XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

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

Análise estatística do perfil de distribuição das certificações LEED emitidas em municípios brasileiros

Statistical analysis of the distribution of LEED certifications in Brazilian municipalities

Allyson Belli Bogo
Universidade do Estado de Santa Catarina | Joinville | Brasil | allyson.bogo@edu.udesc.br
Elisa Henning
Universidade do Estado de Santa Catarina | Joinville | Brasil | elisa.henning@udesc.br
Andreza Kalbusch
Universidade do Estado de Santa Catarina | Joinville | Brasil | andreza.kalbusch@udesc.br

Resumo
A certificação LEED é um dos principais sistemas de classificação de edifícios ambientalmente sustentáveis, com forte potencial de redução do impacto ambiental sobre o ecossistema. Este estudo teve como objetivo investigar os fatores que podem exercer influência na adoção de certificações LEED nos municípios brasileiros. Foram utilizados o modelo de regressão de Poisson e o teste de Tukey para as análises propostas. A amostra é composta de edificações certificadas no Brasil até julho de 2020, totalizando 591 projetos, distribuídos em 101 municípios. Os resultados indicam que os fatores PIB, IDHM e tamanho da população exercem influência na quantidade de certificações.

Palavras-chave: Análises estatísticas. LEED. Municípios brasileiros.

Abstract
LEED certification is one of the most used classification systems for environmentally sustainable buildings, and has a strong potential to reduce the environmental impact on the ecosystem. This study aimed to investigate the factors that might influence the adoption of LEED certifications in Brazilian municipalities. The Poisson regression model and the Tukey test were used for the proposed analyses. The sample is composed of certified buildings in Brazil until July 2020, totaling 591 projects, distributed in 101 municipalities. The results indicate that the factors GDP, IDHM and population size have a statistical influence on the number of certifications.

Keywords: Statistical analyses. LEED. Brazilian municipalities.

Como citar:
BOGO, A. B.; HENNING, E.; KALBUSCH, A. Análise estatística do perfil de distribuição das certificações LEED emitidas em municípios brasileiros. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é cada vez mais considerada um aspecto fundamental nas decisões em sistemas de produção, devido às crescentes preocupações sobre a capacidade da biosfera em fornecer recursos e permitir a continuidade dos processos ao longo dos anos [1]. O Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas para Edifícios e Construções Sustentáveis (UNEP) [2] destacou que o ciclo de vida dos edifícios consome cerca de 40% da energia global e 12% da água potável, além de ser responsável por cerca de 30% das emissões globais de gases de efeito estufa e gerar 40% dos resíduos sólidos mundiais. Esses números enfatizam a necessidade de alternativas sustentáveis para a construção e o uso de edificações, sendo que as certificações que tem o intuito de promover as melhores práticas na construção civil podem ser consideradas ferramentas importantes para garantir maiores graus de sustentabilidade para o setor da construção [3].

A certificação LEED é o sistema de classificação de edifícios verdes mais popular e amplamente utilizado em todo o mundo, tem conceitos e objetivos claros na tentativa de apoiar as edificações em níveis mais elevados de sustentabilidade ambiental, considerando a redução da demanda de energia e materiais nas fases de implantação e uso da edificação [4]. Ainda, o sistema LEED possui fortes aspectos positivos como diferentes níveis de certificação, na tentativa de reconhecer e premiar os projetos mais alinhados aos princípios da sustentabilidade ambiental [3].

Em um estudo sobre a avaliação da adoção desta certificação pelo mercado residencial nos EUA, descobriu-se que seu crescimento tem forte relação com o PIB per capita, o número de profissionais credenciados pelo LEED per capita e a quantidade de políticas e incentivos verdes [5]. Esses resultados reforçam os estudos de Zhao e Lam [6], ao avaliarem a adoção do LEED nos EUA em relação aos fatores população, política e profissionais credenciados. Com vista no exposto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar estatisticamente a aplicação de certificações LEED em âmbito nacional, correlacionando a sua distribuição em relação aos fatores PIB, IDHM e população de cada município brasileiro, com o propósito de investigar se estes fatores apresentam influência significativa e estudando se, dentre os fatores considerados, existem diferenças nas quantidades de certificações LEED emitidas nos municípios.

