

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS - PPGCIS**

FERNANDO LUÍS DE OLIVEIRA COSTA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CERTIFICAÇÃO LEED NO BRASIL: UMA
ANÁLISE DE CRÉDITOS OBTIDOS POR EMPREENDIMENTOS
CERTIFICADOS ENTRE 2009 E 2018.**

São Paulo

2019

Fernando Luís de Oliveira Costa

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CERTIFICAÇÃO LEED NO BRASIL: UMA
ANÁLISE DE CRÉDITOS OBTIDOS POR EMPREENDIMENTOS
CERTIFICADOS ENTRE 2009 E 2018.**

**ENERGY EFFICIENCY AND LEED CERTIFICATION IN BRAZIL: AN
ANALYSIS OF CREDITS OBTAINED BY CERTIFIED PROJECTS BETWEEN
2009 AND 2018.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Cidades Inteligentes e Sustentáveis**

ORIENTADOR: PROF. DR. ALEXANDRE DE OLIVEIRA E AGUIAR

São Paulo

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

Costa, Fernando Luís de Oliveira.

Eficiência energética e certificação LEED no Brasil: análise de créditos obtidos por empreendimentos certificados entre 2009 e 2018. / Fernando Luís de Oliveira Costa. 2019.

111 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2019.

Orientador (a): Prof. Dr. Alexandre de Oliveira e Aguiar.

1. Eficiência energética em edifícios. 2. Certificação LEED. 3. Energia Renovável. 4. Otimização de desempenho energético.

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CERTIFICAÇÃO LEED NO BRASIL: UMA
ANÁLISE DE CRÉDITOS OBTIDOS POR EMPREENDIMENTOS
CERTIFICADOS ENTRE 2009 E 2018.**

Por

Fernando Luís de Oliveira Costa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Cidades Inteligentes e Sustentáveis, sendo a banca examinadora formada por:

Prof. Dr. Alexandre de Oliveira e Aguiar – Universidade Nove de Julho – UNINOVE
(Orientador)

Prof. Dr. Mauricio Lamano Ferreira – Universidade Nove de Julho – UNINOVE (Interno)

Prof. Dr. Flavio Hourneaux Jr. – Universidade de São Paulo – USP (Externo)

São Paulo, 27 de fevereiro de 2019

Resumo

O recente e crescente movimento mundial de construções sustentáveis tem estimulado os arquitetos e construtores a implementarem formas e fontes alternativas de energia em seus projetos, o que também gerou, desde o final do século XX, a necessidade de se classificar o desempenho dos edifícios por meio de sistemas de avaliação. O LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) é o sistema de classificação de edifícios mais amplamente utilizado em todo o mundo, cujo princípio consiste na satisfação de pré-requisitos e obtenção de pontos em categorias ambientais, as quais abordam diversos aspectos do desempenho de um empreendimento, como a eficiência energética, dentre outros. Este trabalho buscou, então, responder à questão sobre como variam as pontuações relacionadas a eficiência energética nos diferentes tipos de empreendimentos certificados pelo LEED. O objetivo era analisar algumas das variáveis que compõem essa certificação, com foco em projetos certificados pela Versão 3.0 – no Brasil – a fim de oferecer aos gestores de projetos subsídios para a tomada de decisão em relação aos créditos alvo. A metodologia utilizada foi a abordagem quantitativa e positivista com dados secundários. Os dados foram coletados em entrevistas a coordenadores técnicos do *Green Building Council Brasil* e, também, a partir da plataforma *Green Building Information Gateway* (GBIG - www.gbig.org). Em seguida, foram filtrados, preparados adequadamente para composição da amostra e analisados por meio do software *IBM SPSS Statistics 25*. Foi investigada a variação das pontuações em categorias ambientais e em alguns créditos selecionados, permitindo verificar o desempenho dos empreendimentos sob três pontos de vista: o tamanho do empreendimento, o nível de certificação e a tipologia. Os resultados encontrados confirmam a existência de correlação entre créditos relacionados ao uso de energia renovável local e à otimização do desempenho energético, porém, em território brasileiro, essa associação tende a ser mais explorada nos empreendimentos pequenos, nas tipologias LEED *Core and Shell* e LEED *New Construction*. Este fato está, provavelmente, associado à verticalização dos grandes empreendimentos e consequente redução de áreas disponíveis para instalação de painéis fotovoltaicos em suas coberturas. Foi, também, assinalado a possibilidade de se utilizar novas tecnologias que permitam maximizar o uso de fachadas envidraçadas para a geração de energia elétrica.

Palavras-chave: Eficiência Energética em Edifícios; Certificação LEED; Energia Renovável; Otimização de Desempenho Energético.

Abstract

The recent and growing worldwide movement of sustainable construction has encouraged architects and builders to implement alternative forms and sources of energy in their projects, which has also generated, since the end of the 20th century, the need to classify the performance of buildings through evaluation systems. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) is the most widely used building classification system in the world, whose principle consists of satisfying prerequisites and obtaining points in environmental categories, which address several aspects of the performance of a construction, such as energy efficiency, among others. This paper aimed to answer the question about how the energy efficiency scores vary in the different types of LEED certified buildings. The objective was to analyze some of the variables that make up this certification, focusing on projects certified by Version 3.0 - in Brazil - in order to provide project managers with subsidies for decision making in relation to the target credits. The methodology used was the quantitative and positivist approach with secondary data. The data were collected in interviews with technical coordinators of the Green Building Council Brazil and from the Green Building Information Gateway (GBIG - www.gbig.org) platform. Then, they were filtered, adequately prepared for sample composition and analyzed using the IBM SPSS Statistics 25 software. The variation of the scores in environmental categories and selected credits was investigated allowing the verification of the performance of the projects from three points of view: the size of the construction, the level of certification and the typology. The results confirm the existence of a correlation between credits associated to the use of local renewable energy and the optimization of energy performance. However, in Brazil, this association tends to be more exploited in small buildings, in the LEED Core and Shell and LEED New Construction. This fact is probably associated with the verticalization of large projects and the consequent reduction of available areas for the installation of photovoltaic panels in their roofs. It was also pointed out the possibility of applying new technologies to maximize the use of glazed façades for the generation of electric energy.

Key words: Energy Efficiency in Buildings; LEED Certification; Renewable Energy; Optimization of Energy Performance.

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Objetivo geral	2
1.2	Objetivos específicos	3
1.3	Justificativa	3
1.4	Organização do trabalho	3
2	Referencial teórico	5
2.1	Eficiência energética em edificações	8
2.2	O que é o LEED	10
2.3	Como o LEED 3.0 vem sendo utilizado no Brasil	14
2.4	Estudos anteriores semelhantes	17
3	Referencial técnico	22
3.1	As tipologias LEED	22
3.1.1	<i>LEED NC (New Construction)</i>	22
3.1.2	<i>LEED EB OM (Existing Buildings: Operations and Maintenance)</i>	23
3.1.3	<i>LEED CS (Core and Shell)</i>	24
3.1.4	<i>LEED for Schools</i>	24
3.1.5	<i>LEED CI (Commercial Interiors)</i>	25
3.1.6	<i>LEED ND (Neighborhood Development)</i>	26
3.1.7	<i>LEED for Homes</i>	27
3.1.8	<i>Créditos multi-nível e créditos binários</i>	28
4	Metodologia	29
4.1	Coleta de dados	29
4.2	Preparação dos dados	32
4.3	Análise dos dados	34
4.3.1	<i>Seleção do tipo de teste</i>	36
4.3.2	<i>Testes não paramétricos</i>	36
4.3.3	<i>Correlações</i>	37
4.3.4	<i>Formulação de hipóteses</i>	37
5	Resultados e discussão	41
5.1	Caracterização da amostra	41
5.1.1	<i>Quanto à distribuição dos níveis de certificação</i>	41
5.1.2	<i>Quanto à distribuição das tipologias LEED</i>	42
5.1.3	<i>Quanto à distribuição de áreas dos empreendimentos</i>	43

5.2 Estatística descritiva	44
5.3 Testes de normalidade	47
5.4 Teste de hipóteses	49
5.4.1 <i>Teste de correlações</i>	49
5.4.2 <i>Testes de diferenças entre tipologias de empreendimentos</i>	52
5.4.3 <i>Testes de diferenças em relação ao tamanho dos empreendimentos</i>	56
5.4.4 <i>Testes de diferenças em relação aos níveis de certificação</i>	59
5.5 Contribuições para a teoria	64
5.6 Contribuições para a prática	65
6. Conclusões	67
6.1 Limitações e sugestões para futuros trabalhos.....	68
Referências	70
Apêndices.....	73

1 Introdução

Um dos desafios da humanidade, em pleno século 21, é, possivelmente, o de habitar em cidades inteligentes e que coexistam, de maneira sustentável, com seu entorno e com o meio ambiente.

No entanto, a materialização de cidades sustentáveis implica em algo que vai muito além de ideais teóricos: dependem de um planejamento bem elaborado, uma vez que é durante a fase de planejamento que os pontos a serem melhorados são definidos (Guerra & Lopes, 2015) e isto está associado não apenas ao traçado das cidades e suas melhorias, mas, também, ao desenho de suas edificações e equipamentos urbanos, por meio dos quais a Indústria da Construção Civil desempenha um papel fundamental na estruturação de níveis de consumo de recursos e poluição ambiental (Gibberd, 2001).

Essa é uma questão importante não apenas em nível local, ou seja, a demanda ambiental gerada pelo espaço construído é preocupante em todo o mundo (Hernandes, 2006). Segundo o Departamento de Energia do Edifício dos EUA, os edifícios representam 39% de todo o consumo de energia e 48% das emissões de gases de efeito estufa naquele país (Cheng & Ma, 2013).

No Brasil, o impacto do espaço construído sobre o meio ambiente segue a mesma tendência. Segundo o Balanço Energético Nacional de 2018, 25,5% de toda a energia elétrica que é produzida no país é gasta nas residências. O consumo no setor comercial responde por 17,1% e o industrial por 37,7% (Ministério de Minas e Energia, 2018).

Esses três setores juntos, representam mais de 80% de consumo da energia elétrica gerada no país e claramente percebe-se que esses setores têm ligação com o espaço construído e com modificações necessárias geradas ao espaço natural (Hernandes, 2006).

Dessa forma, o recente e crescente movimento de construções sustentáveis tem estimulado os arquitetos e construtores a levarem o meio ambiente em conta nas escalas local, regional e global tornando possível a busca por formas alternativas de energia; a priorização do transporte público; a reciclagem dos resíduos e outros materiais; a limitação do desperdício; a prevenção da poluição e, ainda, a maximização, conservação e promoção da eficiência energética (Guerra & Lopes, 2015; Cidell, 2009).

Como parte desse movimento e com foco específico na construção civil e seus impactos ambientais, alguns países da Europa e, também os Estados Unidos perceberam, já no final do século passado, a existência de uma demanda por formas de avaliar o desempenho dos edifícios e empreendimentos e, assim, incentivaram a criação de diversos sistemas de avaliação, hoje já reconhecidos em todo o mundo.

Este trabalho deter-se-á sobre um desses sistemas, o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), desenvolvido pelo *The U.S. Green Building Council* (USGBC) e que tem sido o sistema mais referenciado nas especificações de projetos nos Estados Unidos, contando com 71% dos projetos avaliados em US\$ 50 milhões ou mais e que tem apoiado mais de 230.000 empregos naquele país (Ma e Cheng, 2016).

Mundialmente, o LEED é o sistema de classificação de edifícios mais amplamente utilizado, cujo princípio consiste na satisfação de pré-requisitos e obtenção de diferentes créditos, os quais procuram abordar diversos aspectos do desempenho de um empreendimento, como a eficiência no uso da água potável e não potável, a qualidade interna dos ambientes e a eficiência energética do conjunto (Ma & Cheng, 2014).

Portanto, considerando os edifícios e equipamentos urbanos como um ponto inicial para avaliação de desempenho e sustentabilidade, surge a seguinte pergunta:

- Como variam os critérios relacionadas a eficiência energética nos diferentes tipos de empreendimentos LEED?

Considerando todos os créditos LEED disponíveis, a tarefa de escolher aqueles que melhor se adequem a um determinado empreendimento – sem deixar de levar em conta orçamentos limitados, cronogramas apertados de projeto e a natureza única de cada edificação – pode tornar-se um problema importante, porém desafiador, para os desenvolvedores de projeto (Ma & Cheng, 2016).

Dessa forma, este trabalho possui os seguintes objetivos:

1.1 Objetivo geral

Analisar as variáveis que compõem a Certificação LEED, com foco em projetos certificados pela Versão 3.0, no Brasil, a fim de oferecer aos gestores de projetos subsídios para a tomada de decisão em relação aos créditos alvo.

1.2 Objetivos específicos

- Investigar a alocação de créditos do LEED Versão 3.0 considerando parâmetros que incluem tamanho do empreendimento, nível de certificação, tipologia e o desempenho alcançado em créditos selecionados.
- Entender quais as tendências de intenção de projetos dos empreendimentos brasileiros já certificados pelo LEED, no que diz respeito à eficiência energética e ponderar sobre as alternativas presentes.
- Fornecer recomendações úteis para os profissionais desenvolvedores de projetos que auxiliem na tomada de decisão.
- Contribuir para melhor compreensão dos critérios do LEED e obtenção de níveis de certificação relevantes.

1.3 Justificativa

Tendo em vista o papel determinante do espaço construído, tanto no aspecto ambiental, quanto no social e econômico, não apenas no Brasil, mas em todo o mundo, este trabalho se justifica como uma contribuição facilitadora para a aplicação e disseminação do uso do sistema LEED, dentro de características peculiares inerentes ao modo brasileiro de construir, considerando, também, a sua realidade econômica.

Em outras palavras, toda contribuição que possa auxiliar tomadores de decisão, em relação aos projetos de novos empreendimentos, no sentido de ajuda-los a focarem nos objetivos de sustentabilidade e eficiência energética, em detrimento de decisões baseadas apenas no custo-benefício, ou nas limitações de projeto, parecem ser muito bem-vindas, dentro do contexto já descrito anteriormente.

Poderá, também, oferecer contribuição quanto ao conhecimento das pontuações mais frequentes e sua relação com tipos de empreendimentos, indicando atalhos para a certificação e, possivelmente, até melhorias nos critérios de avaliação.

1.4 Organização do trabalho

Este trabalho está, portanto, organizado da seguinte maneira: primeiramente, no capítulo 2, o referencial teórico, trazendo a contextualização do sistema LEED em relação ao panorama histórico mundial e em relação a sua própria história, desde sua criação, até a Versão 3.0, de 2009. Um panorama do uso desse sistema no Brasil também será tratado neste capítulo e, ainda,

a visão de alguns autores que já estudaram essa ferramenta, sobretudo no que diz respeito à eficiência energética dos empreendimentos.

O Capítulo 3 trará uma abordagem mais técnica da versão 3.0 do LEED, detalhando suas categorias e créditos mais relevantes.

Em seguida, no Capítulo 4, a metodologia de estudo: abordagem metodológica, coleta, preparação e análise dos dados e formulação de hipóteses.

Os resultados obtidos serão discutidos no Capítulo 5.

Ao final será apresentada a conclusão e comentários pertinentes a esta pesquisa.

2 Referencial teórico

Com o objetivo de responder às crescentes demandas relacionadas à preservação ambiental e considerando-se também o papel que a Construção Civil tem mundialmente, tanto no desenvolvimento econômico, quanto na degradação ambiental, foram desenvolvidas, desde a década de 1990, algumas ferramentas capazes de avaliar o nível efetivo de sustentabilidade de cada edificação, permitindo uma comparação entre elas e evidenciando-se aquelas que têm um comportamento quantitativo superior às demais, em relação a parâmetros numéricos de desempenho e que devem, por isso, ser valorizadas (Ferreira, Pinheiro & Brito, 2012a).

Assim, surge em 1990, na Inglaterra, o primeiro sistema a oferecer um selo ambiental para edifícios, conhecido como *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM).

Desde então, ferramentas de avaliação da sustentabilidade em edifícios têm sido utilizadas mundialmente como um guia indicativo do seu desempenho, por meio da coleta e interpretação de um número de indicadores de desempenho (Gibberd, 2001).

Depois do BREEAM diversos outros sistemas surgiram mundialmente, tendo como objetivo comum a todos eles a avaliação quantificável e compreensiva das características de sustentabilidade de um dado edifício ou empreendimento, baseando-se num conjunto de critérios que visam o melhor desempenho, o embasamento para tomada de decisão em relação aos impactos ambientais e a sua potencialidade de melhoria (Ferreira *et al.*, 2012a).

A Certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) é um exemplo desse tipo de ferramenta, que é utilizada na Construção Civil e funciona para todos os tipos de edifícios, podendo ser aplicada a qualquer momento no empreendimento.

Os projetos que buscam a certificação LEED são analisados por sete categorias ambientais: espaço sustentável; eficiência do uso da água; energia e atmosfera; materiais e recursos; qualidade ambiental interna; inovação e processos e créditos regionais (Stefanuto & Henkes, 2012).

Todas as categorias ambientais possuem pré-requisitos (práticas obrigatórias) e créditos (recomendações) que, à medida que são atendidos, garantem pontos ao empreendimento.

Outra ferramenta de avaliação e certificação de desempenho de edifícios é o Sistema DGNB, mais utilizada em países europeus, até o momento e de origem alemã.

Assim como o LEED e o BREEAM, o Sistema DGNB também tem a intenção de oferecer meios para um planejamento mais apropriado, tanto na gestão de empreendimentos em operação, quando no projeto e construção de novos.

O DGNB avalia os edifícios e empreendimentos por meio de seis critérios que, embora possuam pesos diferentes quando comparados ao LEED, ou ao BREEAM, são bastante semelhantes às categorias ambientais. Os seis critérios são: qualidade ambiental, qualidade econômica, qualidade sociocultural e funcional, qualidade técnica, qualidade de processos e qualidade do local.

A Tabela 1 apresenta uma comparação entre BREEAM, LEED e DGNB, considerando as áreas de enfoque das avaliações e os pesos correspondentes a essas áreas, para cada certificação. É importante notar que a comparação foi feita entre um tipo específico dos sistemas BREEAM e LEED que são aplicáveis a residências, especificamente. Já o sistema DGNB não possui essa segmentação.

Tabela 1
Pesos das áreas dos três sistemas.

Áreas / categorias	BREEAM <i>Ecohomes</i>	LEED <i>for Homes</i>	DGNB
Localização + uso do solo	12%	12,7%	5,5%
Energia + atmosfera	28,4%	27,2%	13,5%
Água	10%	14,5%	2,3%
Materiais + resíduos sólidos	14%	8,2%	1,1%
Outros recursos impactantes	-	-	3,4%
Conforto e saúde	14%	16,4%	18,6%
Gestão	8%	1,8%	19%
Amenidades	4%	0,9%	¹
Transportes e mobilidade	4%	7,3%	4% ¹
Outros aspetos sociais	5,6%	7,3%	10,1% ¹
Aspetos unicamente econômicos	-	3,6% ²	22,5%

Nota: ¹. Inclui outros critérios não avaliados para a classificação global na vertente “Qualidade do Local”; ². Possibilidade de consideração nos critérios da categoria “Prioridade Regional”. Fonte: Adaptado de Ferreira, Pinheiro e Brito (2012b).

Relativamente aos pesos das diferentes áreas, verifica-se que a mais importante, nos três sistemas, é “Energia e Atmosfera”, seguida por “Conforto e saúde”.

Estas duas são as áreas em que parece haver um senso comum entre os sistemas de certificação apresentados anteriormente.

Na visão de Tam, Karimipour, Le e Wang (2018) muitas comunidades estão começando a reconhecer os impactos de seus bairros sobre o meio ambiente e passam a implementar alterações significativas para mitigar seus efeitos. Essa é uma mudança de atitude que, segundo esses autores, tem sido impulsionada pelo crescimento da demanda por produtos e serviços ambientalmente amigáveis e energeticamente eficientes e que, por sua vez, também gera a necessidade de se ter uma estrutura com a qual se possa avaliar objetivos e estratégias de desenvolvimento sustentável de áreas maiores, como bairros ou distritos. Isso é algo que os sistemas de certificação também oferecem mundialmente, já que consideram uma variedade de objetivos, estratégias e abordagens práticas do desenvolvimento sustentável em diferentes níveis e áreas (Tam *et al.*, 2018).

O sistema LEED, por exemplo, possui uma abordagem (chamada de tipologia) específica para certificar bairros inteiros, partes de bairros, ou vários bairros, englobando ruas, casas, escritórios, *shopping centers*, mercados e áreas públicas, que é o LEED *Neighborhood Development*, o qual será abordado de forma mais detalhada adiante, neste trabalho.

Segundo Garau e Pavan (2018), essa versatilidade que os sistemas de certificação possuem pode ser muito útil para a formação de uma estrutura de avaliação holística, que direcione os desafios de forma integrada, em direção a um padrão sustentável inteligente. Os autores também reiteram que todas essas ferramentas são desenvolvidas para ajudar os planejadores das cidades a avaliarem diferentes alternativas de abordagem dos problemas e busca por soluções, desde a questão da eficiência energética de um determinado seguimento da cidade, até, por exemplo, o desenho e o desenvolvimento de sua rede de transporte (Garau & Pavan, 2018).

Tam *et al.* (2018) mencionaram em sua revisão bibliográfica autores que categorizaram os temas de todos os sistemas de avaliação de “vizinhança verde” (bairros sustentáveis) em nove aspectos, dentre os quais pode-se observar a categoria que enfoca os próprios edifícios, os quais não aparecem isolados, mas de forma integrada a um contexto maior, que é o de *neighbourhood* (vizinhança, bairro, comunidade), conforme se vê na Figura 1.

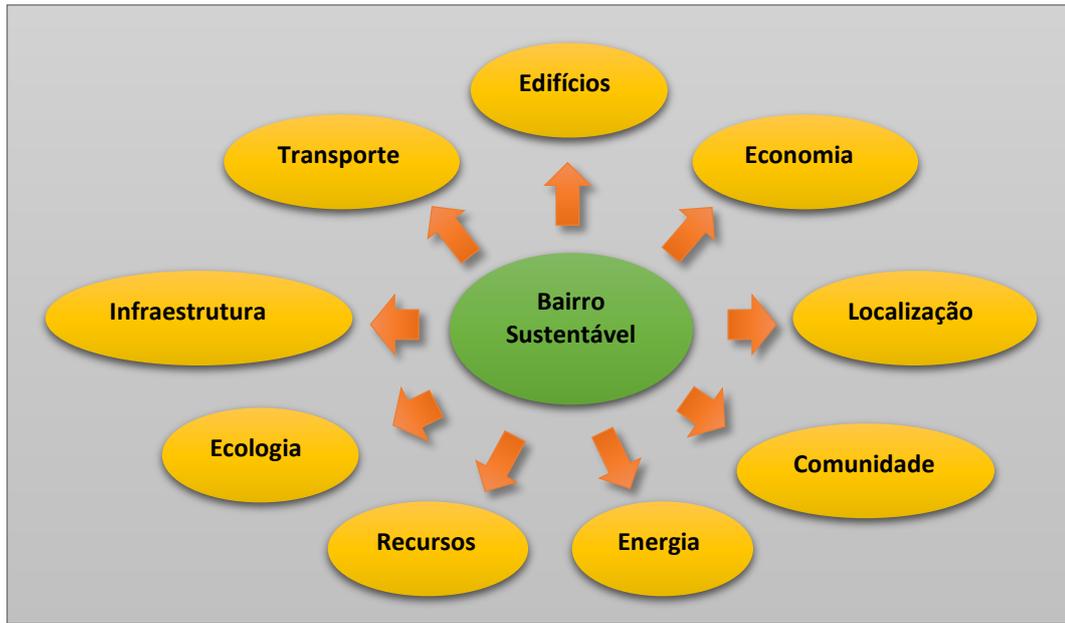


Figura 1. Classificações da estrutura de sustentabilidade para avaliação de bairros sustentáveis. Fonte: Adaptado de Tam *et al.* (2018).

Le Guen, Mosca, Perera, Coccolo, Mohajeri e Scartezzini (2018) confirmaram essa visão, que parte do edifício em direção ao bairro, ou à vizinhança, quando afirmaram que as três ações elencadas a seguir são procedimentos importantes e estreitamente relacionados, no que diz respeito ao atendimento da demanda da construção de bairros:

- Melhorar a eficiência energética dos edifícios,
- Integrar as tecnologias de energia renovável e
- Modernizar os sistemas de energia distribuída.

Segundo Le Guen *et al.* (2018), cada um desses procedimentos deve ser avaliado separadamente e depois ligados para fornecer a melhor estratégia aos tomadores de decisão no planejamento urbano.

Por meio dos estudos de Tam *et al.* (2018), Garau e Pavan (2018) e Le Guen *et al.* (2018) percebe-se que, quando se pretende discutir a sustentabilidade, relacionando-se determinados edifícios ao contexto urbano onde estão inseridos, a questão da eficiência energética é um ponto marcante, por isso mesmo, atuará como fio condutor das discussões, neste trabalho.

2.1 Eficiência energética em edificações

Diversos estudos relatam que a contribuição global do consumo de energia em edifícios vem aumentando continuamente: Pérez-Lombard, Ortiz, González e Maestre (2009), por

exemplo, afirmam que, em países desenvolvidos, as edificações representam algo entre 20% e 40% do consumo total de energia e que pode, inclusive, superar outros setores importantes, como indústria e transporte. Zheng, Jing, Huang, Zhang e Gao (2009), afirmam que o setor da construção civil representa mais de 40% da energia final, além de também contribuir grandemente com o impacto sobre o meio ambiente. Cheng e Ma (2013) chegam a dizer que, nos Estados Unidos, a construção civil é responsável por 48% das emissões de gases do efeito estufa e consome cerca de 39% de toda a energia utilizada no país.

Diante desse cenário entende-se que as edificações necessitam de atenção especial, não apenas em relação à otimização do consumo de energia, mas, de modo mais amplo, em relação aos impactos gerados por esse setor. Por isso, as preocupações com a eficiência energética dos edifícios passaram a ser pauta constante nas reuniões internacionais sobre a preservação ecológica, desde o final dos anos 80, sempre se buscando alternativas para a redução das emissões de CO₂ e o consumo dos combustíveis fósseis, além do incentivo à utilização da energia renovável e de toda tecnologia disponível para reduzir o consumo de energia (Zheng *et al.*, 2009).

Segundo Gillingham, Newell e Palmer (2009), a energia pode ser compreendida como algo que se adiciona à produção, ou à realização de um determinado serviço, como por exemplo, o aquecimento e a iluminação do ambiente, ou o simples movimento para transportar uma carga de um local para outro. A energia não é um fim em si mesma (Gillingham, Newell & Palmer, 2009). No contexto da construção civil, energia é o valor que se agrega ao empreendimento por meio de diversos serviços, como iluminação, ventilação, resfriamento ou aquecimento, o qual entra nesse sistema mediante uma demanda criada pelos usuários.

Dessa forma, a eficiência energética em edifícios consiste em uma economia gerada pela redução da demanda, ou do consumo de energia, sem que se comprometam os níveis de conforto, saúde e produtividade (Pérez-Lombard *et al.*, 2009).

Em outras palavras, o que se espera de um empreendimento (ou produto) em termos de sua eficiência energética é que ele consuma menos energia e, ao mesmo tempo, forneça os serviços projetados da mesma forma, ou até melhorados (Pérez-Lombard *et al.*, 2009).

Toda essa preocupação é o que também justifica o surgimento de sistemas e métodos de avaliação do desempenho e da eficiência energética dos edifícios, bem como os selos e certificações decorrentes disso.

Como já mencionado anteriormente, há diversas ferramentas de avaliação e certificação de desempenho de edifícios, no entanto, para efeito deste estudo, apenas a certificação LEED será enfocada.

2.2 O que é o LEED

O LEED foi criado em 1998 pelo *The U.S. Green Building Council* (USGBC), nos Estados Unidos e, desde então, tem sido usado por empresas públicas, empreendedores privados da construção civil e, até mesmo, por empresas sem fins lucrativos, para a certificação de edifícios, que vão desde casas à arranha-céus (Cidell, 2009).

Os padrões LEED têm sido adotados em mais de 40 países, incluindo Brasil, Canadá, China, Índia, Emirados Árabes Unidos, México, Espanha, França, Itália, Japão e Austrália, por exemplo (Cidell, 2009; Cotera, 2011).

Ao longo de duas décadas de existência, seus padrões têm permanecido flexíveis, mudando com a contribuição de designers, construtores, ambientalistas e outros para agregar novos tipos de empreendimentos, tornando o sistema mais sensível às questões geográficas e econômicas, sendo cada vez mais funcional (Cidell, 2009).

O primeiro programa do LEED, um tipo de projeto piloto, mais conhecido como LEED Versão 1.0, havia sido originalmente planejado para ser um sistema métrico de avaliação de sustentabilidade (Cotera, 2011), porém, com a sua evolução e em suas versões mais recentes, o programa acabou incorporando diversas outras iniciativas:

- Oferece um sistema de avaliação especificamente dedicado às questões operacionais e de manutenção;
- Oferece diferentes procedimentos de desenvolvimento de projetos na área de planejamento urbano;
- Oferece um programa de certificação de terceiros que serve como ferramenta de projeto e construção para estabelecimentos institucionais, comerciais e residenciais, sejam novos, ou existentes (Cotera, 2011).

As versões do LEED de 1.0 até a 2.2 estavam organizadas em seis categorias ambientais: Locais Sustentáveis (SS), Eficiência no Uso da Água (WE), Energia e Atmosfera (EA), Materiais e Recursos (MR), Qualidade do Ambiente Interno (IEQ) e Inovação em Design

(ID). A versão 3.0, de 2009, no entanto, foi expandida para incluir uma categoria a mais: Prioridade Regional (RP) (Council, 2009b; Cotera, 2011).

Cada categoria do sistema é dividida em dois tipos de abordagens: pré-requisitos e créditos. Os pré-requisitos são constituídos por métodos e técnicas de construção sustentável que devem ser, necessariamente, incluídos em todos os projetos certificados LEED (Cotera, 2011).

Já os créditos LEED são estratégias opcionais que os projetistas e construtores podem optar para obter a certificação (Cotera, 2011). Segundo Zimmerman e Kibert (2007), os créditos podem ser compreendidos como “cláusulas de intenção” (diga o que você irá fazer), que, na etapa de construção deverão, de fato, tornarem-se realidade (faça o que você disse).

Juntas, essas duas abordagens resultam em relativa facilidade de acesso e compreensão por parte dos usuários e é essa aparente simplicidade que constitui uma das razões pelas quais o LEED tem obtido tanto sucesso mundialmente (Zimmerman & Kibert, 2007).

Por serem estratégias opcionais, no momento dos envios de documentos ao USGBC, os créditos deverão ser comprovados como tendo sido executados, conforme a intenção. Segundo Cotera (2011):

“À medida que um projeto avança na construção ou reforma, as equipes de projeto apresentarão documentação para demonstrar sua conformidade com cada um dos requisitos de crédito. Quanto mais créditos e pontos um projeto alcançar, maior será a pontuação que o edifício poderá alcançar e, portanto, melhor o nível dentro da escala de sustentabilidade LEED” (Cotera, 2011).

