XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Tratamento estatístico de indicadores de produtividade como ferramenta de gerenciamento em obras

Statistical treatment of productivity indicators as a management tool in civil construction

Tiago Haddad Marum
Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE) | São Paulo (SP) | Brasil | marum@thmestatistica.com
Ronney Rodrigues Agra
Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE) | São Paulo (SP) | Brasil | agra@thmestatistica.com
Ricardo Nunhez da Silva
Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE) | São Paulo (SP) | Brasil | nunhez@thmestatistica.com
Renan Pereira de Andrade
Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE) | São Paulo (SP) | Brasil | renan.andrade@fipe.org.br
Márcio José Serra Paixão
Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE) | São Paulo (SP) | Brasil | marcio.paixao@fipe.org.br
Flávio Leal Maranhão
Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE) | São Paulo (SP) | Brasil | flavio.maranhao@fipe.org.br

Resumo
Na construção civil, a depender do tipo de recurso avaliado (mão de obra, material ou equipamento), a literatura designa indicadores específicos para obtenção da produtividade. Pouco se discute no meio técnico-científico a respeito da interpretação e utilização desses indicadores associados com seu nível de abrangência (diário, cumulativo ou cíclico), em especial associados a um tratamento estatístico. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo promover tais discussões, de forma a auxiliar a avaliação da produtividade em obra e proporcionar aos gestores uma alternativa matemática eficiente de acompanhamento, baseada na análise de dados e estatística, que pode ser aplicada mesmo com recursos limitados.

Palavras-chave: Produtividade. RUP. Gerenciamento. Tratamento estatístico. Análise de dados.

Como citar:
MARUM, T.H.; AGRA, R.R.; SILVA, R.N.; ANDRADE, R.P.; PAIXÃO, M.J.S.; MARANHÃO, F.L. Tratamento estatístico de indicadores de produtividade como ferramenta de gerenciamento em obras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-12.

Abstract

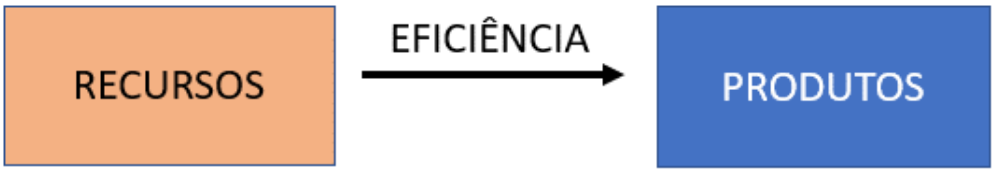
In civil construction, depending on the type of resource evaluated, the literature designates specific indicators for obtaining productivity. Little is discussed in the technical-scientific field regarding the interpretation and use of these indicators associated with their level of coverage (daily, cumulative or cyclical), especially associated with a statistical treatment. In this context, the present study aims to promote such discussions, in order to help the evaluation of productivity in constructions and provide managers with an efficient technological alternative for monitoring, based on data analysis, which can be applied even with limited resources.

Keywords: Productivity. RUP. Management. Statistical treatment. Data analysis.

INTRODUÇÃO

No contexto de serviços de engenharia civil, o termo produtividade pode ser entendido como a eficiência na transformação de recursos (ou entradas, ou esforços) em produtos (ou saídas, ou resultados) (Figura 1) [1,2]. Na construção, os principais recursos aos quais a produtividade pode ser avaliada podem ser classificados em mão de obra, materiais e equipamentos. As eficiências nos usos desses recursos são então denominadas: produtividade da mão de obra, consumo unitário de materiais e eficiência de equipamentos [2]. Para avaliar cada uma destas, indicadores de produtividade são definidos a partir de uma relação entre o recurso (ou esforço) e o produto obtido (ou resultado).

Figura 1: Esquema ilustrativo do termo produtividade: eficiência na transformação de recursos em produtos



Fonte: o autor.