METODOLOGIA

FATORES CONSIDERADOS E AQUISIÇÃO DOS DADOS

Os dados primários de certificações LEED emitidas no Brasil foram obtidos junto ao Green Building Council Brasil [7]. Foram considerados os projetos inscritos até o primeiro semestre de 2020, totalizando 591 edifícios certificados. As variáveis analisadas no presente estudo foram o Produto Interno Bruto (PIB), o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e a população do município.

Para a justificativa da escolha das variáveis PIB e população, levou-se em conta que dados de 2010 apontam que, apesar de o Brasil ter ficado em 6º lugar no ranking dos países com participação no PIB, quando analisado o PIB per capita, sua posição caiu para o 61º lugar [8]. Para o presente estudo, foram empregados os dados municipais do PIB no ano de 2017 e suas respectivas populações no mês de junho de 2020 [9].

Já o IDHM constitui-se em uma tentativa de considerar o desenvolvimento humano de forma ampla, não o vinculando simplesmente à análise tradicionalmente feita pelo PIB ou PIB per capita. Adequado às escalas municipais e analisando os índices educação, longevidade e renda, o IDHM avalia de forma mais clara e eficiente a qualidade de vida das pessoas [10]. O índice varia de zero a um e é classificado da seguinte forma: o índice entre 0 e 0,499 é considerado muito baixo; 0,500 a 0,599, baixo; 0,600 a 0,699, médio; de 0,700 a 0,799, alto; e de 0,800 a 1, muito alto [11]. As informações do IDHM utilizadas para esta pesquisa são do ano de 2010 [11].

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Em virtude da forma da variável dependente (contagem) foi aplicado o modelo de regressão de Poisson para verificação da tendência de distribuição das certificações LEED entre os municípios. Foi também calculado o coeficiente de Pearson para verificar a inter-relação entre as variáveis. Para a comparação de médias, os fatores foram agrupados em diferentes categorias e foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey para comparação múltipla. Toda a análise estatística foi feita com o auxílio do *software* estatístico R [12]. O nível de significância adotado foi de 5% e o grau de confiança, 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os dados condensados de PIB, IDHM e população dos municípios brasileiros que possuem edifícios com certificações LEED. Ao todo são 591 edifícios certificados, distribuídos em 101 municípios. Existe uma maior concentração de certificações no Estado de São Paulo, totalizando 339 certificações e representando cerca de 60% do total nacional. Pode-se perceber que a maioria dos valores de PIB encontram-se na faixa entre 5 e 25 milhões de Reais; os valores de IDHM dos municípios, entre 0,750 e 0,799, classificados como nível alto. O menor valor do PIB encontrado, no montante de R$ 113.366,00, pertence ao município de Tamboara, localizado no Estado do Paraná, e o maior, ao município de São Paulo, no valor de R$ 699.288.352,00. A média e a mediana são R$ 31.186.762,00 e R$ 11.713.049, respectivamente.

Os valores de IDHM variam de 0,619 (Ipojuca/PE) a 0,862 (São Caetano do Sul/SP). A média e a mediana para este índice são de 0,765 e 0,768, respectivamente. Apenas 6 dos municípios analisados possuem classificação de IDHM médio, a maioria dos municípios brasileiros que possuem certificações LEED apresentam um IDHM de nível alto e 22 dos municípios estudados possuem um IDHM considerado muito alto. A distribuição de população se dá de maneira que o município mais populoso é o de São Paulo, com 12.325.232 habitantes, e o menos, Tamboara, com 5.158 residentes.

Tabela 1: Municípios com certificação LEED em cada categoria analisada

Fator	Grupo	Quantidade
PIB (em milhões de R$)	Menor que 5	24
	5 – 15	33
	15 – 25	18
	Maior que 25	26
IDHM	Médio	6
	Alto	73
	Muito alto	22
População	Menor que 115 mil	26
	115 mil – 250 mil	23
	250 mil – 600 mil	26
	Mais que 600 mil	26

Fonte: os autores.

A análise de regressão de Poisson indicou que todos os fatores considerados neste estudo exercem influência significativa na quantidade de certificações LEED emitidas nos municípios, confirmada pelos valores de $p < 0,001$ (Tabela 2).

Tabela 2: Análise de regressão de Poisson para a distribuição das certificações LEED

Fator	Estimativa	Valor p
PIB	$6,522 \times 10^{-9}$	<0,001
IDHM	16,054	<0,001
População	$3,536 \times 10^{-7}$	<0,001

Fonte: os autores.

