XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8964

Médias populacionais e médias amostrais nos estudos de produtividade

Population means and sample means in productivity studies

Luiz Fernando Mählmann Heineck
Universidade Estadual do Ceará | Fortaleza| Brasil | freitas8@terra.com.br
George Nunes Soares
GNS Engenharia | Teresina | Brasil | georgesoaresthe@gmail.com
Antonio Nunes de Miranda Filho
Instituto Tecnológico de Aeronáutica | Fortaleza | Brasil | antoniofilhoanmf@fab.mil.br
Luis Felipe Cândido
Universidade Federal do Ceará | Crateús | Brasil | candido@ufc.br
José de Paula Barros Neto
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza| Brasil | jpbarros@ufc.br

Resumo

Estudos sobre produtividade na indústria da construção civil têm uma longa tradição e vasta bibliografia. A ideia usar indicadores de produtividade para tomar decisões operacionais e realizar *benchmarking* entre empresas, no entanto, assume, implicitamente, que a distribuição subjacente é estável o suficiente para que uma amostra represente o comportamento futuro, que diversos estudos questionam devido ao problema da variabilidade. Assim, o presente trabalho teve por objetivo analisar o posicionamento das médias populacionais a partir de médias amostrais em estudos de produtividade. Para isso, utiliza levantamentos bibliográficos e estudos de campo em 4 fontes de dados secundários. O trabalho descreve intervalos de variação de estudos amostrais e posiciona faixas de valores onde as médias populacionais podem se situar para 8 serviços de obra. Desse modo, conclui pela existência de largos espectros de valores, nos quais tanto médias amostrais quanto populacionais se situam, o que resulta na impossibilidade de se indicar com precisão, afinal qual a população que está em análise. Isto se reflete nas estimativas acerca de desempenhos produtivos, principalmente no curto prazo, diárias ou semanais. Com isso, sugere mecanismos para condução de trabalhos futuros relativos à medição do consumo de mão de obra em serviços da construção civil.

Palavras-chave: Produtividade. Variabilidade. Desvio padrão. Médias amostrais. Médias populacionais.

Abstract

Productivity studies in the construction industry have a long tradition and an extensive body of literature. The use of productivity indicators to support operational decision-making and benchmarking across companies, however, implicitly assumes that the underlying distribution is sufficiently stable for a sample to represent future performance. This assumption has been questioned by several studies due to the high variability inherent in construction processes. Thus, this study aimed to analyze the potential positioning of population means based on sample means in productivity studies. The study adopts a descriptive approach based on literature surveys and field data obtained from four secondary data sources. The study describes ranges of variation observed in sample-based studies and identifies value intervals within which population means may lie for eight construction activities. The findings indicate the existence

of wide value spectra in which both sample and population means are distributed, making it difficult to determine with precision the population represented by a given sample. This uncertainty directly affects estimates of productive performance, particularly over short-term periods such as daily or weekly assessments. Finally, the paper suggests mechanisms for future research on the measurement of labor consumption in construction activities.

Keywords: Productivity. Variability. Standard deviation. Sample means. Population means. Construction management.

INTRODUÇÃO

Estudos sobre produtividade na indústria da construção civil têm uma longa tradição e vasta bibliografia [1]. A ideia usar indicadores de produtividade para tomar decisões operacionais como o dimensionamento de equipes, replanejamento de prazos, *benchmarking* entre empresas. Parte-se do reconhecimento dos valores médios ou típicos para uma determinada tecnologia e assume-se, implicitamente, que a distribuição subjacente é estável o suficiente para que uma amostra represente o comportamento futuro.

Contudo, diante da usual variabilidade dos resultados, diversos trabalhos têm investigado os fatores que podem afetar o desempenho dos processos produtivos. Em trabalho seminal, Bishop estabeleceu parâmetros para o desvio padrão das amostras obtidas, relacionadas às respectivas médias, sintetizadas no conceito de coeficiente de variação (desvio dividido pela média) [2]. Já Beamish apresentou considerações sobre a eventual intratabilidade da modelagem dos fatores que afetam a produtividade, pela pouca significância estatística dos regressores associados a estes fatores [3]. Em outras palavras, a produtividade em obra é um processo que varia no tempo (não-estacionário) e que possui uma forte carga de incerteza e ruído (estocástico) [4]. A produtividade como processo estocástico não-estacionário significa que cada observação não é um número fixo com erro de medição em torno dele, mas distribuição de probabilidade que pode mudar a cada instante.

Essa característica pode comprometer comparações baseadas em produtividades cumulativas, como as realizadas em *benchmarking* amplamente difundidos na literatura, pois eles podem estar comparando regimes temporários e não capacidade real. Nesse sentido, como verificar se o que está sendo medido é a operação ou o acaso observado em um período de medição? Uma das formas é compreender as relações entre a média populacional da produtividade para uma operação em obra e a média que vai sendo obtida em caráter amostral na medida em que se sucedem as observações no canteiro, o que é explorado nesse artigo.

