



ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



IA nas Engenharias

29 nov. a 01 de dezembro 2023

Estudo da capacidade de oficina manutenção de empresas de transporte coletivo empregando o método de Markov

Gustavo Aparecido Daurelio Rodrigues

Engenharia de Produção – Faculdade Sinergia

Sidnei Manoel Ferreira

Engenharia de Produção – Faculdade Sinergia

Rafael Rodrigo Nunes da Silva

Engenharia de Produção – Faculdade Sinergia

Diego Milnitz

Administração Geral e Aplicada – Universidade Federal do Paraná - UFPR

Amanda Gaya da Silva

Engenharia de Produção – Faculdade Sinergia

Resumo: Com a acirrada competição no mercado, torna-se essencial para os gestores realizar uma gestão eficaz dos recursos de manutenção existentes. Isso requer sabedoria e compreensão profunda de todos os processos atendendo às necessidades do agora e futuramente, além de criar planos de emergência em colaboração com os clientes para lidar com demandas inesperadas e futuras. O objetivo deste estudo é incorporar aspectos como o retrabalho nos cálculos de manutenibilidade. Para calcular a eficiência da oficina de manutenção, aplicaremos o exemplo uma matriz estocástica de transição em cadeia de Markov. Isso nos permitirá realizar o cálculo e analisar a capacidade real instalada da oficina. O modelo apresentado neste estudo é validado por meio de dados reais de uma empresa de transporte público. Isso confirma a eficácia do modelo proposto, que pode ser uma contribuição significativa para cenários semelhantes. Além disso, este estudo fornece uma base sólida para futuras pesquisas que envolvem esse tipo de contexto, mostrando-se uma ferramenta valiosa para gestores que buscam otimizar a utilização de seus recursos de manutenção.

Palavras-chave: Capacidade de manutenção, Empresa de transporte coletivo, Matriz de transição de Markov

Study of the capacity of the maintenance workshop of public transport companies using the Markov method

Abstract: With the fierce competition in the market, it is essential for managers to effectively manage existing maintenance resources. This requires wisdom and in-depth understanding of all processes meeting the needs of now and in the future, as well as creating emergency plans in collaboration with customers to deal with unexpected and future demands. The objective of this study is to incorporate aspects such as rework into maintainability calculations. To calculate the efficiency of

the maintenance workshop, we will apply the example to a stochastic Markov chain transition matrix. This will allow us to perform the calculation and analyze the actual installed capacity of the workshop. The model presented in this study is validated using real data from a public transport company. This confirms the effectiveness of the proposed model, which can be a significant contribution to similar scenarios. Furthermore, this study provides a solid basis for future research involving this type of context, proving to be a valuable tool for managers seeking to optimize the use of their maintenance resources.

Keywords: Maintenance capacity, Public transport company, Markov transition matrix

1. Introdução

Os empenhos de habilidade produtiva dentro de uma organização têm valor estratégico pela circunstância de influenciar a competitividade no mercado. Diversas metodologias são utilizadas para alcançar seus objetivos, sendo, análises econômicas dentro do mercado até decisões baseadas nas experiências e na visão dos executivos que representam a organização como um todo. (STAUDT et al., 2011).

Quanto ao método utilizado geralmente para avaliar investimentos novos, Ensley e Carr (2006) analisaram tanto os comportamentos como as preferências dos empresários investidores que tomam as decisões com teor de A confiança excessiva destes empresários pode torná-los tendenciosos e resultar em investimento ruim para a corporação. (MILNITZ; LUNA; COELHO, 2016)

Autores como Salin (2001), Slack, Chamber e Johnston (2002), Kato, Takaki e Souza (2003) Peinado e Graeml (2007) e Watts et al. (2009), fazem uso de procedimentos estocásticos que calculam a capacidade de produção, avaliam e comparam com este indicador o desempenho de várias máquinas, sistemas ou atividades (MILNITZ; LUNA; COELHO, 2016)

Dentro deste contexto, o presente artigo utiliza a aplicação da teoria de cadeias absorventes de Markov para determinar a capacidade produtiva das áreas da oficina de manutenção de uma empresa de transporte coletivo, considerando na análise o tempo gasto para realização da manutenção dos ônibus. Além disso, foi veiculado às informações que haviam na matriz de transição estocástica de Markov, e a relação de eficiência para descobrir a capacidade real indispensável de cada setor da oficina de manutenção da empresa e o índice de ocupação para avaliar o setor responsável pelo gargalo no prazo de entrega do produto acabado.

