

IMPACTO DE LOS CRITERIOS DE CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR EN LA CERTIFICACIÓN DE EDIFICIOS DE OFICINAS SUSTENTABLES EN CHILE

IMPACT OF INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY CRITERIA ON THE CERTIFICATION OF SUSTAINABLE OFFICE BUILDINGS IN CHILE

Maureen Trebilcock-Kelly¹
Fernando Chávez-Finol²

Resumen

Los sistemas de certificación de sustentabilidad en las edificaciones se centran en la dimensión ambiental a través de criterios orientados al ahorro de energía y la disminución de gases efecto invernadero. Sin embargo, en la actualidad existe una preocupación creciente por la sustentabilidad social centrada en el bienestar y salud de los ocupantes, a través de criterios de Calidad del Ambiente Interior (CAI). Este artículo se basa en el análisis comparativo del sistema de certificación chileno CES y el internacional LEED, evaluando el impacto de los criterios de CAI tanto en el diseño de los sistemas, como en una muestra de edificios de oficinas certificados en Chile. Los resultados indican que CES otorga mayor relevancia a la dimensión CAI que LEED. Dentro de las subcategorías, ambos sistemas priorizan los criterios de calidad del aire por sobre confort térmico y visual. La base de datos de edificios certificados en Chile indica que los criterios más utilizados por LEED se centran en la calidad del aire a través de estrategias de materiales de bajas emisiones y gestión de la construcción, mientras que los edificios certificados CES priorizan estrategias de diseño que abordan aspectos térmicos, lumínicos, acústicos y de calidad del aire.

Palabras-chave: Calidad del Ambiente Interior, Edificios Sustentables, Certificación Ambiental.

Abstract

Green building rating systems focus mainly on environmental criteria of energy savings and reduction of greenhouse emissions. However, there is an increased preoccupation on social sustainability oriented towards health and well-being of occupants through criteria of indoor environmental quality (IEQ). This article is based on a comparative analysis of the Chilean system CES and the international system LEED, evaluating the impact of IEQ criteria both in the design of the systems and in a sample of certified office buildings in Chile. The results indicate CES gives much greater relevance to the CAI dimension than LEED. Within the subcategories, both systems prioritize air quality criteria over thermal and visual comfort. The database of certified buildings in Chile indicates that the criteria most used by LEED focus on air quality through low-emission materials strategies and construction management, while CES certified buildings prioritize design strategies that address thermal, lighting, acoustic and air quality aspects.

Keywords: Indoor environmental quality, green buildings, green rating system.

¹ Universidad del Bío-Bío, Chile. <https://orcid.org/0000-0002-1984-0259>, mtrebilc@ubiobio.cl

² Universidad del Bío-Bío, Chile. <https://orcid.org/0000-0002-4889-9305>, fernando.chavez.finol@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de certificación ambiental surgen en los años 90s con el fin de evaluar la sustentabilidad de los edificios a través de criterios e indicadores basados en consenso de experto, y así evitar el “greenwashing”. Desde entonces, estos sistemas se han ido perfeccionando y multiplicando por el mundo con una popularidad creciente (1–3), ya que permiten establecer objetivos de desempeño futuro y orientar decisiones de diseño basadas en indicadores definidos (4–7). El sistema más conocido internacionalmente es LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) desarrollado en los Estados Unidos en 1998. Además de LEED, existen otros métodos con impacto a nivel global, tales como BREEAM, Passivhaus, etc. (8), como también sistemas de certificación locales desarrollados por algunos países que incluyen criterios de relevancia regional, tal como Green Rating for Integrated Habitat Assessment (GRIHA) en la India, o Green Building Rating System (SAGRS) en Arabia Saudita, entre otros (9).

Estos sistemas de certificación impactan en el diseño arquitectónico, ya que influyen en la toma de decisiones que realizan los arquitectos durante el proceso de diseño (10). Es por ello que durante los últimos años se han desarrollado numerosas investigaciones científicas que han permitido refinarlos. Algunos de estos estudios se han focalizado en la relación de los sistemas internacionales con la cultura local y en el desempeño en general de los mismos (4, 11–14). Un gran número de estudios se han concentrado en comparar algunos aspectos particulares entre diferentes sistemas, tal como la gestión de proyectos (15), la gestión de residuos (16), la gestión del sitio (17), el uso de los materiales (7), el diseño pasivo (18) y el comportamiento ambiental de los ocupantes (19).