Os níveis de certificação são: *Platinum*, que é o nível mais alto, seguido por *Gold*, *Silver* e *Certified*. A Tabela 2 esclarece a escala de pontos necessários para alcançar cada um dos quatro níveis de certificação, dentro das versões LEED 1.0 até a 2.2, utilizando-se como exemplo uma tipologia LEED aplicada às novas construções, o LEED NC (*New Construction*). Também compara com a versão 3.0, de 2009, quando se introduziu uma nova categoria e houve alterações no número de pontos necessários para cada nível.

Tabela 2
Matriz de Pontos por Nível de Certificação LEED.

Níveis de Certificação	Número de pontos requeridos LEED 1.0 até a 2.2 ^a	Número de pontos requeridos LEED 3.0, de 2009 ^b
<i>Certified</i>	26 - 32	40 - 49
<i>Silver</i>	33 - 38	50 - 59
<i>Gold</i>	39 - 51	60 - 79
<i>Platinum</i>	52 - 69	80 ou superior

Nota. ^a Total de pontos possíveis: 64 pontos base; 5 pontos para Inovação em Design (ID) ^b Total de pontos possíveis: 100 pontos base; 6 pontos para Inovação em Design (ID) e 4 pontos para Prioridade Regional (RP). Fonte: Adaptado de Cotera (2011) e Todd, *et al.* (2013).

A versão 2.2 do LEED foi aprovada pelo USGBC em 2005, sendo que seu primeiro conjunto de edifícios foi certificado em 2007. Até o surgimento da versão 3.0, em 2008/2009, o LEED 2.2 foi amplamente utilizado em todo o mundo e credenciou mais de 5.000 projetos (Wu, Song, Shou, Chi, Chong & Sutrisna, 2017).

Durante o tempo em que a versão 2.2 foi utilizada, também permitiu o entendimento e a percepção de alguns problemas e áreas que demandavam alterações. Segundo Wu, Mao, Wang, Song e Wang (2016) e Zimmerman e Kibert (2007), as versões iniciais do LEED configuravam uma ferramenta de avaliação de "tamanho único", que podia ser usada para avaliar todos os tamanhos de empreendimentos, desde pequenos edifícios de escritórios até arranha-céus.

O mesmo acontecia em relação aos diferentes usos dos empreendimentos (uma mesma ferramenta para avaliar desde academias até hospitais, estabelecimentos de varejo, residências multifamiliares e edifícios de escritórios) e as diferentes localizações e suas peculiaridades, em termos de clima e biodiversidade (Wu *et al.*, 2016; Zimmerman & Kibert, 2007).

Uma das mudanças mais significativas do LEED v2.2, em relação ao LEED v3.0, de 2009, é a realocação de pontos e o sistema de ponderação. No LEED v2.2 a maioria dos créditos contava com apenas 1 ponto e sua soma reunia 69 pontos. No entanto, considerando-se que cada crédito não contribui de maneira igual para as diversas demandas ambientais, os pontos atribuídos aos créditos também não devem ser os mesmos no sistema de classificação (Wu *et al.*, 2017).

Assim, o LEED 2009 possui uma abordagem de avaliação mais justa, baseada em dados científicos mais fortes. A Tabela 3 resume a realocação de pontos nos principais créditos LEED.

Tabela 3
Resumo da realocação de pontos no LEED.

Categorias	Versões do LEED		Porcentagem de mudanças
	LEED v2.2	LEED 3.0	
Locais Sustentáveis (SS)	14 (20.3%)	26 (23.6%)	+3.3%
Eficiência no Uso da Água (WE)	5 (7.3%)	10 (9.1%)	+1.8%
Energia e Atmosfera (EA)	17 (24.6%)	35 (31.8%)	+7.2%
Materiais e Recursos (MR)	13 (18.8%)	14 (12.7%)	-6.1%
Qualidade Ambiental Interna (EQ)	15 (21.7%)	15 (13.6%)	-8.1%
Inovação em Design (ID)	5 (7.3%)	6 (5.5%)	-1.8%
Prioridade Regional (RP)	Não se aplica	4 (3.7%)	+3.7%
Total de pontos	69 (100%)	110 (100%)	

Fonte: Adaptado de Wu *et al.* (2017).

A versão 3.0 oferece, ainda, a possibilidade de que os projetos alcancem um desempenho excepcional acima dos requisitos definidos pelo LEED e/ou desempenho inovador nas categorias ambientais e, dessa forma, pontos adicionais (dentro de limites específicos) são concedidos para cada desempenho exemplar alcançado. Essa prática é denominada Desempenho Exemplar e tem finalidades distintas, dependendo do tipo de empreendimento, como, por exemplo, incentivar a implementação de recursos que apoiem e promovam a saúde e o bem-estar humano (U. S. Green Building Council, 2009).

Para efeito deste trabalho, a versão 3.0 do LEED será aquela que servirá de base para as pesquisas e análises.

Uma vez que a versão de 2009 reconhece que cada empreendimento tem suas necessidades e particularidades, os projetos podem ser enquadrados em diferentes tipologias desenvolvidas pelo USGBC, as quais serão abordadas com mais especificidade adiante, no Capítulo 3.

Segundo o *Green Building Council* Brasil (GBC Brasil - instituição que representa o USGBC no Brasil) e o próprio USGBC, as tipologias LEED contemplam as seguintes situações:

- Certificação para novas construções (LEED NC);
- Certificação de envoltória e estrutura principal (LEED CS);
- Certificação de edifícios existentes, em relação à operação e manutenção (LEED EB OM);
- Certificação de interiores comerciais (LEED CI);
- Certificação de edifícios destinados à escolas e educação em geral (LEED *for Schools*);
- Certificação de residências uni e multifamiliares (LEED *for Homes*)

2.3 Como o LEED 3.0 vem sendo utilizado no Brasil

Depois de quase duas décadas de inserção no país, o LEED se mostra bastante consistente e de fácil adequação à construção nacional, além de ter conquistado o mercado em função de sua estrutura simples, linear e com perfil de créditos fixo, o que pode ser um facilitador para as comparações diretas entre os mais diversos empreendimentos (Hernandes, 2006).

A Figura 2 mostra a distribuição da certificação LEED, na versão 3.0 pelo território brasileiro, onde o Estado de São Paulo aparece como a região de maior concentração de empreendimentos já certificados, o que provavelmente se explica pelo fato de também haver grande concentração de multinacionais, com sede nos Estados Unidos, neste estado.

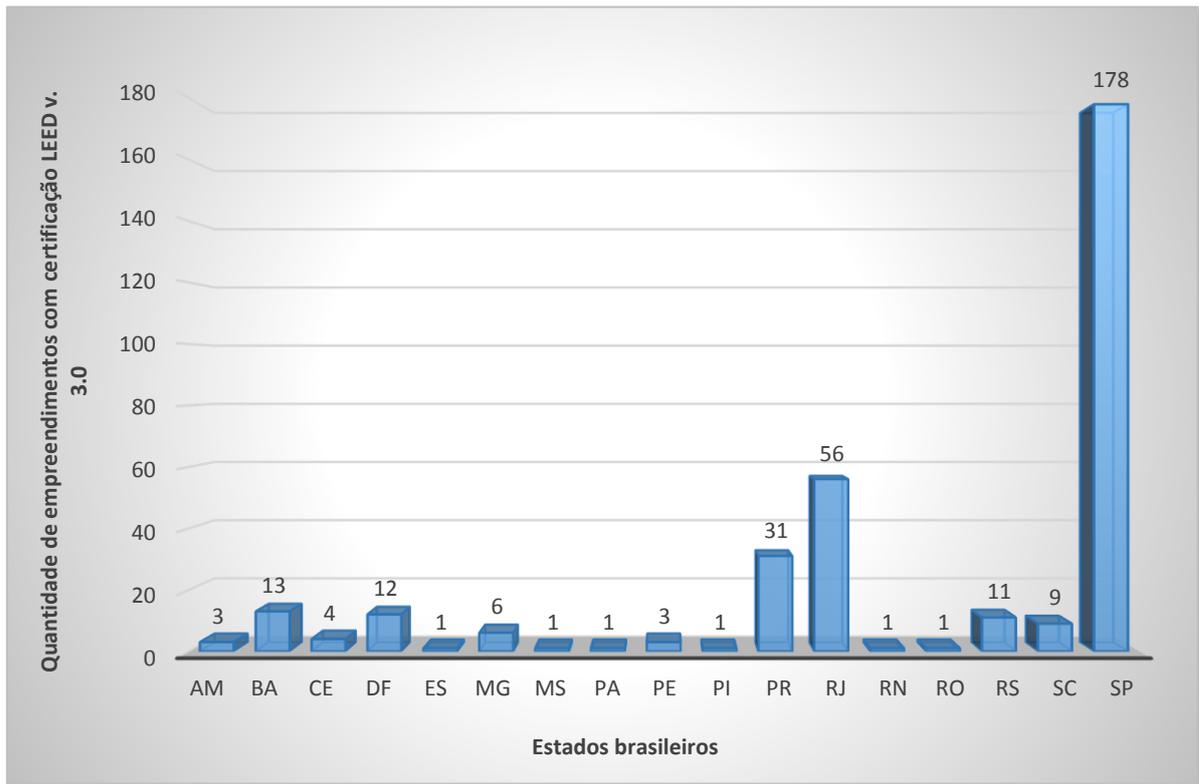


Figura 2. Quantidade de projetos por estado brasileiro do LEED V.3.0.

Fonte: Dos próprios autores

Segundo Hernandez (2006), uma vez que grande parte das multinacionais instaladas no Brasil têm sua sede nos EUA e que o LEED é o sistema de avaliação mais difundido e influente naquele país, as próprias empresas funcionam como divulgadoras e facilitadoras da penetração do LEED no mercado.

Desde o lançamento da versão 3.0, em 2009, diversos novos empreendimentos foram registrados para certificação anualmente, conforme se vê na Figura 3, o que reafirma a ideia de aceitação pelo mercado.

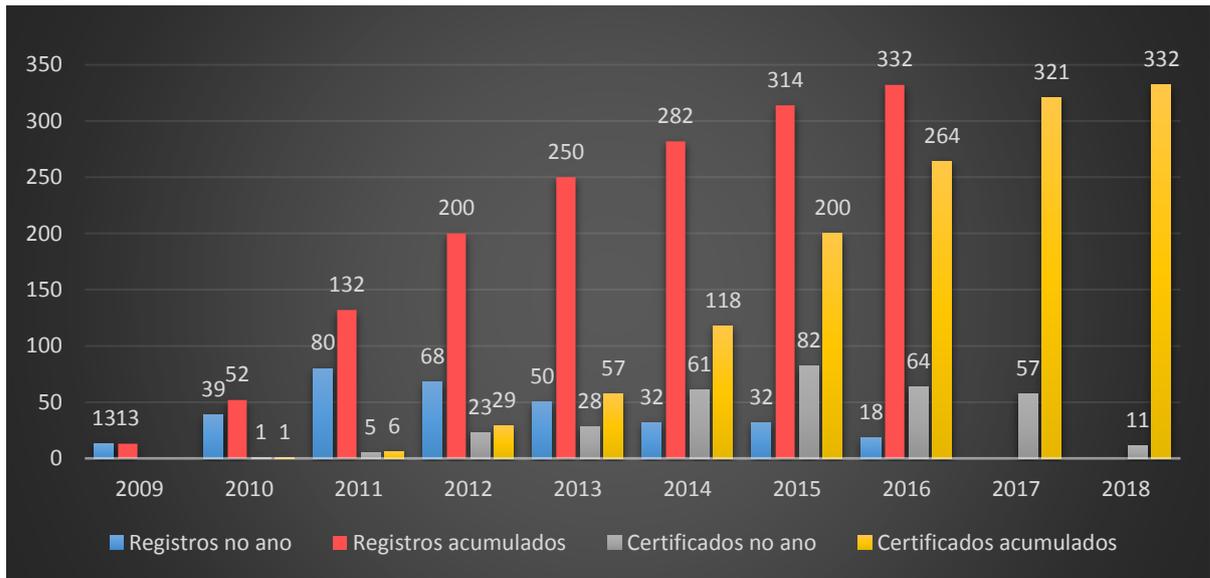


Figura 3. Quantidade de projetos registrados e certificados anualmente - LEED V.3.0.

Fonte: Dos próprios autores

Alguns representantes de tipologias menos difundidas no Brasil, como o LEED *for Schools* e LEED *for Homes*, já aparecem no Brasil, entre 2009 e 2018 (Figura 4).

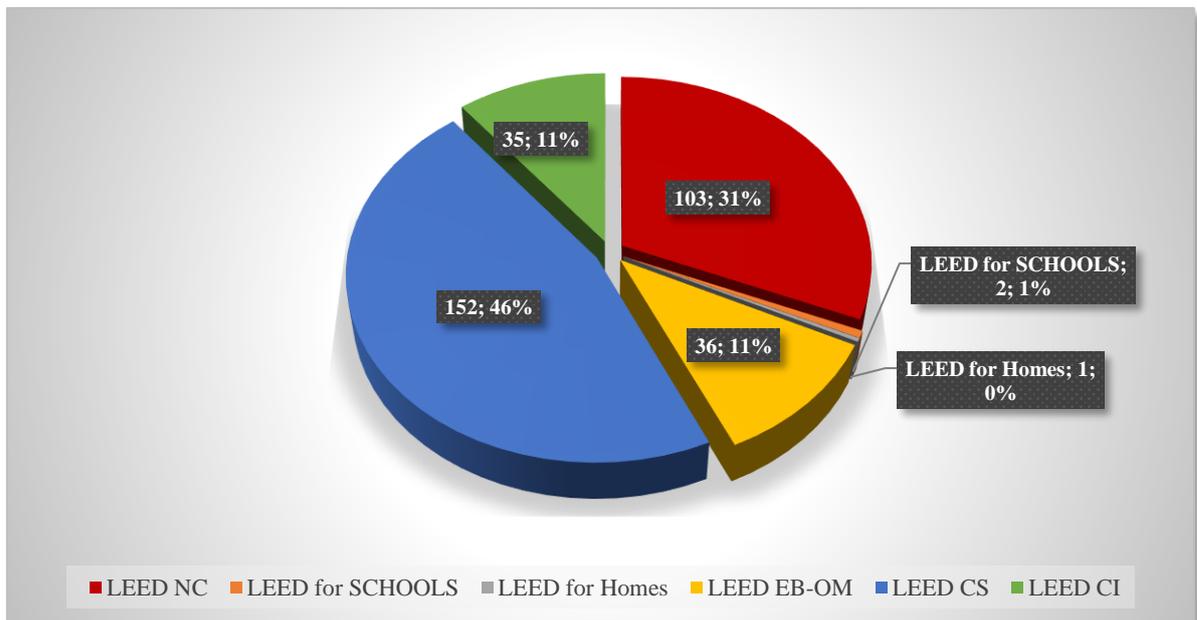


Figura 4. Quantidade de empreendimentos por tipologia LEED V.3.0.

Fonte: Dos próprios autores

A decomposição dos edifícios por nível de certificação é apresentada na Figura 5.

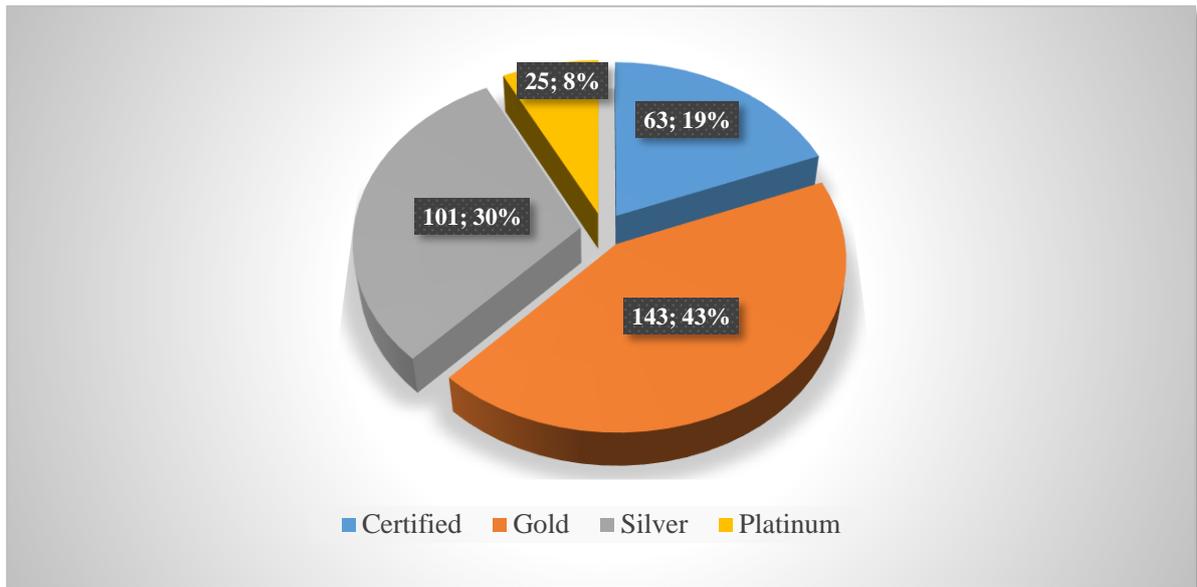


Figura 5. Quantidade de empreendimentos por nível de certificação LEED V.3.0.

Fonte: Dos próprios autores

2.4 Estudos anteriores semelhantes

A quantidade de pontos atingidos nos créditos LEED e a maneira como os desenvolvedores de projetos conseguiram alcançá-los já foram analisadas em estudos anteriores por diferentes pesquisadores, uma vez que a compreensão desse indicador pode sugerir padrões e tendências de empreendimentos sustentáveis e eficientes e isso permite reorientar o trabalho de desenvolvedores e proprietários que buscam certificar seus novos empreendimentos.

Todd, Pyke e Tufts (2013) analisaram os sistemas LEED NC (*New Construction*) e LEED EB OM (*Operations and Maintenance*) para identificar padrões, tendências e estratégias nas mudanças de obtenção de crédito em diferentes locais do mundo.

Os dados usados por esses autores foram coletados a partir de um sistema de gerenciamento de documentos baseado na Web, chamado LEED Online. Essa ferramenta compila os relatórios de verificação dos pré-requisitos e créditos de cada empreendimento, conforme orientações das Guias de Referência LEED, de cada tipologia.

Os dados estão disponíveis para uso interno do USGBC: seus revisores examinam cada documento para verificar se estão em conformidade com os padrões LEED e, muitas vezes, interagem com a equipe de projeto para obter um entendimento completo de suas intenções e estratégias de implementação (Todd *et al.*, 2013).

No entanto, o público pode acessar e visualizar muitas das atividades individuais dos empreendimentos por meio de uma plataforma chamada *Green Building Information Gateway* (GBIG) (consulte <http://www.gbig.org>).

Após a obtenção dos dados e análise dos mesmos, os autores dividiram os achados em duas seções que se complementam:

1. Padrões globais e regionais em tendências na certificação LEED NC e LEED EB OM; e
2. Padrões e tendências na obtenção de créditos individuais do LEED.

Na primeira seção, um dos principais achados diz respeito às diferenças em relação ao tamanho médio dos empreendimentos. Os projetos certificados na tipologia LEED NC são significativamente menores - em média - que projetos de LEED EB OM:

- 55,71% dos projetos de NC têm menos de 4.645m²,
- E 26,52% dos projetos de EB OM têm mais de 46.451m² (Todd *et al.*, 2013).
- O nível de maior concentração de empreendimentos, no momento das pesquisas desses autores (entre os anos 2006 e 2011), foi o nível *Gold*, seguido pelo nível *Silver*, em 5 dos 6 anos estudados.

Em relação à segunda seção, os autores salientaram que havia 5 créditos com maiores taxas de realização, os quais são:

- EAc 1 – Otimização do Desempenho Energético = 100%;
- WEc 3.1 – Redução do Uso da Água = 95%;
- EQc 4.2 - Tintas e revestimentos de baixa emissão = 95%;
- EQc 4.1 - Adesivos e selantes de baixa emissão = 92%;
- MRc 4 – Conteúdo reciclável = 92% (Todd *et al.*, 2013).

Ainda no mesmo ano de 2013, Cheng e Ma (2013) analisaram 1.381 edifícios com certificação LEED para explorar as inter-relações entre os créditos e destacar as estratégias de design sustentável de alta pontuação.

A técnica usada por Cheng e Ma foi a mineração de dados, os quais também foram extraídos do site do *US Green Building Council* (USGBC) (Diretório de Projetos: <http://new.usgbc.org/projects>). Foi analisado apenas o banco de dados de créditos dos projetos LEED EB OM, na versão 3.0 do LEED.

A técnica de mineração de dados consiste na análise de conjuntos de dados, com o objetivo de encontrar relacionamentos ainda não conhecidos entre eles e resumir os dados de maneira inovadora e compreensível (Cheng & Ma, 2013). Os resultados são, então, comparados com a opinião de profissionais reconhecidos.

No ano seguinte, em 2014, Ma e Cheng estudaram as correlações entre créditos do LEED NC v3.0, numa amostra composta por 1.385 projetos localizados somente nos Estados Unidos. Eles concluíram que havia regras de associação entre créditos, como, por exemplo, a associação entre EAc 2 e EAc 1 (alta probabilidade) e entre MRc 1 e SSc 6.2 (Ma & Cheng, 2014).

A primeira regra entre EAc 2 (Energia Renovável Local) e EAc 1 (Otimização do Desempenho Energético) é plausível, já que a quantidade de energia economizada com a implementação de energia renovável local pode ajudar a ganhar pontos em EAc 1.

Dois anos mais tarde, os mesmos autores Ma e Cheng (2016) usaram as fichas de pontuação de 1.000 edifícios localizados em países diversos e certificados pelo LEED NC, da Versão 3.0, para compreender a realização de créditos individuais e créditos que se inter-relacionam. Os resultados de suas análises mostraram que créditos como MRc 6 (Materiais Rapidamente Renováveis) e MRc 3 (Reutilização de Materiais) são muito raros e difíceis de serem alcançados, enquanto que os créditos como EAc 1 (Otimização do Desempenho Energético) e EAc 2 (Energia Renovável Local) exigem muito esforço ou custo adicional para se atingir pontos mais altos.

Ainda neste mesmo estudo, Ma e Cheng confirmaram cientificamente, por meio de análise de regra de associações, as relações entre créditos que o próprio USGBC já salientara em seus *Reference Guides*. Eles analisaram os créditos LEED de sua amostra e confirmaram que, dentre as 224 regras de associações que o USGBC aponta em seus materiais, 50 delas são associações realmente fortes. Eles também destacaram 13 novas associações.

Wu *et al.* (2017), assim como os autores mencionados anteriormente, também coletaram dados a partir das plataformas disponibilizadas pelo USGBC: o diretório de projetos e o portal GBIG e, da mesma forma, também selecionaram a Versão 3.0 para suas pesquisas.

Entre seus achados mais importantes nessa pesquisa está a informação de que os créditos relacionados à energia e os relacionados a materiais e recursos continuam difíceis de serem obtidos pelos desenvolvedores de projetos.

No entanto, eles também concluíram que pontuações altas de Energia e Atmosfera (EA) e Qualidade do Ambiente Interno (EQ) geralmente indicam altos níveis de certificação.

A Tabela 4 apresenta um resumo dos estudos apresentados aqui, salientando os principais achados, seus autores e datas de publicação.

O que se percebeu claramente em todos esses trabalhos é que o banco de dados do USGBC permite coleta de dados para análises, as quais podem contribuir, por sua vez, para a compreensão de como a certificação está sendo utilizada, mundialmente, ou em determinada região e isso favorece percepções de mudanças, adaptações e estratégias no planejamento.

Fica claro, também, que há relações e dinâmicas entre os créditos, mesmo que eles estejam em categorias ambientais diferentes. Um bom exemplo disso é a relação entre os créditos SSc 7.2 e WEc 1, conforme salientado por Ma e Cheng (2016): a utilização de plantas nativas ou adaptadas em telhados verdes pode contribuir positivamente para alcançar o crédito WEc 1, uma vez que essas plantas podem precisar de menos ou nenhuma água para irrigação.

Energia e Atmosfera apresenta-se como uma categoria capaz de definir o nível de certificação alcançado pelo empreendimento: embora seja apontada pelos autores como uma das categorias mais difíceis de se cumprir, também é aquela que tem maiores taxas de realização.

Portanto, cabe aos planejadores dos empreendimentos a capacidade de lançar mão das associações entre créditos para impulsionar as pontuações e obter níveis mais altos na certificação.

Tabela 4
Resumo de Estudos Anteriores Semelhantes

Autores	Data	Observações importantes
Todd, J. A., Pyke, C., & Tufts, R.	2013	<p>Analisaram os sistemas LEED NC e LEED EB OM para identificar padrões, tendências e estratégias nas mudanças de obtenção de crédito em diferentes locais do mundo e descobriram que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • EAc1 - Otimização da Eficiência Energética está entre os cinco créditos mais alcançados. • Há relação entre tamanho do empreendimento e a tipologia: os projetos certificados na tipologia LEED NC são significativamente menores - em média - que projetos de LEED EB OM

Cheng, J. C., & Ma, L. J.	2013	Analisaram 1381 edifícios com certificação LEED para explorar as inter-relações entre os créditos e destacar as estratégias de design sustentável de alta pontuação.
Ma, J., & Cheng, J. C.	2014	Amostra composta por 1385 projetos localizados somente nos Estados Unidos; certificação LEED NC V. 3.0. Apontam para regras de associação entre créditos, como, por exemplo, a associação entre EAc 2 e EAc 1 (alta probabilidade) e entre MRc 1 e SSc 6.2 (Ma & Cheng, 2014).
Ma, J., & Cheng, J. C.	2016	Usaram as fichas de pontuação de 1000 edifícios certificados pelo LEED-NC Versão 3.0 para compreender a aquisição de créditos individuais e créditos relacionados. Concluíram que, das 224 regras de associações que o USGBC aponta em seus materiais, 50 delas são associações realmente fortes. Exemplo: associação entre SSc 7.2 e WEc 1
Wu, P., Song, Y., Shou, W., Chi, H., Chong, H. Y., & Sutrisna, M.	2017	Relataram que os créditos relacionados à energia continuam difíceis de se obter, na Versão 3.0 do LEED. No entanto, eles também concluíram que pontuações altas de Energia e Atmosfera (EA) e Qualidade do Ambiente Interno (EQ) geralmente indicam altos níveis de certificação.

Fonte: Dos próprios autores

3 Referencial técnico

Neste capítulo, tem-se uma visão geral, não do ponto de vista da literatura acadêmica, mas a partir das publicações do próprio *Green Building Council*, as quais encontram-se disponíveis para visualização pública em www.usgbc.org.

Será feito um detalhando das categorias LEED e de suas características mais relevantes. Os créditos de cada uma dessas categorias estão disponíveis no Apêndice A.

3.1 As tipologias LEED

A Versão 3.0 do LEED constitui-se de um sistema de classificação que funciona para todos as edificações em qualquer lugar, independentemente de qual momento elas estejam em seu ciclo de vida (*U.S. Green Building Council*, 2018; Todd *at al.*, 2013).

“De hospitais a centros de dados, de prédios históricos aos que ainda estão em fase de projeto, há um LEED para cada tipo de projeto de construção” (*U.S. Green Building Council*, 2018), sendo que esses empreendimentos podem ser agrupados em Tipologias LEED específicas, as quais seriam as seguintes:

3.1.1 LEED NC (*New Construction*)

Aborda as atividades de projeto e construção de novos edifícios e grandes reformas de edifícios existentes. Se o intuito da certificação não abranger atividades significativas de projeto e construção e se concentrar mais em operações e atividades de manutenção, o LEED EB OM é mais apropriado, pois aborda as necessidades operacionais (*Council*, 2009e).

Em relação às categorias ambientais desta tipologia, a distribuição dos créditos ocorre da seguinte maneira:

Tabela 5
Distribuição de créditos por categorias ambientais em LEED NC

Categorias	Código do crédito	Pontos Possíveis
Locais Sustentáveis	SS	26
Eficiência no Uso da Água	WE	10
Energia e Atmosfera	EA	35

Materiais e Recursos	MR	14
Qualidade Ambiental Interna	EQ	15
Inovação em Design	ID	6
Prioridade Regional	RP	4

Fonte: Council (2009e)

3.1.2 LEED EB OM (*Existing Buildings: Operations and Maintenance*)

Estimula proprietários e gestores de edifícios existentes a implementar ações sustentáveis, bem como diminuir os impactos ambientais de seus edifícios ao longo de seu ciclo de vida.

É voltado para a edificação, em si, seja ela ocupada pelo proprietário, ou com vários locatários. No entanto, as intervenções ou reformas realizadas pelos inquilinos, individualmente, são inelegíveis para esta tipologia (Council, 2009c).

Ela ainda aborda:

- Programas de manutenção do canteiro de obras;
- Uso de água e energia;
- Produtos ambientalmente amigáveis para limpeza e manutenção;
- Políticas de compras sustentáveis;
- Gerenciamento de fluxo de resíduos e programa contínuo de qualidade ambiental interna.

A Tabela 6 mostra a distribuição dos créditos em relação às categorias ambientais, nesta tipologia.

Tabela 6
Distribuição de créditos por categorias ambientais em LEED EB OM

Categorias	Código do crédito	Pontos Possíveis
Locais Sustentáveis	SS	26
Eficiência no Uso da Água	WE	14
Energia e Atmosfera	EA	35
Materiais e Recursos	MR	10
Qualidade Ambiental Interna	EQ	15
Inovação em Design	ID	6
Prioridade Regional	RP	4

Fonte: Council (2009c).

3.1.3 LEED CS (Core and Shell)

O LEED *Core & Shell* pode ser usado para empreendimentos em que o desenvolvedor controla o projeto e a construção de toda a estrutura principal, bem como sistemas comuns do edifício, como por exemplo, sistemas mecânicos, elétricos, hidráulicos e de proteção contra incêndios, mas não tem controle sobre o projeto e a construção das áreas ocupadas por inquilinos.

Exemplos dessa tipologia podem ser: um edifício de escritórios comerciais, um complexo de consultórios médicos, um centro de varejo, um depósito, ou instalações de laboratório (Council, 2009b).

Na Tabela 7 encontra-se a distribuição dos créditos nas categorias ambientais, nesta tipologia.

Tabela 7
Distribuição de créditos por categorias ambientais em LEED CS

Categorias	Código do crédito	Pontos Possíveis
Locais Sustentáveis	SS	28
Eficiência no Uso da Água	WE	10
Energia e Atmosfera	EA	37
Materiais e Recursos	MR	13
Qualidade Ambiental Interna	EQ	12
Inovação em Design	ID	6
Prioridade Regional	RP	4

Fonte: Council (2009b)

3.1.4 LEED for Schools

O LEED *for Schools* deve ser usado para uma nova construção ou grande reforma de um prédio acadêmico, podendo ser desde a pré-escola até o ensino médio.