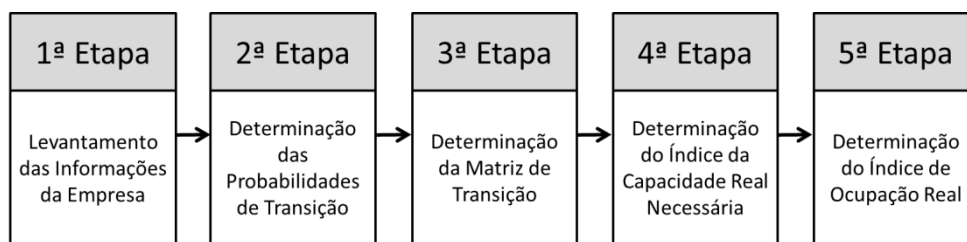
A estrutura do artigo está distribuída da seguinte forma: As etapas para implantação do método que foi proposto na análise é apresentado na seção dois. Na seção três, apresenta-se uma breve descrição sobre capacidade produtiva de cada setor da oficina e o índice de capacidade real necessária, que serão considerados na análise do ponto de entrega dos veículos acabados. A demonstração de como o processo estocástico pode ser utilizado para encontrar o fator de capacidade, elemento da fórmula de capacidade real necessária está apresentado na seção quatro. Na seção cinco é apresentado o estudo de caso aplicado na oficina de manutenção de uma empresa de transporte, na seção seis, apresentam-se as conclusões.

2. Metodologia

Este artigo segue uma abordagem empírica, utilizando métodos quantitativos e randomizados conforme Creswell (1994). O estudo de caso é empregado como a principal metodologia de pesquisa. A pesquisa visa determinar as capacidades das oficinas de manutenção nas empresas de transporte público, analisando as características do ambiente de trabalho com base em um processo aleatório. A Figura 1 detalha as etapas do estudo. Nosso plano de manutenção vitalício simplifica este processo.

Na primeira etapa, foram coletadas informações, incluindo o fluxo do cronograma de manutenção, a composição de óleos e gorduras, a velocidade de transmissão e outros dados relacionados a paradas não programadas. Em seguida, foi determinada a probabilidade de conversão, essencialmente verificando as propriedades de Markov. Isso permitiu projetar fluxos de manutenção levando em conta a possível rotação no ambiente de trabalho. Definindo as probabilidades, pode-se estabelecer a estrutura da matriz de transição e realizar cálculos com a matriz. A partir dos dados calculados na Etapa 3, obteve-se a potência real necessária. Em outras palavras, calculou-se os índices de eficiência para cada setor empresarial a fim de determinar as capacidades reais necessárias. Por fim, na Etapa 5, foi determinada a taxa de ocupação real, que envolve a média de horas padrão e as horas reais gastas em cada local de trabalho.

Figura 1 – Fluxo das etapas da metodologia da pesquisa



Fonte: Adaptado de Milnitz et al. 2016

3. Referencial Teórico

3.1. Capacidade Produtiva

De acordo com os estudos de Slack, Chambers e Johnston (2002), a capacidade de produção é definida como a capacidade potencial de produção disponível para uma empresa na área de manutenção. Além disso, as pesquisas de Kato, Takaki e Souza (2003) indicam que a capacidade de produção de uma empresa, de um setor econômico ou de um país em produzir bens ou serviços em um determinado período depende dos recursos disponíveis e da eficiência operacional. A capacidade de produção é uma medida essencial para avaliar a eficiência da produção e o uso dos recursos de uma empresa na área de manutenção. Portanto, dependendo do método de cálculo e apresentação, a capacidade de produção desempenha um papel crucial nas decisões de gestão e no desempenho econômico da organização.

No entanto, é importante notar que o cálculo da capacidade de produção de uma empresa pode variar, levando em consideração o tipo de dados e a cultura organizacional. Em termos gerais, a capacidade de produção é definida como a relação entre o valor observado e alguma medida da capacidade do fluxo de atividade. Em outras palavras, a capacidade de produção real é determinada pela razão entre a produção observada e a produção teórica, conforme destacado por Salim (2001) na área de manutenção.