De maneira geral, os indicadores de produtividade em serviços de construção civil seguem a relação exposta na Equação 1, conforme apresentado no "Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil" [2]. Ressalta-se que índices menores indicam maiores produtividades.

$$IP = \frac{R_S}{Q_S} \qquad (1)$$

Onde,

IP = indicador de produtividade;

Rs = recurso ou esforço;

Qs = quantidade de serviço/produto obtido.

A depender do recurso, o indicador pode apresentar nomenclaturas específicas. Para produtividade da mão de obra, este indicador é conhecido como Razão Unitária de Produção (RUP) [2,3,4]. Nesta, o recurso é medido a partir do conceito de "Homens

hora" (Hh) e da quantidade de serviço realizada (Qs). Para materiais emprega-se o nome Consumo Unitário de Materiais (CUM) [2,4], definido a partir do quociente entre a quantidade de materiais efetivamente utilizados (Qmat) e a quantidade de produto obtido. Para este recurso, também é comum discriminar os consumos em teóricos e efetivos, de forma a estimar as perdas de material decorrentes do processo executivo [2]. Em equipamentos, o indicador é denominado Eficiência de Equipamentos (EFE) [2,4], o qual decorre da relação entre as horas de equipamento empregadas (Heq – hora de equipamento) e o resultado obtido (Qs).

De maneira geral, os indicadores de produtividade (IP) podem ser avaliados em função do intervalo de tempo relacionado às entradas e saídas. Os IPs podem ser definidos como diários, cumulativos ou cíclicos. O IP Diário mede a produtividade do serviço a cada dia. O IP Cumulativo corresponde à produção acumulada ao longo de um intervalo de tempo, enquanto o IP Cíclico à acumulação dentro de um ciclo de produção.

Apesar de bem definidos de acordo com seu nível de abrangência (diário, cumulativo ou cíclico), a literatura pouco aborda a respeito da interpretação e utilizações desses indicadores, em especial associados a um tratamento estatístico adequado. Assim, o tratamento estatístico é relevante neste caso, uma vez que é aplicado com a finalidade de caracterizar e compreender os dados coletados, por meio da elaboração de gráficos de evolução da produtividade e através da concepção de modelos probabilísticos que proporcionam o agrupamento de dados de diferentes cenários e fornecem estimativas dos índices em obras, até mesmo considerando a dispersão inerente às apropriações diárias. Assim, decisões assertivas por parte dos gestores podem ser tomadas após aplicação destes procedimentos.

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo promover discussões a respeito da correta utilização dos indicadores diários ou cumulativos a partir do recurso mão de obra (RUP diária x RUP cumulativa) em serviços de alvenaria com base em uma extensa campanha de coleta de dados em diferentes obras e tipos de bloco. Essas discussões ora realizadas neste artigo auxiliam a avaliação da produtividade em obra e proporcionam aos gestores uma alternativa matemática eficiente de acompanhamento, baseada em estatística e análise de dados, que pode ser aplicada mesmo com recursos limitados.

METODOLOGIA

Para este estudo, o serviço de alvenaria foi acompanhado em três obras, denominadas "Obra A", "Obra B" e "Obra C", ambas localizadas no munícipio de São Paulo.

Nos serviços de alvenaria acompanhados, diferentes tipos de blocos vazados de concreto foram utilizados em obras de edificações, tanto em ambientes internos quanto na região aparente dos edifícios, cada um com sua frente de serviço específica. Os blocos avaliados diferiam por suas espessuras, as quais possuíam 9, 14 e 19 cm. Já as dimensões de comprimento e largura eram, respectivamente, 19 e 39 cm.

A aferição do serviço nas obras foi conduzida considerando cada dia, frente de serviço (equipe) e obra analisada. Dessa forma, cada apropriação é um elemento do espaço amostral que representa a produtividade para o serviço de alvenaria por dia, obra e tipo de bloco. O indicador de cada elemento é denotado "IP Elementar". O recurso de mão de obra foi apropriado em horas (h) consumidas para a quantidade de produto realizado e o serviço em metros quadrados levantados (m²).

CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS

A Obra A constitui uma construção distribuída em sete galpões em estrutura de concreto pré-moldada com três pavimentos e cobertura e concentra-se em um único terreno. Trata-se de uma obra de edificações de porte médio, com início em 18/11/2020, e conta com canteiro interno, refeitório, almoxarifado, além de contemplar alojamento localizado junto a obra.

A Obra B constitui uma construção predial de 2 torres, 16 pavimentos e uma creche no subsolo. Trata-se de uma obra de edificações de porte médio, com início em 09/03/2020, e conta com canteiro de obras, refeitório e vestiário para mão de obra próximo ao local de trabalho.

A Obra C constitui uma construção predial de 8 torres com canteiro de obras, refeitório e banheiros para mão de obra próximo ao local de trabalho. Devido o escopo do projeto contemplar a execução de dois lotes (16 torres), o terreno apresenta uma área elevada com relação a quantidade de serviço executada. Trata-se de uma obra de edificações de porte médio, com início em 17/06/2019.

Durante o período de apropriação de dados nas três obras, o qual foi iniciado em abril de 2021 e finalizado em fevereiro de 2022, objetivou-se a maior quantidade de coleta de apropriações em campo (esforço amostral). Ao final do período, 452 apropriações (n) foram coletadas, divididas em 127, 194 e 131 para as obras A, B e C, respectivamente. A coleta de dados foi realizada com visitas às obras, de equipes compostas por engenheiros, pesquisadores e estagiários de engenharia civil. A quantidade de apropriações distintas entre as obras sofreu influência da execução (ou não) do serviço analisado durante o período de visita da equipe nas obras. Além disso, apesar das obras apresentarem algumas características distintas entre elas, os dados pertencem ao mesmo universo amostral das produtividades para o serviço sob análise, o que permite a comparação entre elas. A quantidade total de recurso medido em obra foi de, aproximadamente, 5292 horas, empregadas para a execução de 5483 m² de alvenaria.

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DA PRODUTIVIDADE

CONCEITOS E PREMISSAS ESTATÍSTICAS

Os níveis de abrangência dos indicadores (diário, cumulativo, cíclico) apresentam propriedades estatísticas distintas, o que implica em diferentes usos e interpretações,

a depender dos objetivos da análise. Quando pretende-se avaliar a tendência central de um conjunto de indicadores de produtividade, isto é, quando o interesse está em entender o comportamento "médio" do conjunto de dados (e, então, inferir o comportamento geral da população de onde a amostra foi extraída), pode-se avaliar as seguintes métricas: IP diário médio (média dos IP's diários); IP cíclico médio (média dos IP's cíclicos); ou IP cumulativo até o último dia apropriado [1,2,4].

De maneira geral, considera-se que as apropriações diárias são medidas independentes entre si, isto é, dada uma amostra com "n" dias coletados, o valor de produtividade de cada dia não é afetado pelos demais [2]. Isso significa assumir que a produtividade de um dia não afeta a produtividade do(s) próximo(s). Considerando esse caso, estatísticas descritivas (como média, mediana, desvio padrão, amplitude, entre outros) e ferramentas inferenciais (como testes de hipótese, construção de intervalos de confiança, entre outros) podem ser utilizadas sem ressalvas, uma vez que tais métodos estatísticos exigem independência entre os elementos de uma amostra [5,6]. Nesse sentido, gráficos boxplot foram utilizados a fim de visualizar a distribuição e os valores discrepantes *(outliers)* dos indicadores de produtividade diário por obra. Além disso, por meio desses gráficos e tabelas, foi possível comparar as medidas descritivas (como a mediana e os demais quartis) entre as obras analisadas.

Para o índice cumulativo, o comportamento é distinto. Uma vez que sua formulação envolve a "acumulação" dos resultados de todos os dias até o último avaliado, não se pode assumir independência entre elementos. Como cada dia acumula os anteriores, não se pode considerar que as produtividades acumuladas sejam independentes entre si. Nesse caso, o IP cumulativo até o último dia coletado se mostra a medida de tendência central de interesse, uma vez que considera todos os cenários (ponderando todos esforços e quantidades produzidas) de todas as coletas [2]. Nesse sentido, a curva de acumulação foi adotada neste estudo como forma de acompanhar a evolução da produtividade em cada obra.