Na Tabela 8 encontra-se a distribuição dos créditos nas categorias ambientais, nesta tipologia.

Tabela 8
Distribuição de créditos por categorias ambientais em LEED for Schools

Categorias	Código do crédito	Pontos Possíveis
-------------------	--------------------------	-------------------------

Locais Sustentáveis	SS	24
Eficiência no Uso da Água	WE	11
Energia e Atmosfera	EA	33
Materiais e Recursos	MR	13
Qualidade Ambiental Interna	EQ	19
Inovação em Design	ID	6
Prioridade Regional	RP	4

Fonte: Council (2009f)

3.1.5 LEED CI (*Commercial Interiors*)

Aborda as especificidades dos espaços dos inquilinos, principalmente em empreendimentos destinados ao varejo, edifícios de escritórios ou institucionais. Os inquilinos que ocupam todo o edifício não são elegíveis para esta tipologia.

O LEED *for Commercial Interiors* foi concebido para funcionar em excelente parceria com o LEED CS, que prepara o edifício para inquilinos ambientalmente conscientes (Council, 2009a).

Em relação às categorias ambientais desta tipologia, a distribuição dos créditos ocorre da seguinte maneira:

Tabela 9
Distribuição de créditos por categorias ambientais em LEED CI

Categorias	Código do rédito	Pontos Possíveis
Locais Sustentáveis	SS	21
Eficiência no Uso da Água	WE	11
Energia e Atmosfera	EA	37
Materiais e Recursos	MR	14
Qualidade Ambiental Interna	EQ	17
Inovação em Design	ID	6
Prioridade Regional	RP	4

Fonte: Council (2009a)

Embora as categorias ambientais da tipologia LEED CI sejam iguais às outras tipologias, internamente a elas existe grande variação dos créditos dando ênfase àquilo que é mais pertinente aos interiores comerciais. É o caso, por exemplo, da categoria Locais Sustentáveis, que não aborda o controle das águas pluviais, uma vez que essa tipologia se destina a inquilinos que não aluguem todo o edifício, deixando as áreas comuns (internas e externas) como responsabilidade de um administrador do complexo.

O mesmo ocorre com Eficiência no Uso da Água, que possui apenas um crédito: redução no uso da água.

A categoria de Energia e Atmosfera é a que apresenta diferenças mais significativas:

- Créditos relacionados à otimização do desempenho energético aparecem subdivididos em quatro partes, as quais englobam a iluminação (fornecimento e controle), o ar condicionado e equipamentos elétricos;
- Não há créditos para energia renovável local e
- Não há créditos relacionados à gestão de gases refrigerantes.

3.1.6 LEED ND (*Neighborhood Development*)

O LEED para desenvolvimento de bairros foi criado para certificar bairros inteiros, partes de bairros, ou vários bairros, englobando ruas, casas, escritórios, shoppings, mercados e áreas públicas.

O USGBC definiu que um tamanho mínimo razoável para um empreendimento elegível para esta tipologia seria de, pelo menos, dois edifícios habitáveis e que a área máxima seria de 320 acres (tamanho que se pode considerar um bairro, propriamente dito). Espaços maiores podem ser divididos, de modo que mais de uma certificação seja utilizada em toda a área em questão (Council, 2009d).

O LEED ND pressupõe:

- Princípios de crescimento planejado e inteligente;
- Urbanismo sustentável e edificações verdes;
- Diferentes tipologias de edificações e mistura de usos dos espaços urbanos;
- Incentivo para a utilização de transporte público, eficiente e alternativo e
- Criação de áreas de lazer, tais como parques e espaços públicos de alta qualidade.

LEED ND também difere bastante das outras tipologias no que diz respeito às categorias ambientais, conforme apresentado na Tabela 10

Tabela 10
Distribuição de créditos por categorias ambientais em LEED ND

Categorias	Pontos Possíveis
Localização inteligente e conexões	27
Padrão e Design de Vizinhança	44
Infraestrutura e Edifícios Verdes	29
Processo de Inovação e Design	6
Prioridade Regional	4

Fonte: Council (2009d).

3.1.7 LEED for Homes

A tipologia LEED *for Homes* não chegou a ter muitos exemplares dentro do território brasileiro, isso porque ela foi substituída por duas novas tipologias destinadas a residências, poucos anos depois da versão 3.0 do LEED: a tipologia GBC Brasil CASA e a GBC Brasil Condomínios.

Diferentemente do LEED *for Homes*, estas novas certificações respondem diretamente às normas brasileiras e buscam atender a uma demanda social muito forte no Brasil: a questão da legalização da mão de obra e das empresas contratadas para a realização dos empreendimentos (Green Building Council Brasil, 2017).

Segundo Reposa (2009), os seguintes tipos de residências podiam ser considerados para a certificação LEED *for Homes*: residências unifamiliares, residências multifamiliares de baixo crescimento, casas de produção, casas a preços acessíveis, casas modulares e residências existentes.

As categorias ambientais dessa tipologia são semelhantes à maioria das outras, na versão 3.0, no entanto, ela não fará parte deste estudo em função do pequeno número de exemplares certificados no Brasil.

A Tabela 11 mostra suas categorias e pontos possíveis em cada uma delas.

Tabela 11
Distribuição de créditos por categorias ambientais em LEED *for Homes*

Categorias	Pontos Possíveis
Inovação em Design	11
Localização e conexões	10

Locais Sustentáveis	22
Eficiência no Uso da Água	15
Energia e Atmosfera	38
Materiais e Recursos	16
Qualidade do Ambiente Interno	21
Consciência e Educação	3

Fonte: Reposa (2009).

3.1.8 Créditos multi-nível e créditos binários

Os créditos nas tipologias LEED versão 3.0, conforme mostrado no Apêndice A, podem ser divididos em dois grupos: créditos binários e créditos multi-nível.

Os créditos binários são créditos para os quais um empreendimento recebe pontos completos se atender aos requisitos (aprovação), ou não recebe nenhum ponto caso não os atenda (reprovação) (Ma & Cheng, 2016). São exemplos de créditos binários: SSc1 (nas tipologias LEED NC, CS e *Schools*) e SSc3 (no Apêndice A é possível ver a composição dos códigos de cada crédito, formada pelo código da categoria ambiental correspondente e sua numeração).

A maioria dos créditos binários concede apenas um ponto quando ocorre a aprovação, porém, há alguns deles que concedem mais pontos, sempre obedecendo, no entanto, ao critério aprovação/reprovação, ou, como aparece no banco de dados estudado, sim/não.

Já os créditos multi-nível são aqueles que concedem os pontos em função de uma escala própria, que pode atingir, em alguns casos, pouco mais de duas dezenas de pontos. O empreendimento recebe a pontuação dependendo de seu desempenho, com pontos mais altos para os melhores (Ma & Cheng, 2016).

São exemplos de créditos multi-nível: SSc 4, EAc 1 e EAc 2 (exceto na tipologia LEED CI).

4 Metodologia

A metodologia utilizada neste estudo baseia-se na abordagem quantitativa e positivista com dados secundários.

Segundo Martins e Theóphilo (2009, p. 107), “pesquisas quantitativas são aquelas em que os dados e as evidências coletados podem ser quantificados, ou mensurados”. Isso só é possível quando se conhece as dimensões e características do objeto, mediante estudos de aprofundamento já realizados anteriormente (Silva & Simon, 2005; Silva, Lopes & Junior, 2014).

Conforme já demonstrado, no Referencial Teórico deste estudo, a quantidade de pontos atingidos nos créditos LEED foi analisada em estudos anteriores por diferentes pesquisadores, uma vez que a compreensão desse indicador pode sugerir padrões e tendências de empreendimentos sustentáveis e eficientes e isso permite reorientar o trabalho de desenvolvedores e proprietários, que buscam certificar seus empreendimentos.

Os dados secundários são advindos de uma base de dados pré-existentes, a qual baseia-se nas fichas de pontuação dos créditos relacionados ao uso eficiente da energia e que foram extraídos do banco de dados do *United States Green Building Council* (USGBC), o qual encontra-se disponível por meio da plataforma *Green Building Information Gateway* (GBIG - www.gbig.org).

O próprio USGBC, a instituição que promove a certificação LEED, é a responsável pela plataforma GBIG, o que confere confiabilidade aos dados disponibilizados nela. Fornece ao público informações sobre atividades individuais de construções sustentáveis, incluindo projetos que já foram certificados e seus processos para obtenção dos créditos (Todd *et al.*, 2013), incluindo todas as versões do LEED, em todo o mundo.

4.1 Coleta de dados

Em abril de 2018, por meio de contatos realizados com alguns Coordenadores Técnicos do *Green Building Council* Brasil (instituição que representa o USGBC no Brasil, com escritório localizado na cidade de Barueri/SP), obteve-se uma planilha Excel com nomes, endereços, tipologia, versão, tipo de uso do projeto e nível alcançado na Certificação LEED, de 478 empreendimentos em todo o território brasileiro, até aquela data.

A primeira filtragem realizada nessa planilha foi a exclusão dos empreendimentos certificados por quaisquer outras versões do LEED que não fossem a Versão 3.0, passando a

contar, então, com 332 empreendimentos certificados espalhados por todo Brasil. Esse número representou 69,45% em relação à quantidade inicial de empreendimentos.

A segunda filtragem consistiu na exclusão dos empreendimentos com as tipologias LEED CI (*Commercial Interiors*) e LEED *for Homes* (para residências). Os LEED CI foram excluídos devido às diferenças significativas encontradas nos créditos de Energia e Atmosfera (EA), Locais Sustentáveis (SS) e Eficiência no Uso das Águas (WE), conforme apresentado no item 3.1.5.

A opção pela exclusão do LEED *for Homes* deu-se pelo fato de haver apenas um empreendimento com essa tipologia, já certificado até abril de 2018, no Brasil.

Assim sendo, a distribuição das tipologias, em relação à quantidade de empreendimentos antes das filtrações descritas acima, é apresentada na Tabela 12.

Tabela 12

Resumo dos Projetos LEED Versão 3 no Brasil (até abril/2018).

	LEED CS	LEED EB_OM	LEED for Schools	LEED NC	LEED CI ^a	LEED for Homes ^a	TOTAL
Antes das filtrações	152	36	2	106	35	1	332
Depois das filtrações	152	36	2	106			296

Nota. ^a Excluídos para os propósitos deste estudo. Fonte: Dos próprios autores.

Vê-se, também, na Tabela 12, que restaram, de fato, 296 empreendimentos com as características necessárias para a realização deste estudo (61,92% em relação à quantidade inicial).

O passo seguinte foi iniciar a investigação, propriamente dita, dessa amostra, porém, desta vez, utilizando-se a plataforma GBIG. Dados complementares foram acessados dentro do portal (GBIG - www.gbig.org), selecionados e transferidos manualmente para um arquivo do Excel.

Ma e Cheng (2014, 2016), também desenvolveram pesquisas utilizando dados online do USGBC e empregaram procedimentos semelhantes, mas automatizados para realizar a transferência: em 2014, eles criaram uma ferramenta baseada em C++ para ajudar a coletar os dados (Ma & Cheng, 2014) e, posteriormente, em 2016, um programa codificado na plataforma Quick Macro V6.6 foi construído para coletar os dados de projetos certificados pelo LEED -

NC Versão 3.0, diretamente do site do USGBC (Ma & Cheng, 2016). A plataforma permitiu que os autores compilhassem os dados com facilidade, por meio de mouse e teclado, em um programa de macro.

Dentro da amostra selecionada, a escolha dos créditos para a análise baseou-se na literatura que serviu de base, já tratada no Referencial Teórico deste trabalho.

Assim sendo, a categoria de Energia e Atmosfera tem fundamental importância para este estudo, pois é a que mais permite alcançar pontos, em todas as tipologias escolhidas. Além disso, conforme salientado por Wu *et al.* (2017) e Todd *et al.* (2013), é a categoria de maior complexidade e que merece atenção para permitir melhores desempenhos.

Dentro dessa categoria, ainda com base na literatura estudada, o crédito EAc 1 (Otimização do Desempenho Energético), foi o primeiro a ser selecionado, pois é apontado como o crédito com maior taxa de realização (Todd *et al.*, 2013).

Segundo Ma e Cheng (2016), EAc 1 possui relações significativas com outros créditos, os quais seriam: EAc 6 (Energia Verde), EQc 6.1 (Controlabilidade dos Sistemas de Iluminação), SSc 7.2 (Controle do Efeito Ilha de Calor - em Coberturas) e WE 3.1 (Redução no Uso de Água Potável), que também foram selecionados.

Além desses cinco créditos, também foram selecionados EAc 2 (Energia Renovável Local) (Ma & Cheng, 2014) e SSc 7.1 (Controle do Efeito Ilha de Calor - no Solo), ambos por estarem diretamente ligados aos anteriores.

As categorias escolhidas para análise foram, portanto, Energia e Atmosfera (EA), Locais Sustentáveis (SS), Qualidade do Ambiente Interno (EQ) e Eficiência no Uso das Águas (WE).

O fluxograma da Figura 6 ilustra as etapas descritas acima e mostra, também, os passos seguintes. Note-se que, após a obtenção dos resultados, uma nova consulta aos Coordenadores Técnicos do *Green Building Council* Brasil foi necessária para esclarecer dúvidas sobre resultados percentuais acima de 100% e que apareceram em determinados créditos, podendo, assim, confirmar os achados deste estudo.

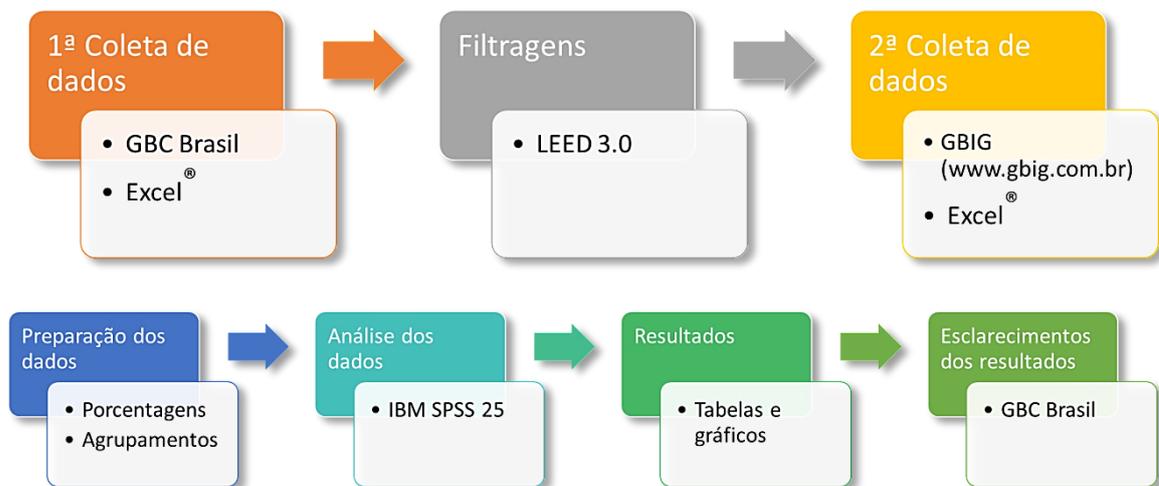


Figura 6. Fluxograma das etapas deste trabalho

Fonte: Dos próprios autores

4.2 Preparação dos dados

A pontuação máxima que se pode atingir em cada categoria varia em função da tipologia LEED em questão. Portanto, neste estudo, quando se realizou a análise das pontuações atingidas, tanto nas categorias ambientais, quanto nos créditos escolhidos, utilizou-se a comparação com a porcentagem do total de pontos alcançados pelos empreendimentos em relação ao máximo de pontos possível, dentro da tipologia LEED em que o determinado empreendimento se encontra.

A transformação em porcentagem é uma normalização do tipo 0-1 (todos os valores entre um mínimo e um máximo). No entanto, preferiu-se usar a forma adaptada de porcentagem para se manter mais fiel aos critérios, já que alguns valores ultrapassaram o máximo, por motivos explicados mais à frente.

Essa normalização foi feita com os créditos, mas não com as áreas, o que permitiu um contato mais próximo com a dimensão "real" dos edifícios.

Dessa forma, a seguinte equação foi usada para obter a porcentagem do máximo de pontos por categoria:

$$PMP_{Cat.} = \frac{T_{Cat.}}{Max.Cat.} \times 100 \quad (1)$$

Onde, $PMP_{Cat.}$ é a porcentagem do máximo de pontos adquiridos em determinada categoria; $T_{Cat.}$ é o total de pontos que um determinado empreendimento atingiu na categoria em análise e $Max.Cat.$ é o máximo de pontos permitidos na categoria em análise e dentro da tipologia em questão.

Um exemplo do uso desta fórmula seria o seguinte:

O empreendimento chamado Coca-Cola ANDINA CD Caju, que é um Centro de Distribuição desta empresa, localizado na cidade de Caju, no estado do Rio de Janeiro, atingiu o nível *Platinum* da certificação LEED, cujo máximo de pontos possíveis na categoria Energia e Atmosfera é 35. O empreendimento atingiu um total de 31 pontos, nesta categoria.

Desta forma, utilizando-se a Equação 1, tem-se:

$$PMP_{EA} = \frac{31}{35} \times 100$$

$$PMP_{EA} = 88,57 \%$$

Semelhantemente, em relação aos créditos escolhidos, aplicou-se a Equação 2.

$$PMP_i = \frac{T_i}{Max.i} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

- i representa um determinado crédito em análise;
- PMP_i representa a porcentagem do máximo de pontos do crédito i ;
- T_i é o total de pontos que um determinado empreendimento atingiu no crédito i e
- $Max.i$ é o máximo de pontos possíveis de serem atingidos pelo crédito i .

Segundo Ma e Cheng (2016), considerando que os créditos individuais conferem diferentes números de pontos e têm sua própria escala de premiação, a utilização dos pontos

em si, ou a utilização de uma média de pontuações de diferentes créditos, acabariam não permitindo uma boa análise.

A pontuação média de um crédito multi-nível, por exemplo, poderia ser maior que a pontuação total de um crédito binário (Ma & Cheng, 2016). Além disso, cada crédito tem um limite máximo atingível diferente, portanto, os pontos médios alcançados em diferentes créditos não ofereceriam valor comparativo adequado (Gurgun & Arditi, 2018).

Dessa forma, optou-se pela utilização da porcentagem do máximo de pontos também em relação aos créditos individualmente, como pode ser observado no exemplo a seguir:

Em relação ao crédito EAc 2 (Energia Renovável Local), O Centro de Distribuição Coca-Cola ANDINA CD Caju, localizado na cidade de Caju, no estado do Rio de Janeiro, alcançou 5 pontos, sendo que o máximo de pontos possíveis para este crédito, na tipologia do empreendimento – LEED NC, era de 7 pontos.

Assim, com a aplicação da Equação 2, para o crédito EAc 2, do LEED NC tem-se:

$$PMP_{EAc 2} = \frac{5}{7} \times 100$$

$$PMP_{EAc 2} = 71,43 \%$$

Já os créditos binários foram organizados de forma diferente: como esses créditos não possuem uma escala de valores porque as alternativas de respostas são apenas “sim”, ou “não”, foram atribuídos valores numéricos para cada tipo de resposta, ou seja, por meio de uma codificação, as respostas “SIM” assumiram determinado valor numérico e, da mesma forma, as respostas “NÃO” assumiram outro valor.

Dessa forma, o passo seguinte, que seria a utilização de um software específico para o tratamento e análise dos dados, pôde ser realizado sem comprometimento das operações dentro desse instrumento.

4.3 Análise dos dados

Após a preparação dos dados, ainda em planilhas do Excel, as informações foram, então, inseridas em um software específico para tratamento de dados estatísticos. Neste caso, usou-se o IBM SPSS *Statistics* Versão 25 (IBM Corporation, 2017). As médias e desvios-padrão das

PMPs dos créditos obtidos pelos projetos certificados pelo LEED foram calculados com auxílio desse software (ver Apêndices T, U, V, W, X e Y).

Uma vez que a amostra selecionada para este estudo possui empreendimentos com tipologias diferentes e trata de várias de suas características, como por exemplo, o nível de certificação, a destinação do empreendimento e os seus tamanhos, seria necessário aplicar uma análise de variância unidirecional (ANOVA), para amostras com mais de duas variáveis. No entanto, o uso desse método depende de uma distribuição normal dos dados.

A Distribuição Normal, uma das mais importantes distribuições de probabilidades da estatística, é representada por um gráfico simétrico com uma curva de Gauss, e que tem a forma de um sino (Lopes, Branco & Soares, 2013). Os dados de uma determinada amostra podem, então, respeitarem a distribuição normal, ou seja, serem aderentes à curva de Gauss (sino) ou não respeitarem essa distribuição, não tendo aderência à curva gaussiana (Silva *et al.*, 2014).

Sendo assim, fez-se necessária a realização de testes de normalidade, que também contribuíram para a escolha dos testes de hipótese mais adequados aos dados e aos propósitos deste trabalho.

A Tabela 13 apresenta os testes de hipótese mais usados em pesquisas quantitativas.

Tabela 13
Tipos de testes indicados em função da natureza dos dados.

Natureza dos Dados	Caso de duas variáveis		Caso com k variáveis ¹		Correlação
	Variáveis relacionadas	Variáveis independentes	Variáveis relacionadas	Variáveis independentes	
Aderentes à distribuição normal	Teste t de Student	Teste t de Student	ANOVA ²	ANOVA ²	Coefficiente de correlação r de Pearson
Não aderentes à distribuição normal	Teste de Wilcoxon	Teste U de Mann-Whitney	Teste de Friedman	Teste H de Kruskal-Wallis	Coefficiente de correlação de postos de Spearman
Não aderentes. Dados nominais e contingenciados	Teste de McNemar	Teste de Fisher	Teste Q de Cochran	Teste Qui-quadrado para k amostras	Coefficiente de contingência e Coeficiente Phi

Nota: ¹ “k variáveis” é o termo que se usa para três ou mais grupos de dados. ² ANOVA: análise de variância. Fonte: Adaptado de Silva, Lopes e Junior (2014).

4.3.1 Seleção do tipo de teste

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi, então, conduzido para testar a normalidade dos dados coletados. A hipótese nula era a de que não haveria diferença significativa entre os dados e a distribuição normal. Se a Significância (p) fosse menor que 0,05, a hipótese nula poderia ser rejeitada, indicando que os dados não estavam distribuídos normalmente.

Os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov são mostrados no Apêndice B.

Como o valor de p mostrou-se menor que 0,05, a hipótese nula de que a distribuição seria normal foi rejeitada, indicando que as distribuições das PMPs das quatro categorias escolhidas para análise, bem como das PMPs dos créditos selecionados, não são normais.

Como se pode ver na Tabela 13, o teste ANOVA não seria a melhor indicação neste caso. Assim, a análise de variância unidirecional de Kruskal-Wallis (teste não paramétrico) foi a melhor escolha para testar o nível de significância entre as variáveis contínuas (PMPs de créditos multi-nível selecionados) e dois diferentes conjuntos: “tipologias LEED” e “nível de certificação”.

4.3.2 Testes não paramétricos

Em relação à característica “tamanho dos empreendimentos”, o teste U de Mann-Whitney foi preferido ao invés de Kruskal-Wallis, para identificar a significância estatística das variáveis contínuas (ver Tabela 13).

Já no caso dos créditos binários (com respostas sim, ou não), o nível de significância entre as variáveis (PMPs dos créditos EQc 6.1; SSc 7.1 e SSc7.2) foi testado por meio do teste estatístico (não paramétrico) Qui-quadrado, onde as variáveis foram cruzadas com os conjuntos “tipologias LEED”, “nível de certificação” e “tamanho dos empreendimentos”.

Para ambos os procedimentos relacionados ao tamanho dos empreendimentos (U de Mann-Whitney e Qui-quadrado), a amostra foi separada em dois grupos, divididos pela mediana, da seguinte forma:

- Empreendimentos pequenos – com área até 16.000m² e
- Empreendimentos grandes – com área acima de 16.001 m²

A hipótese nula para esses casos foi a de que não haveria diferença significativa entre as PMPs dos créditos nos dois grupos de empreendimentos comparados, grandes e pequenos.

Se o valor de p fosse menor que 0,05, a hipótese nula poderia ser rejeitada, indicando que haveria diferença de significância nas PMPs dos créditos dos dois grupos de tamanhos de empreendimentos comparados.

4.3.3 Correlações

As possíveis correlações entre créditos foram testadas por meio da correlação de postos de Spearman, mais conhecida como ρ de Spearman e que é uma medida não paramétrica de correlação, ou dependência estatística entre a classificação de duas variáveis.

Segundo Loesch e Hoeltgebaum (2017), o coeficiente avalia uma função monótona arbitrária que pode ser a descrição da relação entre duas variáveis, sem qualquer suposição sobre as distribuições de probabilidades das variáveis.

O sinal da correlação de Spearman indica a direção da associação entre a variável independente e a variável dependente. Ou seja, se uma tende a aumentar quando a outra aumenta, o coeficiente de correlação de Spearman é positivo. Se uma tende a diminuir quando a outra aumenta, o coeficiente de correlação de Spearman é negativo.

4.3.4 Formulação de hipóteses

O estudo da literatura disponível sobre o tema e análises preliminares dos dados da amostra permitiram a formulação de algumas hipóteses a serem testadas, conforme segue:

Hipóteses em relação às categorias ambientais e as tipologias LEED:

- H1: há diferença significativa da distribuição da PMP_{EA} nas quatro tipologias estudadas.
- H2: há diferença significativa da distribuição da PMP_{EQ} nas quatro tipologias estudadas.
- H3: há diferença significativa da distribuição da PMP_{SS} nas quatro tipologias estudadas.
- H4: há diferença significativa da distribuição da PMP_{WE} nas quatro tipologias estudadas.

Hipóteses em relação aos créditos multi-nível selecionados e as tipologias LEED:

- H5: há diferença significativa da distribuição da $PMP_{EAc 1}$ nas quatro tipologias estudadas.

- H6: há diferença significativa da distribuição da $PMP_{EAc\ 2}$ (ou $PMP_{EAc\ 4}$) nas quatro tipologias estudadas.
- H7: há diferença significativa da distribuição da $PMP_{EAc\ 6}$ nas quatro tipologias estudadas.
- H8: há diferença significativa da distribuição da $PMP_{WEc\ 3.1}$ nas quatro tipologias estudadas.

Hipóteses em relação aos créditos binários selecionados e as tipologias LEED:

- H9: há diferença significativa da distribuição dos valores de EQc 6.1 nas quatro tipologias estudadas.
- H10: há diferença significativa da distribuição dos valores de SSc 7.1 nas quatro tipologias estudadas
- H11: há diferença significativa da distribuição dos valores de SSc 7.2 nas quatro tipologias estudadas.

Hipóteses em relação às categorias ambientais e os tamanhos dos empreendimentos, levando-se em conta os dois grupos em que a amostra foi dividida (pequenos e grandes):

- H12: há diferença significativa da distribuição de PMP_{EA} nos dois grupos de empreendimentos comparados.
- H13: há diferença significativa da distribuição de PMP_{EQ} nos dois grupos de empreendimentos comparados.
- H14: há diferença significativa da distribuição de PMP_{SS} nos dois grupos de empreendimentos comparados.
- H15: há diferença significativa da distribuição de PMP_{WE} nos dois grupos de empreendimentos comparados.

Hipóteses em relação aos créditos multi-nível selecionados e o tamanho dos empreendimentos:

- H16: há diferença significativa da distribuição de $PMP_{EAc\ 1}$ nos dois grupos de empreendimentos comparados.
- H17: há diferença significativa da distribuição de $PMP_{EAc\ 2}$ (ou $PMP_{EAc\ 4}$) nos dois grupos de empreendimentos comparados.

- H18: há diferença significativa da distribuição de $PMP_{EAc\ 6}$ nos dois grupos de empreendimentos comparados.
- H19: há diferença significativa da distribuição de $PMP_{WEc\ 3.1}$ nos dois grupos de empreendimentos comparados.

Hipóteses em relação aos créditos binários selecionados e o tamanho dos empreendimentos:

- H20: há diferença significativa na distribuição dos valores de EQc 6.1 nos dois grupos de empreendimentos comparados.
- H21: há diferença significativa na distribuição dos valores de SSc 7.1 nos dois grupos de empreendimentos comparados.
- H22: há diferença significativa na distribuição dos valores de SSc 7.2 nos dois grupos de empreendimentos comparados.

Hipóteses em relação às categorias ambientais e os níveis de certificação LEED:

- H23: há diferença significativa da distribuição da PMP_{EA} entre os níveis de certificação.
- H24: há diferença significativa da distribuição da PMP_{EQ} entre os níveis de certificação.
- H25: há diferença significativa da distribuição da PMP_{SS} entre os níveis de certificação.
- H26: há diferença significativa da distribuição da PMP_{WE} entre os níveis de certificação.

Hipóteses em relação aos créditos multi-nível selecionados e os níveis de certificação LEED:

- H27: há diferença significativa da distribuição da $PMP_{EAc\ 1}$ entre os níveis de certificação.
- H28: há diferença significativa da distribuição da $PMP_{EAc\ 2}$ (ou $PMP_{EAc\ 4}$) entre os níveis de certificação.
- H29: há diferença significativa da distribuição da $PMP_{EAc\ 6}$ entre os níveis de certificação.
- H30: há diferença significativa da distribuição da $PMP_{WEc\ 3.1}$ entre os níveis de certificação.

Hipóteses em relação aos créditos binários e os níveis de certificação LEED:

- H31: há diferença significativa da distribuição dos valores de EQc 6.1 entre os níveis de certificação LEED.
- H32: há diferença significativa da distribuição dos valores de SSc 7.1 entre os níveis de certificação LEED.
- H33: há diferença significativa da distribuição dos valores de SSc 7.2 entre os níveis de certificação LEED.

5 Resultados e discussão

Primeiramente, neste capítulo, serão apresentadas as características gerais da amostra. Na sequência, algumas hipóteses levantadas com base nas análises iniciais do banco de dados estudado: é a estatística descritiva. Em seguida serão apresentados os resultados dos testes de normalidade, necessários para a escolha dos tipos de testes a serem realizados para aceitação ou rejeição de hipóteses.

Ao final, serão apresentados os resultados dos testes de correlações e de hipóteses.

Os dados apresentados são originários de análises feitas tanto nas planilhas Excel, quanto por meio do IBM SPSS *Statistics 25*.

5.1 Caracterização da amostra

A amostra deste estudo constitui-se, conforme já comentado anteriormente, de 296 empreendimentos espalhados por todo o território brasileiro; construídos sob as orientações do *Green Building Council* e com objetivos claros de alcançar algum nível da certificação LEED.

Há, portanto, informações numéricas que caracterizam essa amostra e que contribuem para sua melhor compreensão. Os dados podem ser observados por meio de três vieses, levando-se em conta a sua distribuição: com relação aos níveis de certificação, quanto às tipologias e no tocante ao tamanho (ou área) dos empreendimentos.