Um processo estocástico não-estacionário tem três características intrínsecas a relação das médias amostrais e populacionais que sustentam a análise aqui proposta. A primeira delas é que a média populacional não existe como número único, ou seja, ela é uma função do tempo, não uma constante. Por exemplo, o efeito aprendizado faz com que a média se desloca de forma sistemática e direcional ao longo dos primeiros ciclos de uma atividade repetitiva, porque a equipe aprende a tarefa, causando um aumento na produtividade mensurada através da média. Segundo, a média permite identificar uma mudança de regime ao saltar de um nível para outro

por causa de um evento discreto (troca de equipe, alteração de método executivo etc.). Antes e depois dessa mudança existem dois processos estacionários diferentes. Se tratados como um processo único, a média calculada sobre os dois não representa nenhum dos dois corretamente. Por fim, em terceiro lugar, existe uma heterocedasticidade temporal, ou seja, uma variância não-constante. Isso implica que mesmo que a média não mude, a dispersão em torno dela pode aumentar ou diminuir com o tempo. A variabilidade pode ser maior no início da obra, primeiro terço, quando há maior instabilidade de processo no período de mobilização, e menor depois nos segundo e terceiro terços que o processo se consolida, quando o sistema produtivo já está estabilizado.

Assim, compreender como a média cumulativa se comporta, conforme as observações se sucedem, permite verificar se a tomada de devisão está baseada em um número instável como se fosse parâmetro fixo. Também permite identificar quando a operação mudou de regime. Em outras palavras, se a média cumulativa, depois de aparentemente estabilizada, recomeça a se deslocar de forma sistemática o parâmetro populacional que se estava estimando não existe mais. Logo, o histórico acumulado precisa ser reabaliado ou mesmo descartado.

Este artigo tem por objetivo analisar o posicionamento das médias populacionais a partir de médias amostrais em estudos de produtividade. Para tanto, foram utilizados para isso, utiliza levantamentos bibliográficos e estudos de campo em 4 fontes de dados secundários, três delas presentes em uma dissertação de mestrado [5].

REVISÃO DA LITERATURA

Como já referido, estudos sobre produtividade na indústria da construção civil têm uma longa tradição e vasta bibliografia [1]. A ideia usar indicadores de produtividade para tomar decisões operacionais e realizar *benchmarking* entre empresas, no entanto, assume, implicitamente, que a distribuição subjacente é estável o suficiente para que uma amostra represente o comportamento futuro, que diversos estudos questionam devido ao problema da variabilidade.

No clássico texto Ciência da Fábrica, os autores discutem as implicações da variabilidade para a organização, planejamento e controle do processo produtivo [8]. Apresentam e classificam coeficientes de variabilidade para os dados de produtividade, colocando como valores possíveis e usuais indicadores na faixa de 100% (desvio padrão igual à média das produtividades).

Já a obtenção de parâmetros para calcular as durações probabilística e seus desvios-padrões na programação com PERT assume uma distribuição de frequência Beta [9]. Uma série de trabalhos modelam a variabilidade dos dados a partir das distribuições Beta, questionando seus limites e outros parâmetros capazes de defini-la com maior utilidade prática, como a moda e o quartil 75% [10-12]. Já Graham, Smith e Dunlop advogam pelo uso de distribuições lognormais, onde os limites da distribuição poderiam ser tomados como de +/- 2 desvios ou +/- 1,64 desvios em relação à média, compreendendo, respectivamente, cerca de 95% e 90% dos casos possíveis [13].

Outros autores simplificam o tratamento dos dados admitindo distribuições triangulares [14-16]. Estas, assim como as distribuições Beta, podem ser acomodadas para modelar valores extremos e modais e/ou médias.

As implicações da variabilidade são analisadas pela ótica de produção/construção enxuta [17-20]. Estes trabalhos apontam para os efeitos deletérios da variabilidade, apoiando as assertivas do livro Ciência da Fábrica [8], que destaca no capítulo 8 já em seu título de "*the corrupting influence of variability*". A discussão crítica em [17] mantem que de nada valem os esforços para a modelagem da variabilidade do desempenho produtivo da construção civil, como estabelecida pelos principais autores mundiais no estudo de produtividade [18], se o processo produtivo não for orientado por princípios da construção enxuta. No entanto, um orientado [21] de autores do trabalho anterior [18], insiste que alguma modelagem deve ser possível, articulando fundamentos a partir da teoria do caos e de sistemas complexos.

A literatura nacional aponta um trabalho com modelagem rigorosa da produtividade através de regressões lineares simples e a duas variáveis [22], com bons coeficientes de determinação, em geral acima de 90%. Já a dissertação de mestrado de Otero usa o conceito de variabilidade para examinar dados de 30 obras na cidade de Brasília [23]. As variáveis de interesse são as quantidades de serviços, as quantidades de materiais e a quantidade de mão de obra por m² de área de construção. Como em [22], a modelagem da variabilidade apresenta bons coeficientes de correlação para a maioria dos casos.