Além disso, Peinado e Gaeml (2007) propuseram uma abordagem alternativa para medir o desempenho na área de manufatura. Eles apresentam um índice de eficiência do processo de manufatura, que revela o que uma organização pode produzir com base em seu cronograma de demanda dentro do tempo disponível. Em outras palavras, esse índice mostra a eficiência da produção em relação ao tempo e à demanda, proporcionando uma visão holística do desempenho do processo de manufatura na área de manutenção.

$$E = \frac{HT}{HD} \quad (1)$$

E = Eficiência.

HT = Horas Trabalhadas.

HD = Horas Disponíveis.

O "horário de trabalho" refere-se às horas laborais diárias em uma seção específica da oficina, enquanto as "horas disponíveis" resultam da subtração das horas de trabalho diárias do tempo planejado de inatividade do sistema. Dentre as várias interrupções que ocorrem durante um processo, as paradas planejadas incluem momentos de identificação de problemas, discussões de segurança, intervalos para refeições e muito mais. Tais intervalos devem ser incorporados nos horários estabelecidos pelo PCM (Planejamento e Controle de Manutenção) dentro das horas disponíveis do dia. Também enfatizam a relevância do tempo de inatividade organizacional, argumentando que esse período deve ser considerado ao calcular a capacidade de manutenção. Nesse sentido, fatores como eficiência e retrabalho devem ser cuidadosamente considerados nesses cálculos.

Milnitz, Luna e Coelho (2016) ressaltam que para determinar a capacidade real necessária, os pesquisadores compararam a eficiência com um fator de capacidade multiplicado pela demanda. O fator de capacidade incorpora a capacidade previamente alocada para os veículos programados no início do processo. Calcular esse coeficiente envolve a aplicação de um modelo aleatório de cadeia de Markov, que, por meio de uma matriz de transição, representa a quantidade de recursos utilizados para realizar a manutenção. Este valor leva em conta as recuperações e, assim, estabelece o aumento necessário na capacidade para atender à demanda, ou seja:

$$CRN = \frac{FC}{E} * D \quad (2)$$

Onde:

CRN = Capacidade Real Necessária.

FC = Fator de Capacidade.

E = Eficiência.

D = Demanda.

A capacidade real necessária representa a quantidade de recursos que a área precisa para atender à demanda real no final do processo. No entanto, esse valor por si só não

proporciona uma visão sobre a necessidade de investimentos adicionais para atender a uma demanda em crescimento. Para avaliar essa necessidade, é crucial analisar a taxa de ocupação de cada seção da oficina, o que pode ser calculado por meio da equação 3:

$$OR = \frac{HTPM * D}{HD * NR} * I \quad (3)$$

Onde:

OR = Ocupação Real.

TPM = Tempo-padrão Médio.

D = Demanda.

HD = Horas Disponíveis.

NR = Número de Recursos.

I = % de Incremento.

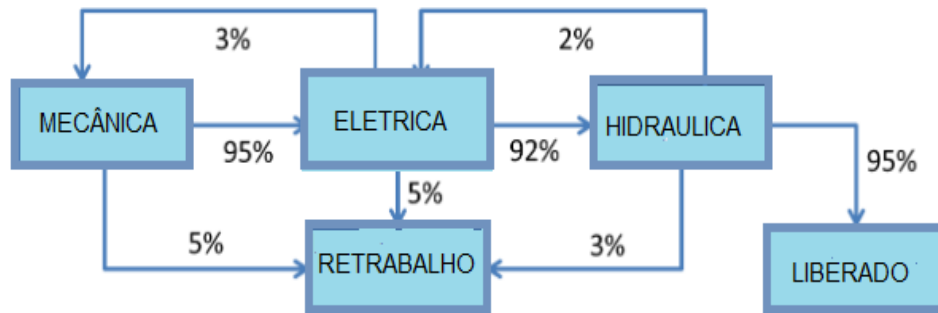
Na área de manutenção veicular, o "tempo padrão médio" representa o tempo necessário para realizar a manutenção utilizando um método específico, sob condições definidas, por um técnico de manutenção qualificado e treinado, com habilidades intermediárias. Esse tempo é calculado considerando esforço médio em todas as atividades durante o horário de trabalho (LEAL et al., 2005). A "demanda" refere-se ao número desejado de veículos ao final do processo. O "número de recursos" indica a quantidade de máquinas ou estações de trabalho que executam a mesma tarefa. O "% de aumento" representa a razão entre a capacidade real necessária e a demanda do processo produtivo.