O IP cíclico se encontra em um passo intermediário entre os dois anteriores. Ao se avaliar cada ciclo, a tendência é analisar a métrica de maneira similar ao IP cumulativo. Por outro lado, em caso de mais de um ciclo de medição, pode-se entender cada ciclo como independente dos outros e então adotar uma abordagem similar à utilizada para os IP's diários.

No presente estudo, foram avaliados somente os indicadores diários e cumulativos. Além disso, o tratamento estatístico proposto consiste de três avaliações distintas: análise descritiva da produtividade; acompanhamento de produtividade por obra e; modelagem estatística da produtividade global. Todos os gráficos e representações utilizadas no presente trabalho foram gerados a partir do software R 4.0.3 [7].

ANÁLISE DESCRITIVA DA PRODUTIVIDADE

Na análise descritiva, as apropriações foram avaliadas a partir da elaboração de tabelas-resumo com o sumário estatístico das principais medidas de tendência central,

quartis e dispersão. A representação dessas medidas foi apresentada por meio de gráficos de boxplot, auxiliando na descrição dos resultados obtidos [5,6].

ACOMPANHAMENTO DE PRODUTIVIDADE POR OBRA

O acompanhamento por obra consistiu da elaboração e interpretação do gráfico de evolução da produtividade. Nele, a contagem de apropriações é apresentada em ordem cronológica no eixo das abscissas e o índice avaliado (IP) no eixo das ordenadas. Os indicadores diários de produtividade são expostos como pontos, enquanto o IP acumulado é representado por uma linha contínua.

Por meio desse gráfico, é possível avaliar o comportamento assintótico de convergência do IP cumulativo, o qual pode ser utilizado como ferramenta de acompanhamento e gerenciamento da produtividade.

MODELAGEM ESTATÍSTICA DA PRODUTIVIDADE GLOBAL

A fim de avaliar conjuntamente a produtividade de diferentes obras e frentes de serviço, o indicador diário de produtividade deve ser considerado. Nesse sentido, adotou-se a estratégia proposta por Marum et al. [8], que propõe a modelagem estatística dos IPs diários e a interpretação física da produtividade por meio da avaliação dos percentis das distribuições de probabilidade inferidas. A metodologia proposta por Marum et al. [8] mostrou-se uma abordagem estratégica eficiente, devido à sua natureza probabilística, apresentando as vantagens de ser uma ferramenta dinâmica, que pode ser atualizada a partir do aumento do quantitativo amostral coletado (tornando-se cada vez mais representativa) e, por isso, foi adotada neste estudo no contexto de avaliação dos resultados de maneira agregada (e não mais individualizados por obra).

Semelhante ao proposto no estudo de Marum et al. [8], um modelo de distribuição de probabilidade foi assumido para os indicadores coletados considerando a distribuição log-normal, LN (μ, σ^2). A aderência do modelo foi avaliada no histograma de densidade de frequências e no gráfico normal de probabilidade a partir da construção do intervalo de confiança (95%) ao redor da reta de regressão do modelo [5,6].

Uma vez definido o modelo de probabilidade, os percentis de interesse, p5, p50 e p95 foram calculados. A Figura 2 ilustra a interpretação dos percentis das distribuições de probabilidade, onde por exemplo, o percentil 95 (p95) representa uma produtividade tal que somente 5% das apropriações do universo amostral seriam menos produtivas, isto é, demandariam mais recursos para a mesma quantidade de serviço. Por outro lado, o percentil 5 (p5) responderia por uma produtividade elevada, tal que somente 5% das apropriações do universo amostral superariam esta métrica.

Figura 2: Análise esquemática de percentis de uma distribuição de probabilidades



Fonte: Marum et al. [5]

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados para os serviços de alvenaria foram primeiramente avaliados por meio de estatísticas descritivas. O Quadro 1 apresenta o número de elementos apropriado (n), os quartis (Q), média e coeficiente de variação (C.V.) dos dados para cada obra. A Figura 3 representa os resultados por meio de boxplots, ferramentas gráficas ideais para visualizar a distribuição dos dados e seus valores discrepantes (outliers). As medidas estatísticas descritivas citadas no Quadro 1 formam o boxplot.