As variáveis PIB e população apresentaram correlação forte e positiva, apontando que municípios mais populosos e com PIB mais alto apresentam quantidade maior de edifícios certificados. O fator IDHM também apresentou correlação positiva, porém fraca (Tabela 3). Estes achados estão de acordo com os estudos realizados por Rakha *et al*. [5] e Zhao e Lam [6], os quais avaliaram a adoção do sistema de certificação LEED nos EUA.

Tabela 3: Valores do coeficiente de correlação de Pearson entre a quantidade de certificações e as variáveis PIB, IDHM e População.

Fator	Correlação
PIB	0,945
IDHM	0,151
População	0,861

Fonte: os autores.

As variáveis explicativas foram agrupadas em diferentes categorias (Tabela 4) e então suas médias foram comparadas por meio da análise de variância (ANOVA) e do teste de Tukey, utilizado para comparar em duplas as médias dos grupos de cada fator. Somente as categorias de PIB entre 5 e 15 e maior que 25 (em milhões de Reais) apresentaram diferença significativa para um nível de significância de 5%. Contudo, considerando-se um nível de significância de 10%, os grupos de PIB menor que 5 e maior que 25 milhões de Reais e as categorias de IDHM alto e muito alto também apresentaram diferenças entre si (Tabela 4). Esta análise indica que entre os grupos mencionados existem diferenças significativas na quantidade de certificações LEED emitidas nos municípios, especificamente entre os municípios com maior PIB (mais certificações) em comparação às cidades com menores valores de PIB.

Tabela 4: Comportamento das médias dos grupos utilizando Teste Tukey

Fator	Grupo	Quantidade
PIB (em milhões de R$)	Menor que 5 *versus* 5 – 15	0,999
	Menor que 5 *versus* 15 – 25	0,999
	Menor que 5 *versus* Maior que 25	0,063**
	5 – 15 *versus* 15 – 25	0,999
	5 – 15 *versus* Maior que 25	0,049*
	15 – 25 *versus* Maior que 25	0,111
IDHM	Médio *versus* Alto	0,982
	Médio *versus* Muito Alto	0,386
	Alto *versus* Muito alto	0,078**

Nota: * - nível de significância de 5%; ** - nível de significância de 10%. Fonte: os autores.

Ressalta-se que, do total de 101 municípios que possuem edifícios certificados, observou-se que aproximadamente 70% possuem IDHM de nível alto e apenas 6, IDHM médio. Nenhum dos municípios estudados possui IDHM baixo ou muito baixo. A maior concentração de certificações está no Estado de São Paulo, representando cerca de 60% do total nacional. Os maiores valores de PIB e população estão na cidade de São Paulo.

Na pesquisa realizada por Oliveira *et al*. [13], os autores concluíram que a adoção de práticas sustentáveis na construção civil, como o reconhecimento por certificações ambientais, é mais comum em projetos de alto padrão. Os autores também afirmam que o país ainda não compreendeu o real significado da sustentabilidade, de modo que aspectos técnicos e econômicos do entorno do empreendimento não são considerados pelas corporações no projeto das edificações. Anteriormente, os quesitos sociais do sistema de certificação LEED recebiam críticas por não considerarem aspectos locais dos projetos, como o clima e a economia de cada país [14]. Contudo, a partir da nova versão da certificação LEED V4, vem sendo incentivada a adoção de técnicas específicas para cada projeto, vinculadas às políticas públicas de construção e responsabilidade ambiental implementadas no país [7].

Em relação ao mercado brasileiro, os custos adicionais de construção e registro do empreendimento podem representar um fator restritivo para a adesão ao sistema de certificação LEED. Os custos de construção associados à obtenção da certificação podem representar um adicional de até 9,43% no valor final da obra [15]. As taxas de registro e certificação LEED podem variar de U$ 7.500 até U$ 50.000 e são calculadas de acordo com a área do empreendimento e a tipologia do projeto [7]. Apesar disso, o Brasil ainda apresenta um posicionamento de destaque no *ranking* mundial de certificações LEED, ocupando o quarto lugar da lista [7].

CONCLUSÕES

As análises estatísticas realizadas nesta pesquisa comprovaram haver uma forte correlação positiva entre as variáveis PIB e população de uma cidade com a quantidade de certificações LEED no município, ou seja, a concepção de edifícios ambientalmente sustentáveis pode estar relacionada com o poder aquisitivo do

mercado. O fator IDHM também apresentou uma influência significativa na variável resposta.