3.2. Processo de Markov

Um processo de Markov é um tipo de processo estocástico onde a distribuição de probabilidade para seu desenvolvimento futuro depende apenas do estado atual, sem considerar como esse estado foi alcançado. Este processo é modelado através de sistemas de transição de estados, nos quais os estados são representados por vetores de probabilidade que podem evoluir e mudar com o tempo. As transições entre estados são determinadas apenas pelo fluxo de estado. Quando o conjunto de estados é discreto, o modelo de Markov é chamado de cadeia de Markov, e as propriedades deste modelo são analisadas em termos das propriedades da matriz de transição de estados

De acordo com Hoyos (1980), os componentes essenciais na construção de uma cadeia de Markov incluem a definição dos estados do sistema e o desenvolvimento de uma matriz de transição probabilística. Na Figura 2, é apresentado um exemplo de uma linha de produção na oficina de manutenção, juntamente com as probabilidades de transição e seus estados correspondentes, que são Mecânico, Elétrico, Hidráulico, Liberado e Continuado. Esses estados e suas transições são fundamentais para compreender o comportamento do sistema e podem ser utilizados para análises detalhadas do processo de manutenção veicular.

Figura 2 – Exemplo de Fluxo de oficina de manutenção com probabilidades de transição



Fonte: Elaborado pelo autor

A partir do fluxo na oficina de manutenção ilustrado na Figura 2, podemos criar a matriz de transição estocástica apresentada na Figura 3. De acordo com Branco e Coelho (2006), essas matrizes, conhecidas como matrizes "P", são probabilísticas e têm suas linhas somando 1. Na matriz de transição "P", cada linha 'i' representa o estado atual, enquanto cada coluna 'j' representa o estado futuro. A ordem dos estados na linha atual deve corresponder à ordem dos estados futuros nas colunas correspondentes de "P".

Figura 3 – Matriz de transição estocástica do processo da oficina de manutenção figura 2

	Mec.	Eletr.	Hidrau	Libera	Retrab.
Mecanica	0,00	0,95	0,00	0,00	0,05
Eletrica	0,03	0,00	0,92	0,00	0,05
Hidraulica	0,00	0,02	0,00	0,95	0,03
Liberado	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Retrabalho	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

Fonte: Elaborado pelo autor

A matriz de transição é apresentada na forma de quatro submatrizes na Figura 4.

Matriz N: Esta matriz descreve a probabilidade de transição entre estados não absorventes.

Matriz A: Denominada matriz A, representa a probabilidade de transição de um estado não absorvente para um estado absorvente.

Matriz 0: Conhecida como matriz zero, indica a probabilidade de transição de um estado absorvente para um estado não absorvente.

Matriz I: Identificada como matriz identidade, representa as probabilidades de transição de permanecer no estado absorvente.

Essas submatrizes são essenciais para entender as dinâmicas de transição entre diferentes estados no contexto da manutenção veicular na oficina. Cada uma delas desempenha um papel crucial na modelagem do processo e na análise das probabilidades de mudança de estados ao longo do tempo.

Figura 4 – Matriz de transição estocástica constituída por submatrizes

$$P = \begin{bmatrix} N & A \\ 0 & I \end{bmatrix}$$

Fonte: Elaborado pelo autor

Muitos períodos de tempo ($n \rightarrow \infty$), a probabilidade de o processo estar no estado "j" se torna constante e independente do estado inicial "i". Em outras palavras, os elementos da matriz $(I - N)^{-1} * A$ representam as probabilidades estacionárias de absorção. Dessa forma, os elementos dessa matriz indicam quantas vezes um veículo passou por cada estágio até ser absorvido, o que possibilita calcular a capacidade necessária em cada etapa do processo na oficina de manutenção para liberar um veículo. Essa análise das probabilidades estacionárias é fundamental para determinar a eficiência e a capacidade operacional da oficina de manutenção veicular.