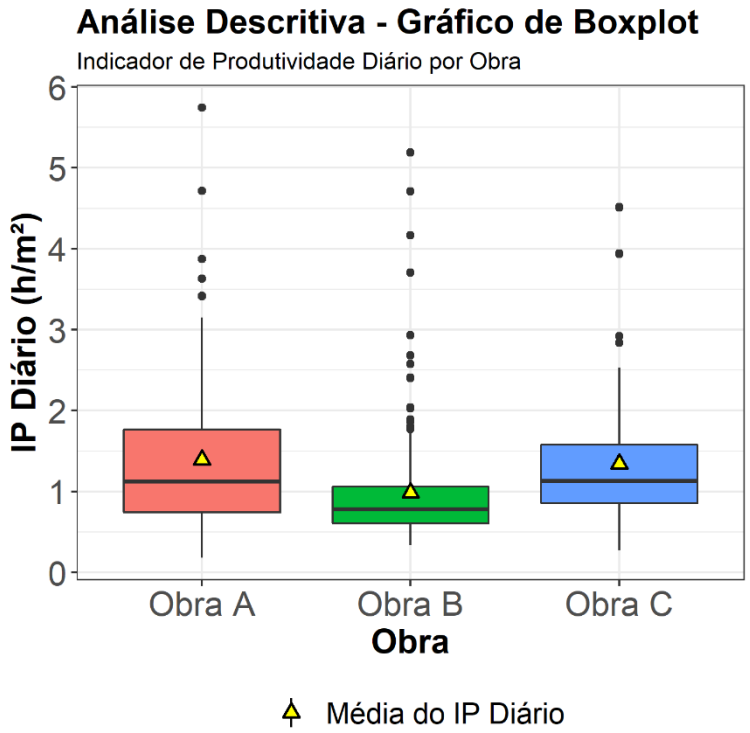
A análise descritiva apontou similaridade entre as produtividades diárias entre as obras A e C, especialmente quando verificada as medidas de tendências centrais (mediana e média). Nota-se que a produtividade na Obra B é maior que as demais, visto que o indicador possui valor inferior àqueles apresentados nas Obras A e C. Além disso, os intervalos interquartis para as Obras A e C se apresentaram próximos, enquanto que para a Obra B observou-se uma menor dispersão dos IPs diários em torno da medida central (mediana). Contudo, o coeficiente de variação desta obra foi similar ao da Obra A, e maior que o da Obra C, evidenciando possível influência de outliers no cálculo desta métrica (representados por pontos com IPs maiores que aproximadamente 2 h/m²).

Quadro 1: Medidas de posição central e dispersão dos indicadores de produtividade diários

Obra	n	Mínimo	1Q	Mediana	Média	3Q	Máximo	C.V. (%)
A	127	0,18	0,74	1,12	1,39	1,77	5,75	66,9
B	194	0,34	0,61	0,78	0,99	1,06	5,19	69,3
C	131	0,28	0,86	1,13	1,35	1,58	4,52	57,2

Fonte: o autor.

Figura 3: Análise descritiva – indicador de produtividade diário por obra



Fonte: o autor.