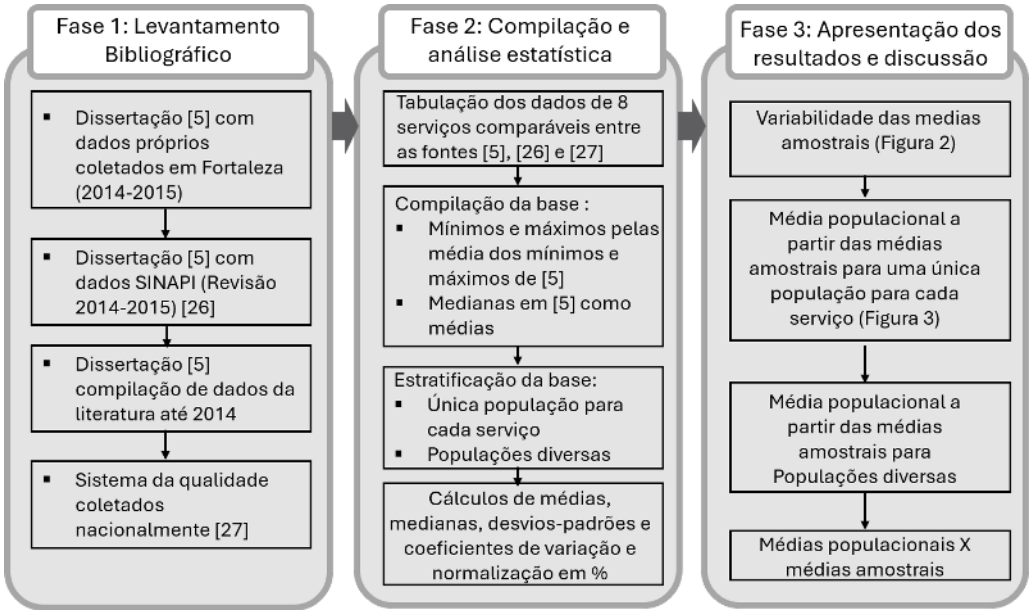
Dois trabalhos são exemplos de amostragens com grande variabilidade, mesmo para empresas com bom nível organizacional [24,25]. O relatório Sinapi da Caixa Econômica Federal tem um levantamento de cerca de 500 observações em 3 obras, em relação a alvenarias, enfocando detalhes como produtividades diárias, cíclicas e cumulativas [23]. As produtividades diárias têm coeficientes de variação na faixa de 60-70%, corroborando a literatura [8]. Mais do que isto, valores máximos são de 15 a 32 vezes os valores mínimos. Já o Sistema da qualidade coletados nacionalmente 28 serviços coletados, também nacionalmente [27]

Nesse conjunto de trabalhos, no entanto, não foram encontrados estudos discutindo a extrapolação das médias amostrais para as prováveis médias populacionais, assim como artigos conducentes a definição de limites para produtividades mínimas e máximas em distribuições de frequências finitas como Beta e Triangular, como abordado na presente pesquisa.

MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa possui abordagem quantitativa, utilizando dados secundários extraídos da literatura, os quais foram submetidos à análise estatística descritiva, conforme delineamento apresentado na Figura 1.

Figura 1: Delineamento da pesquisa



Fonte: dos autores.

No levantamento bibliográfico, foram utilizados diretamente os dados presentes em [5] em conjunto com a fonte de um sistema de qualidade do SENAI [27]. Além de dados próprios coletados em Fortaleza no período de 2014-205, [5] apresenta duas fones secundárias externas: a) dados usados para uma revisão de um Sistema Nacional de Custos [26], por volta de 2014-2015; b) revisão da literatura atualizada até 2014. Por fim, tomou-se dados de um Sistema da Qualidade que foram coletados nacionalmente [27].

Na segunda fase, procedeu-se com a compilação e análise estatística. Estavam disponíveis em [5] dados de 8 serviços, a saber, alvenaria de blocos cerâmicos, revestimento interno em argamassa, contrapiso em argamassa, revestimento cerâmico interno de piso e parede, revestimento cerâmico interno somente de piso, emboço de fachada, revestimento cerâmico de fachada, e de forro de gesso. Pequenas alterações foram realizadas na forma como os valores mínimos e máximos de consumo de mão de obra por unidade de serviço (Hh/m²) foram apresentados em [5]. Este reporta os valores mínimos e máximos encontrado entre todos casos coletados. No presente trabalho, adota-se como valores mínimos e máximos a média destes mínimos e máximos. Medianas foram interpretadas como médias. Os dados em [27] reportavam apenas consumo de mão de obra de oficiais: serventes foram incluídos na proporção de 2 profissionais para 1 servente. As bases também foram estratificação considerando dois casos: a) única população para cada serviço; b) populações diversas. Os cálculos de médias, medianas, desvios-padrões e coeficientes de variação seguem textos básicos de estatística [7], assim como as relações entre médias da população e das amostras, para amostras pequenas e grandes (acima de 30 dados). As faixas de variações foram padronizadas para % de modo a permitir uma melhor comparação sobre a variabildiade.

Por fim, na fase 3, organizou-se a apresentação dos resultados e discussão. Foram apresentados uma análise da variabilidade das medias amostrais, média populacional a partir das médias amostrais para uma única população para cada serviço e Média populacional a partir das médias amostrais para Populações diversas. Por fim, as médias populacionais foram comparadas com as médias amostrais a guisa de análisar o proposito central de analisar o posicionamento das médias populacionais a partir de médias amostrais em estudos de produtividade.