4. Resultados

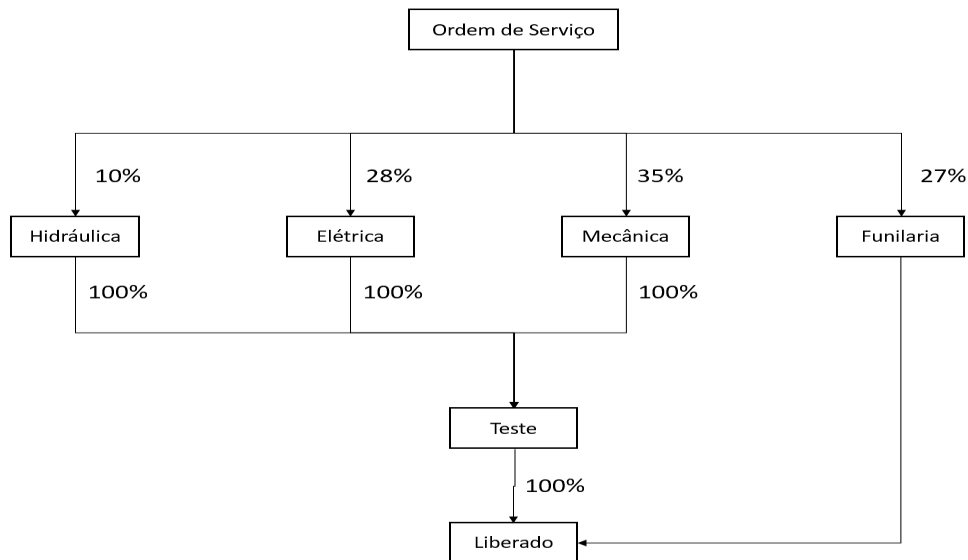
A empresa em questão está localizada na região litorânea de Santa Catarina e foi estabelecida por volta dos anos 2000. Sua principal área de atuação é o transporte coletivo, prestando serviços de transporte de passageiros entre os diversos bairros da cidade de Itajaí. Atualmente, a frota da empresa é composta por 70 veículos que atendem 25 itinerários distintos, abrangendo todos os bairros da cidade com horários variados.

É importante ressaltar que, devido à existência de duas empresas de transporte coletivo no município, a situação é considerada instável. Quando ocorre a quebra de veículos, a mobilidade dos passageiros é diretamente afetada. Neste estudo, foram coletados dados sobre retrabalho em cada setor da oficina de manutenção da empresa ao longo de um mês (julho de 2023), que corresponde ao período de férias escolares. Durante esse mês, foram registradas 80 ordens de serviço na área de manutenção, resultando em uma média de 20 ordens de serviço de manutenção por semana, valor que será utilizado para fins de cálculo.

Embora a empresa tenha operado na cidade por menos de um ano, seu foco contínuo tem sido o aprimoramento dos processos de manutenção. Isso contribuiu para a estabilidade dos dados sobre retrabalho, mesmo com a busca constante pela sua redução.

O objetivo deste estudo de caso é avaliar as propriedades das cadeias de Markov. Para isso, utilizou-se o exemplo da Figura 2 para analisar as etapas do processo de manutenção, conforme demonstrado na Figura 5. A probabilidade de transição para cada departamento da oficina é calculada com base no histórico de falhas dos veículos, uma vez que o processo de manutenção é fortemente influenciado pelas características de falha de cada veículo. A Figura 5 oferece um fluxograma do processo na oficina de manutenção da empresa, exibindo o percentual de alteração em cada área com base nos requisitos originais programados.