5.1.1 Quanto à distribuição dos níveis de certificação

A Figura 7 mostra como a quantidade de empreendimentos da amostra se distribui pelos níveis de certificação LEED.

É possível observar que, em território brasileiro, o acumulado de empreendimentos certificados entre os anos de 2009 e 2018 reafirma o que fora apontado por Todd *et al.* (2013), em relação a sua amostra internacional: o nível de maior concentração de empreendimentos é o nível *Gold*, seguido pelo nível *Silver* e *Certified*.

O nível *Platinum* permanece como o que tem menos exemplares, uma vez que é o de maior grau de dificuldade.

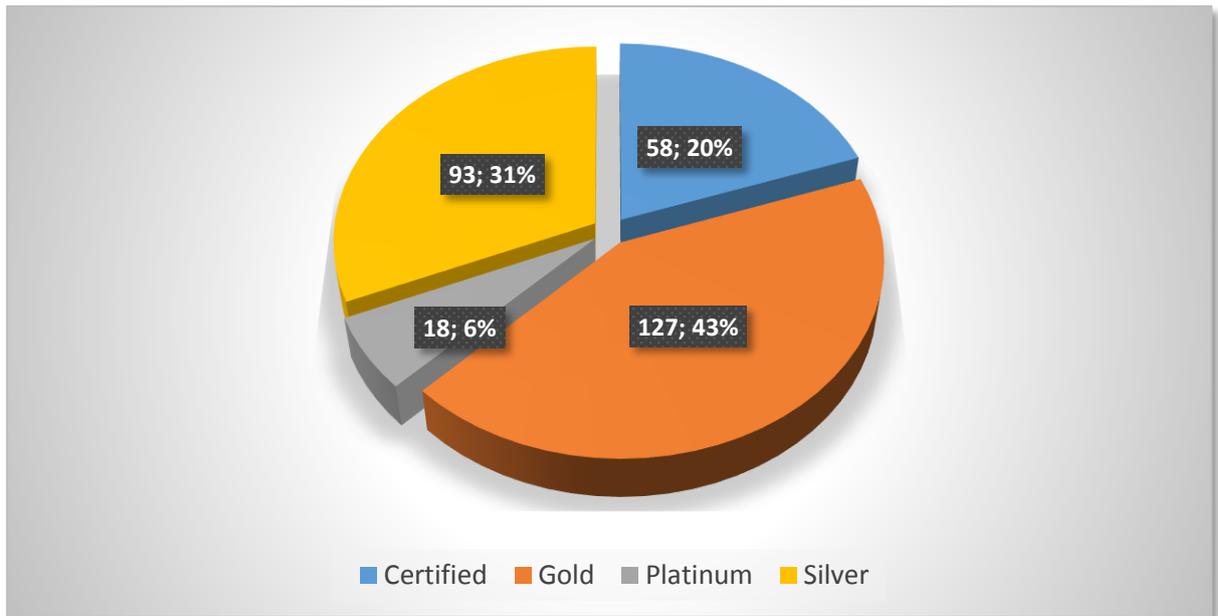


Figura 7. Quantidade de empreendimentos por nível de certificação LEED V.3.0
 Fonte: Dos próprios autores

5.1.2 Quanto à distribuição das tipologias LEED

Em relação à distribuição dos dados pelas tipologias LEED, a amostra manteve as características de todo o conjunto dos empreendimentos brasileiros, apresentada antes das filtragens de preparação da amostra (veja Figura 4 e Tabela 12): maior concentração de empreendimentos na tipologia LEED CS (*Core and Shell*), seguido por LEED NC e LEED EB_OM, respectivamente (Figura 8).

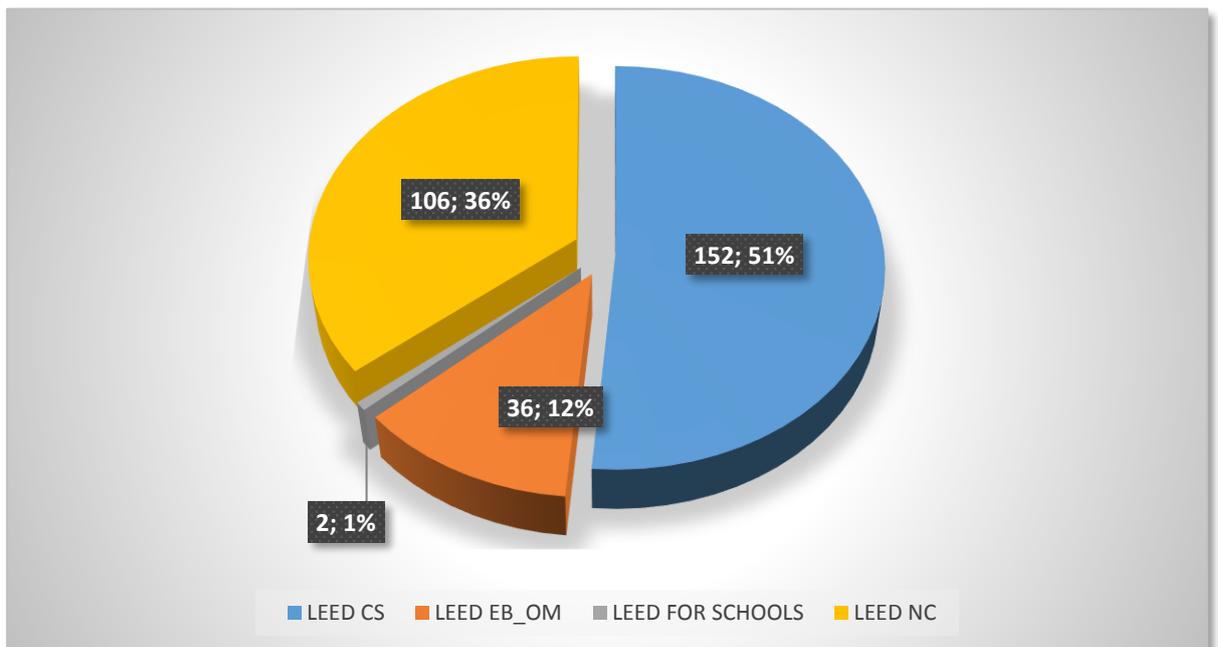


Figura 8. Quantidade de empreendimentos por tipologia LEED
 Fonte: Dos próprios autores

5.1.3 Quanto à distribuição de áreas dos empreendimentos

A maior concentração de empreendimentos, com relação à metragem quadrada, encontra-se entre 5.000m² e 35.000m², totalizando 176 empreendimentos, o que corresponde à 59,86% do total da amostra (Figura 9).

Outras características interessantes são:

- Somente 25 empreendimentos estão entre 50.001m² e 100.000m² (8,50%);
- Há somente 10 empreendimentos com área superior a 100.000m² (3,40%);
- Empreendimentos com área menor ou igual a 2.000m² representam 15,30%
- Entre 2.001m² e 5.000m² há apenas 19 empreendimentos (6,46%)
- Os 6,48% restantes têm empreendimentos com áreas entre 35.001m² e 50.000m².

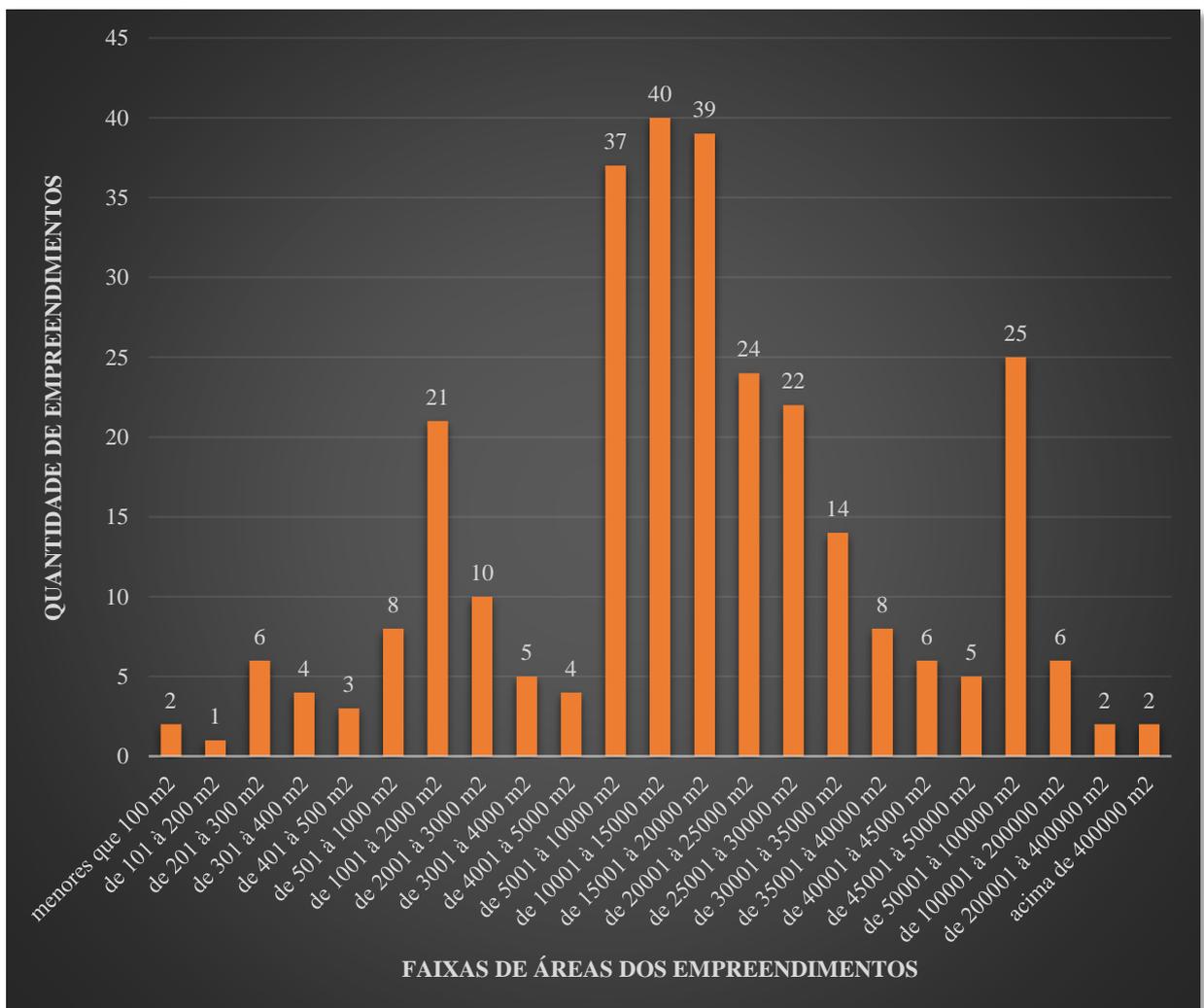


Figura 9. Quantidade de projetos por metragem quadrada

Fonte: Dos próprios autores

5.2 Estatística descritiva

Os valores das médias, medianas, modas e desvios-padrão das PMPs dos créditos e das áreas dos empreendimentos estão disponíveis nos Apêndices T, U, V, W, X e Y.

Diferentemente da distribuição da quantidade de empreendimentos por tipologias LEED, quando se observa a amostra, conforme caracterizada no item 5.1, em relação à porcentagem da categoria ambiental mais relevante, constata-se uma tendência que ocorre de forma semelhante, tanto em território brasileiro, quanto fora dele: a porcentagem de pontos atingidos na categoria de Energia e Atmosfera é maior no nível *Platinum*, seguida por *Gold* e *Silver*, em sequência.

Como a categoria Energia e Atmosfera, quando comparada com outras categorias, é a que mais contribui para o máximo de pontos disponíveis no sistema de certificação LEED (Gurgun & Arditi, 2018), é natural esperar-se que os empreendimentos com níveis mais altos de certificação tenham investido mais nesta categoria, afim de melhorarem suas pontuações.

A Figura 10 mostra as diferentes Porcentagens do Máximo de Pontos na categoria de Energia e Atmosfera (PMP_{EA}), organizadas pelos níveis de certificação.

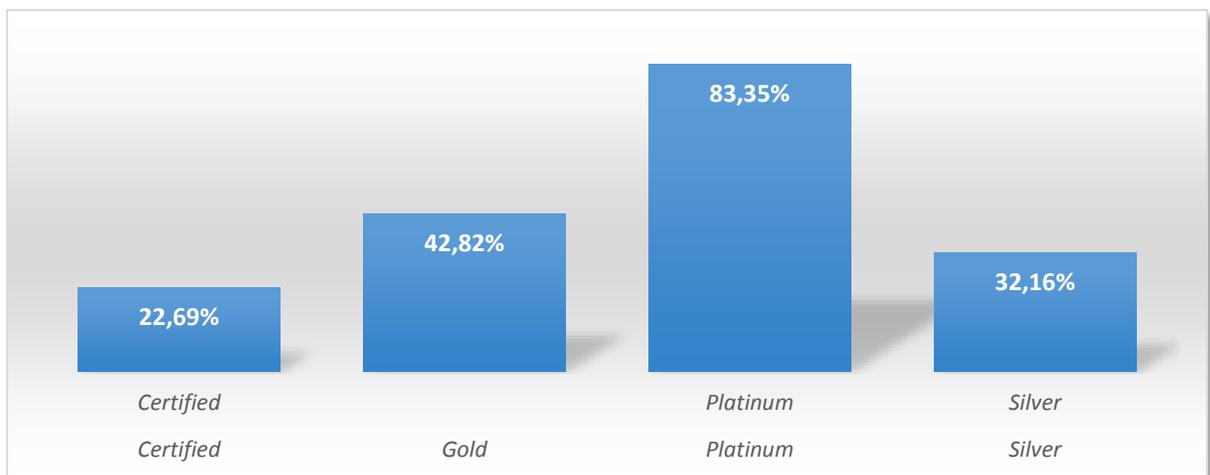


Figura 10. Média de PMP_{EA} por Nível de Certificação LEED V.3.0, no Brasil, até abril de 2018.

Fonte: Dos próprios autores

Em fevereiro de 2018, Gurgun e Arditi publicaram achados semelhantes a respeito de empreendimentos estudados nos Estados Unidos. Os autores utilizaram uma amostra composta por 1.500 edifícios espalhados pelo território americano e constataram que a média das pontuações alcançadas pelos créditos de Energia e Atmosfera, em sua amostra, era de 29,6 pontos, para o nível *Platinum*; em seguida, o nível *Gold* apresentou média de 17,9 pontos na

mesma categoria e, por último, o nível *Silver*, com média de 12,2 pontos (Gurgun & Arditi, 2018).

Semelhantemente, também, os créditos de Otimização do Desempenho Energético (EAc1) e Energia Renovável Local (EAc2) são os que mais geram pontos para Energia e Atmosfera, dentro das tipologias que comportam ambos os créditos.

No gráfico da Figura 11 pode-se observar que há grande concentração de pontos em créditos, tanto de EAc 1, quanto de EAc 2, nos empreendimentos que atingiram de 20 a 40 por cento do total de pontos da categoria e poucos são aqueles que pontuam, nos mesmos créditos, entre 80 e 100 por cento do total, por exemplo. Ou seja, a maior parte dos empreendimentos brasileiros que visam a certificação LEED investem em outros créditos na categoria de Energia e Atmosfera diferentes de EAc 1 e EAc 2.

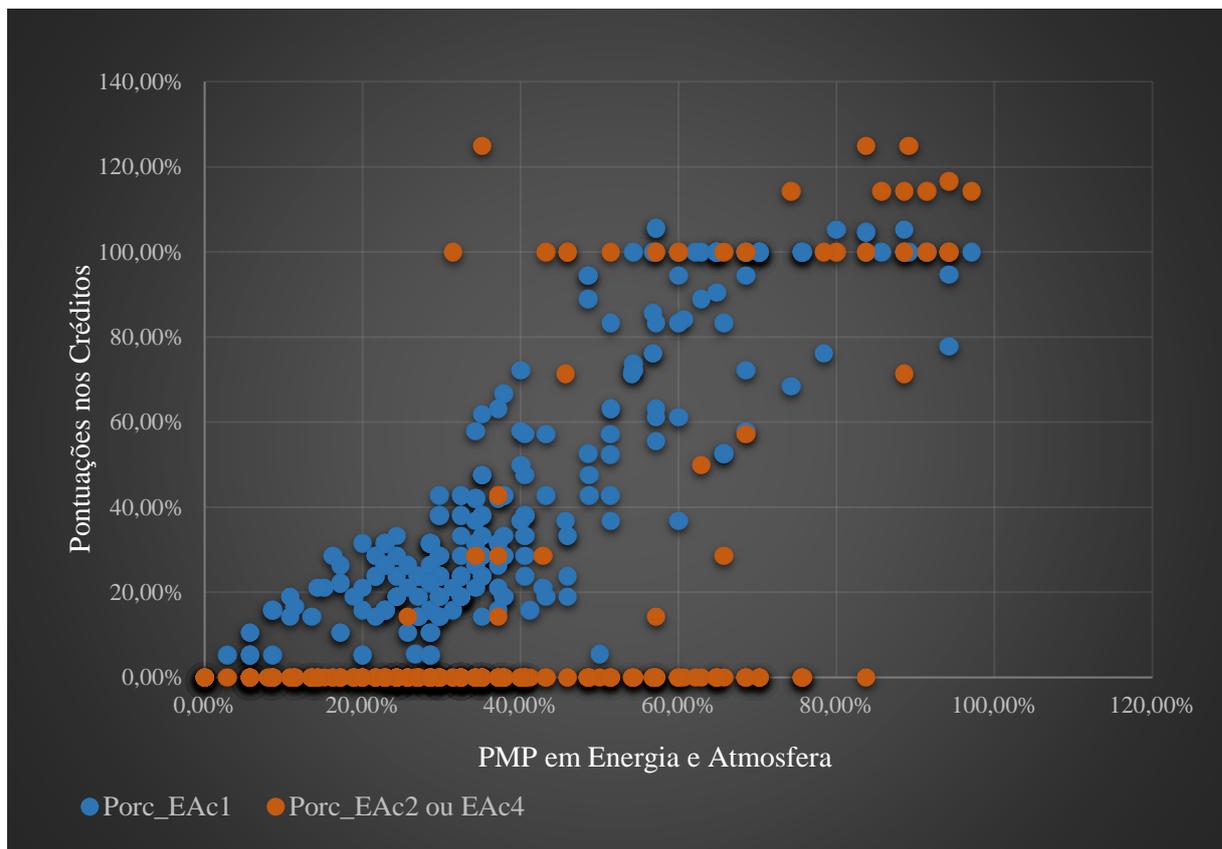


Figura 11. Gráfico de Dispersão – PMP_{EA} / Pontos nos créditos EAc1 e EAc2 (ou EAc 4).

Fonte: Dos próprios autores

Segundo Ma e Cheng, (2016), a característica comum no que diz respeito à obtenção de créditos de Energia e Atmosfera é que eles incorrem em custos de capital consideráveis, como a instalação de painéis solares (para EAc 2), pagamento de agentes ou serviços de

comissionamento (para EAc 3), instalação de sistemas de monitoração ou medição (para EAc 5) e compra de energia renovável (para EAc 6).

Isso sugere que, uma vez que gerentes de projetos tentam ganhar tantos créditos quanto possível dentro de restrições de orçamentos e recursos, eles acabam optando por pontuar nos créditos com menor custo de realização (Ma & Cheng, 2016).

Dos 296 empreendimentos brasileiros pesquisados, são exatamente 15 aqueles que atingiram a PMP_{EA} entre 80% e 100% e, a respeito deles, é possível observar que (Figura 12):

- 73% deles têm área certificada menor que 20.000 m²;
- 13% deles têm área certificada menor entre 50.000 m² e 100.000 m²;
- 14% deles têm área certificada acima de 100.000 m².

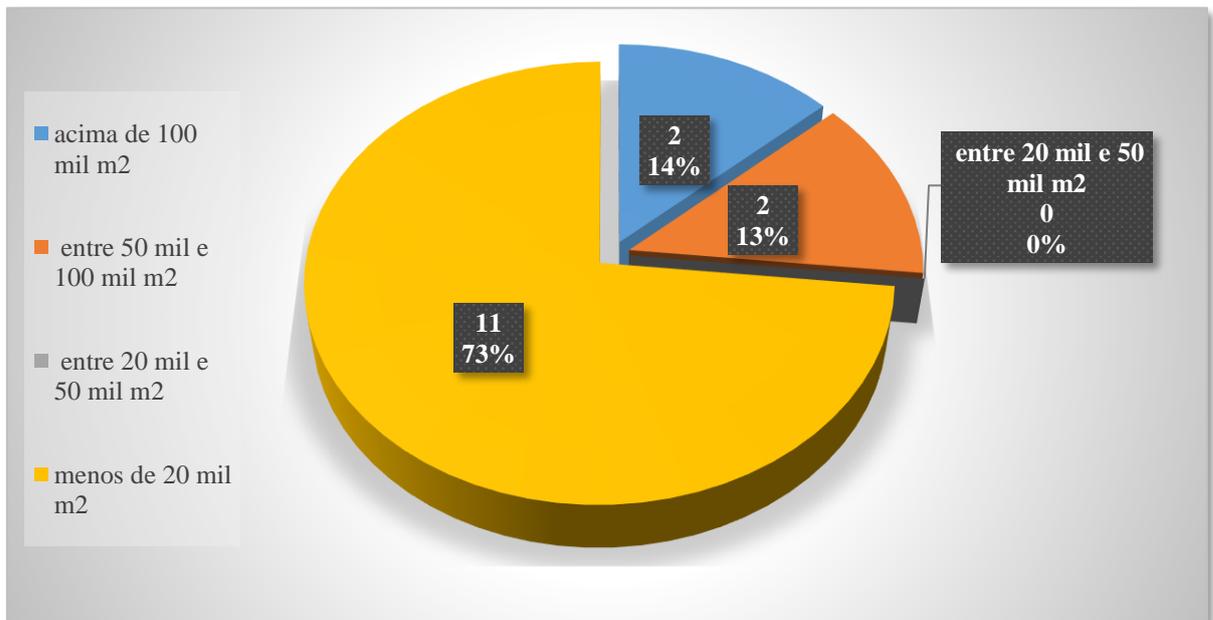


Figura 12. Os 15 empreendimentos com PMP_{EA} entre 80% e 100% / Áreas.

Fonte: Dos próprios autores

Diante dessa análise surge a hipótese interessante de que empreendimentos pequenos conseguem, por alguma razão ainda não estudada, investir na otimização do desempenho energético para elevar sua pontuação na categoria de Energia e Atmosfera, que, por sua vez, é a categoria que mais pontua no LEED, em comparação com a contribuição das outras categorias (Gurgun & Arditi, 2018; Illankoon, Tam, Le, & Shen, 2017), fazendo, portanto, com que esses empreendimentos alcancem níveis de certificação melhores.

Ainda ao se observar a Figura 11, outra informação parece ser relevante: a grande maioria dos empreendimentos brasileiros com PMP_{EA} abaixo de 80% não pontuaram nos

créditos EAc 2 ou EAc 4. Já em relação aos 15 empreendimentos com pontuação de PMP_{EA} entre 80% e 100%, 13 deles alcançaram 100%, ou mais, nos créditos EAc 2 ou EAc 4 (conforme a sua tipologia).

Pode parecer estranho que empreendimentos recebam pontuações acima de 100%, no entanto, isso ocorre porque projetos com desempenho exemplar em determinados créditos podem receber pontos adicionais como forma de incentivo e encorajamento para a integração do design à promoção de saúde, bem-estar humano e educação com foco em soluções sustentáveis (U. S. Green Building Council, 2009). Isso explica as porcentagens acima de 100% no gráfico da Figura 11, por exemplo.

Apenas um empreendimento alcançou 71,43% de $PMP_{EAc\ 2}$ e apenas um deles obteve 0%, o qual, embora tenha alcançado 100% na $PMP_{EAc\ 1}$, fez baixar a porcentagem total da categoria, PMP_{EA} , para 88,57%.

Portanto, outra hipótese que já se vislumbra aqui é a de que existe correlação significativa entre os créditos EAc 1 e EAc 2 ou EAc 4 (dependendo da tipologia). Possivelmente, o crédito EAc 1 pode ser alcançado por meio da ajuda de outros créditos que estão diretamente relacionados e que, uma vez atingidos, colaboram para a sua pontuação, conforme já ressaltado por Ma e Cheng (2016).

No caso de investimentos em fontes de energia renovável local (EAc 2 ou EAc 4), a correlação com EAc 1, nos empreendimentos brasileiros, ratifica o achado de Ma e Cheng (2014) com sua amostra composta somente de empreendimentos norte-americanos.

5.3 Testes de normalidade

O teste de normalidade foi feito para definir se a distribuição dos dados seria aderente à curva normal. Isso define os tipos de testes a serem realizados para aceitação ou rejeição de hipóteses, se paramétricos ou não-paramétricos.

O teste realizado foi o teste de Kolmogorov-Smirnov que, segundo Lopes *et al.* (2013), fornece o parâmetro “p”, ou significância, que “pode ser interpretado como a medida do grau de concordância entre os dados e a hipótese nula (H_0), sendo H_0 correspondente à distribuição Normal”. O valor de p assumido para rejeitar H_0 foi $p < 0,05$

A distribuição dos dados das PMPs das quatro categorias ambientais em análise é mostrada na Figura 13.

A hipótese nula foi rejeitada nas quatro categorias, portanto, os dados não se mostraram aderentes à normalidade.

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de PMP _{EA} é normal com média 38,07% e desvio padrão 20,542.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	5,819E-18 ¹	Rejeitar a hipótese nula.
2	A distribuição de PMP _{EQ} é normal com média 37,25% e desvio padrão 14,761.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	2,329E-12 ¹	Rejeitar a hipótese nula.
3	A distribuição de PMP _{SS} é normal com média 65,45% e desvio padrão 17,324.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	3,868E-5 ¹	Rejeitar a hipótese nula.
4	A distribuição de PMP _{WE} é normal com média 92,71% e desvio padrão 34,100.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	2,519E-20 ¹	Rejeitar a hipótese nula.

Figura 13. Resumo do Teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, para as PMPs das categorias selecionadas.

Nota: São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é 0,05. ¹ Lilliefors corrigido. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores

A distribuição dos dados das PMPs dos créditos multi-nível escolhidos para análise é mostrada na Figura 14.

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de PMP _{EAc1} é normal com média 38,59% e desvio padrão 32,464.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	8,228E-26 ¹	Rejeitar a hipótese nula.
2	A distribuição de PMP _{EAc2} ou EAc4 é normal com média 10,59% e desvio padrão 30,609.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	4,361E-223 ¹	Rejeitar a hipótese nula.
3	A distribuição de PMP _{EAc6} é normal com média 38,82% e desvio padrão 48,831.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	8,352E-117 ¹	Rejeitar a hipótese nula.
4	A distribuição de PMP _{WEc 3.1} é normal com média 97,08% e desvio padrão 43,033.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	1,331E-75 ¹	Rejeitar a hipótese nula.

Figura 14. Resumo do Teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, para as PMPs de créditos selecionados.

Nota: São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é 0,05. ¹ Lilliefors corrigido. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores

A hipótese nula foi rejeitada em todos os créditos, portanto, os dados não são aderentes à normalidade.

5.4 Testes de hipóteses

Essa seção trata dos resultados dos testes de hipóteses realizados por meio do software IBM SPSS *Statistics* 25. Primeiramente, serão apresentados os resultados de correlações de Spearman, acompanhados da discussão pertinente e exemplos de empreendimentos que ilustram a questão.

Na sequência, serão apresentados os testes de diferenças da distribuição dos dados, em relação às tipologias, ao tamanho e aos níveis de certificação LEED.

5.4.1 Teste de correlações

A Tabela 14 apresenta os resultados de r de Spearman para as correlações entre as PMPs das categorias ambientais; as PMPs dos créditos EAc 1, EAc 2 (ou EAc4), EAc 6 e WEc 3.1 e as áreas dos empreendimentos.

Tabela 14
Tabela de Correlações

rô de Spearman	Área M2	PMP_EA	PMP_EAc1	PMP_EAc2 ou EAc4	PMP_EAc6	PMP_EQ	PMP_SS	PMP_WE	PMP_WEc 3.1	
Área M2	Coef. de Correlação	1,000	,053	,033	-,142*	,031	,041	,030	-,047	-,116
	Significância (2 extr.)		,372	,575	,015	,623	,489	,613	,425	,063
	N	294	291	294	292	254	287	290	290	256
PMP_EA	Coef. de Correlação		1,000	,848**	,429**	,269**	,062	-,134*	-,009	-,042
	Significância (2 extr.)			,000	,000	,000	,297	,023	,883	,503
	N		292	292	291	255	288	291	291	257
PMP_EAc1	Coef. de Correlação			1,000	,259**	-,009	,024	-,204**	,031	,024
	Significância (2 extr.)				,000	,881	,681	,000	,593	,702
	N			296	294	255	288	291	291	257
PMP_	Coef. de Correlação				1,000	,106	,037	,084	,111	,145*

EAc2 ou EAc4	Significância (2 extr.)		,092	,537	,151	,058	,020
	N	294	255	287	290	290	257
PMP_ EAc6	Coef. de Correlação		1,000	,121	,201**	,012	-,042
	Significância (2 extr.)			,054	,001	,850	,501
	N		255	255	255	255	255
PMP_ EQ	Coef. de Correlação			1,000	,204**	-,031	-,168**
	Significância (2 extr.)				,000	,598	,007
	N			288	288	288	255
PMP_ SS	Coef. de Correlação				1,000	-,020	,016
	Significância (2 extr.)					,728	,803
	N				291	291	257
PMP_ WE	Coef. de Correlação					1,000	,744**
	Significância (2 extr.)						,000
	N					291	257
PMP_ WEc 3.1	Coef. de Correlação						1,000
	Significância (2 extr.)						
	N						257

Nota. * A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades); **A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades). Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Para a correlação entre $PMP_{EAc\ 1}$ e $PMP_{EAc\ 2}$ (ou $PMP_{EAc\ 4}$), o ρ de Spearman foi de 25,9%, com nível de significância menor que 0,01 (2 extremidades), indicando que, de fato, a hipótese inicial estava correta: existe uma correlação entre os créditos EAc 1 e EAc 2, ou EAc 4, podendo ocorrer nas tipologias LEED NC, LEED CS, ou LEED EB OM. Isso é um indício de que, de maneira geral, os empreendimentos que investem em um deles investem também no outro. Mais adiante, será demonstrado o estudo de eventuais diferenças nessas pontuações entre cada tipologia.

Com relação a hipótese de que empreendimentos brasileiros pequenos conseguem investir mais na otimização do desempenho energético, elevando, assim, sua pontuação na categoria de Energia e Atmosfera, também é possível ver, por meio do mesmo coeficiente de correlações de Spearman (Tabela 14), que a correlação entre área e $PMP_{EAc\ 2}$ (ou $PMP_{EAc\ 4}$) é significativa no nível 0,05 (2 extremidades), com $\rho = 14,2\%$ negativo, indicando que quanto menor a área, maior a pontuação. Esses pontos se referem ao uso de energias renováveis, como, por exemplo, a instalação de painéis solares para geração de energia elétrica.