Destaca-se que a forma de apresentação dos dados pode gerar dificuldades em sua interpretação. O valor está expresso como consumo de mão de obra em Hh/m². Assim, um valor alto de Hh/m² indica um baixo desempenho, ao inverso da produtividade, normalmente expressa como unidade de serviço por tempo, e quanto maior melhor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

VARIABILIDADE DAS MÉDIAS AMOSTRAIS

Diferentes fontes de dados presentes em [5] foram inicialmente comparadas com dados presentes em [26]. Nessa fonte a bibliografia disponível até aquela data permitiu a determinação de valores mínimos, médios e máximos. Para 28 serviços de [26], os valores de produtividade encontram-se, de forma aproximada, entre um mínimo de 0,70 hh/m², média de 1,00 hh/m² e máximo de 1,50 hh/m².

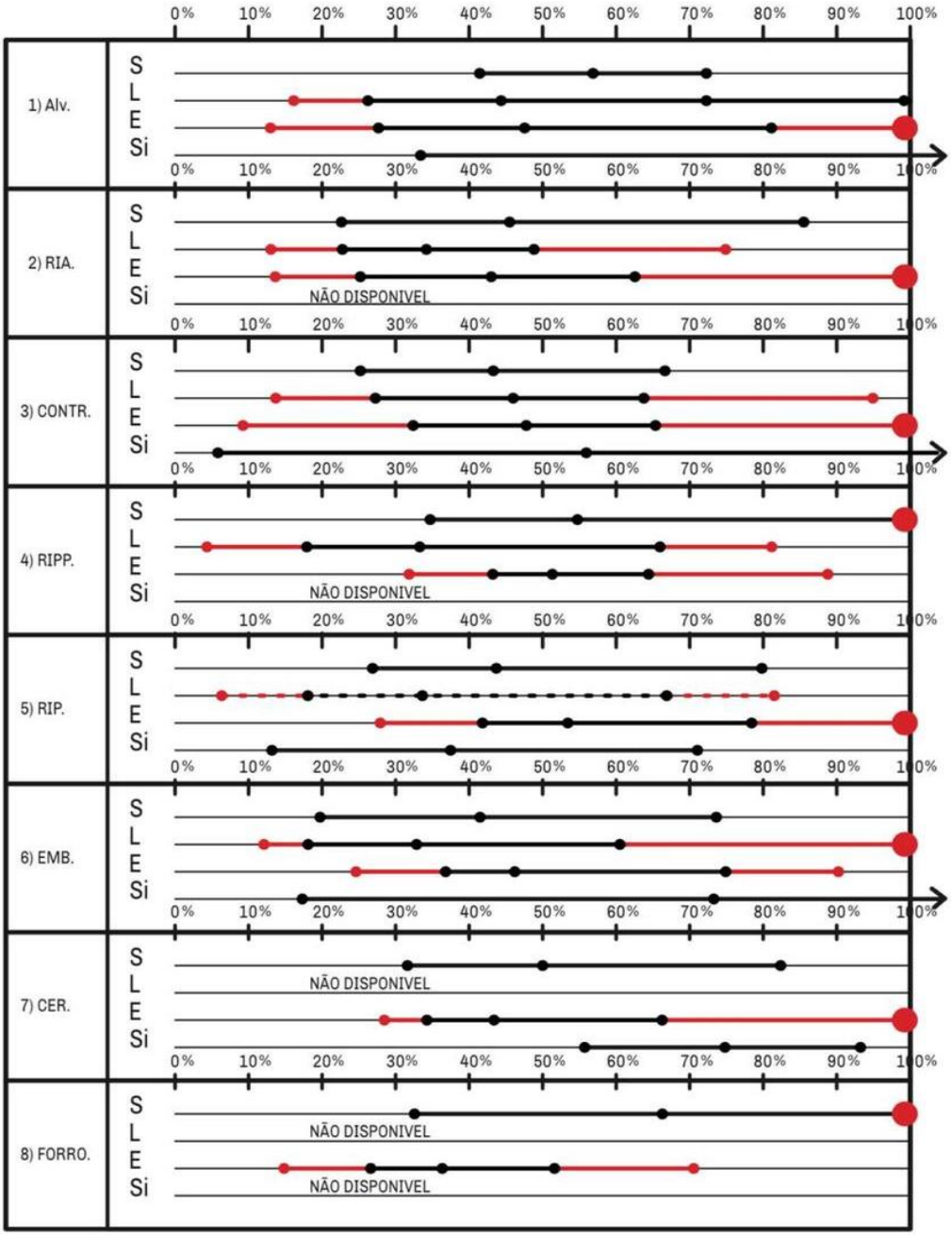
Os valores obtidos no conjunto das estatísticas disponíveis para os 8 serviços, utilizando as 4 fontes de dados, tem um mínimo de 0,67 hh/m², uma média de 1,08 hh/m² e um valor máximo de 1,63 hh/m², portanto em linha com os achados anteriores [26].