Figura 5 – Fluxograma dos processos da oficina de manutenção da empresa



Fonte: Elaborado pelo autor

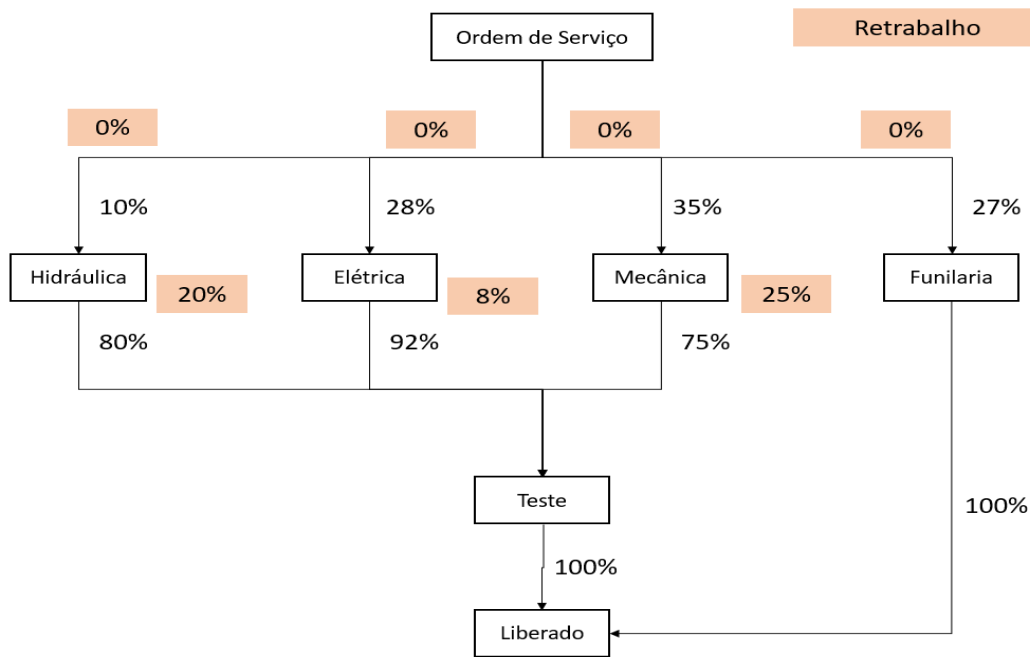
O valor do sinistro reconhecido no início do processo de manutenção depende de vários fatores, incluindo o tipo de manutenção que será realizada. No entanto, é importante observar que a probabilidade ao longo do processo não varia com base no tipo de manutenção em questão. Para ilustrar, o percentual mencionado representa todos os veículos que passam pela oficina, e 27% deles são liberados sem a necessidade de passar pela área de testes.

O processo de manutenção pode resultar em diferentes destinos para os veículos. Alguns são devolvidos após a manutenção, enquanto outros precisam de reconstrução. Inicialmente, um veículo é encaminhado ao departamento de serviço especificado na ordem de serviço, onde é inspecionado e, se aprovado, é liberado para retornar à estrada. Entretanto, veículos que não passam nos testes e necessitam de reconstrução passam por uma nova avaliação para identificar quaisquer defeitos adicionais. Após a confirmação, eles são encaminhados de volta ao departamento da oficina onde o problema é identificado e corrigido.

A Figura 6 representa novamente o fluxo do processo de manutenção, incluindo as intervenções realizadas por cada departamento da oficina. Os veículos podem exigir modificações, tarefas de manutenção adicionais e, em alguns casos, reciclagem, o que aumenta a carga de trabalho dos departamentos e reduz o número de veículos que seguem para a fase de testes.

Os requisitos iniciais programados nas instruções de trabalho são distribuídos às diversas áreas da oficina, e cada área é responsável por uma parte da manutenção. Na Figura 6, presumimos que o percentual total atribuído a essas áreas é igual a 100% do número total de ordens de serviço geradas. De todos os veículos que entram na oficina para manutenção, o destino pode ser retrabalho ou testes. A área de testes pode receber veículos parcialmente acabados, o que explica por que seu percentual pode ultrapassar 100%.

Figura 6 – Fluxograma do processo da oficina de manutenção com os percentuais de retrabalho



Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 1 exibe a matriz de transição estocástica que corresponde ao fluxo representado no fluxograma da Figura 6. Ela mostra as probabilidades de transição entre os diversos setores da oficina de manutenção. Nesse contexto, os setores absorventes são aqueles relacionados aos testes, enquanto todos os outros setores são considerados não absorventes. Uma exceção é o retrabalho, que não é considerado um estado, mas sim uma probabilidade de transição de um setor de volta para o próprio setor.

Tabela 1 – Matriz de transição estocástica

	Ordem de serviço	Hidráulica	Elétrica	Mecânica	Teste	Funilaria	Liberação
Ordem de serviço	0	0,1	0,28	0,35	0	0,27	0
Hidráulica	0	0,2	0	0	0,8	0	0
Elétrica	0	0	0,08	0	0,92	0	0
Mecânica	0	0	0	0,25	0,75	0	0
Teste	0	0	0	0	1	0	0
Funilaria	0	0	0	0	0	0,1	0,9
Liberação	0	0	0	0	0	0	1

Fonte: Elaborado pelo autor

Exatamente, a Tabela 1 representa a matriz de transição estocástica correspondente ao fluxo apresentado no fluxograma da Figura 6. Nesta tabela, são detalhadas as probabilidades de transição entre os vários setores da oficina de manutenção. Nos termos deste contexto, os setores absorventes são aqueles associados aos testes, enquanto todos os outros setores são categorizados como não absorventes. Uma nota importante é que o

retrabalho não é considerado um estado em si, mas sim uma probabilidade de transição de um setor de volta para o mesmo setor.