O estudo das variáveis por grupos identificou que para um nível de significância de 5%, entre os municípios com PIB de 5 a 15 e maior que 25 milhões de Reais existe diferença significativa na quantidade de certificações LEED. Para um nível de significância de 10%, as faixas de PIB menor que 5 e maior que 25 milhões de Reais e as categorias de IDHM alto e muito alto também apresentaram diferença significativa na distribuição de certificações. Associada à correlação forte e positiva destas variáveis, essa análise indica que os municípios com valores maiores de PIB e IDHM apresentam uma quantidade significativamente maior de edifícios certificados pelo sistema LEED.

Deve-se destacar que, por se tratar de uma análise estatística, os resultados deste estudo podem apresentar influência de fatores externos e internos, limitando este trabalho. Foram considerados os dados disponíveis na época e recomenda-se que as análises aqui aplicadas sejam repetidas quando uma amostra maior e atualizada estiver disponível. Isto dito, os resultados deste estudo ainda podem ser usados como diretriz para a adoção de práticas sustentáveis na construção civil. A análise acerca da distribuição de edifícios certificados nos municípios brasileiros pode subsidiar a realização de campanhas e promoção de incentivos, uma vez que a certificação ambiental de edifícios é importante para a redução de impactos ambientais e do uso de recursos naturais no ambiente urbano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq [423090/2021-6].

REFERÊNCIAS

[1] ROCKSTRÖM, J. et al. A safe operation space for humanity. **Nature**, v. 461, p. 472-475, 2009

[2] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM FOR SUSTAINABLE BUILDINGS AND CONSTRUCTION (UNEP). 2018. Disponível em: https://www.unep.org/. Acesso em: 22 outubro 2020

[3] OBATA, S. H. et al. LEED certification as booster for sustainable buildings: Insights for a Brazilian context. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 145, p. 170-178, 2019.

[4] SHAD, R.; KHORRAMI, M.; GHAEMI, M. Developing an Iranian green building assessment tool using decision making methods and geographical information system: Case study in Mashhad city. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, p. 324-340, 2017.

[5] RAKHA, T.; MOSS, T. W.; SHIN, D. A decade analysis of residential LEED buildings market share in the United States: Trends for transitioning sustainable societies. **Sustainable Cities and Society**, v. 39, p. 568-577, 2018.

[6] ZHAO, J.; LAM, K. P. Influential factors analysis on LEED building markets in U.S. East Coast cities by using Support Vector Regression. **Sustainable Cities and Society**, v. 5, n. 1, p. 37-43, 2012.

[7] GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Certificação LEED**. Disponível em https://www.gbcbrasil.org.br/. Acesso em: 22 outubro 2020.

[8] CONSTANTINO, M.; PEGORARE, A. B.; COSTA, R. B. DA. Desempenho regional do IDH e do PIB per capita dos municípios de Mato Grosso do Sul, Brasil, entre 2000 e 2010. **Interações (Campo Grande)**, v. 17, p. 234-246, 2016.

[9] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estatísticas**. Disponível em https://www.ibge.gov.br/. Acesso em: 22 outubro 2020.

[10] ORSI, R. A. **Reflexões sobre o desenvolvimento e a sustentabilidade: o que o IDH e o IDHM podem nos mostrar?** Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista. 2009.

[11] PROGRAMA NACIONAL DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Atlas Brasil**. [s.d.]. Disponível em: http://www.atlasbrasil.org.br/. Acesso em: 23 outubro 2020.

[12] R CORE TEAM. **An Introduction to R**. Auckland: R Core Team, 105 p., 2019.

[13] OLIVEIRA, M. L. DE; RUPPENTHAL, J. E.; VERGARA, L. G. L. Indústria da construção sustentável: uma análise da certificação LEED no mercado brasileiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 24942-24950, 2020.

[14] PASSOS, L. S.; BRUNA, G. C. Certificação ambiental LEED: mapeamento em São Paulo. **IX Sustentável**, v. 5, n. 3, p. 41-54, 2019.

[15] UĞUR, L. O.; LEBLEBICI, N. An examination of the LEED green building certification system in terms of construction costs. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, n. 1, p. 1476-1483, 2018.