No entanto, é possível alargar estes intervalos com a avaliação do desvio padrão encontrado em [5], conforme feito para os dados correspondentes na literatura até 2014 e para os dados das empresas de Fortaleza. Para tal se fez uma avaliação da variabilidade típica de mínimos, medianas e máximos, encontrando-se de 0,15 Hh/m² a 0,30 Hh/m² (média de 0,25 Hh/m²), de 0,20 Hh/m² a 0,50 Hh/m² (média de 0,35 Hh/m²) e de 0,30 a 0,90 Hh/m² (média de 0,60 Hh/m²), respectivamente. Isto converge para um único coeficiente de variação de cerca de 40% para os valores tomados como mínimos, médios e máximos.

Na dissertação de mestrado [5], o autor adota como mínimo o menor valor encontrado entre todos os mínimos. Para o máximo adota o maior valor encontrado entre todos os máximos. Esta amplitude vai de 0,10 Hh/m² para uma empresa executando contrapiso, até 13,96 Hh/m² para emboço de fachada, considerando a literatura até 2014. Diferentemente, a partir do coeficiente de variação de 40%, aqui foram criados intervalos chamados de mínimo-mínimo a máximo-máximo para as produtividades dos 8 serviços. O valor mínimo-mínimo encontrado foi de 0,14 Hh/m² para o levantamento na literatura em 2014 e máximo-máximo de 3,00 Hh/m² para o revestimento externo de fachadas com cerâmicas, obtido no estudo das empresas. Diante deste espectro de produtividades alargado, dificultando a comparabilidade dos

vários serviços, utilizou-se uma alternativa para facilitar a análise gráfica conjunta de todos os 8 serviços. Tomou-se como produtividade 100% aquela relativa ao máximo e/ou máximo-máximo para cada serviço nas 4 fontes de informação. A análise gráfica utilizando a escala de 0% a 100% é apresentada na Figura 2. É importante salientar que para revestimento interno de parede (RIP), a fonte [5] apresentou apenas um trabalho reportado na literatura, razão a figura o representa de forma tracejada – indicando sua menor cobertura em comparação com os demais.

Figura 2: Espectro de variação das produtividades para os 8 serviços em uma escala de 0% a 100% comparando valores em SENAI (S) [27] e valores mínimos-mínimos, mínimos, médios, máximos e máximos-máximos da Literatura, das Empresas e do SINAPI disponíveis em [5].



Legenda: em vermelho apresenta-se os intervalos de mínimos-mínimos e máximo-máximos, enquanto em preto o intervalo de mínimos e máximos.
Fonte: os autores.

Na Figura 2, as piores produtividades (percentagens mais altas) são denotadas por um círculo vermelho junto à percentagem de 100%, correspondente à linha da fonte de informações que a apresentou (S, L, ou E, respectivamente Senai, Literatura até 2014 e Empresas). As linhas vermelhas, quando existentes, mostram a distância entre os valores mínimo-mínimo a mínimo e máximo a máximo-máximo.

Pode-se observar que, em geral, as produtividades médias do SENAI (S) são praticamente iguais às produtividades médias das empresas (E), com leve melhor desempenho para esta última fonte de referência (menores Hh/m²). Os valores de Si [26] são mais discrepantes e chegam a exceder o limite de 100%, indicando maior variabilidade do que as 3 fontes anteriores.

POSICIONAMENTO DA MÉDIA POPULACIONAL A PARTIR DAS MÉDIAS AMOSTRAIS: O CASO DE UMA ÚNICA POPULAÇÃO PARA CADA SERVIÇO

Sob o ponto de vista conceitual, é preciso definir a natureza da população ou populações que se têm em mente. Uma primeira perspectiva é imaginar que para cada serviço todos os dados apresentados até aqui se referem a uma mesma população. Seria o caso de interpretar, por exemplo, a média populacional da produtividade das alvenarias como um valor único, sendo que os diversos fatores que pudessem afetá-la não determinariam diferentes populações. Alvenarias feitas segundo um projeto mais intrincado ou com materiais de menor (ou maior qualidade), ou ainda com mão de obra de diferentes habilidades, teriam a mesma produtividade média para a população. É como se a miríade de fatores que afetam a produtividade, com suas atuações aleatórias sobre o desempenho do processo produtivo, para mais ou para menos, não alterassem fundamentalmente o esforço médio para a execução do serviço.

Como apresentado na introdução, a dificuldade de obter regressores estatísticos confiáveis para os diversos fatores que afetam a produtividade corroboraria esta visão unicista. Pode ocorrer que existam condições diferentes que facilitem ou dificultem a execução do serviço, mas a impossibilidade de estabelecer quantitativamente estas diferenças, permite que estas condições possam ser ignoradas.