Tabela 2 – Resultado da matriz (I – N)⁻¹

Ordem de serviço	Funilaria	Hidráulica	Elétrica	Mecânica	Teste	Liberação
Ordem de serviço	0	0,27	0,1	0,28	0,35	0
Funilaria	0	0	0	0	0	1
Hidráulica	0	0	0,2	0	0	1
Elétrica	0	0	0	0,08	0	1
Mecânica	0	0	0	0	0,25	1
Teste	0	0	0	0	0	1
Liberação	0	0	0	0	0	1

Fonte: Elaborado pelo autor

Após enumerar a utilização da capacidade, utilizamos os dados de tempo de trabalho fornecidos pela empresa para calcular a matriz $(I - N)^{-1}$ e, com base nela, calculamos o índice de eficiência conforme a Equação 1. A jornada média de trabalho é de 24 horas, sem tempo alocado para refeições, reuniões de segurança ou intervalos de plantão.

A "Capacidade Real Necessária" representa a quantidade de recursos que a oficina necessita para atingir a demanda ideal ao final de cada processo. Conforme demonstrado na Equação 2, o "fator de capacidade" é multiplicado pelo valor da demanda, dividido pela eficiência de cada área de trabalho da fábrica (conforme calculado na Equação 1).

Para melhor comparar as capacidades atualmente consideradas ideais pela oficina (A) com os novos indicadores das capacidades reais necessárias (B), são calculadas taxas de crescimento de competências para cada área da oficina, conforme apresentado na Tabela 3. Essas taxas de crescimento auxiliam na análise da evolução das capacidades necessárias em relação às capacidades ideais em cada setor do workshop.

Tabela 3 – Eficiência e capacidade real necessária para cada setor da oficina

Setores de trabalho	Demanda (nº de veículos (A))	Fator Capacidade (FC)	Eficiência (%)	Capacidade real necessária (B)	% de Incremento (B/A)
Funilaria	4	0,2700	123,08%	1	0,2194
Hidráulica	1	0,1000	123,08%	0	0,0813
Elétrica	5	0,2800	123,08%	1	0,2275
Mecânica	6	0,3500	123,08%	2	0,2844
Teste	12	1,0000	123,08%	10	0,8125

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 3 destaca que as taxas de crescimento variam consideravelmente entre as indústrias. Entrevistas realizadas com gerentes de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) nas instalações de manutenção da empresa revelaram que a taxa de crescimento

padrão para todas as filiais era de 10 a 15%. É compreendido que a aplicação de taxas uniformes para todos os setores resultaria na redução da eficiência, interrompendo processos, afetando as taxas reais de ocupação e retardando a implementação em setores que necessitam de uma resposta mais ágil. Portanto, ajustes precisos nas taxas de crescimento são necessários para uma avaliação precisa da procura e, conseqüentemente, para planejar investimentos que garantam o atendimento adequado à crescente demanda do mercado.

Tabela 4 – Percentual de ocupação real em cada setor de trabalho

Setores de trabalho	Demanda (nº de veículos (A))	Incremento (%)	Tempo Padrão (TPM)	Horas disponíveis (HD)	Nº de recursos (NR)	% Ocupação real
Funilaria	4	0,2194	8	6,5	1	108,00%
Hidráulica	1	0,0813	24	19,5	1	10,00%
Elétrica	5	0,2275	19	19,5	4	27,71%
Mecânica	6	0,2844	28	19,5	4	61,25%
Teste	12	0,8125	1	6,5	2	75,00%

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 4 apresenta os resultados de desempenho de cada área. Esse indicador reflete a estagnação e o desequilíbrio dos recursos em relação à procura. Por exemplo, na indústria de reparação de colisões, uma taxa de utilização de 108% indica que a capacidade de manutenção está sendo excedida, levando a uma escassez de serviços. Como resultado, esse processo pode resultar em atrasos na entrega dos veículos e impactar negativamente os serviços de transporte que fornecemos. Além disso, algumas áreas de manutenção estavam operando com menos de 75% de ocupação. Devido à variabilidade inerente ao processo (como variações nos prazos padrão de entrega) e à demanda (incluindo sazonalidade e condições econômicas), essas discrepâncias podem ocorrer.

