo de decisão de priorização de projetos de ciência, tecnologia e inovação na Amazônia azul. Blucher Marine Engineering Proceedings, v. 2, n. 1, p. 474-483, 2016

COLIN, E. C. **Pesquisa operacional: 170 aplicações em estratégias, finanças, logística, produção, marketing e vendas.** Rio de Janeiro: LTC, 2011

FRANCO, M. M.; MONEGAT, A. D.; LIMA, D.; CORSO, L. L. **Aplicação do método AHP na tomada de decisão do processo de terceirização de componentes usados em uma empresa multinacional.** XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. Joinville, SC, 10 a 13 de outubro de 2017

MARINS, C. S.; SOUZA, D. O.; BARROS, M. S. **O Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na Tomada de Decisões Gerenciais: Um Estudo de Caso.** Disponível em: <http://www2.ic.uff.br/~emitacc/AMD/Artigo%204.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2021

PADOVANI, M. P.; FERREIRA, D. H. L. **“Vamos pôr no papel?” – O setor de papel e celulose em pauta.** (2020). Disponível em: <https://revistafbga.com.br/vamos-por-no-papel-o-setor-de-papel-e-celulose-em-pauta/>. Acesso em: 13 jul. 2021

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica.** São Paulo: Makron Books do Brasil, 1991

SANTOS, M. **Simulação da Operação de um Sistema Integrado de Informações para o atendimento pré-hospitalar de emergência no município do Rio de Janeiro.** Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2013

SOBRAPO. **O que é pesquisa operacional?** Disponível em: <https://www.sobrapo.org.br/o-que-e-pesquisa-operacional> Acesso em: 22 jun. 2021

VARGAS, L. G. **An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications.** European Journal of Operational Research, Volume 48, Edição 1, Set. 1990, Páginas 2-8. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90056-H](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(90)90056-H). Acesso em 12 jul. 2021