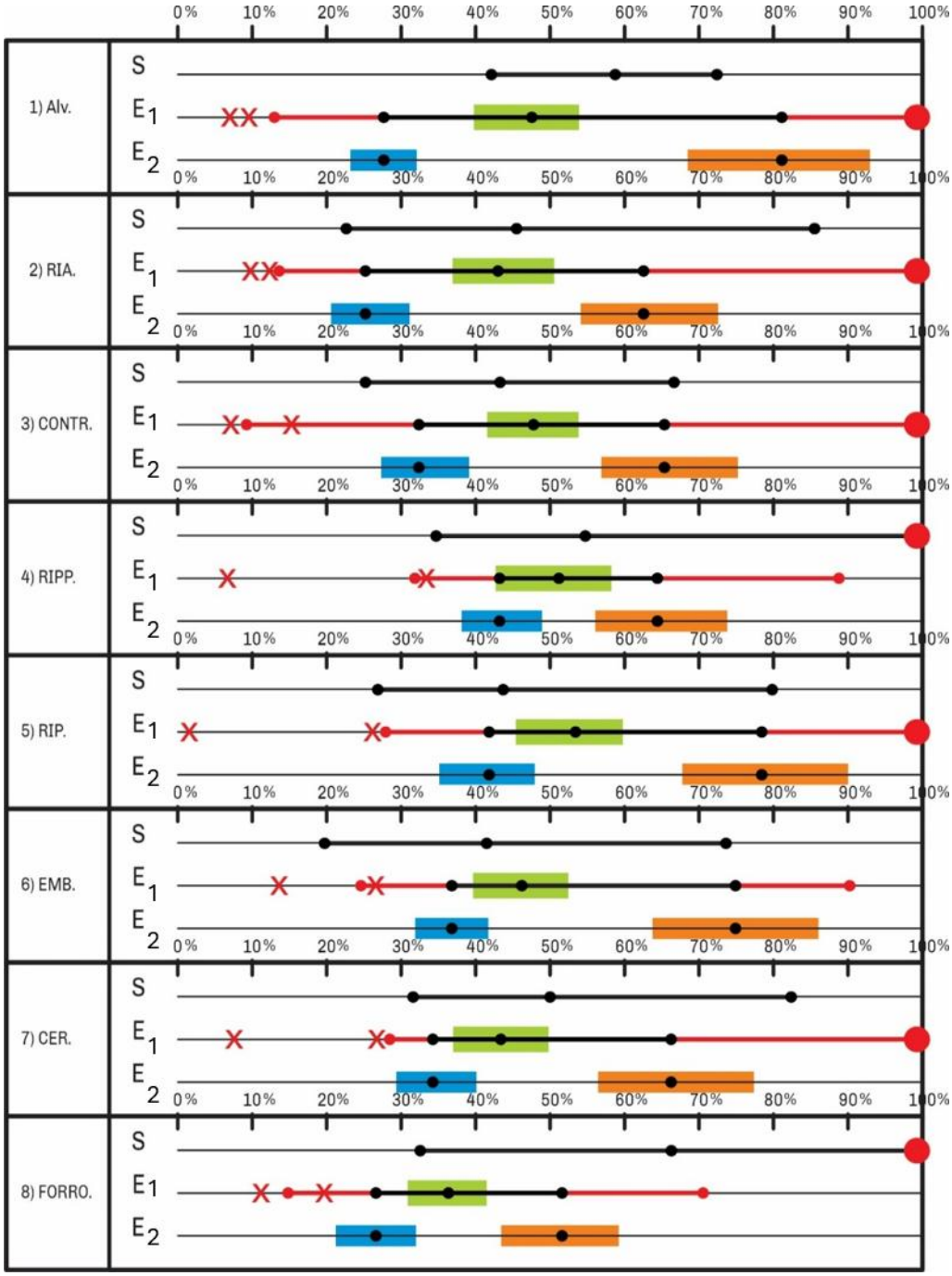
Nestas circunstâncias, para cada serviço, os estudos que deram origem às 4 fontes de evidência deste trabalho representariam amostras de uma mesma população. Formulações clássicas da estatística para projeção da média e do desvio padrão de populações a partir de amostras indicariam o seguinte raciocínio.

A melhor estimativa para a média da população, portanto, seria a média das médias destes estudos (Figura 3). Para o caso das alvenarias, tomando-se os valores amostrais médios para o trabalho junto as empresas [5] como sendo de 1,10 Hh/m², os parâmetros verdadeiros para a média de produtividade da população estariam, com 95% de confiança, em um intervalo de +/- 1,96 que multiplica a estimativa de desvio padrão para este valor central, dividido pela raiz do número de dados na amostra.

Tomando um número limite de 30 casos e um coeficiente de variação típico de 40% se teria para as alvenarias +/- 1,96 * 0,40 * 1,10 Hh/m²/raiz quadrada de 30 = 1,10 Hh/m² +/- 0,16 Hh/m². O verdadeiro valor médio da população estaria entre 0,94 Hh/m² e

1,26 Hh/m². Diante das variabilidades até aqui descritas para as amostras, este intervalo de cerca de 15% acima e abaixo do valor de 1,10 Hh/m² é pequeno.