Conforme já citado no item 5.2, a amostra contém 15 empreendimentos com PMP_{EA} entre 80% e 100% e que, também, investiram no crédito EAc 2 (ou EAc 4), com consequente impacto em EAc 1. Os seguintes empreendimentos são exemplos que podem confirmar as duas hipóteses associadas a este fato:

- **Edifício da Escola Profissionalizante SENAC (Curitiba/PR): LEED NC *Platinum*** – área certificada 1.750,39m² – o projeto utilizou diversas estratégias que, juntas, foram capazes de alcançar 31 pontos na categoria de Energia e Atmosfera ($PMP_{EA} = 88,57\%$), como, por exemplo automação de sistemas, máximo aproveitamento de iluminação natural nas salas de aula, proteção de fachadas com maior incidência de radiação solar e placas fotovoltaicas, na cobertura do edifício, que geram em torno de 40% da energia que é consumida na escola (*Green Building Council Brasil, 2017*).
- **Edifício da Creche Hassis da Prefeitura Municipal (Florianópolis/SC): LEED NC *Platinum*** – área certificada 1.207,83m² – a geração local de energia renovável foi uma das premissas do projeto, que além da eficiência energética, também focou na eficiência no uso da água. A potência instalada por energia renovável fotovoltaica é de 20,7Kwp, o que permite atender a demanda de consumo (*Green Building Council Brasil, 2017*). $PMP_{EA} = 91,43\%$.
- **GEO Energética Tamboara (Tamboara/PR): LEED NC *Gold*** – área certificada 99,59m² – é uma empresa que atua em processos para a produção de biogás a partir do reaproveitamento de resíduos da agroindústria. O projeto seguiu os princípios de sustentabilidade da empresa utilizando, inclusive, o biogás como fonte de energia renovável e conseguiu reduzir 100% o consumo de energia (*Green Building Council Brasil, 2017*). $PMP_{EA} = 80,00\%$.
- **Indústria Plasmetal (Londrina/PR): LEED NC *Platinum*** – área certificada 809,84m² – contou com estratégias importantes como farta iluminação natural, automação e especificação de equipamentos eficientes, geração de energia renovável local de 23,5MWh por ano, serviços de medição e verificação e comissionamento avançado. Tudo isso permitiu alcançar 33 pontos na categoria de Energia e Atmosfera ($PMP_{EA} = 97,14\%$), com redução de 100% do total de custos com energia (*Green Building Council Brasil, 2017*).
- **Estádio Governador Magalhães Pinto - Mineirão (Belo Horizonte/MG): LEED NC *Platinum*** – área certificada 50.344,99m² – possui uma Usina Solar

Fotovoltaica, com potência de 1,42MWp, com cerca de 6000 módulos fotovoltaicos de silício cristalino instalados na cobertura (*Green Building Council Brasil*, 2017).

$PMP_{EA} = 94,29\%$.

Com exceção do Mineirão, os outros exemplos citados que têm pequenas áreas e instalações de painéis fotovoltaicos, provavelmente se beneficiaram do fato de que a área disponível de cobertura seria capaz de prover a energia necessária para o tamanho do empreendimento. Isso sugere a hipótese de que, em se tratando da instalação de painéis fotovoltaicos, a área de cobertura disponível precisa ser compatível com o tamanho do empreendimento e a demanda de energia que ele irá ter. Ou seja, empreendimentos grandes, com grande verticalização e pouca área disponível para instalação de painéis fotovoltaicos provavelmente não conseguiriam alcançar melhores valores em EAc 1, caso mantivessem a estratégia dos painéis.

Para estes casos, EAc 2 poderia ser descartado, ou ficaria melhor ajustado se fossem utilizadas outras fontes de energia renovável, como o biogás, por exemplo.

Já o Estádio Mineirão, embora tenha grande área de projeto e, provavelmente grande demanda de energia, pôde contar com a eletricidade gerada pelos painéis fotovoltaicos devido a sua extensa área de cobertura.

O exemplo a seguir retrata bem essa situação:

- **São Paulo Corporate Towers (São Paulo/SP)** – área certificada 135.824,24m² – empreendimento bastante verticalizado, com pouca área de cobertura e que optou pela geração local de energia por meio de uma usina composta por quatro geradores de 2MW cada, sendo um a diesel e três a gás (*Green Building Council Brasil*, 2017). Embora a PMP_{EA} do empreendimento seja de 83,78%, ele não pontuou no crédito EAc 2, pelo fato de estar associado ao uso de energia de combustível fóssil. Segundo o *Green Building Council*, incentiva-se e reconhece-se o potencial de energia não-poluente e renovável, incluindo estratégias de energia solar, eólica, geotérmica, de baixo impacto, de biomassa e bio-gás (Council, 2009b).

5.4.2 Testes de diferenças entre tipologias de empreendimentos

Em função da facilidade ou dificuldade de atingir pontos, considerando os tipos de empreendimentos distintos, pode haver diferença de pontuação entre as tipologias estudadas.

O teste de escolha foi o Teste Kruskal-Wallis de Amostras Independentes, com comparação entre pares de tipologias.

As hipóteses a serem testadas, em relação às categorias ambientais, foram:

- H1: há diferença significativa da distribuição da PMP_{EA} nas quatro tipologias estudadas.
- H2: há diferença significativa da distribuição da PMP_{EQ} nas quatro tipologias estudadas.
- H3: há diferença significativa da distribuição da PMP_{SS} nas quatro tipologias estudadas.
- H4: há diferença significativa da distribuição da PMP_{WE} nas quatro tipologias estudadas.

Hipóteses a serem testadas, em relação aos créditos multi-nível selecionados:

- H5: há diferença significativa da distribuição da $PMP_{EAc 1}$ nas quatro tipologias estudadas.
- H6: há diferença significativa da distribuição da $PMP_{EAc 2}$ (ou $PMP_{EAc 4}$) nas quatro tipologias estudadas.
- H7: há diferença significativa da distribuição da $PMP_{EAc 6}$ nas quatro tipologias estudadas.
- H8: há diferença significativa da distribuição da $PMP_{WEc 3.1}$ nas quatro tipologias estudadas.

Quaisquer das hipóteses testadas, tendo o valor de p menor que 0,05, poderiam ser aceitas.

O resultado não apontou $p < 0,05$ somente para a Hipótese 3, mostrando que a distribuição da PMP_{SS} é a mesma entre as quatro tipologias estudadas.

Conforme se observa na Figura 15, as demais hipóteses colocadas acima puderam ser aceitas, indicando que a distribuição dos valores testados tem diferenças entre as quatro categorias ambientais.

Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
A distribuição de PMP_EA é a mesma entre as categorias de Tipologia LEED.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.
A distribuição de PMP_EAc1 é a mesma entre as categorias de Tipologia LEED.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.
A distribuição de PMP_EAc2 ou EAc4 é a mesma entre as categorias de Tipologia LEED.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,001	Rejeitar a hipótese nula.
A distribuição de PMP_EAc6 é a mesma entre as categorias de Tipologia LEED.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,014	Rejeitar a hipótese nula.
A distribuição de PMP_EQ é a mesma entre as categorias de Tipologia LEED.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.
A distribuição de PMP_SS é a mesma entre as categorias de Tipologia LEED.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,198	Reter a hipótese nula.
A distribuição de PMP_WE é a mesma entre as categorias de Tipologia LEED.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.
A distribuição de PMP_WEc 3.1 é a mesma entre as categorias de Tipologia LEED.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.

Figura 15. Resumo do teste de Kruskal-Wallis de amostras independentes, para as PMPs de categorias ambientais e PMPs de créditos multi-nível.

Nota: São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é 0,05. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

No caso específico da Hipótese 6, a diferença é significativa entre as tipologias LEED CS e LEED NC e não é significativa entre essas duas e a tipologia LEED EB OM, conforme se observa no gráfico da Figura 16. Considerando que a tipologia LEED EB OM é a única que possui o código EAc 4 para Energias Renováveis, pode-se inferir que a correlação apontada na

Tabela 14 ocorre preferencialmente entre a $PMP_{EAc 1}$ e a $PMP_{EAc 2}$, nas tipologias LEED CS e LEED NC.

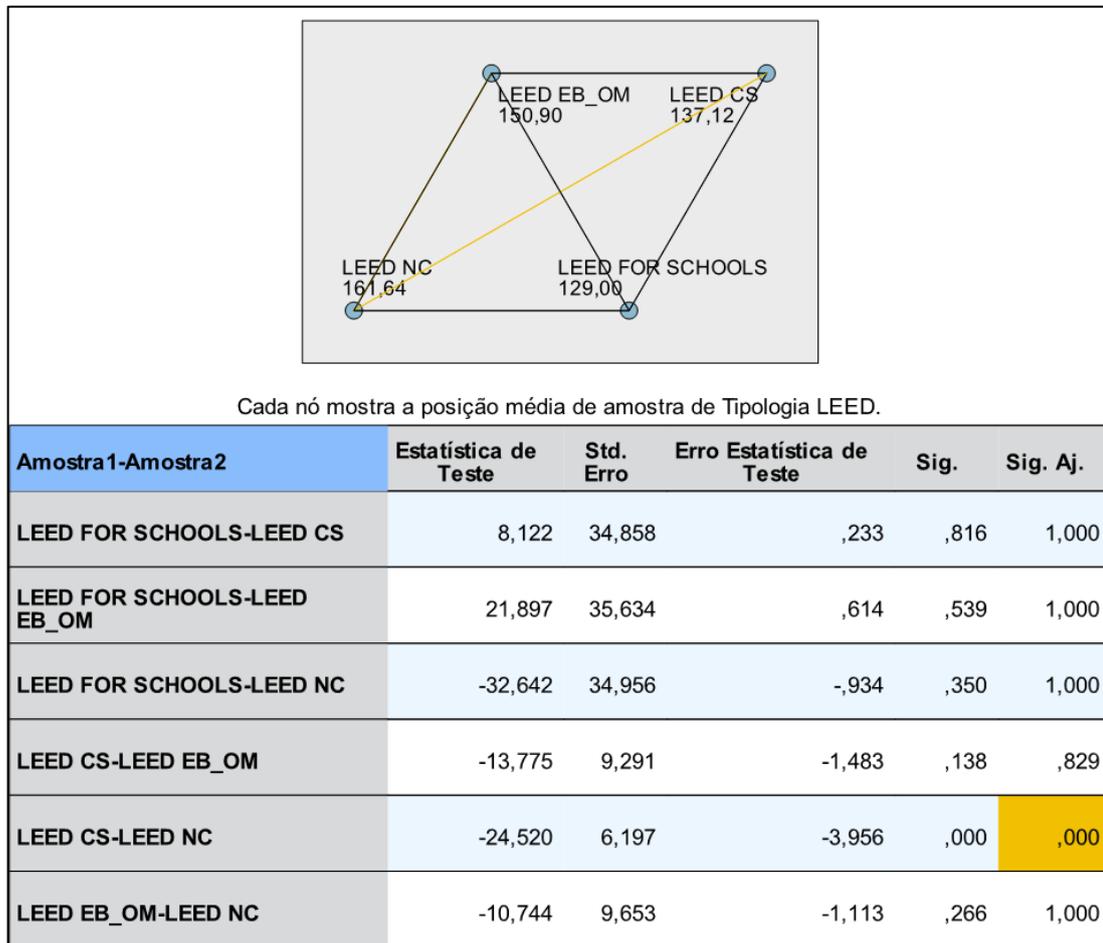


Figura 16. Comparação entre pares de tipologias LEED (teste de Kruskal-Wallis de amostras independentes), para a $PMP_{EAc 2}$ (ou $PMP_{EAc 4}$).

Nota: Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é 0,05. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Com relação aos créditos binários (resposta sim, ou não), foi utilizado o teste Qui-quadrado para testar as diferenças de distribuição dos dados entre as quatro categorias ambientais e os créditos EQc 6.1; SSc 7.1 e SSc7.2 (as tabelas de resultados desses testes estão disponíveis nos Apêndices).

As hipóteses testadas, em relação aos créditos binários selecionados, foram:

- H9: há diferença significativa da distribuição dos valores de EQc 6.1 nas quatro tipologias estudadas.
- H10: há diferença significativa da distribuição dos valores de SSc 7.1 nas quatro tipologias estudadas.

- H11: há diferença significativa da distribuição dos valores de SSc 7.2 nas quatro tipologias estudadas.

Sendo o valor de p menor que 0,05, quaisquer das hipóteses testadas podem ser aceitas.

Como resultado obteve-se $p < 0,05$ nas três hipóteses, mostrando que as diferenças da distribuição dos valores de EQc 6.1 (ver Apêndice E), SSc 7.1 (ver Apêndice H) e SSc 7.2 (ver Apêndice K) são significativas entre as tipologias estudadas.

5.4.3 Teste de diferenças em relação ao tamanho dos empreendimentos

O teste escolhido foi o teste U de Mann-Whitney de amostras independentes.

Hipóteses a serem testadas, em relação às categorias ambientais, levando-se em conta os dois grupos em que a amostra foi dividida (pequenos e grandes), conforme já descrito na Metodologia:

- H12: há diferença significativa da distribuição de PMP_{EA} nos dois grupos de empreendimentos comparados.
- H13: há diferença significativa da distribuição de PMP_{EQ} nos dois grupos de empreendimentos comparados.
- H14: há diferença significativa da distribuição de PMP_{SS} nos dois grupos de empreendimentos comparados.
- H15: há diferença significativa da distribuição de PMP_{WE} nos dois grupos de empreendimentos comparados.

Hipóteses a serem testadas, em relação aos créditos multi-nível selecionados:

- H16: há diferença significativa da distribuição de $PMP_{EAc\ 1}$ nos dois grupos de empreendimentos comparados.
- H17: há diferença significativa da distribuição de $PMP_{EAc\ 2}$ (ou $PMP_{EAc\ 4}$) nos dois grupos de empreendimentos comparados.
- H18: há diferença significativa da distribuição de $PMP_{EAc\ 6}$ nos dois grupos de empreendimentos comparados.
- H19: há diferença significativa da distribuição de $PMP_{WEc\ 3.1}$ nos dois grupos de empreendimentos comparados.

Sendo o valor de p (significância) menor que 0,05, quaisquer das hipóteses testadas podem ser aceitas.

Como resultado obteve-se $p < 0,05$ somente para a Hipótese 17, mostrando que a diferença da distribuição de $PMP_{EAc\ 2}$ (ou $PMP_{EAc\ 4}$) é significativa entre os dois grupos de empreendimentos.

Conforme se observa na Figura 17, as demais hipóteses descritas acima não puderam ser aceitas, indicando que a distribuição dos valores testados é igual entre as quatro categorias ambientais.

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de PMP_{EA} é a mesma entre as categorias de Grandes / Pequenos.	Teste U de Mann-Whitney de amostras independentes	,235	Reter a hipótese nula.
2	A distribuição de PMP_{EAc1} é a mesma entre as categorias de Grandes / Pequenos.	Teste U de Mann-Whitney de amostras independentes	,258	Reter a hipótese nula.
3	A distribuição de PMP_{EAc2} ou $EAc4$ é a mesma entre as categorias de Grandes / Pequenos.	Teste U de Mann-Whitney de amostras independentes	,019	Rejeitar a hipótese nula.
4	A distribuição de PMP_{EAc3} é a mesma entre as categorias de Grandes / Pequenos.	Teste U de Mann-Whitney de amostras independentes	,967	Reter a hipótese nula.
5	A distribuição de PMP_{EQ} é a mesma entre as categorias de Grandes / Pequenos.	Teste U de Mann-Whitney de amostras independentes	,412	Reter a hipótese nula.
6	A distribuição de PMP_{SS} é a mesma entre as categorias de Grandes / Pequenos.	Teste U de Mann-Whitney de amostras independentes	,620	Reter a hipótese nula.
7	A distribuição de PMP_{WE} é a mesma entre as categorias de Grandes / Pequenos.	Teste U de Mann-Whitney de amostras independentes	,983	Reter a hipótese nula.
8	A distribuição de $PMP_{WEc\ 3.1}$ é a mesma entre as categorias de Grandes / Pequenos.	Teste U de Mann-Whitney de amostras independentes	,098	Reter a hipótese nula.

Figura 17. Resumo do Teste U de Mann-Whitney, para as PMPs de categorias ambientais e PMPs de créditos multi-nível.

Nota: São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é 0,05. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Pelo gráfico da Figura 18 observa-se que a diferença está presente nos empreendimentos menores que 16.000m², com valores da PMP próximos de 100%, o que corrobora as duas hipóteses cogitadas inicialmente: no Brasil, empreendimentos pequenos conseguem investir mais na otimização do desempenho energético, provavelmente por meio de investimentos mais eficientes em fontes de energia renovável local.

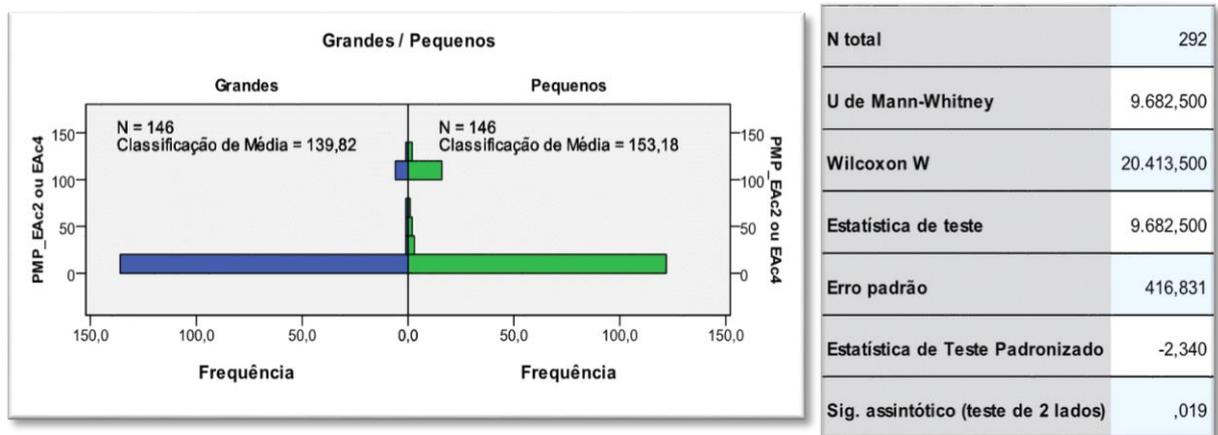


Figura 18. Resumo do Teste U de Mann-Whitney, para a $PMP_{EAc\ 2}$ (ou $PMP_{EAc\ 4}$).

Nota: São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é 0,05. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

O teste Qui-quadrado (não paramétrico) foi aplicado para identificar a significância estatística entre as duas categorias relacionadas ao tamanho dos empreendimentos e os valores dos créditos EQc 6.1; SSc 7.1 e SSc7.2, que são créditos binários (sim, ou não).

As hipóteses a serem testadas, em relação aos créditos binários selecionados, foram:

- H20: há diferença significativa na distribuição dos valores de EQc 6.1 nos dois grupos de empreendimentos comparados.
- H21: há diferença significativa na distribuição dos valores de SSc 7.1 nos dois grupos de empreendimentos comparados.
- H22: há diferença significativa na distribuição dos valores de SSc 7.2 nos dois grupos de empreendimentos comparados.

Sendo o valor de p menor que 0,05, quaisquer das hipóteses testadas podem ser aceitas.

Como resultado obteve-se $p < 0,05$ somente para a Hipótese 22, mostrando que a diferença dos valores de SSc 7.2 é significativa entre os dois grupos de empreendimentos.

As Tabelas 15 e 16 mostram os resultados do Teste Qui-Quadrado para o crédito SSc 7.2 (Controle do Efeito Ilha de Calor - em Coberturas).

Pode-se observar que 70,14% dos empreendimentos com menos de 16.000m² mostraram preocupações com o Controle do Efeito Ilha de Calor - em Coberturas e 51,39% dos empreendimentos grandes mostraram a mesma preocupação (as demais tabelas de resultados desses testes estão disponíveis nos Apêndices).

Tabela 15
Tabulação cruzada - Contagem

	Tamanho		Total	
	Pequenos	Grandes		
SSc 7.2	SIM	47	37	84
	NÃO	20	35	55
Total		67	72	139

Fonte: Extraído do software IBM SPSS 25, pelos próprios autores.

Tabela 16
Teste Qui-quadrado^c para o crédito SSc 7.2

	Valor	gl	Significância Assintótica (Bilateral)	Sig exata (2 lados)	Sig exata (1 lado)	Probabilidade de ponto
Qui-quadrado de Pearson	5,108 ^a	1	,024	,026	,018	
Correção de continuidade ^b	4,354	1	,037			
Razão de verossimilhança	5,157	1	,023	,026	,018	
Teste Exato de Fisher				,026	,018	
Associação Linear por Linear	5,071 ^d	1	,024	,026	,018	,011
N de Casos Válidos	139					

Notas: ^a 0 células (0,0%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é 26,51. ^b Computado apenas para uma tabela 2x2. ^c Para a tabulação cruzada 2x2, resultados exatos são fornecidos em vez dos resultados de Monte Carlo. ^d A estatística padronizada é 2,252. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

5.4.4 Teste de diferenças em relação aos níveis de certificação

O teste escolhido foi o teste Kruskal-Wallis de amostras independentes.

Hipóteses a serem testadas, em relação às categorias ambientais:

- H23: há diferença significativa da distribuição da PMP_{EA} entre os níveis de certificação.
- H24: há diferença significativa da distribuição da PMP_{EQ} entre os níveis de certificação.
- H25: há diferença significativa da distribuição da PMP_{SS} entre os níveis de certificação.
- H26: há diferença significativa da distribuição da PMP_{WE} entre os níveis de certificação.

Hipóteses a serem testadas, em relação aos créditos multi-nível selecionados:

- H27: há diferença significativa da distribuição da $PMP_{EAc\ 1}$ entre os níveis de certificação.
- H28: há diferença significativa da distribuição da $PMP_{EAc\ 2}$ (ou $PMP_{EAc\ 4}$) entre os níveis de certificação.
- H29: há diferença significativa da distribuição da $PMP_{EAc\ 6}$ entre os níveis de certificação.
- H30: há diferença significativa da distribuição da $PMP_{WEc\ 3.1}$ entre os níveis de certificação.

Sendo o valor de p (significância) menor que 0,05, quaisquer das hipóteses testadas podem ser aceitas.

Como resultado obteve-se $p < 0,05$ em todas as oito hipóteses testadas, conforme se observa na Figura 19, mostrando que há diferenças significativas na distribuição das PMPs entre os níveis de certificação LEED, tanto em relação às quatro categorias ambientais pesquisadas, quanto em relação aos créditos EAc 1, EAc 2 (ou EAc 4), EAc 6 e WEc 3.1.

Wu *et al.* (2017) também constataram essas diferenças em suas pesquisas. Segundo esses autores, o crédito EAc 2 (Energia Renovável Local), por exemplo, em sua amostra de 3.416 empreendimentos em diferentes países, estava entre os créditos menos adotados no nível *Certified*. Para o nível *Silver*, esperava-se que mais projetos obtivessem os créditos menos adotados no nível *Certified*, o que, no entanto, não ocorreu. E o mais significativo foi a constatação de que, nos empreendimentos *Gold* e *Platinum*, todos os créditos da categoria

ambiental de Energia e Atmosfera precisavam melhorar significativamente o seu desempenho (Wu *et al.*, 2017).

Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
A distribuição de PMP_EA é a mesma entre as categorias de Nível de Certificação.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.
A distribuição de PMP_EAc1 é a mesma entre as categorias de Nível de Certificação.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.
A distribuição de PMP_EAc2 ou EAc4 é a mesma entre as categorias de Nível de Certificação.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.
A distribuição de PMP_EAc6 é a mesma entre as categorias de Nível de Certificação.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.
A distribuição de PMP_EQ é a mesma entre as categorias de Nível de Certificação.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.
A distribuição de PMP_SS é a mesma entre as categorias de Nível de Certificação.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.
A distribuição de PMP_WE é a mesma entre as categorias de Nível de Certificação.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,000	Rejeitar a hipótese nula.
A distribuição de PMP_WEc 3.1 é a mesma entre as categorias de Nível de Certificação.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes	,004	Rejeitar a hipótese nula.

Figura 19. Resumo do teste de Kruskal-Wallis de amostras independentes, para as PMPs de categorias ambientais e PMPs de créditos multi-nível.

Nota: São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é 0,05. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Na amostra de empreendimentos brasileiros deste estudo, na categoria de Energia e Atmosfera também se esperava, em cada nível sucessivamente, um aumento nas pontuações dos créditos menos adotados. Ou seja, em se tratando do gráfico do Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes para a distribuição da PMP_{EA} , esperava-se que as medianas

apresentassem uma diferença capaz de representar um aumento sucessivo, com poucas discrepâncias entre os níveis, até chegar ao nível *Platinum*.

O gráfico da Figura 20, no entanto, apresenta leve diferença das medianas entre os níveis *Certified*, *Silver* e *Gold* e um grande distanciamento em relação ao nível *Platinum*. Isso pode ser um indício de que gestores de projetos em busca de um nível melhor para a certificação LEED precisem investir mais nos créditos menos adotados nos níveis imediatamente abaixo, em Energia e Atmosfera.

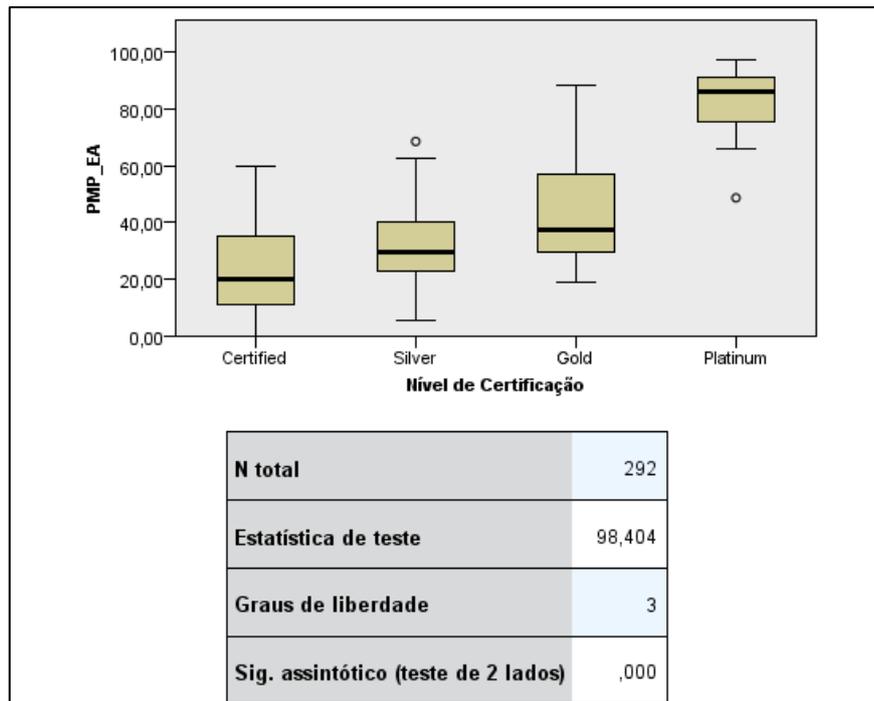


Figura 20. Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes para a PMP_{EA} .

Nota: O nível de significância é 0,05. A estatística de teste foi ajustada para empates. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Ainda nesta mesma categoria, quando se observa a saída de resultados do SPSS para as PMPs dos créditos multi-nível selecionados, no mesmo Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes, nota-se o seguinte:

- Grande distanciamento da $PMP_{EAc 1}$, no nível *Platinum* em relação aos outros três (Apêndice N);
- Os resultados para a $PMP_{EAc 2}$ (ou $PMP_{EAc 4}$) mostram poucos empreendimentos investindo em energia renovável local nos níveis *Certified*, *Silver* e *Gold*, sendo que, nesses três níveis, há tantos empreendimentos com pontuação 0, que o software chega a considerar como *outliers* os empreendimentos que pontuaram nesses créditos (Apêndice O). Isso confirma o que havia sido cogitado nas análises iniciais

da Estatística Descritiva: há poucos empreendimentos brasileiros investindo em energia renovável local, entre os níveis *Certified*, *Silver* e *Gold* e, por outro lado, o nível *Platinum* aparece como o que tem maior número de empreendimentos.

- Para as categorias ambientais Qualidade do Ambiente Interno (EQ), Local Sustentável (SS) e Uso Eficiente das Águas (WE), já se observa um aumento sucessivo das medianas, com poucas discrepâncias entre os níveis, até chegar ao nível *Platinum*. Esse resultado é mais próximo do esperado em relação a um crescente investimento nos créditos menos alcançados no nível imediatamente abaixo, de modo a alavancar a pontuação (Apêndice Q, R e S, respectivamente).

Em relação aos créditos binários, foi utilizado o teste Qui-quadrado para testar as diferenças de distribuição dos dados entre os níveis de certificação LEED (as tabelas de resultados desses testes estão disponíveis nos Apêndices).

As hipóteses testadas foram:

- H31: há diferença significativa da distribuição dos valores de EQc 6.1 entre os níveis de certificação LEED.
- H32: há diferença significativa da distribuição dos valores de SSc 7.1 entre os níveis de certificação LEED.
- H33: há diferença significativa da distribuição dos valores de SSc 7.2 entre os níveis de certificação LEED.

Sendo o valor de p menor que 0,05, quaisquer das hipóteses testadas podem ser aceitas.

Como resultado obteve-se $p < 0,05$ nas Hipóteses 31 e 33 apenas, indicando que as diferenças da distribuição dos valores de EQc 6.1 (ver Apêndice F) e SSc 7.2 (ver Apêndice L) são significativas entre os níveis de certificação LEED.

Fazendo-se, mais uma vez, uma comparação com a pesquisa realizada por Wu *et al.* (2017), o crédito SSc 7.2 (Controle do Efeito Ilha de Calor - em Coberturas), por exemplo, aparecia entre os mais adotados no nível *Certified* e já não aparecia da mesma maneira nos níveis acima (Wu *et al.*, 2017).

Já na amostra brasileira, 46,87% dos empreendimentos de nível *Certified* pontuaram em SSc 7.2. No nível *Silver* esse número aumenta para 54,23% dos empreendimentos. Em *Gold*, sobe para 75% e em *Platinum*, alcança 100% (Apêndice L).

Já no crédito EQ 6.1 (Controlabilidade dos Sistemas de Iluminação), por outro lado, os níveis *Certified*, *Silver* e *Gold* apresentaram números muito altos de empreendimentos que não cumpriram o crédito e apenas o nível *Platinum* apresentou resultados melhores, com 55,55% dos empreendimentos desse nível pontuando nesse crédito (Apêndice F).

5.5 Contribuições para a teoria

Os resultados encontrados no presente estudo confirmam o que se descobriu em algumas pesquisas realizadas anteriormente. Está de acordo, por exemplo, com os estudos de Le Guen *et al.* (2018), quando afirmaram que as ações realizadas no sentido de melhorar a eficiência energética dos edifícios e integrar as tecnologias de energia renovável são procedimentos de grande importância, sobretudo quando se pretende atender demandas maiores, como a construção de bairros ou, ainda, das próprias cidades.