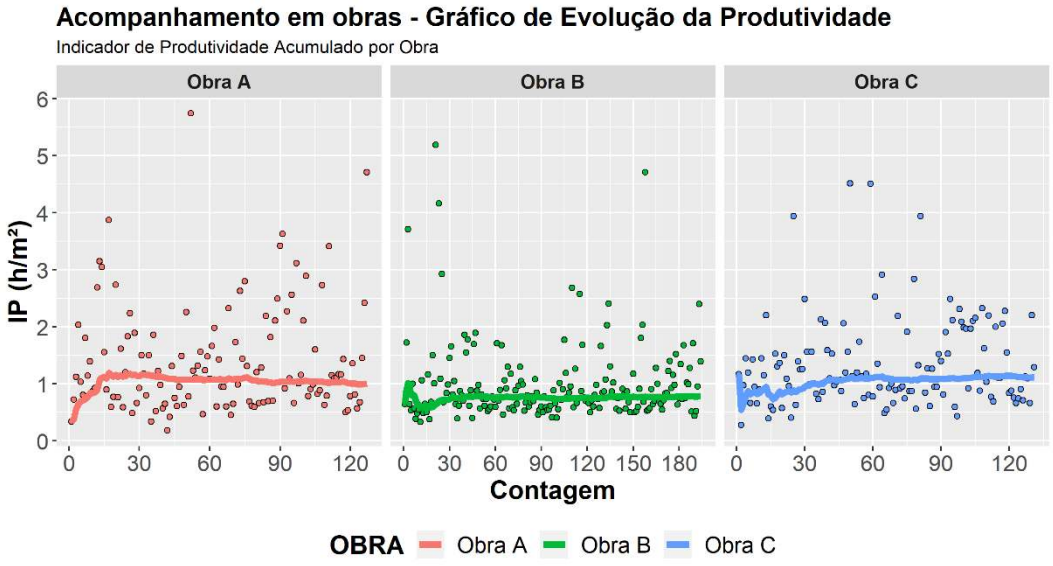
A Figura 4 apresenta o gráfico de evolução da produtividade para as 3 obras. Os indicadores acumulados ao final da contagem para cada obra, foram de, respectivamente 1,01; 0,79; e 1,12 para as Obras A, B e C. Estes valores representam a produtividade efetivamente empregada pela equipe durante o período de coleta de dados em obra, isto é, representam a razão entre o total de horas empregadas (h) e a área construída de alvenaria (m²). Há de se ressaltar que essa métrica é diferente da média e mediana dos IPs diários. Embora busquem representar uma produtividade central ao conjunto de dados, o indicador cumulativo é mais adequado no cenário de acompanhamento em obra (em função da evolução da apropriação), enquanto o indicador diário apresenta características mais convenientes à modelagem estatística com distribuições de probabilidade.

Em um primeiro momento, nota-se a elevada variabilidade dos resultados diários (IPs diários), por vezes maiores que 4 h/m² em todas as obras analisadas. A explicação para essa variabilidade elevada é indicada na literatura a partir da utilização do Modelo de Fatores (REF), proposto por Thomas e Yiakoumis [9]. Este Modelo assume que o trabalho de uma equipe é afetado por certa quantidade de fatores que podem alterar o seu desempenho aleatoriamente ou sistemicamente. O efeito cumulativo dos distúrbios causados por esses fatores gera uma curva de real produtividade, cuja forma pode ser muito irregular, tornando sua interpretação difícil. Em contrapartida, o indicador cumulativo apresenta menor sensibilidade em relação às variações diárias, apresentando comportamento de convergência numérica a partir de uma quantidade suficiente de apropriações.

Tomando como exemplo a Obra B, a produtividade acumulada até a 30ª contagem apresenta valor de 0,73 h/m². Vale ressaltar que esta amostragem constitui pouco mais de 1/7 da amostragem total e apresenta erro relativo menor que 10% em relação à produtividade final. A depender da evolução da produtividade em cada obra, a quantidade minimamente suficiente para estimar a produtividade final da equipe varia, como visto na Obra C, que necessita de 33 contagens (1/4 da amostragem total) para retornar um índice com erro relativo menor ou igual a 10%. Já a Obra A apresentou convergência mais rápida que as demais, com apenas 15 contagens (aproximadamente 1/8 da amostragem total) para atingir erro relativo de, aproximadamente 11%.

Essa avaliação do comportamento da curva cumulativa proposta no presente estudo pode servir aos gestores de obra tanto a nível de estimação da produtividade final da equipe quanto para fins de medidas de controle e evolução da produtividade. Por exemplo, ao acompanhar a execução de um determinado serviço, o gestor pode identificar pelo comportamento do IP cumulativo a necessidade de intervenção nos fatores que afetam a produtividade, de forma a privilegiar o atendimento de metas, prazos e orientar a condução das atividades a partir da evolução vista na curva.