Figura 3: Espectro de variação da produtividade na escala de 0 a 100% comparando valores em SENAI (S) [27] e valores mínimos-mínimos, mínimos, médios, máximos e máximos-máximos [5] para empresas (E)



Legenda: E_1 representa os limites de variação para a população se esta fosse representada pela Média Amostral, E_2 mostra o intervalo de variação para uma População caracterizada pelos valores mínimos, com base nos dados da empresas disponíveis em [5]. S representa a fonte Senai [27]. Em azul, os limites da população que levam aos valores mínimos. Em verde, os limites da população que levam aos valores médios. Em laranja, se os limites da população que levam aos valores máximos. Em vermelho apresenta-se os intervalos de mínimos-mínimos e máximo-máximos, enquanto em preto o intervalo de mínimos e máximos. X apresentam outliers.
Fonte: os autores.

A apresentação dos dados como percentagens das piores produtividades, no caso tomadas para as alvenarias como 2,36 Hh/m², indica que o espectro de posicionamento da média populacional, com 95% de confiança, para cerca de 30 estudos amostrais, estaria entre 0,94/2,36 = 40% e 1,26/2,36 = 53%. Isto é destacado em verde na Figura 2, para o caso das alvenarias. O mesmo raciocínio se estende para os demais 7 serviços analisados.

Na mesma linha, onde está colocado o espectro da média populacional (em verde), são repetidos os valores de mínimo-mínimo a máximo-máximo do levantamento junto as empresas. Da mesma forma, são assinalados com um X valores mínimos encontrados em [5], ou seja, para cada fonte (literatura até 2014 ou empresas) o que de melhor se encontrou em termos de produtividade. Da mesma forma, poderiam ser plotados os valores do que de pior se encontrou, o que não é aqui descrito.

POSICIONAMENTO DE MÉDIAS POPULACIONAIS A PARTIR DAS MÉDIAS AMOSTRAIS: O CASO DE POPULAÇÕES VARRENDO O ESPECTRO AMOSTRAL

Os valores mínimos e máximos encontrados em [5] podem corresponder, na prática, a populações diversas. Os valores mínimos (alta produtividade) podem corresponder a populações com características positivas para propiciar bom desempenho, quaisquer que sejam estas características. Da mesma forma, os valores máximos (baixa produtividade) podem corresponder a populações com características negativas para propiciar bom desempenho, quaisquer que sejam estas características.

Na Figura 3, para cada serviço e para os dados das empresas (E), estão assinalados o intervalo onde poderiam estar as médias populacionais com estes fatores determinando a melhor produtividade (em azul) e a pior (em laranja). Novamente, os intervalos são determinados pela fórmula clássica da estatística que leva em consideração os seguintes parâmetros: limites de confiança de 95%, com fator de 1,96; desvio padrão caracterizado por um coeficiente de variação de 40%; e raiz do número de casos que integram as amostras, tomados como 30 em cada uma delas, à guisa de exemplo.

Para múltiplas populações, o posicionamento de suas prováveis médias populacionais pode ocupar qualquer faixa de valores entre o extremo à esquerda em azul e o extremo à direita em laranja, inclusive qualquer valor dentro da faixa verde. Cada valor médio amostral poderia corresponder a um conjunto de fatores particulares afetando a produtividade, ou seja, uma população distinta.

Em síntese, na impossibilidade de se indicar com precisão, afinal qual a população que está em análise (que combinação de fatores que afetam a produtividade está em ação), continua-se diante de um espectro muito largo de possíveis produtividades (tanto de médias populacionais como de valores individuais dentro de cada população). Isto se reflete nas estimativas acerca de desempenhos produtivos, principalmente no curto prazo, diárias ou semanais.

CONCLUSÃO

As digressões aqui apresentadas indicam intervalos de variação pronunciados para as produtividades individuais, para as médias de amostras e para prováveis médias populacionais. Eventuais intervalos restritos para médias populacionais, como no caso de se admitir que as populações são únicas para cada serviço, servem de pouco consolo na medida em que o gerenciamento das operações no canteiro necessita de dados individuais de produtividade para ciclos curtos de trabalho, ou, eventualmente, de dados amostrais para pequenos períodos de planejamento.

Para confirmar os achados deste estudo, com uma condução mais rigorosa em termos estatísticos, é necessário refazer o caminho da obtenção de dados de produtividade em canteiro. Fazer o acompanhamento diário, semanal ou por pacotes de trabalho concluídos dos vários serviços e calcular médias e desvios padrões das amostras que vão assim sendo acumuladas. A cada momento, a partir dos parâmetros da amostra, projetar os parâmetros da população. Em paralelo, caracterizar os eventuais fatores que afetam a produtividade que estão em operação e avaliar a pertinência de considerar uma única ou distintas populações.

Da mesma forma, pode-se comparar as previsões para a produtividade a cada novo ciclo produtivo com as efetivamente obtidas, avaliando o espectro provável entre valores mínimos e máximos a partir dos erros das estimativas. Com o acúmulo de dados, pode-se corroborar a natureza das distribuições de frequência para os dados individuais e para as médias amostrais, julgando a correção dos testes para avaliação dos intervalos de confiança onde podem ser encontrados os valores das médias populacionais e seus desvios-padrão.