Também corrobora os estudos de Todd *et al.* (2013), demonstrando que o nível de certificação LEED com maior concentração de empreendimentos é o nível *Gold*, seguido pelo nível *Silver* e depois *Certified*. O nível *Platinum* permanece como aquele com maior grau de dificuldade e o que tem menos exemplares.

Ratifica, também, os achados de Ma e Cheng (2014) e Ma e Cheng (2016): existe forte associação entre EAc 2 (Energia Renovável Local) e EAc 1 (Otimização do Desempenho Energético), o que, aliás, é algo bastante admissível, já que a economia gerada com a implementação de energia renovável local pode ajudar a ganhar pontos em EAc 1. No entanto, a obtenção desses créditos pode demandar custo adicional, boa gestão e design diferenciado, no sentido de driblar restrições de orçamentos e recursos.

A Tabela 17 apresenta um resumo das semelhanças encontradas em relação aos estudos anteriores.

Tabela 17
Resumo das contribuições para a teoria

Autores	Data	Observações importantes
Todd, J. A., Pyke, C., & Tufts, R.	2013	A amostra brasileira assemelha-se à destes autores, em relação ao nível de maior concentração de empreendimentos: o nível <i>Gold</i> aparece em primeiro lugar, seguido pelos níveis <i>Silver</i> , <i>Certified</i> e <i>Platinum</i> , nesta ordem.
Ma, J., & Cheng, J. C.	2014	Também apontaram para as associações entre créditos, como, por exemplo, a associação entre EAc 2 e EAc 1 (alta probabilidade) e entre MRc 1 e SSc 6.2.
Ma, J., & Cheng, J. C.	2016	Salientaram que créditos como EAc 1 (Otimização do Desempenho Energético) e EAc 2 (Energia Renovável Local) exigem muito esforço ou custo adicional para se atingir pontos mais altos.
Le Guen, M., Mosca, L., Perera, A. T. D., Coccolo, S., Mohajeri, N., & Scartezini, J. L.	2018	Salientaram três ações importantes na construção de bairros: <ul style="list-style-type: none"> • Melhorar a eficiência energética dos edifícios, • Integrar as tecnologias de energia renovável e • Modernizar os sistemas de energia distribuída

Fonte: Dos próprios autores

5.6 Contribuições para a prática

Levando-se em consideração o que é sugerido no crédito SSc 5.2 (Maximização de Espaços Abertos), onde é dito que empreendimentos com grandes áreas devem optar pela verticalização, reduzindo a projeção da área construída e/ou fornecendo espaços abertos com vegetação, dentro do limite do projeto e excedendo os requisitos de zoneamento local em 25% (Council, 2009) e, também, baseando-se nos achados deste trabalho, parece razoável pensar-se sobre alternativas para a implementação da instalação de painéis fotovoltaicos nas grandes fachadas envidraçadas dos empreendimentos, ganhando, assim, mais espaço para essas instalações do que suas próprias coberturas podem oferecer.

Seria, talvez, o caso de se utilizar Painéis Solares Integrados à Construção (*Building Integrated Photovoltaics* – BIPV), ou seja, fachadas inteiras, ou partes de fachadas, formadas por painéis solares, os quais podem substituir completamente algumas funções do edifício, como por exemplo, a função dos brises (sombreamento) (Benemann, Chehab & Schaar-Gabriel, 2001).

Esse é um exemplo de como gestores de projetos e arquitetos precisam estar atentos a associações entre créditos LEED, gerenciando o investimento e as alternativas de design em alguns deles, para pontuar, também, em outros que se relacionem aos primeiros.

Outra contribuição para gestores e desenvolvedores de projetos – de empreendimentos que estejam entre os níveis *Certified*, *Silver* e *Gold* e que, porventura, busquem recertificação para conquistar um nível melhor – são as seguintes recomendações:

- Devem investir em Energia Renovável Local e
- Em Controlabilidade dos Sistemas de Iluminação.

Essas são duas maneiras de diferenciarem-se da grande maioria dos empreendimentos, que não investe nesses créditos nos níveis mais baixos.

Grandes empreendimentos podem, também, implementar o Controle do Efeito Ilha de Calor – em Coberturas (SSc 7.2), assim como já o fazem em relação ao Controle do Efeito Ilha de Calor – no Solo (SSc 7.1) (Apêndice J). Irão beneficiar-se da correlação existente entre SSc 7.2 e EAc 1 (Ma & Cheng, 2016) e poderão elevar sua pontuação geral.

6 Conclusões

Este trabalho constituiu-se de uma pesquisa com abordagem positivista e quantitativa de um conjunto de dados secundários disponíveis, em parte, na plataforma *Green Building Information Gateway* (GBIG - www.gbig.org), que é um portal onde se pode visualizar algumas das informações referentes à pontuação de empreendimentos certificados pelo LEED e, também, em uma planilha EXCEL obtida junto aos Coordenadores Técnicos do *Green Building Council* Brasil, localizado na cidade de Barueri/SP.

Juntas, essas duas fontes forneceram subsídios para a composição da amostra que, após filtragens e organização dos dados, passou a conter informações de empreendimentos brasileiros certificados pelo LEED, na Versão 3.0, desde o lançamento dessa versão, em 2009, até abril de 2018.

Foi investigada a distribuição dos pontos percentuais alcançados em relação ao máximo de pontos possíveis, tanto em categorias ambientais (Energia e Atmosfera, Local Sustentável, Qualidade do Ambiente Interno e Eficiência no Uso das Águas), quanto em alguns créditos multi-nível selecionados, os quais são: EAc 1 (Otimização do Desempenho Energético), EAc 2 (Energia Renovável Local), EAc 6 (Energia Verde) e WEc 3.1 (Redução no Uso de Água Potável). Além disso, também foram investigadas as distribuições de pontuações em créditos binários, que são EQc 6.1 (Controlabilidade dos Sistemas de Iluminação), SSc 7.1 (Controle do Efeito Ilha de Calor - no Solo) e SSc 7.2 (Controle do Efeito Ilha de Calor - em Coberturas).

O desempenho dos empreendimentos foi verificado considerando-se três pontos de vista: o tamanho do empreendimento, o nível de certificação e a tipologia. Dentro desses três agrupamentos, analisou-se as porcentagens em relação ao máximo de pontos possíveis (PMP) e a pontuação nos créditos binários selecionados.

No tocante às alternativas para se conseguir otimização do desempenho energético, observou-se uma tendência de que empreendimentos pequenos obtenham mais pontuação relativa a energias renováveis que empreendimentos grandes, nas tipologias LEED CS (*Core and Shell*) e LEED NC (*New Construction*). Isso provavelmente ocorre porque empreendimentos pequenos conseguem atender à demanda de energia utilizando a área disponível de suas coberturas para a instalação de painéis solares.

A instalação desses painéis permite atender ao crédito EAc 2 (Energia Renovável Local) e, conseqüentemente otimizar o desempenho energético do empreendimento, aumentando,

assim, a pontuação em EAc 1 (Otimização do Desempenho Energético). Nesses casos, a área de cobertura disponível precisa ser compatível com o tamanho do empreendimento e a demanda de energia que ele irá ter. Ou seja, empreendimentos grandes, com grande verticalização e pouca área disponível para instalação de painéis fotovoltaicos provavelmente não conseguiriam alcançar melhores valores em EAc 1, caso mantivessem a estratégia dos painéis na cobertura.

Para situações como essa, EAc 2 poderia ser descartado, ou ficaria melhor ajustado se fossem utilizadas outras fontes de energia renovável, como o biogás, por exemplo.

É compreensível que, para alcançar pontuação no crédito SSc 5.2 (Maximização de Espaços Abertos), empreendimentos com grandes áreas optem pela verticalização, conforme é, inclusive, recomendado pelo próprio USGBC: “reduza a projeção da área construída e/ou forneça espaço aberto com vegetação dentro do limite do projeto, de tal forma que a quantidade de espaço aberto exceda os requisitos de zoneamento local em 25%” (Council, 2009e). Quando isso ocorre, no entanto, a área da cobertura não propicia espaço para instalação de painéis fotovoltaicos suficientes e essas torres passam a ter grandes áreas de fachadas, as quais, muito frequentemente, são envidraçadas.

Considerando-se outro achado deste estudo, o de que existe relação significativa entre os créditos EAc 1 e EAc 2, nas tipologias LEED NC e LEED CS em empreendimentos brasileiros e que, inclusive reforça o que já havia sido ressaltado por Ma e Cheng (2014), parece bem razoável que essas fachadas possam ser usadas para a colocação de painéis fotovoltaicos, voltando, assim, a pontuar, tanto em EAc 2, quanto em EAc 1.

Recomenda-se, ainda, aos gestores e desenvolvedores de projetos buscando recertificação para conquistar um nível melhor, que implementem ações relativas à energia renovável local e controlabilidade dos sistemas de iluminação. Além disso, grandes empreendimentos podem implementar o controle do efeito ilha de calor também em coberturas, além do que já fazem em relação ao efeito ilha de calor no solo.

6.1 Limitações e sugestões para futuros trabalhos

O trabalho realizado tem como uma de suas limitações importantes o fato de que somente recursos estatísticos de análise bivariada foram utilizados. A análise poderia ter sido mais rica caso fossem utilizados métodos multivariados, por exemplo a utilização da Análise de Similaridades (ANOSIM), que é um procedimento utilizado para determinar se as diferenças existentes entre grupos definidos à priori são significativas. Em seguida, a realização de um

Teste de Simper poderia indicar porque os grupos seriam diferentes (conforme sinalizado pela ANOSIM), ou quais variáveis teriam sido responsáveis pela formação dos grupos (Abilhoa, Vitule & Bornatowski, 2010; Bündchen, 2010). A limitação ocorreu devido ao tempo da trajetória acadêmica percorrida.

Essa outra alternativa metodológica também poderá ser tratada em trabalhos futuros, assim como os itens a seguir, relacionados ao mesmo tema:

- Relação entre os créditos SSc 5.2 (Maximização de Espaços Abertos) e EAc 2 (Energia Renovável Local) quanto à utilização de fachadas para geração de energia elétrica;
- Relação entre os créditos EAc 2/EAc 4 (Energia Renovável Local) com WEc 3.1 (Redução do Uso de Água Potável), conforme demonstrado neste estudo (Tabela 14), mas que não pôde ser mais aprofundado.
- Existem alguns empreendimentos que aparecem como "outliers", na análise estatística da categoria Energia e Atmosfera, considerando-se os níveis de certificação (Figura 20). Em um possível trabalho futuro, o desempenho desses empreendimentos poderia ser estudado, por meio, talvez, de entrevistas junto às empresas responsáveis pela auditoria e certificação/recertificação dos empreendimentos.

Referências

- Abilhoa, V., Vitule, J. R. S., & Bornatowski, H. (2010). Feeding ecology of *Rivulus luelingi* (Aplocheiloidei: Rivulidae) in a coastal Atlantic rainforest stream, southern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 8(4), 813-818.
- Benemann, J., Chehab, O., & Schaar-Gabriel, E. (2001). Building-integrated PV modules. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 67(1-4), 345-354.
- Bündchen, C. (2010). *Avaliação da distribuição da estatística R e nível descritivo amostral na Análise de Similaridade – ANOSIM: um estudo de caso do Projeto MAPEM*. (Monografia para obtenção do grau de Bacharel em Estatística). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Cidell, J. (2009). A political ecology of the built environment: LEED certification for green buildings. *Local Environment*, 14(7), 621-633.
- Cheng, J. C., & Ma, L. J. (2013). A study of the relationship between credits in the LEED-EB&OM green building rating system. *IACSIT Int. J. Eng. Technol*, 5(438), e442.
- Cotera, P. J. N. (2011). *A post-occupancy evaluation: to what degree do LEED certified buildings maintain their sustainable integrities over time?* (Doctoral dissertation), University of Florida.
- Council, U. G. B. (2009). LEED 2009 for commercial interiors rating system. *Washington, DC: US Green Building Council*.
- Council, U. G. B. (2009). LEED 2009 for core & shell development rating system. *Washington, DC: US Green Building Council*.
- Council, U. G. B. (2009). LEED 2009 for existing buildings operations and maintenance rating system. *Washington, DC: US Green Building Council*.
- Council, U. G. B. (2009). LEED 2009 for neighborhood development rating system. *Washington, DC: US Green Building Council*.
- Council, U. G. B. (2009). LEED 2009 for new construction and major renovations rating system. *Washington, DC: US Green Building Council*.
- Council, U. G. B. (2009). LEED 2009 for schools new construction and major renovations rating system. *Washington, DC: US Green Building Council*.
- Ferreira, J., Pinheiro, M. D., & Brito, J. (2012). Comparação das ferramentas nacionais de avaliação da sustentabilidade na construção com o BREEAM e o LEED - uma perspectiva energética. *Engenharia Civil Um, Braga*, 43, 5-27.
- Ferreira, J., Pinheiro, M., & Brito, J. (2012). Ponderação nos sistemas de avaliação da sustentabilidade na construção. *Congresso de Inovação na Construção Sustentável*.
- Garau, C., & Pavan, V. M. (2018). Evaluating urban quality: indicators and assessment tools for smart sustainable cities. *Sustainability*, 10(3), 575.

- Gibberd, J. (2001). The sustainable building assessment tool – assessing how buildings can support sustainability in developing countries. *Continental shift*, 11-14.
- Gillingham, K., Newell, R. G., & Palmer, K. (2009). Energy efficiency economics and policy. *Annu. Rev. Resour. Econ.*, 1(1), 597-620.
- Green Building Council Brasil (2017). Anuário GBC Brasil: construindo um futuro sustentável. *VibEditora*, 14 (4).
- Guerra, M. E. A., Lopes, A. F. A. (2015). Programa cidades sustentáveis: o uso de indicadores de sustentabilidade como critério de avaliação do ambiente urbano. *Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes*, 3(7).
- Gurgun, A. P., & Ardit, D. (2018). Assessment of Energy Credits in LEED-Certified Buildings Based on Certification Levels and Project Ownerships. *Buildings*, 8(2), 29.
- Hernandes, T. Z. (2006). *LEED-NC como sistema de avaliação de sustentabilidade: uma perspectiva nacional?* (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo.
- IBM Corporation (2017). IBM SPSS Statistics Versão 25. *IBM Corp.*, s.l.: s.n.
- Illankoon, I. C. S., Tam, V. W., Le, K. N., & Shen, L. (2017). Key credit criteria among international green building rating tools. *Journal of cleaner production*, 164, 209-220.
- Le Guen, M., Mosca, L., Perera, A. T. D., Coccolo, S., Mohajeri, N., & Scartezini, J. L. (2018). Improving the energy sustainability of a Swiss village through building renovation and renewable energy integration. *Energy and Buildings*, 158, 906-923.
- Loesch, C., & Hoeltgebaum, M. (2017). Métodos estatísticos multivariados. *Editores Saraiva*.
- Lopes, M. M., Branco, V. T. F. C., & Soares, J. B. (2013). Utilização dos testes estatísticos de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk para verificação da normalidade para materiais de pavimentação. *Transportes*, 21(1), 59-66.
- Ma, J., & Cheng, J. C. (2014). Analysis of the related credits in LEED green building rating system using data mining techniques. In *Computing in Civil and Building Engineering* (2014) (pp. 1917-1924).
- Ma, J., & Cheng, J. C. (2016). Data-driven study on the achievement of LEED credits using percentage of average score and association rule analysis. *Building and Environment*, 98, 121-132.
- Martins, G. A., & Theóphilo, C. R. (2009). Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. São Paulo: *Atlas*.
- Ministério de Minas e Energia (2018). Balanço energético nacional 2018 - relatório final. *Empresa de Pesquisa Energética*.
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., González, R., & Maestre, I. R. (2009). A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes. *Energy and Buildings*, 41(3), 272-278.

- Reposa Jr, J. H. (2009). Comparison of USGBC LEED for homes and the NAHB National Green Building Program. *International Journal of Construction Education and Research*, 5(2), 108-120.
- Stefanuto, Á. P. O., & Henkes, J. A. (2012). Critérios para obtenção da certificação LEED: um estudo de caso no Supermercado Pão de Açúcar em Indaiatuba/SP. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 1(2), 282-332.
- Silva, D., Lopes, E. & Junior, S. (2014). Pesquisa Quantitativa: Elementos, Paradigmas e Definições. *Revista de Gestão e Secretariado*. 05. 01-18.
- Silva, D. & Simon, F. O. (2005). Abordagem quantitativa de análise de dados de pesquisa: construção e validação de escala de atitude. *Cadernos do CERU*, 2(16), 11-27.
- Tam, V. W., Karimipour, H., Le, K. N., & Wang, J. (2018). Green neighbourhood: Review on the international assessment systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 689-699.
- Todd, J. A., Pyke, C., & Tufts, R. (2013). Implications of trends in LEED usage: rating system design and market transformation. *Building Research & Information*, 41(4), 384-400.
- U. S. Green Building Council (2009). Innovation. [Online] Disponível em: <https://www.usgbc.org/credits/id1> [Acesso em março 2019].
- U. S. Green Building Council (2018). LEED. [Online] Disponível em: <https://new.usgbc.org/leed> [Acesso em 09 dezembro 2018].
- Wu, P., Mao, C., Wang, J., Song, Y., & Wang, X. (2016). A decade review of the credits obtained by LEED v2.2 certified green building projects. *Building and Environment*, 102, 167-178.
- Wu, P., Song, Y., Shou, W., Chi, H., Chong, H. Y., & Sutrisna, M. (2017). A comprehensive analysis of the credits obtained by LEED 2009 certified green buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 370-379.
- Zheng, G., Jing, Y., Huang, H., Zhang, X., & Gao, Y. (2009). Application of life cycle assessment (LCA) and extenics theory for building energy conservation assessment. *Energy*, 34(11), 1870-1879.
- Zimmerman, A., & Kibert, C. J. (2007). Informing LEED's next generation with The Natural Step. *Building Research & Information*, 35(6), 681-689.

Apêndice A - Lista de créditos no LEED Versão 3.0

Código do Crédito	Pontuação	Atributo de Crédito	LEED NC	LEED EB OM	LEED CI	LEED CS	LEED ND	LEED for Homes	LEED for Schools
Sustainable Sites (SS)									
SSc 1	1	<i>binary</i>	X			X			X
	1 - 5	<i>Multi nível</i>			X				
	4	<i>Multi nível</i>		X					
SSc 2	4	<i>binary</i>							X
	5	<i>binary</i>	X			X			
	6	<i>binary</i>			X				
SSc 3	1	<i>binary</i>		X					
	1	<i>binary</i>	X			X			X
	1	<i>binary</i>		X					
SSc 3.1	6	<i>binary</i>			X				
SSc 3.2	2	<i>binary</i>			X				
SSc 3.3	2	<i>binary</i>			X				
SSc 4	3 - 15	<i>Multi nível</i>		X					
SSc 4.1	4	<i>binary</i>							X
	6	<i>binary</i>	X			X			
SSc 4.2	1	<i>binary</i>	X						X
	2	<i>binary</i>				X			
SSc 4.3	3	<i>binary</i>	X			X			
	2	<i>binary</i>							X
SSc 4.4	2	<i>binary</i>	X			X			X
SSc 5	1	<i>binary</i>		X					
SSc 5.1	1	<i>binary</i>	X			X			X

SSc 5.2	<i>Site Development - Maximize Open Space</i>	1	binary	X			X			X
SSc 6	<i>Stormwater Quantity Control</i>	1	binary		X					
SSc 6.1	<i>Stormwater Design - Quantity Control</i>	1	binary	X			X			X
SSc 6.2	<i>Stormwater Design - Quality Control</i>	1	binary	X			X			X
SSc 7.1	<i>Heat Island Effect - Non-roof</i>	1	binary	X	X		X			X
SSc 7.2	<i>Heat Island Effect - Roof</i>	1	binary	X	X		X			X
SSc 8	<i>Light Pollution Reduction</i>	1	binary	X	X		X			X
SSc 9	<i>Site Master Plan</i>	1	binary							X
	<i>Tenant Design and Construction Guidelines</i>	1	binary				X			
SSc 10	<i>Joint Use of Facilities</i>	1	binary							X
Código do Crédito		Pontuação	Atributo de Crédito	LEED NC	LEED EB OM	LEED CI	LEED CS	LEED ND	LEED for Homes	LEED for Schools
WEc 1	<i>Water Efficient Landscaping</i>	2 - 4	Multi nível	X			X			X
	<i>Water Performance Measurement</i>	1 - 2	Multi nível		X					
	<i>Water Use Reduction</i>	6 - 11	Multi nível			X				
WEc 2	<i>Innovative Wastewater Technologies</i>	2	binary	X			X			X
	<i>Additional Indoor Plumbing Fixture and Fitting Efficiency</i>	1 - 5	Multi nível		X					
WEc 3	<i>Water Use Reduction</i>	2 - 4	Multi nível	X		X	X			X
	<i>Water Efficient Landscaping</i>	1 - 5	Multi nível		X					
WEc 4	<i>Process Water Use Reduction</i>	1	binary							X
WEc 4.1	<i>Cooling Tower Water Management - Chemical Management</i>	1	binary		X					
WEc 4.2	<i>Cooling Tower Water Management - Nonpotable Water Source Use</i>	1	binary		X					

Energy and Atmosphere (EA)						
EAc 1	<i>Optimize Energy Performance</i>	1 - 19	<i>Multi nivel</i>	X		X
		1 - 18	<i>Multi nivel</i>		X	
		3 - 21	<i>Multi nivel</i>			X
EAc 1.1	<i>Optimize Energy Performance – Lighting Power</i>	1 - 5	<i>Multi nivel</i>		X	
EAc 1.2	<i>Optimize Energy Performance – Lighting Controls</i>	1 - 3	<i>Multi nivel</i>		X	
EAc 1.3	<i>Optimize Energy Performance – HVAC</i>	5 - 10	<i>Multi nivel</i>		X	
EAc 1.4	<i>Optimize Energy Performance – Equipmente and Appliances</i>	1 - 4	<i>Multi nivel</i>		X	
EAc 2	<i>Enhanced Commissioning</i>	5	<i>binary</i>		X	
	<i>On-Site Renewable Energy</i>	1 - 7	<i>Multi nivel</i>	X		X
		4	<i>Multi nivel</i>			X
EAc 4		1 - 6	<i>Multi nivel</i>		X	
EAc 2.1	<i>Enhanced Commissioning – Investigation and Analysis</i>	2	<i>binary</i>		X	
EAc 2.2	<i>Enhanced Commissioning – Implementation</i>	2	<i>binary</i>		X	
EAc 2.3	<i>Enhanced Commissioning – Ongoing Commissioning</i>	2	<i>binary</i>		X	
EAc 3	<i>Enhanced Commissioning</i>	2	<i>binary</i>	X		X
	<i>Measurement and Verification</i>	2 - 5	<i>Multi nivel</i>		X	
EAc 3.1	<i>Performance Measurement— Building Automation System</i>	1	<i>binary</i>		X	
EAc 3.2	<i>Performance Measurement— System Level Metering</i>	1 - 2	<i>Multi nivel</i>		X	
EAc 4	<i>Enhanced Management Refrigerant</i>	2	<i>binary</i>	X	X	X
		1	<i>binary</i>			X
	<i>Green Power</i>	5	<i>binary</i>		X	

EAc 5	<i>Measurement and Verification</i>		3	<i>binary</i>	X						
			2	<i>binary</i>							X
	<i>Enhanced Management</i>	<i>Refrigerant</i>	1	<i>binary</i>		X					
EAc 5.1	<i>Measurement and Verification – Base Building</i>		3	<i>binary</i>					X		
EAc 5.2	<i>Measurement and Verification – Tenant Submetering</i>		3	<i>binary</i>					X		
EAc 6	<i>Emissions Reporting</i>	<i>Reduction</i>	1	<i>binary</i>		X					
	<i>Green Power</i>		2	<i>binary</i>	X				X		X
Código do Crédito			Pontuação	Atributo de Crédito	LEED NC	LEED EB OM	LEED CI	LEED CS	LEED ND	LEED for Homes	LEED for Schools
Materials and Resources (MR)											
MRc 1	<i>Building Reuse - Maintain Existing Walls, Floors, and Roof</i>		1 - 5	<i>Multi nível</i>				X			
	<i>Sustainable Purchasing—Ongoing Consumables</i>		1	<i>binary</i>		X					
MRc 1.1	<i>Building Reuse - Maintain Existing Walls, Floors, and Roof</i>		1 - 3	<i>Multi nível</i>	X						
			1 - 2	<i>Multi nível</i>							X
	<i>Tenant Space – Long-term Commitment</i>		1	<i>binary</i>			X				
MRc 1.2	<i>Building Reuse - Maintain 50% of Interior Non-Structural Elements</i>		1	<i>binary</i>	X						
	<i>Building Reuse - Maintain Existing Interior Non-Structural Elements</i>		1	<i>binary</i>	X						X
	<i>Building Reuse - Maintain Interior Non-Structural Components</i>		1 - 2	<i>Multi nível</i>			X				
MRc 2	<i>Construction Management</i>	<i>Waste</i>	1 - 2	<i>Multi nível</i>	X		X	X			X
MRc 2.1	<i>Sustainable Electric-Powered Equipment</i>	<i>Purchasing—</i>	1	<i>binary</i>		X					
MRc 2.1	<i>Sustainable Furniture</i>	<i>Purchasing—</i>	1	<i>binary</i>		X					
MRc 3	<i>Sustainable Facility Additions</i>	<i>Purchasing— and</i>	1	<i>binary</i>		X					

EQc 1.5	<i>Indoor Air Quality Best Management Practices—Indoor Air Quality Management for Facility Alterations and Additions 1</i>	1	binary		X			
EQc 2	<i>Increased Ventilation</i>	1	binary	X		X	X	X
EQc 2.1	<i>Occupant Comfort—Occupant Survey</i>	1	binary		X			
EQc 2.2	<i>Controllability of Systems—Lighting</i>	1	binary		X			
EQc 2.3	<i>Occupant Comfort—Thermal Comfort Monitoring</i>	1	binary		X			
EQc 2.4	<i>Daylight and Views</i>	1	binary		X			
EQc 3	<i>Construction IAQ Management Plan - During Construction</i>	1	binary				X	
EQc 3.1	<i>Construction IAQ Management Plan - During Construction</i>	1	binary	X		X		X
	<i>Green Cleaning—High Performance Cleaning Program</i>	1	binary		X			
EQc 3.2	<i>Construction IAQ Management Plan - Before Occupancy</i>	1	binary	X		X		X
	<i>Green Cleaning—Custodial Effectiveness Assessment</i>	1	binary		X			
EQc 3.3	<i>Green Cleaning—Purchase of Sustainable Cleaning Products and Materials</i>	1	binary		X			
EQc 3.4	<i>Green Cleaning—Sustainable Cleaning Equipment</i>	1	binary		X			
EQc 3.5	<i>Green Cleaning—Indoor Chemical and Pollutant Source Control</i>	1	binary		X			
EQc 3.6	<i>Green Cleaning—Indoor Integrated Pest Management</i>	1	binary		X			
EQc 4	<i>Low-Emitting Materials</i>	1 - 2	Multi nivel					X
EQc 4.1	<i>Low-Emitting Materials - Adhesives and Sealants</i>	1	binary	X		X	X	
EQc 4.2	<i>Low-Emitting Materials - Paints and Coatings</i>	1	binary	X		X	X	
EQc 4.3	<i>Low-Emitting Materials - Flooring Systems</i>	1	binary	X		X	X	
EQc 4.4	<i>Low-Emitting Materials - Composite Wood and Agrifiber Products</i>	1	binary	X		X	X	
EQc 4.5	<i>Low-Emitting Materials - Systems Furniture and Seating</i>	1	binary			X		

EQc 5	<i>Indoor Chemical and Pollutant Source Control</i>	1	<i>binary</i>	X		X	X			X
EQc 6	<i>Controllability of Systems - Thermal Comfort</i>	1	<i>binary</i>				X			
EQc 6.1	<i>Controllability of Systems - Lighting</i>	1	<i>binary</i>	X		X				X
EQc 6.2	<i>Controllability of Systems - Thermal Comfort</i>	1	<i>binary</i>	X		X				X
EQc 7	<i>Thermal Comfort - Design</i>	1	<i>binary</i>				X			
EQc 7.1	<i>Thermal Comfort - Design</i>	1	<i>binary</i>	X		X				X
EQc 7.2	<i>Thermal Comfort - Verification</i>	1	<i>binary</i>	X		X				X
EQc 8.1	<i>Daylight and Views - Daylight</i>	1 - 3	<i>Multi nível</i>							X
		1	<i>binary</i>	X		X	X			
EQc 8.2	<i>Daylight and Views - Views</i>	1	<i>binary</i>	X		X	X			X
EQc 9	<i>Enhanced Acoustical Performance</i>	1	<i>binary</i>							X
EQc 9	<i>Mold Prevention</i>	1	<i>binary</i>							X
Código do Crédito		Pontuação	Atributo de Crédito	LEED NC	LEED EB OM	LEED CI	LEED CS	LEED ND	LEED for Homes	LEED for Schools
Innovation in Design (ID)										
IDc 1	<i>Innovation in Design</i>	1 - 5	<i>others</i>	X		X	X			
		1 - 4	<i>others</i>							X
IDc 2	<i>LEED Accredited Professional</i>	1	<i>binary</i>	X		X	X			X
IDc 3	<i>The School as a Teaching Tool</i>									X
Innovation in Operations (IO)										
IOc 1	<i>Innovation in Operations</i>	1 - 4	<i>Multi nível</i>		X					
IOc 2	<i>LEED Accredited Professional</i>	1	<i>binary</i>		X					
IOc 3	<i>Documenting Sustainable Building Cost Impacts</i>	1	<i>binary</i>		X					
Regional Priority (RP)										
RPc 1	<i>Regional Priority: Specific Credit</i>	1 - 4	<i>others</i>	X	X	X	X	X		X

Fonte: Adaptado de U. S. Green Building Council (2018).