Figura 4: Evolução da produtividade por obra – gráfico de acompanhamento

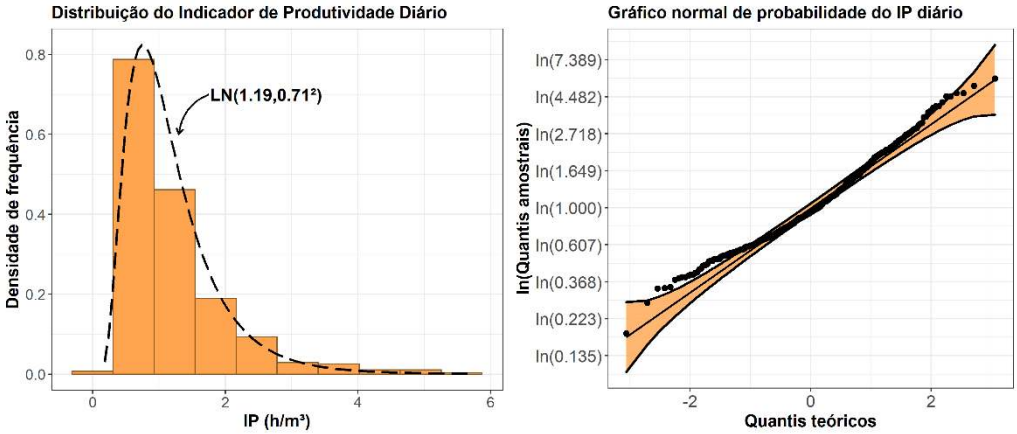


Fonte: o autor.

Além das análises descritivas e do gráfico de evolução da produtividade, avaliadas discriminando os resultados para cada obra, uma modelagem estatística dos IPs diários é sugerida considerando o agrupamento de todo o conjunto de dados coletado em obra. Como indicado na metodologia proposta por Marum et al. [8], um agrupamento dos indicadores diários é conduzido sob a premissa de que os dados pertencem ao mesmo universo amostral das produtividades para o serviço sob análise e uma distribuição de probabilidade é associada a este conjunto. A Figura 5 apresenta a aderência dos resultados obtidos a partir da escolha de ajuste com modelo lognormal

para os indicadores diários. Obteve-se uma distribuição de frequências com boa aproximação à distribuição lognormal com parâmetros média 1,19 h/m² e desvio padrão 0,71 h/m². Os resultados dos percentis de interesse (p5, p50 e p95) obtidos estão expostos no Quadro 2.

Figura 5: Modelo estatístico – distribuição do indicador de produtividade diário



Fonte: o autor.

Quadro 2: Percentis de interesse para o modelo proposto

Modelo Proposto			
Percentil	**p5**	**p50**	**p95**
Índice equivalente	0,41	1,02	2,53

Fonte: o autor.

Adotando o modelo proposto para representar a produtividade diária para o serviço de alvenaria, o gestor de obra pode avaliar percentis e quais indicadores decorrem destes, bem como adotar valores pré-fixados e obter o percentil equivalente. Em ambas as situações, os resultados do modelo podem ser interpretados do ponto de vista probabilístico, fornecendo uma ferramenta capaz agrupar resultados de diferentes cenários e considerar a variabilidade intrínseca dos IPs diários na caracterização da produtividade.

Para o exemplo acima (Quadro 2), a métrica 0,41 h/m² representa uma produtividade elevada, tal que a probabilidade de que um novo valor diário apropriado em obra supere esta métrica é de apenas 5%. Em contrapartida, pode-se entender que novos IPs diários superiores a 2,53 h/m² também apresentam probabilidade de ocorrência igual ou menor que 5%. Adicionalmente, o percentil 50 equivale a 1,02 h/m² e corresponde à mediana da distribuição probabilística.

CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo promover discussões acerca da utilização dos diferentes tipos de indicadores de produtividade, associados a um tratamento estatístico, como forma de auxílio à avaliação da produtividade em obra por parte dos

gestores. Uma alternativa matemática eficiente de acompanhamento, baseada em estatística e análise de dados, foi indicada. Entre as principais conclusões, destacam-se:

- Os indicadores de produtividade possuem diferentes características em função dos níveis de abrangência (diário, cíclico, cumulativo) e o tratamento estatístico, interpretação e aplicação destes indicadores deve considerar tais particularidades. Os gestores, ao avaliarem a produtividade em obra, devem se atentar a tais usos e particularidades expostos no estudo;
- Estatísticas descritivas podem ser aplicadas aos indicadores diários para melhorar caracterização e compreensão dos dados coletados. O gestor de obra pode utilizar tabelas-sumário e representações gráficas como auxílio a esta análise, que possui caráter predominantemente descritivo e exploratório;
- O acompanhamento da produtividade das obras por parte do gestor pode ser conduzido a partir da avaliação do IP cumulativo. O gráfico de evolução da produtividade é útil para visualização dos principais comportamentos da curva cumulativa e fornece ao gestor métricas de controle para tomadas de decisão (intervenções pontuais, atingimento de metas, evolução).
- A curva do IP cumulativo converge e, portanto, é possível estimar a produtividade efetiva das frentes de serviço a partir de uma quantidade minimamente suficiente ainda durante sua execução. De posse disso, o gestor pode decidir por intervenções pontuais para melhoria da produtividade efetiva final, também pode utilizar essa estimativa como representativa da produtividade da equipe, entre outros.
- De posse do modelo estatístico de distribuição, baseado nos indicadores diários de produtividade, o gestor de obra consegue avaliar percentis de atendimento da produtividade avaliada (porcentagem de vezes que a produtividade é atendida ou superada em um dia de obra) e os indicadores decorrentes destes (índices de produtividade relativos ao percentil observado), assim como adotar outros valores e obter os percentis equivalentes. O modelo probabilístico constitui, portanto, uma ferramenta capaz de agrupar resultados de diferentes cenários e fornecer estimativas representativas da realidade observada em obras, considerando a dispersão intrínseca das medições diárias.
- A metodologia de análise discutida no presente estudo constitui uma alternativa matemática viável e eficiente no cenário da construção civil. Isto decorre do emprego de poucos recursos para obtenção dos resultados associados a uma análise robusta o suficiente para guiar tomadas de decisão dos gestores baseadas nas tendências da produtividade observadas em obra.

REFERÊNCIAS

[1] SOUZA, U. E. L. **Método para a previsão da produtividade da mão de obra e do consumo unitário de materiais para os serviços de fôrmas, armação, concretagem, alvenaria, revestimentos com argamassa, contrapiso, revestimentos com gesso e revestimentos cerâmicos.** 2021. Universidade de São Paulo. São Paulo.

[2] SOUZA, U. E. L.; MORASCO, F. G.; RIBEIRO, G. N. B. **Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil.** v.1. Brasília, DF: CBIC, 2017.

[3] MATTOS, A. **Como preparar orçamentos de obras**. 3. ed. São Paulo: [s.n.].

[4] SOUZA, U.E.L. **Como aumentar a eficiência da mão de obra: manual de gestão da produtividade na construção civil**. 1ª ed. São Paulo: Pini, 2006.

[5] BUSSAB, WO; MORETTIN, PA. **Estatística Básica (9ª Edição).** São Paulo: Editora Saraiva, 2017.

[6] DEVORE, J. L. **Probabilidade e Estatística para Engenharia e Ciências**. Ed. Thomson, 2006.

[7] R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/. 2020.

[8] MARUM, T. H.; ANDRADE, R. P.; PAIXÃO, M. J. S.; ZAPPILE, J. C.; RODRIGUES, B. F.; MARANHÃO, F. L. **Estudo Da Obtenção De Índices De Produtividade Para Tabelas De Composições Unitárias: Uma Abordagem Probabilística**. 3º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos. TECSIC 2021.

[9] THOMAS, H. R.; YIAKOUMIS, I. **Factor Model of Construction Productivity**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 113, n. 4, p. 623-638, 1987.