Este caminho torna possível confirmar ou negar os largos espectros para a produtividade encontrados neste trabalho, avaliando suas implicações gerenciais para atividades como programação de longo, médio e curto prazo de obra, pagamento de incentivos financeiros baseados em produtividade e determinação de custos e orçamentos para o setor da construção civil.

DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Durante a preparação do artigo, o terceiro autor utilizou o Gemini (Google) para geração dos gráficos a partir de desenhos feitos à mão. Após a utilização da ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] MARCHIORI, F. F., *et al.*, *et al*. Encontrando um elo perdido: estudos em produtividade na construção civil entre os anos 1940 e 1970 e novos estudos no contexto da indústria 4.0. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO (SIBRAGEC), 2025. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2025.

[2] BISHOP, D., **The Background to Management Studies by BRS**, Building Research Establishment, Current Paper n. 60/68, Garston, Watford, UK, 1968;

[3] BEAMISH, N., **Statistical Analysis of Productivity in the Construction Industry**, Building Research Establishment, Internal Note n. 13/78, Garston, Watford, UK, January 1978;

[4] THOMAS, H. R.; YIAKOUMIS, I. Factor Model of Construction Productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 113, n. 4, p. 623–639, 1987.

[5] SOARES, G. N. **Proposição de um Modelo de Gestão da Produtividade e Retroalimentação Orçamentária**. 2016. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

[6] SOUZA, U. E. L., **Como aumentar a Eficiência da Mão de Obra**. São Paulo: PINI, 2006.

[7] BEESTON, D., **Statistical Methods for Building Price Data**. London: Spon Press, 1983,

[8] HOPP, W.; SPEARMAN, M. L., **Factory Physics**. New Yorl: Irwin/McGraw-Hill, 1996;

[9] MACCRIMMON, K. R.; RAYVEC, C. A.. A historical note on PERT times. **Omega: International Journal of Management Science**, v. 17, n. 2, p. 195–200, 1989.

[10] BACK, E., *et al*., Historical cost data. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 126, n. 1, p. 29–37, jan./fev. 2000.

[11] FENTE, J.; SCHEXNAYDER, C.; KNUTSON, K., Defining a probability distribution function for construction simulation. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 126, n. 3, p. 234–241, maio/jun. 2000.

[12] SCHEXNAYDER, C., KNUTSON, K., Fente, J., Describing a beta probability distribution function for construction simulation. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 131, n. 2, p. 221–229, fev. 2005.

[13] GRAHAM, L. D., SMITH, S. D., DUNLOP, P., Lognormal distribution provides an optimum representation of the concrete delivery placement process. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 131, n. 2, p. 230–238, fev. 2005.

[14] CHAU, K. W. The validity of the triangular distribution assumption in Monte Carlo simulation of construction costs: empirical evidence from Hong Kong. **Construction Management and Economics**, v. 13, p. 15–21, 1995

[15] CHAU, K. W., Monte Carlo simulation of construction cost using subjective data, **Construction Management and Economics**. and Econ., vol. 13, 1995, p. 369-383;

[16] FELLOWS, R., Note: Monte Carlo simulation of construction costs using subjective data: comment. **Construction Management and Economics**, v. 14, p. 457–460, 1996.

[17] Ballard, G., *et al*. Discussion of "improving labor flow reliability for better productivity as lean construction principle, **Journal of Construction Engineering and Management**, may 2005.

[18] THOMAS, H. R. *et al*. Improving labor flow reliability for better productivity as lean construction principle**, Journal of Construction Engineering and Management**, v. 129, n. 3, p. 251–261, maio/jun. 2003.

[19] BASHFORD, H. H.; WALSH K. D.; SAWHNEY, A. Production system loading – cycle time relationship in residential construction, **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 131, n. 1, p. 15–22, jan. 2005.

[20] WALSH, K. D.; SAWHNEY, A.; BASHFORD, H. H. Production equations for unsteady-state construction processes, **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 133, n. 3, p. 254–261, mar. 2007.

[21] RADOSAVLJEVIC, M., HORNER, R. M., The evidence of complex variability in construction labour productivity, **Construction Management and Economics**, v. 20, p. 3–12, 2002.

[22] PANZETER, A. A., **Estudo das relações entre os consumos de mão de obra e as quantidades físicas executadas**.1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

[23] OTERO, J. A., **Análise Paramétrica de Dados Orçamentários para Estimativa de Custos na Construção de Edifícios** – estudo de caso voltado para a questão da variabilidade, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, mar. 2000.

[24] VIEIRA, J. C.; PUHL FILHO, O., Variabilidade na produção em serviços da construção civil: análise da produção de uma firma de estaqueamento In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 9., 1989, Porto Alegre. **Anais [...].** Porto Alegre: UFRGS, 1989.

[25] SOARES, J. C. Variabilidade nos resultados da medição de produtividade das alvenarias e em reboco de uma empresa de construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 14., 1994, João Pessoa. **Anais [...].** João Pessoa, out. 1994.;

[26] CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, **Sinapi, Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**, Tabelas atualizadas 2026;

[27] AMBROZEWICZ, P. H. L. **SIQ-C: metodologia de implantação: procedimentos, serviços e materiais.** Curitiba: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Departamento Regional Paraná, 2003. 732p.