Apêndice B – Resumo do Teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão		Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de Estado é normal com média 112,4 e desvio padrão 4,655.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	1,114E-63 ¹	Rejeitar a hipótese nula.	11	A distribuição de PMP_EAc6 é normal com média 38,82% e desvio padrão 48,831.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	8,352E-117 ¹	Rejeitar a hipótese nula.
2	A distribuição de Área M2 é normal com média 27,173,098834 e desvio padrão 53.749,218.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	7,750E-79 ¹	Rejeitar a hipótese nula.	12	A distribuição de Pontuação Máxima em EQ é normal com média 13,486111111111110 e desvio padrão 1,625.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	1,409E-95 ¹	Rejeitar a hipótese nula.
3	A distribuição de Nível de Certificação é normal com média 11,4 e desvio padrão 0,863.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	2,547E-57 ¹	Rejeitar a hipótese nula.	13	A distribuição de Total de pontos em EQ é normal com média 4,972222222222220 e desvio padrão 2,014.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	6,208E-16 ¹	Rejeitar a hipótese nula.
4	A distribuição de Uso é normal com média 25,1 e desvio padrão 3,379.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	4,524E-133 ¹	Rejeitar a hipótese nula.	14	A distribuição de PMP_EQ é normal com média 37,25% e desvio padrão 14,761.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	2,329E-12 ¹	Rejeitar a hipótese nula.
5	A distribuição de Pontuação Máxima em EA é normal com média 35,98287671232880 e desvio padrão 1,144.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	7,231E-91 ¹	Rejeitar a hipótese nula.	15	A distribuição de Pontuação Máxima em SS é normal com média 26,927835051546400 e desvio padrão 1,612.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	4,043E-59 ¹	Rejeitar a hipótese nula.
6	A distribuição de Total de pontos em EA é normal com média 13,698630136986300 e desvio padrão 7,341.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	9,655E-18 ¹	Rejeitar a hipótese nula.	16	A distribuição de Total de pontos em SS é normal com média 17,63917525773200 e desvio padrão 4,880.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	1,291E-6 ¹	Rejeitar a hipótese nula.
7	A distribuição de PMP_EA é normal com média 38,07% e desvio padrão 20,542.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	5,819E-18 ¹	Rejeitar a hipótese nula.	17	A distribuição de PMP_SS é normal com média 65,45% e desvio padrão 17,324.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	3,868E-5 ¹	Rejeitar a hipótese nula.
8	A distribuição de Máximo de pontos possíveis em EAc_1 é normal com média 19,9 e desvio padrão 1,166.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	1,309E-97 ¹	Rejeitar a hipótese nula.	18	A distribuição de Pontuação Máxima em WE é normal com média 10,446735395189000 e desvio padrão 1,254.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	2,210E-232 ¹	Rejeitar a hipótese nula.
9	A distribuição de PMP_EAc1 é normal com média 38,59% e desvio padrão 32,464.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	8,228E-26 ¹	Rejeitar a hipótese nula.	19	A distribuição de Total de pontos em WE é normal com média 9,652920962199320 e desvio padrão 3,552.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	3,100E-26 ¹	Rejeitar a hipótese nula.
10	A distribuição de PMP_EAc2 ou EAc4 é normal com média 10,59% e desvio padrão 30,609.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	4,361E-223 ¹	Rejeitar a hipótese nula.	20	A distribuição de PMP_WE é normal com média 92,71% e desvio padrão 34,100.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	2,519E-20 ¹	Rejeitar a hipótese nula.
					21	A distribuição de PMP_WEc 3.1 é normal com média 97,08% e desvio padrão 43,033.	Teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra	1,331E-75 ¹	Rejeitar a hipótese nula.

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Apêndice C – Testes Qui-quadrado – Frequências e Estatísticas de teste

Tabela 18
Frequências

EQc 6.1			
	N Observado	N Esperado	Resíduo
SIM	16	68,5	-52,5
NÃO	121	68,5	52,5
Total	137		
SSc 7.1			
	N Observado	N Esperado	Resíduo
SIM	109	69,5	39,5
NÃO	30	69,5	-39,5
Total	139		
SSc 7.2			
	N Observado	N Esperado	Resíduo
SIM	84	69,5	14,5
NÃO	55	69,5	-14,5
Total	139		

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Tabela 19
Estatísticas de teste

		EQc 6.1	SSc 7.1	SSc 7.2
Qui-quadrado		80,474 ^a	44,899 ^c	6,050 ^c
GI		1	1	1
Significância Sig.		,000	,000	,014
	Sig.	,000 ^b	,000 ^b	,019 ^b
Sig. Monte Carlo				
	99% de Intervalo de Confiança			
	Limite inferior	,000	,000	,016
	Limite superior	,000	,000	,023

Notas: ^a 0 células (0,0%) possuem frequências esperadas menores que 5. O mínimo de frequência de célula esperado é 68,5. ^b Baseado em 10000 tabelas de amostra com a semente 1314643744. ^c 0 células (0,0%) possuem frequências esperadas menores que 5. O mínimo de frequência de célula esperado é 69,5. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Apêndice D – Testes Qui-quadrado – Tabulações cruzadas

Tabela 20

Resumo de processamento de casos

	Casos					
	Válidos		Omissos		Total	
	N	Porcentagem	N	Porcentagem	N	Porcentagem
EQc 6.1 / Tipologia LEED	137	46,3%	159	53,7%	296	100,0%
EQc 6.1 / Nível de Certificação	137	46,3%	159	53,7%	296	100,0%
EQc 6.1 / Tamanho	137	46,3%	159	53,7%	296	100,0%
SSc 7.1 / Tipologia LEED	139	47,0%	157	53,0%	296	100,0%
SSc 7.1 / Nível de Certificação	139	47,0%	157	53,0%	296	100,0%
SSc 7.1 / Tamanho	139	47,0%	157	53,0%	296	100,0%
SSc 7.2 / Tipologia LEED	139	47,0%	157	53,0%	296	100,0%
SSc 7.2 / Nível de Certificação	139	47,0%	157	53,0%	296	100,0%
SSc 7.2 / Tamanho	139	47,0%	157	53,0%	296	100,0%

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Apêndice E – Testes Qui-quadrado – Crédito EQc 6.1

Tabela 21

EQc 6.1 / Tipologia LEED - Contagem

	Tipologia LEED		Total
	LEED EB_OM	LEED NC	
EQc 6.1	SIM	0	16
	NÃO	33	121
Total		33	104

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Tabela 22

EQc 6.1 / Tipologia LEED - Testes Qui-quadrado^c

	Valor	gl	Significância Assintótica (Bilateral)	Sig exata (2 lados)	Sig exata (1 lado)	Probabilidade de ponto
Qui-quadrado de Pearson	5,748 ^a	1	,017	,024	,009	
Correção de continuidade ^b	4,354	1	,037			
Razão de verossimilhança	9,471	1	,002	,010	,009	
Teste Exato de Fisher				,012	,009	
Associação Linear por Linear	5,706 ^d	1	,017	,024	,009	,009
N de Casos Válidos	137					

Notas: ^a 1 células (25,0%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é 3,85. ^b Computado apenas para uma tabela 2x2. ^c Para a tabulação cruzada 2x2, resultados exatos são fornecidos em vez dos resultados de Monte Carlo. ^d A estatística padronizada é -2,389. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Apêndice F – Testes Qui-quadrado – Crédito EQc 6.1

Tabela 23
EQc 6.1 / Nível de Certificação - Contagem

		Nível de Certificação				Total
		<i>Certified</i>	<i>Silver</i>	<i>Gold</i>	<i>Platinum</i>	
EQc 6.1	SIM	4	1	6	5	16
	NÃO	32	50	35	4	121
Total		36	51	41	9	137

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Tabela 24
EQc 6.1 / Nível de Certificação - Testes Qui-quadrado

	Valor	gl	Significância Assintótica (Bilateral)	Sig. Monte Carlo (2 lados)		Sig. Monte Carlo (1 lado)			
				Significância a	Intervalo de Confiança 99%		Significância a	Intervalo de Confiança 99%	
					Limite inferior	Limite superior		Limite inferior	Limite superior
Qui-quadrado de Pearson	21,825 ^a	3	,000	,000 ^b	,000	,001			
Razão de verossimilhança	17,308	3	,001	,001 ^b	,000	,002			
Teste Exato de Fisher	16,928			,000 ^b	,000	,001			
Associação Linear por Linear	7,650 ^c	1	,006	,007 ^b	,004	,009	,004 ^b	,002,005	
N de Casos Válidos	137								

Notas: ^a 3 células (37,5%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é 1,05. ^b Baseado em 10000 tabelas de amostra com a semente 1502173562. ^c A estatística padronizada é -2,766. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Apêndice G – Testes Qui-quadrado – Crédito EQc 6.1

Tabela 25
EQc 6.1 / Tamanho – Contagem

		Tamanho		Total
		Pequenos	Grandes	
EQc 6.1	SIM	12	4	16
	NÃO	68	53	121
Total		80	57	137

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Tabela 26
EQc 6.1 / Tamanho - Testes Qui-quadrado ^c

	Valor	gl	Significância Assintótica (Bilateral)	Sig exata (2 lados)	Sig exata (1 lado)	Probabilidade de ponto
Qui-quadrado de Pearson	2,056 ^a	1	,152	,184	,121	
Correção de continuidade ^b	1,355	1	,244			
Razão de verossimilhança	2,171	1	,141	,184	,121	
Teste Exato de Fisher				,184	,121	
Associação Linear por Linear	2,041 ^d	1	,153	,184	,121	,080
N de Casos Válidos	137					

Notas: ^a 0 células (,0%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é 6,66. ^b Computado apenas para uma tabela 2x2. ^c Para a tabulação cruzada 2x2, resultados exatos são fornecidos em vez dos resultados de Monte Carlo. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Apêndice H – Testes Qui-quadrado – Crédito SSc 7.1

Tabela 27
SSc 7.1 / Tipologia LEED - Contagem

		Tipologia LEED				Total
		LEED CS	LEED EB_OM	LEED FOR SCHOOLS	LEED NC	
SSc 7.1	SIM	32	31	0	46	109
	NÃO	17	3	2	8	30
Total		49	34	2	54	139

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Tabela 28
SSc 7.1 / Tipologia LEED - Testes Qui-quadrado

	Valor	gl	Significância Assintótica (Bilateral)	Sig. Monte Carlo (2 lados)			Sig. Monte Carlo (1 lado)		
				Significância	Intervalo de Confiança 99%		Significância	Intervalo de Confiança 99%	
					Limite inferior	Limite superior		Limite inferior	Limite superior
Qui-quadrado de Pearson	16,975 ^a	3	,001	,000^b	,000	,001			
Razão de verossimilhança	16,138	3	,001	,001^b	,000	,002			
Teste Exato de Fisher	14,721			,001^b	,000	,002			
Associação Linear por Linear	3,614 ^c	1	,057	,064 ^b	,058	,070	,035^b	,030	,039
N de Casos Válidos	139								

Notas: ^a 2 células (25,0%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é ,43. ^b Baseado em 10000 tabelas de amostra com a semente 1502173562. ^c A estatística padronizada é -1,901. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Apêndice I – Testes Qui-quadrado – Crédito SSc 7.1

Tabela 29
SSc 7.1 / Nível de Certificação - Contagem

		Nível de Certificação				Total
		<i>Certified</i>	<i>Silver</i>	<i>Gold</i>	<i>Platinum</i>	
SSc 7.1	SIM	29	45	32	3	109
	NÃO	3	14	12	1	30
Total		32	59	44	4	139

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Tabela 30
SSc 7.1 / Nível de Certificação - Testes Qui-quadrado

	Valor	gl	Significância a Assintótica (Bilateral)	Sig. Monte Carlo (2 lados)		Sig. Monte Carlo (1 lado)			
				Significância a	Intervalo de Confiança 99%		Significância a	Intervalo de Confiança 99%	
					Limite inferio r	Limite superio r		Limite inferio r	Limite superior
Qui-quadrado de Pearson	3,848 ^a	3	,278	,263 ^b	,252	,275			
Razão de verossimilhança	4,367	3	,224	,251 ^b	,240	,262			
Teste Exato de Fisher	4,260			,208 ^b	,197	,218			
Associação Linear por Linear	2,940 ^c	1	,086	,099 ^b	,092	,107	,058 ^b	,052 ,064	
N de Casos Válidos	139								

Notas: ^a 2 células (25,0%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é ,86. ^b Baseado em 10000 tabelas de amostra com a semente 1502173562. ^c A estatística padronizada é 1,715. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Apêndice J – Testes Qui-quadrado – Crédito SSc 7.1

Tabela 31
SSc 7.1 / Tamanho – Contagem

	Tamanho		Total
	Pequenos	Grandes	
SSc 7.1	SIM	50	109
	NÃO	17	30
Total		67	139

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Tabela 32
SSc 7.1 / Tamanho - Testes Qui-quadrado ^c

	Valor	gl	Significância Assintótica (Bilateral)	Sig exata (2 lados)	Sig exata (1 lado)	Probabilidade de ponto
Qui-quadrado de Pearson	1,098 ^a	1	,295	,311	,200	
Correção de continuidade ^b	,708	1	,400			
Razão de verossimilhança	1,099	1	,294	,311	,200	
Teste Exato de Fisher				,311	,200	
Associação Linear por Linear	1,090 ^d	1	,296	,311	,200	,095
N de Casos Válidos	139					

Notas: ^a 0 células (0,0%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é 14,46. ^b Computado apenas para uma tabela 2x2 ^c Para a tabulação cruzada 2x2, resultados exatos são fornecidos em vez dos resultados de Monte Carlo. ^d A estatística padronizada é -1,044. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Apêndice K – Testes Qui-quadrado – Crédito SSc 7.2

Tabela 33
SSc 7.2 / Tipologia LEED - Contagem

	Tipologia LEED				Total	
	LEED CS	LEED EB_OM	LEED FOR SCHOOLS	LEED NC		
SSc 7.2	SIM	26	10	2	46	84
	NÃO	23	24	0	8	55
Total		49	34	2	54	139

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Tabela 34
SSc 7.2 / Tipologia LEED - Testes Qui-quadrado

	Valor	gl	Significância Assintótica (Bilateral)	Sig. Monte Carlo (2 lados)		Sig. Monte Carlo (1 lado)			
				Significância	Intervalo de Confiança 99%		Significância	Intervalo de Confiança 99%	
					Limite inferior	Limite superior		Limite inferior	Limite superior
Qui-quadrado de Pearson	29,942 ^a	3	,000	,000^b	,000	,000			
Razão de verossimilhança	32,357	3	,000	,000^b	,000	,000			
Teste Exato de Fisher	30,563			,000^b	,000	,000			
Associação Linear por Linear	16,756 ^c	1	,000	,000^b	,000	,000	,000^b	,000 , ,000	
N de Casos Válidos	139								

Notas: ^a 2 células (25,0%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é ,79. ^b Baseado em 10000 tabelas de amostra com a semente 1502173562. ^c A estatística padronizada é -4,093. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Apêndice L – Testes Qui-quadrado – Crédito SSc 7.2

Tabela 35
SSc 7.2 / Nível de Certificação - Contagem

		Nível de Certificação				Total
		<i>Certified</i>	<i>Silver</i>	<i>Gold</i>	<i>Platinum</i>	
SSc 7.2	SIM	15	32	33	4	84
	NÃO	17	27	11	0	55
Total		32	59	44	4	139

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Tabela 36
SSc 7.2 / Nível de Certificação - Testes Qui-quadrado

	Valor	gl	Significância a Assintótica (Bilateral)	Sig. Monte Carlo (2 lados)		Sig. Monte Carlo (1 lado)			
				Significância a	Intervalo de Confiança 99%		Significância a	Intervalo de Confiança 99%	
					Limite inferio r	Limite superio r		Limite inferio r	Limite superior
Qui-quadrado de Pearson	9,931 ^a	3	,019	,016^b	,013	,019			
Razão de verossimilhança	11,511	3	,009	,013^b	,010	,015			
Teste Exato de Fisher	9,589			,018^b	,014	,021			
Associação Linear por Linear	9,019 ^c	1	,003	,003^b	,002	,004	,002^b	,001	,003
N de Casos Válidos	139								

Notas: ^a 2 células (25,0%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é 1,58. ^b Baseado em 10000 tabelas de amostra com a semente 1502173562. ^c A estatística padronizada é -3,003. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Apêndice M – Testes Qui-quadrado – Crédito SSc 7.2

Tabela 37
SSc 7.2 / Tamanho – Contagem

	Tamanho		Total	
	Pequenos	Grandes		
SSc 7.2	SIM	47	37	84
	NÃO	20	35	55
Total		67	72	139

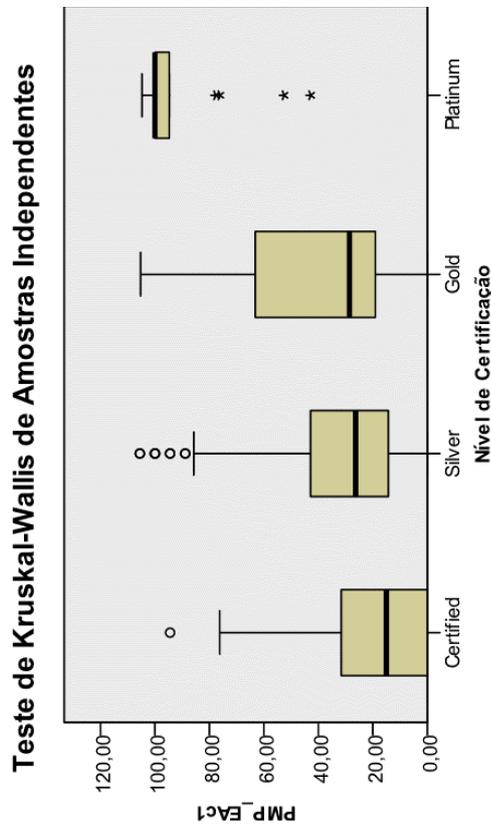
Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Tabela 38
SSc 7.2 / Tamanho - Testes Qui-quadrado ^c

	Valor	gl	Significância Assintótica (Bilateral)	Sig exata (2 lados)	Sig exata (1 lado)	Probabilidade de ponto
Qui-quadrado de Pearson	5,108 ^a	1	,024	,026	,018	
Correção de continuidade ^b	4,354	1	,037			
Razão de verossimilhança	5,157	1	,023	,026	,018	
Teste Exato de Fisher				,026	,018	
Associação Linear por Linear	5,071 ^d	1	,024	,026	,018	,011
N de Casos Válidos	139					

Notas: ^a 0 células (,0%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é 26,51. ^b Computado apenas para uma tabela 2x2. ^c Para a tabulação cruzada 2x2, resultados exatos são fornecidos em vez dos resultados de Monte Carlo. ^d A estatística padronizada é 2,252. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

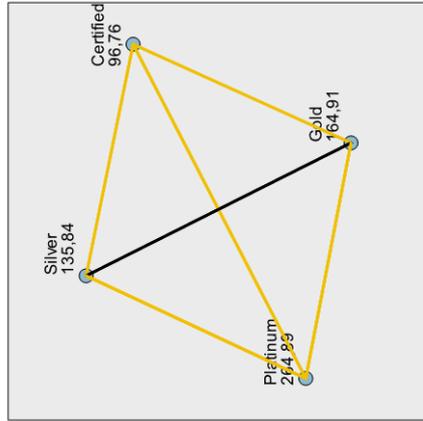
Apêndice N – Teste Kruskal-Wallis – PMP_{EAc 1} / Nível de certificação



N total	296
Estatística de teste	61,464
Graus de liberdade	3
Sig. assintótico (teste de 2 lados)	,000

1. A estatística de teste está ajustada para empates.

Comparação Entre Pares de Nível de Certificação



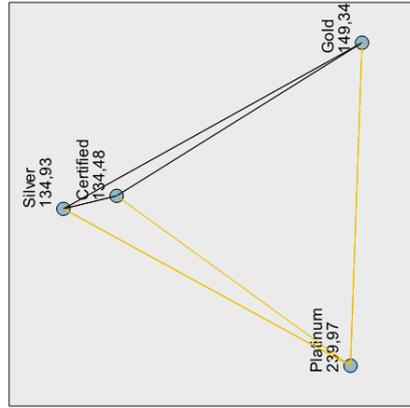
Cada nó mostra a posição média de amostra de nível de certificação.

Amostra 1-Amostra 2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
Certified-Silver	-39,080	14,288	-2,735	,006	,037
Certified-Gold	-68,147	13,533	-5,036	,000	,000
Certified-Platinum	-168,130	23,040	-7,297	,000	,000
Silver-Gold	-29,067	11,654	-2,494	,013	,076
Silver-Platinum	-129,050	21,989	-5,869	,000	,000
Gold-Platinum	-99,983	21,507	-4,649	,000	,000

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

Apêndice O – Teste Kruskal-Wallis – $PMP_{EAc\ 2}$ (ou $PMP_{EAc\ 4}$) / Nível de certificação

Comparação Entre Pares de Nível de Certificação

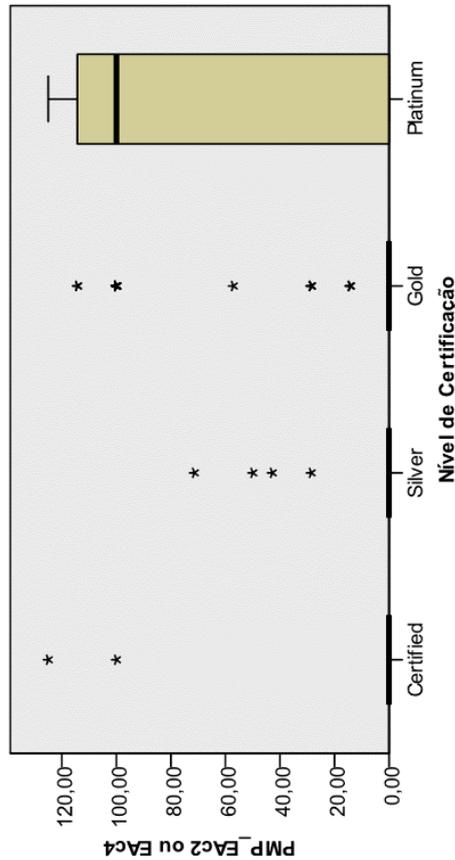


Cada linha mostra a posição média de amostra de Nível de Certificação.

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
Certified-Silver	-.452	8,255	-.055	,956	1,000
Certified-Gold	-14,856	7,808	-1,903	,057	,343
Certified-Platinum	-105,490	13,241	-7,967	,000	,000
Silver-Gold	-14,404	6,705	-2,148	,032	,190
Silver-Platinum	-105,037	12,622	-8,322	,000	,000
Gold-Platinum	-90,634	12,334	-7,348	,000	,000

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

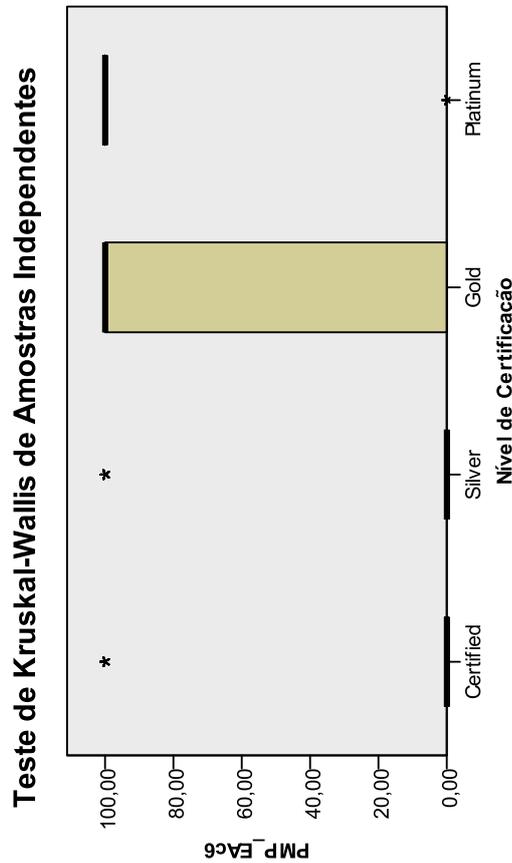
Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes



N total	294
Estatística de teste	74,435
Graus de liberdade	3
Sig. assintótico (teste de 2 lados)	,000

1. A estatística de teste está ajustada para empates.

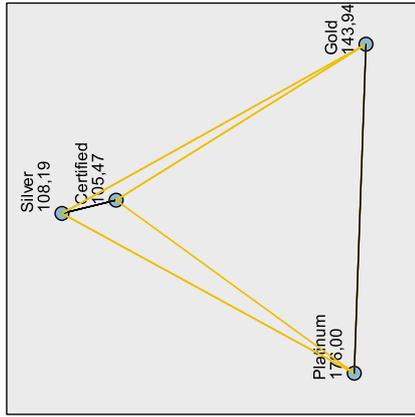
Apêndice P – Teste Kruskal-Wallis – PMP_{EAc 6} / Nível de certificação



N total	255
Estatística de teste	31,712
Graus de liberdade	3
Sig. assintótico (teste de 2 lados)	,000

1. A estatística de teste está ajustada para empates.

Comparação Entre Pares de Nível de Certificação



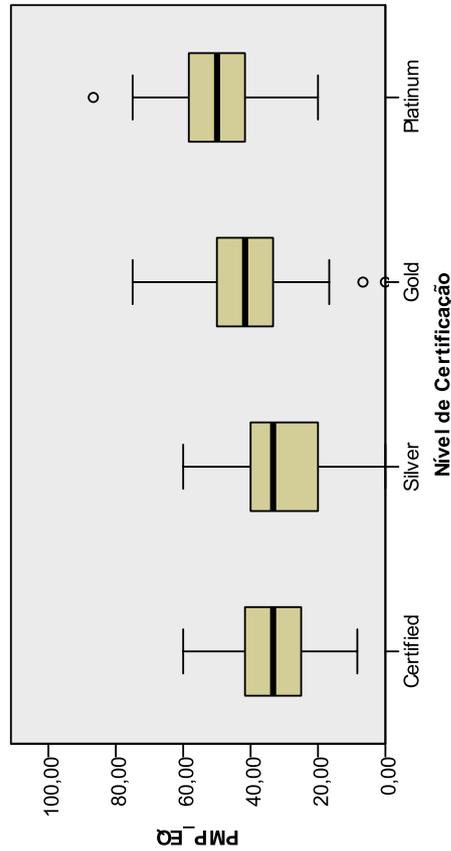
Cada nó mostra a posição média de amostra de Nível de Certificação.

Amostra 1-Amostra 2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
Certified-Silver	-2,721	11,298	-,241	,810	1,000
Certified-Gold	-38,471	10,433	-3,688	,000	,001
Certified-Platinum	-70,529	17,394	-4,055	,000	,000
Silver-Gold	-35,751	9,349	-3,824	,000	,001
Silver-Platinum	-67,808	16,766	-4,044	,000	,000
Gold-Platinum	-32,058	16,196	-1,979	,048	,287

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

Apêndice Q – Teste Kruskal-Wallis – PMP_{EQ} / Nível de certificação

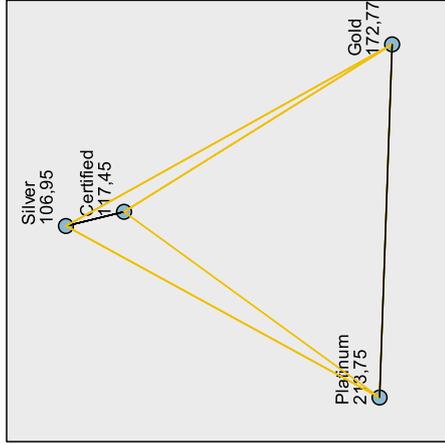
Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes



N total	288
Estatística de teste	51,455
Graus de liberdade	3
Sig. assintótico (teste de 2 lados)	,000

1. A estatística de teste está ajustada para empates.

Comparação Entre Pares de Nível de Certificação



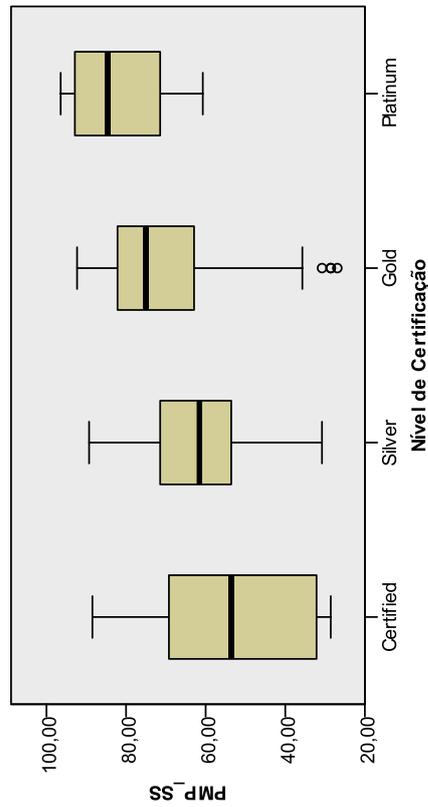
Cada nó mostra a posição média de amostra de nível de certificação.

Amostra 1-Amostra 2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
Silver-Certified	10,493	14,082	,745	,456	1,000
Silver-Gold	-65,816	11,519	-5,714	,000	,000
Silver-Platinum	-106,796	21,398	-4,991	,000	,000
Certified-Gold	-55,322	13,191	-4,194	,000	,000
Certified-Platinum	-96,303	22,342	-4,310	,000	,000
Gold-Platinum	-40,980	20,822	-1,968	,049	,294

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

Apêndice R – Teste Kruskal-Wallis – PMP_{SS} / Nível de certificação

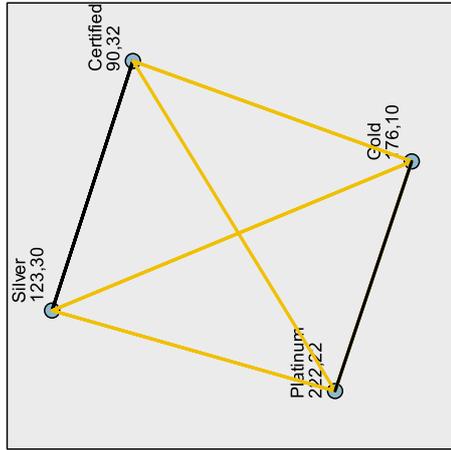
Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes



N total	291
Estatística de teste	62,566
Graus de liberdade	3
Sig. assintótico (teste de 2 lados)	,000

1. A estatística de teste está ajustada para empates.

Comparação Entre Pares de Nível de Certificação



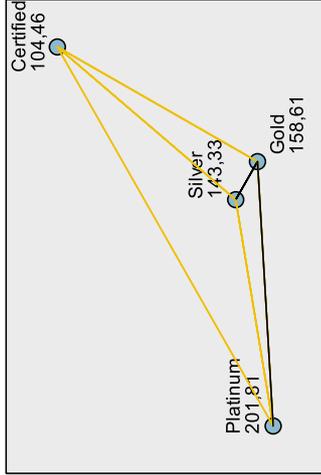
Cada nó mostra a posição média de amostra de nível de certificação.