5. Conclusões

A competitividade empresarial aumentou exponencialmente devido a globalização da economia, a eficiência crescente dos processos de produção e as inovações tecnológicas torna-se preciso captar ferramentas necessárias e que atendam as expectativas deste novo cenário mundial dos negócios.

Durante a realização desta pesquisa foi possível perceber a vantagem de se utilizar as cadeias de markov, para determinar a capacidade de produção devido ao fato de que, seu uso admite uma visão realista se for comparado com a forma tradicional de tomar decisões baseando-se em determinismos como a produção, sendo que utilizando-se das cadeias de markov é possível determinar as probabilidades de manufatura de um produto com grande êxito e enviá-lo ao cliente, bem como determinar as probabilidades deste produto ir para o refugio

Concluiu-se, que a utilização das cadeias de Markov, contribui de modo eficaz e relevante para a gestão de processos. Esses resultados demonstram uma vantagem competitiva significativa ao reduzir o tempo de serviço de manutenção e, conseqüentemente, aumentar a disponibilidade dos veículos, neste caso, os ônibus.

Para pesquisas futuras, sugere-se a expansão das variáveis utilizadas no estudo, a fim de abranger mais aspectos dos processos da empresa analisada. Isso permitiria a realização de pesquisas mais abrangentes e estratégicas, pois o estudo atual se concentrou em um nível mais superficial da empresa. Essa expansão poderia resultar em insights mais profundos e valiosos para a gestão e aprimoramento dos processos de manutenção.

Referências

BRANCO, R. M.; COELHO, A. S. Cadeias absorventes de Markov no processo produtivo de filé congelado de pescada. *Revista Synergismus scyentifica*, v. 1, p. 646- 657, 2006.

CRESWELL, J. W. *Research design: qualitative & quantitative approaches*. London: Sage, 1994. 248 p.

CRESWELL, J.W. *Research design: qualitative & quantitative approaches*. London: Sage, 1994. 248 p.

ENSLEY, M. D.; CARR, J. C. Institutional isomorphism in venture capital investment decision making: industry characteristics and investment preferences. *Social Science Research Network*, 2006.

HOYOS, A. Processos estocásticos e previsão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA, 4. 1980, [Rio de Janeiro]. Anais... [Rio de Janeiro]: [s.n.], 1980.

KATO, A. K.; TAKAKI, E. Y.; SOUZA, G. C. Modelagem da capacidade produtiva através da aplicação da engenharia de métodos em uma empresa de beneficiamento de mármore e granitos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 23. 2003, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto, MG: Enegep, 2013.

LEAL, F. et al. Uma ferramenta de ensino para análise de tempos nas relações de trabalho. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – SIMPEP, 12. 2005,

Bauru. Anais... Bauru: Simpep, 2005. PEINADO, J.; GRAEML, A. R. *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba: UnicenP, 2007.

MILNITZ, Diego; LUNA, Monica Maria Mendes; COELHO, Antonio Sergio. Cálculo e análise da capacidade Produtiva utilizando processo de Markov: estudo de caso de uma empresa têxtil. *Exacta*, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 127-138, 3 maio 2016. <https://doi.org/10.5585/exactaep.v14n1.6199>. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/6199>. Acesso em: 25 set. 2023.

PEINADO, J.; GRAEML, A.R. *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba: UnicenP, 2007

SALIM, R. Measuring productive capacity realization of Bangladesh food manufacturing: a random coefficient frontier approach. *Social Science Research Network*, 2001.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

STAUDT, F. H., COELHO, A. S.; GONÇALVES, M. Determinação da capacidade real necessária de um processo produtivo utilizando cadeia de Markov. *Revista Produção*, v. 21, n. 4, p. 634-644, 2011.

WATTS, T. et al. Structural limits of capacity and implications for visibility. *Journal of Accounting & Organizational Change*, v. 5, n. 2, p. 294-312, 2009.