Amostra 1-Amostra 2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
Certified-Silver	-32,982	14,263	-2,312	,021	,125
Certified-Gold	-85,783	13,404	-6,400	,000	,000
Certified-Platinum	-131,906	22,731	-5,803	,000	,000
Silver-Gold	-52,801	11,622	-4,543	,000	,000
Silver-Platinum	-98,924	21,728	-4,553	,000	,000
Gold-Platinum	-46,124	21,174	-2,178	,029	,176

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

Apêndice S – Teste Kruskal-Wallis – PMP_{WE} / Nível de certificação

Comparação Entre Pares de Nível de Certificação

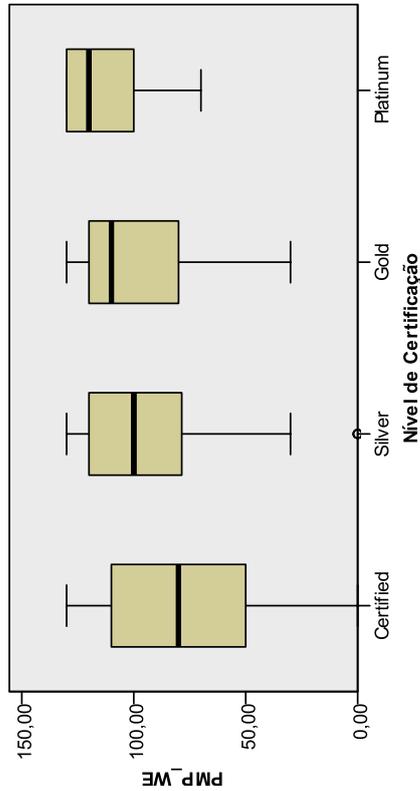


Cada nó mostra a posição média de amostra de nível de certificação.

Amostra1-Amostra2	Estatística de Teste	Std. Erro	Erro Estatística de Teste	Sig.	Sig. Aj.
Certified-Silver	-38,870	14,170	-2,743	,006	,037
Certified-Gold	-54,154	13,317	-4,067	,000	,000
Certified-Platinum	-97,349	22,583	-4,311	,000	,000
Silver-Gold	-15,284	11,547	-1,324	,186	1,000
Silver-Platinum	-58,480	21,587	-2,709	,007	,040
Gold-Platinum	-43,195	21,037	-2,053	,040	,240

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são as mesmas. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,05.

Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independentes



N total	291
Estatística de teste	25,121
Graus de liberdade	3
Sig. assintótico (teste de 2 lados)	,000

1. A estatística de teste está ajustada para empates.

Apêndice T

Tabela 39
Frequências estatísticas

	Área M2	PMP EA	PMP EAcl	PMP EAcl2 ou EAcl4	PMP EAcl6	PMP EQ	PMP SS	PMP WE	PMP WEc 3.1
Válido	294	292	296	294	255	288	291	291	257
N									
Omisso	2	4	0	2	41	8	5	5	39
Média	27173,098 83364	38,07 19%	38,58 86%	10,58 88%	38,82 35%	37,24 97%	65,44 68%	92,713 4%	97,081 7%
Media na	15939,188 75000	32,43 24%	28,57 14%	0,000 0%	0,000 0%	40,00 00%	67,85 71%	100,00 00%	125,00 00%
Moda	1713,2250 00 ^a	32,43 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	33,33 %	78,57 %	130,00 %	125,00 %
Variân cia	28889784 69,777	421,9 56	1053, 892	936,9 01	2384, 437	217,8 79	300,1 27	1162,8 03	1851,8 02
Mínim o	89,992000	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	26,92 %	0,00% %	0,00% %
Máxi mo	661562,54 7800	97,14 %	105,5 6%	125,0 0%	100,0 0%	86,67 %	96,43 %	130,00 %	125,00 %

Notas: ^a Ha vários valores de moda. O menor valor é mostrado. Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Apêndice U – Frequências estatísticas - Histogramas

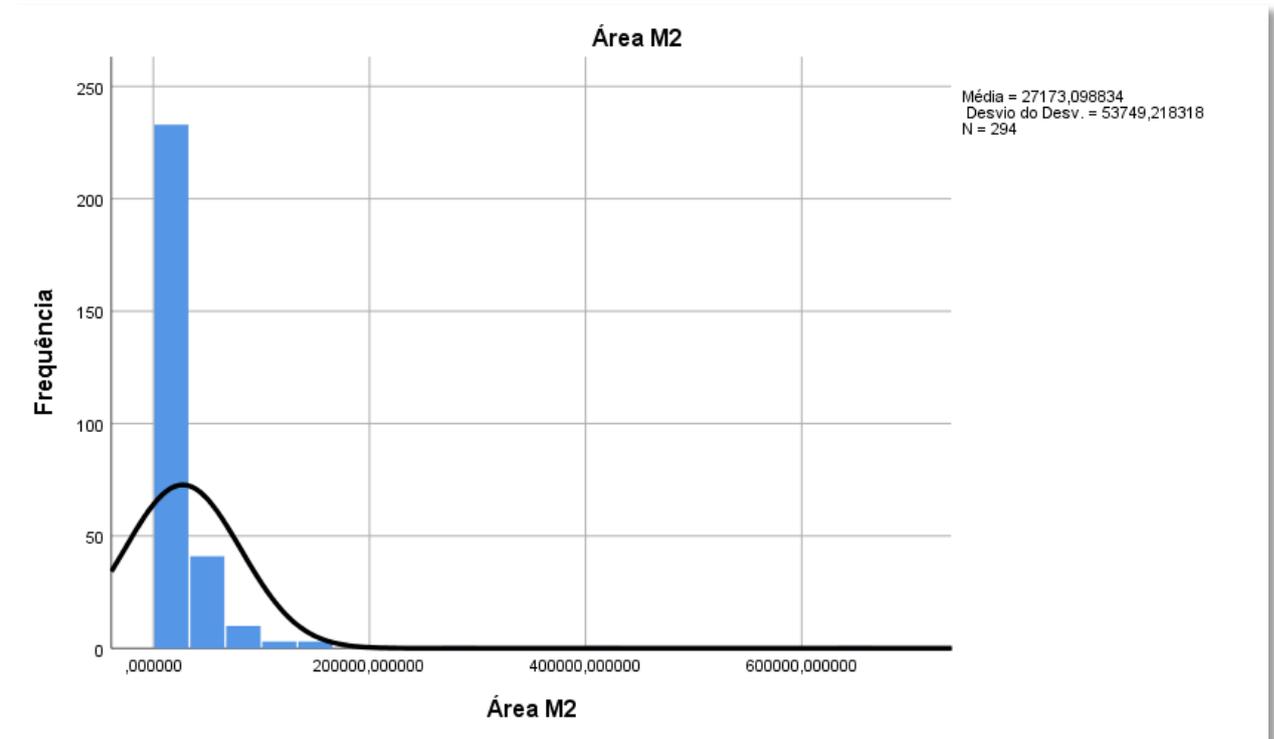


Figura 1A. Histograma – Áreas (com curva normal)

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

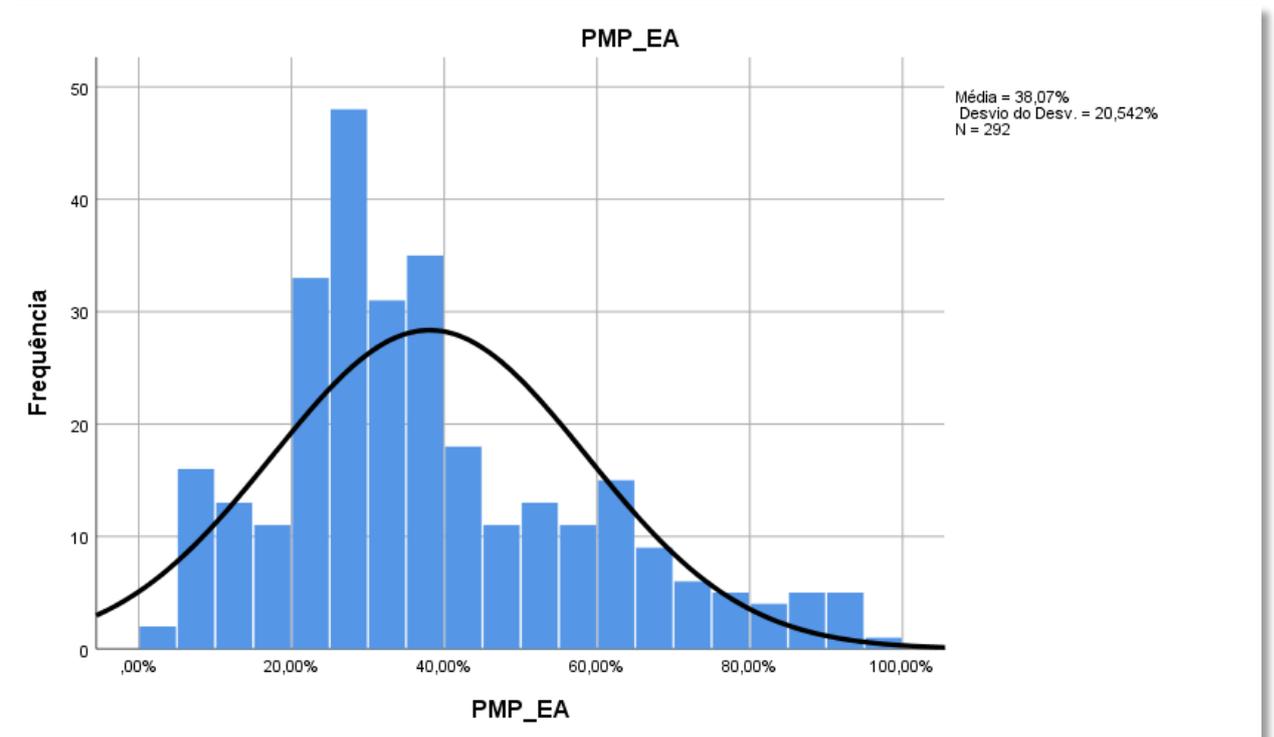


Figura 1B. Histograma – PMP_{EA} (com curva normal)

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Apêndice V – Frequências estatísticas - Histogramas

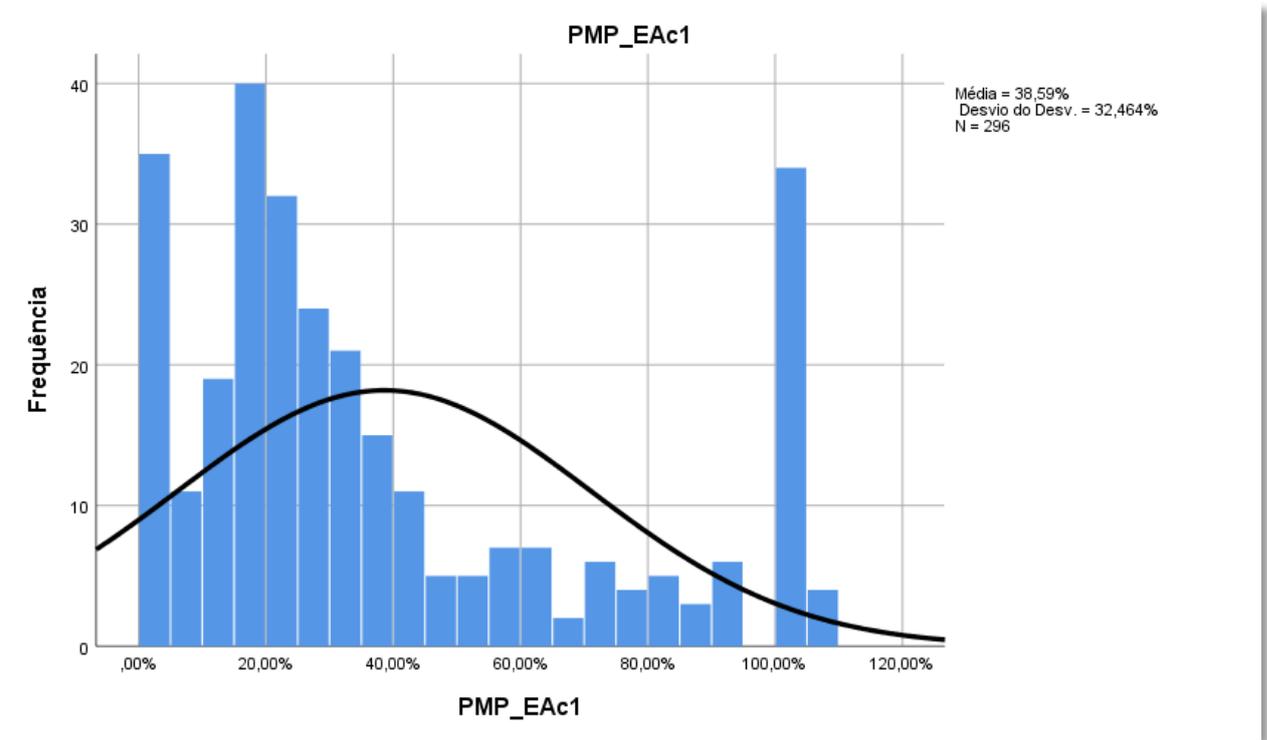


Figura 2A. Histograma – $PMP_{EAc\ 1}$ (com curva normal)
Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

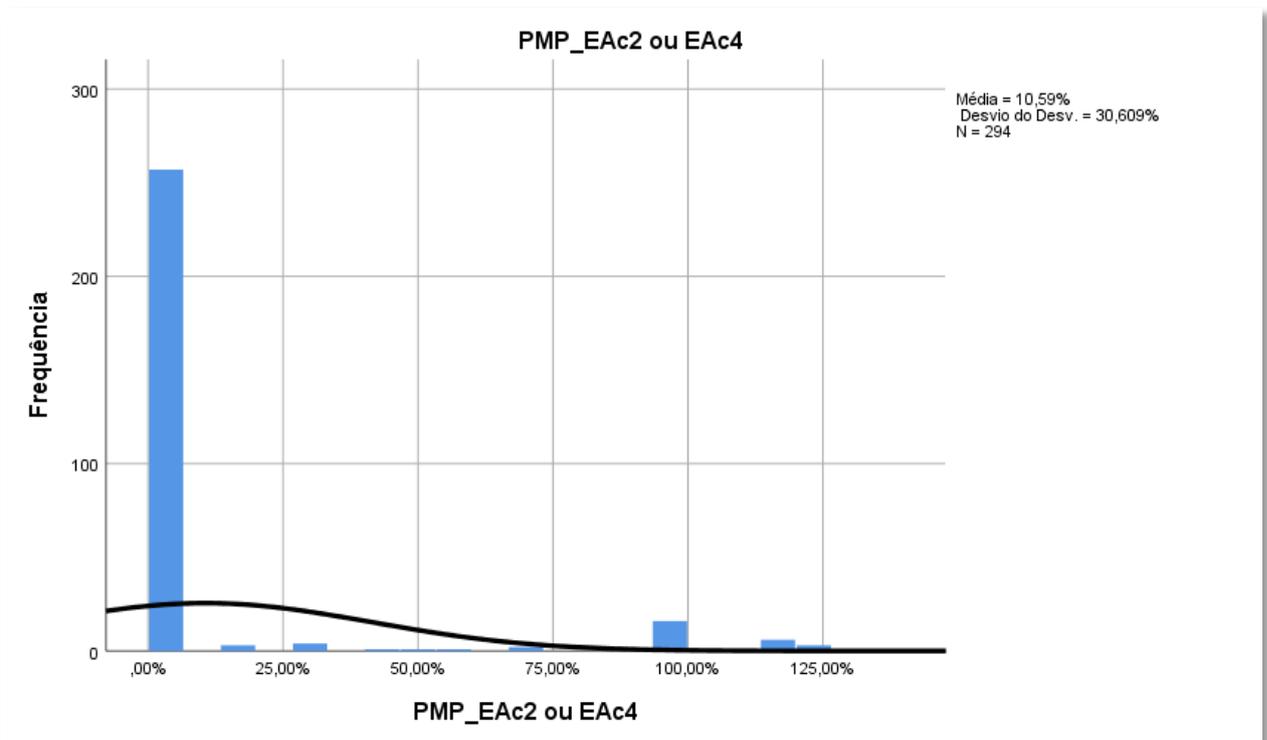


Figura 2B. Histograma – $PMP_{EAc\ 2}$ (ou $PMP_{EAc\ 4}$) (com curva normal)
Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Apêndice W – Frequências estatísticas - Histogramas

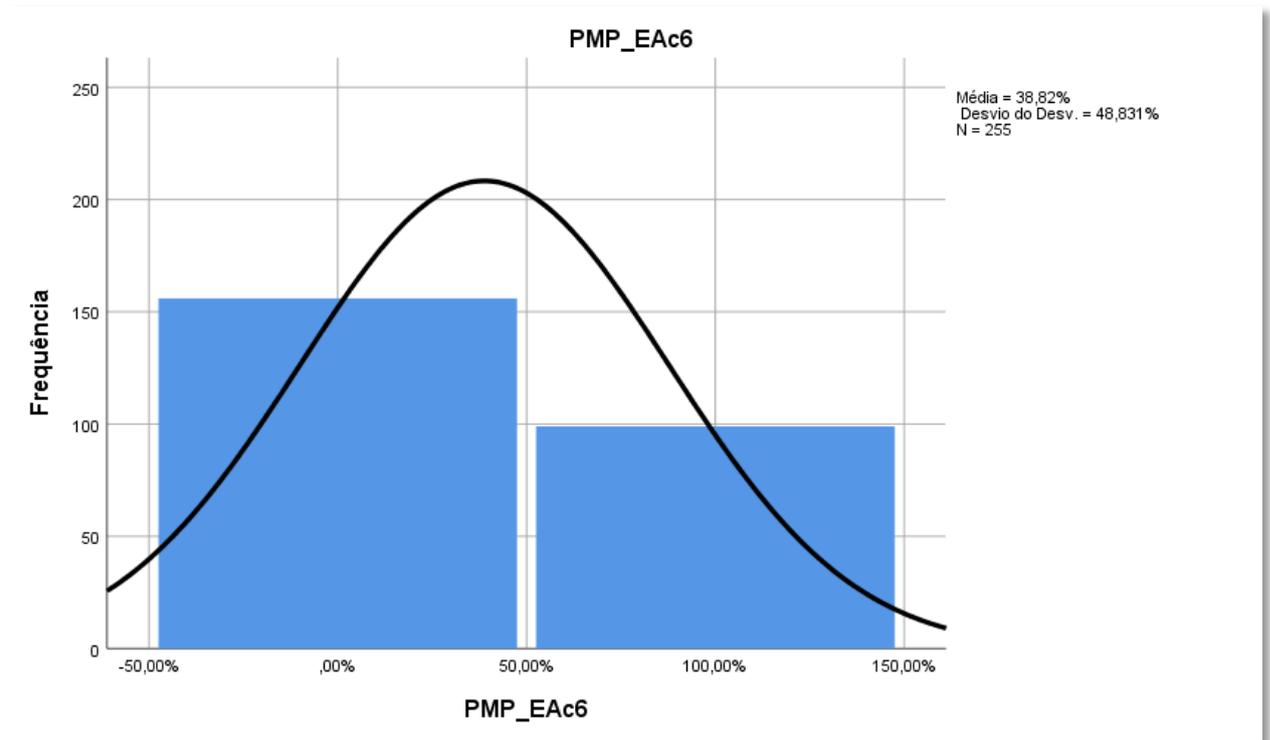


Figura 3A. Histograma – PMP_{EAc6} (com curva normal)

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

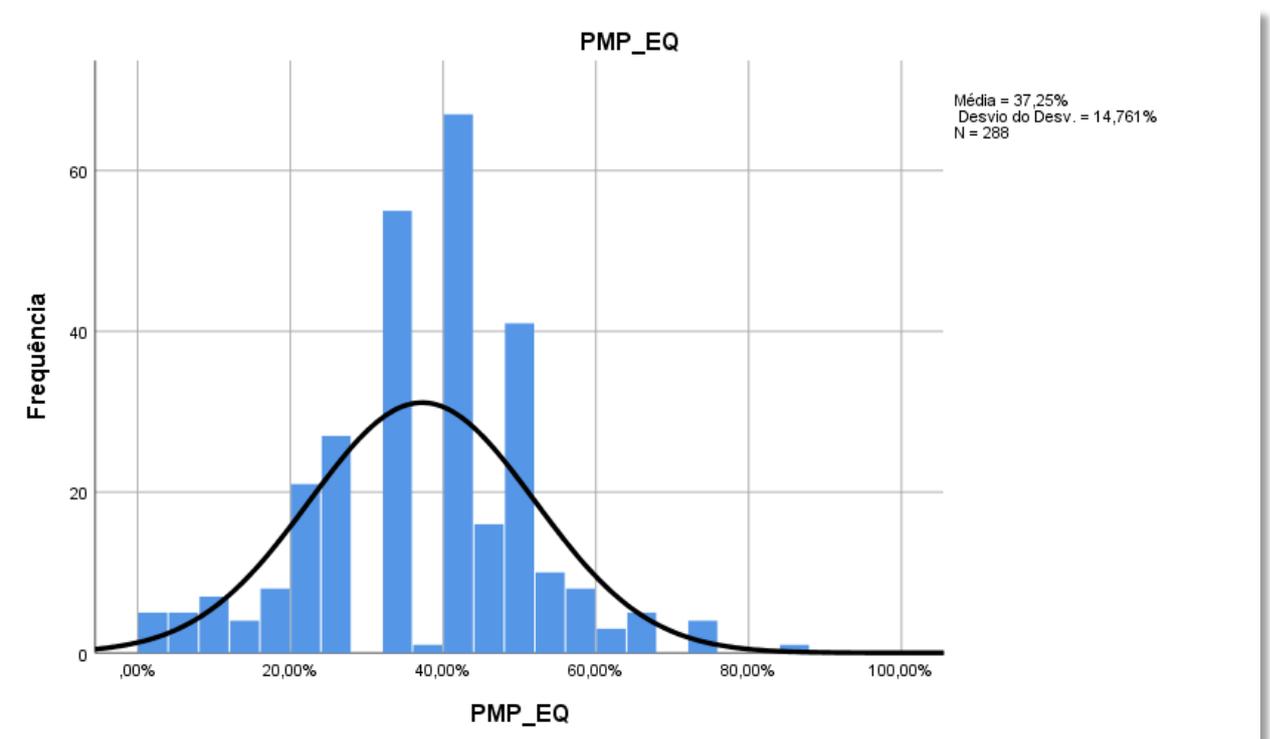


Figura 3B. Histograma – PMP_{EQ} (com curva normal)

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Apêndice X – Frequências estatísticas - Histogramas

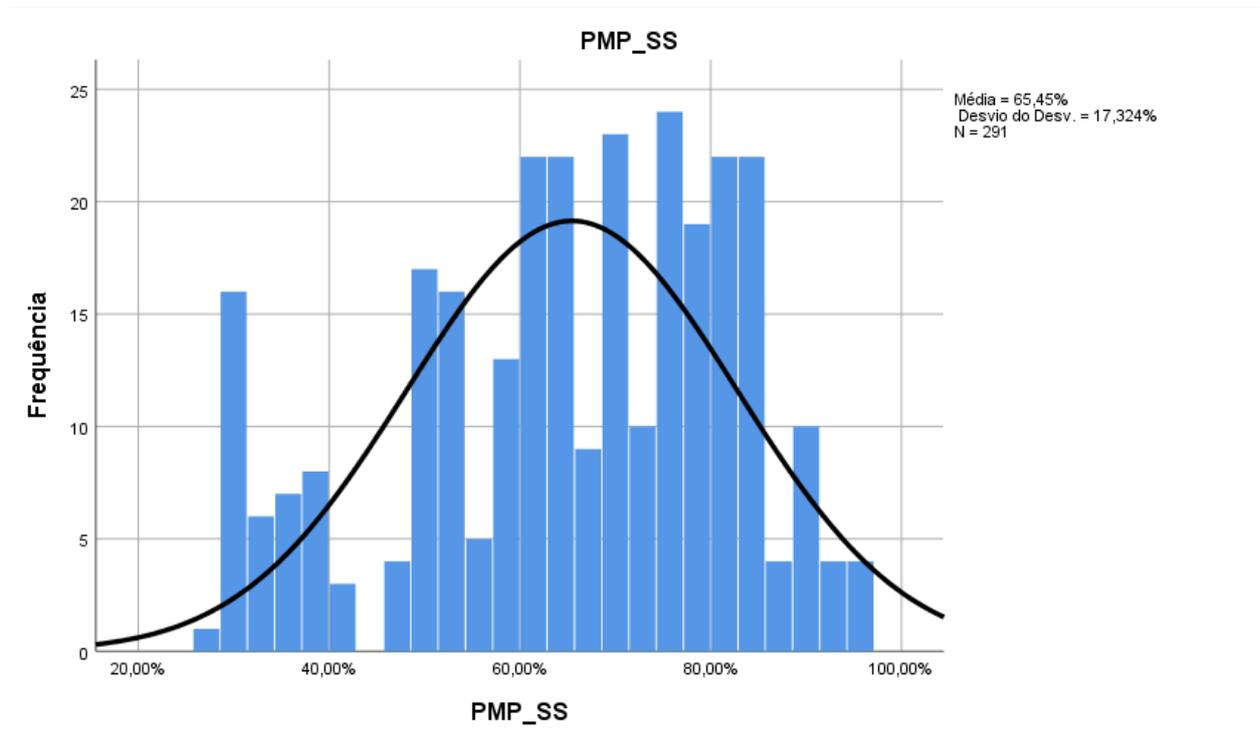


Figura 4A. Histograma – PMP_{SS} (com curva normal)

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

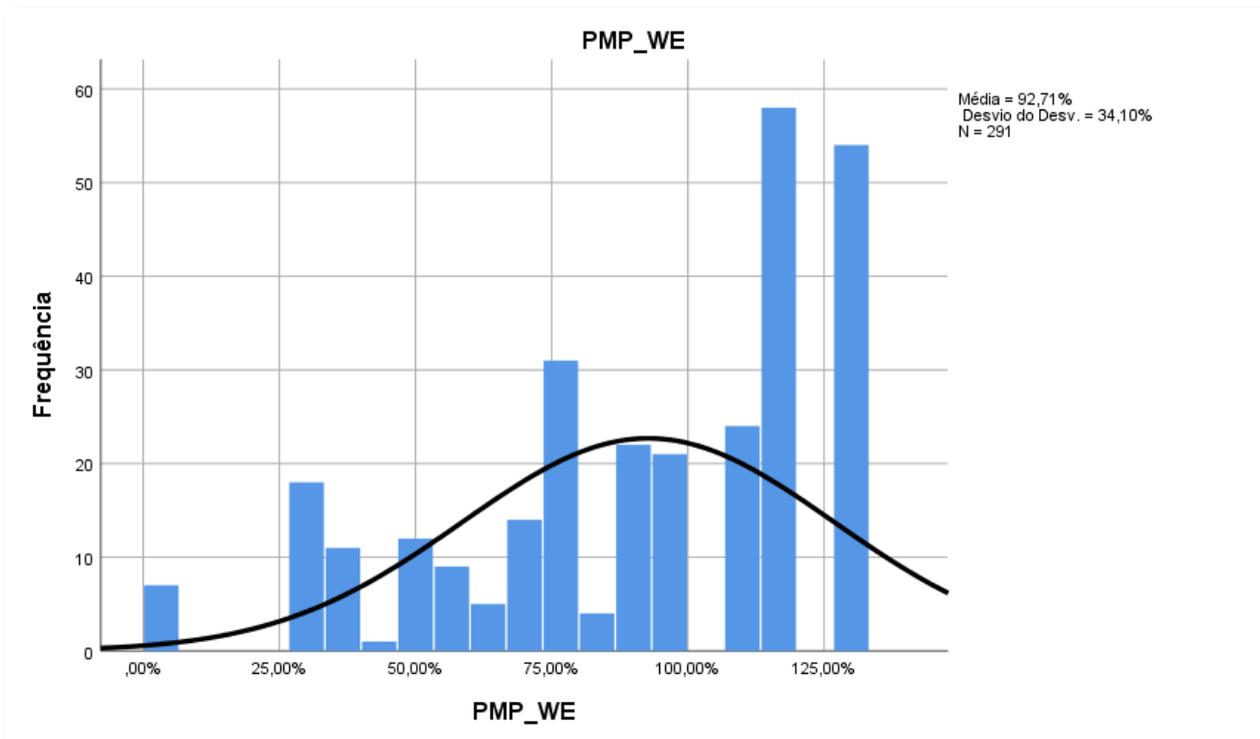
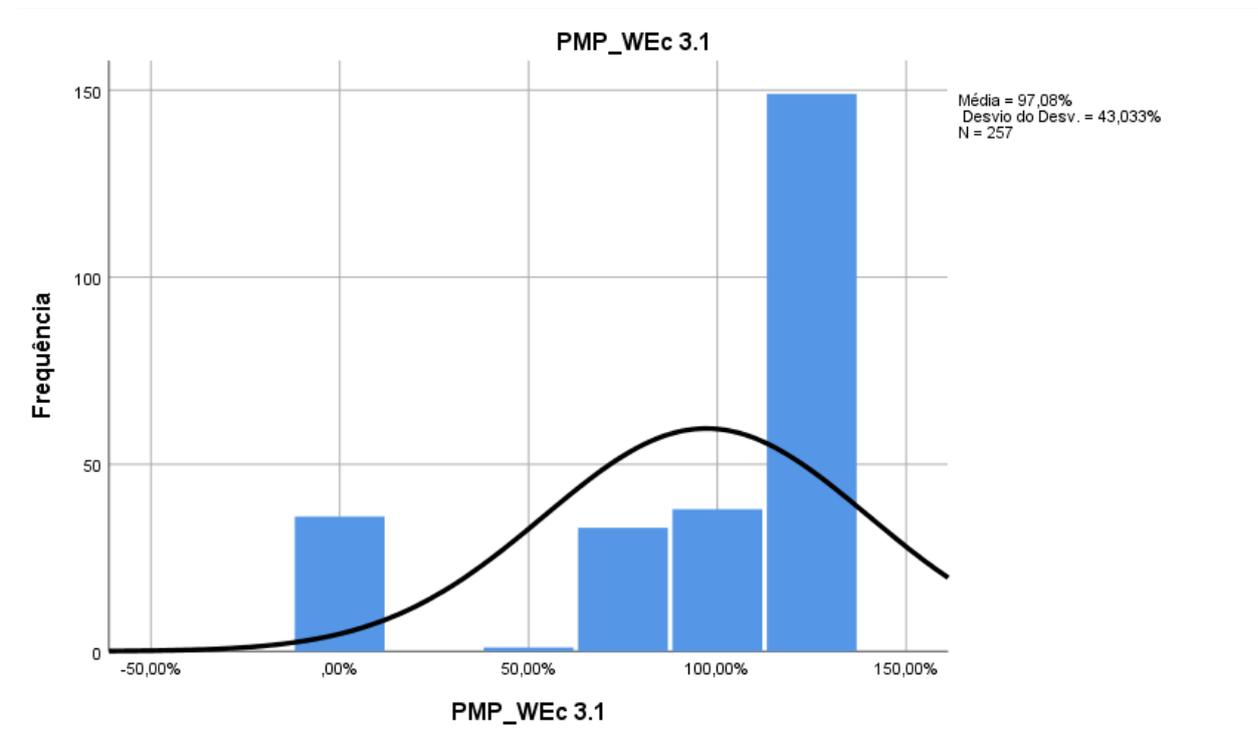


Figura 4B. Histograma – PMP_{WE} (com curva normal)

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.

Apêndice Y – Frequências estatísticas - Histogramas

**Figura 5A.** Histograma – $PMP_{WEc\ 3.1}$ (com curva normal)

Fonte: Extraído de IBM Corporation (2017) pelos próprios autores.