En general, los sistemas apuntan a un balance entre la sustentabilidad ambiental y la sustentabilidad social con el fin de resguardar las necesidades de los ocupantes (20). Si bien los criterios más evidentes se centran en el ahorro de energía y la disminución de gases efecto invernadero, los criterios relacionados con el bienestar de los ocupantes ocupan un lugar importante, generalmente focalizados en la dimensión de “Calidad del Ambiente Interior” (CAI), con indicadores de confort térmico, visual, acústico y calidad del aire (21–23). En un estudio comparativo entre los 11 principales sistemas existentes a la fecha (4) se identificó a la CAI como la dimensión que ocupa el tercer lugar entre las analizadas, por debajo de “Energía” y “Sitio”; con ponderaciones similares entre los diferentes sistemas de certificación. Sin embargo, un estudio (24) determinó que el sistema de certificación WELL, implementado en 2014 con el fin de promover la salud y el bienestar de los ocupantes, va más allá al incluir otros criterios que impactan a los ocupantes, tales como la alimentación, el agua potable, el estado físico y la mente, motivados por generar una contraparte distinta a las dimensiones energéticas y de impacto ambiental de los edificios.

Por otro lado, algunos autores argumentan que el bienestar y confort del ocupante podrían entrar en conflicto con el desempeño en la sustentabilidad del edificio. La eficiencia energética de un edificio requiere de una envolvente compacta y tasas de ventilación reducidas, pero para el bienestar de los ocupantes la tasa de ventilación debe ser más alta para disipar el material particulado y mejorar la calidad del aire. Este es un conflicto que a veces se decide a favor de la eficiencia y no del bienestar de los ocupantes (25, 26). La menor atención a CAI en comparación con otros aspectos, especialmente

la eficiencia energética, puede explicarse por el objetivo inicial de desarrollar métodos que buscaban principalmente reducir la demanda de energía de los edificios (27). Además, puede haber conflictos entre los mismos parámetros de confort. Por ejemplo, la ventilación natural puede tener un efecto adverso en el confort acústico de los ocupantes, ya que puede permitir que ingrese ruido exterior al interior del edificio (28). Algunas de las estrategias comunes de edificios sustentables certificados dan como resultado una acústica deficiente (29), mientras que otras generan conflicto entre el confort visual y térmico de los ocupantes de acuerdo al diseño de la envolvente (30-32).

Por lo anterior, la categoría de evaluación o dimensión CAI es de gran importancia en el diseño de los sistemas de evaluación ambiental de los edificios. Este artículo tiene objetivo evaluar el impacto que tienen los criterios de CAI en dos sistemas de evaluación ambiental - uno local y otro internacional - en la certificación de edificios de oficinas en Chile para comparar las prioridades en la selección de estrategias de sustentabilidad.

MÉTODO

El estudio se basa en información contenida en las guías de referencia y en las bases de datos de edificios de oficinas certificados en Chile, tanto por el sistema internacional LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), como por el sistema local CES (Certificación de Edificios Sustentables). La primera etapa presenta el análisis entre los distintos criterios de evaluación o dimensiones ambientales de cada sistema (Energía, Agua, Desechos, Materiales, Calidad del Ambiente Interior, Transporte, etc) y la comparación de las ponderaciones entre ellos; para luego evaluar los componentes de CAI (confort térmico, calidad del aire interior, confort visual y confort acústico) de cada guía de referencia de ambos sistemas. La segunda etapa consiste en el análisis de los créditos obtenidos por los edificios de oficinas registrados en Chile en cuanto a los componentes de IEQ.

La información de certificación de edificios de LEED fue recopilada de las fichas de certificación, mientras que la información de certificación de edificios de CES fue recopilada de los informes de certificación que elaboran los institutos evaluadores de cada uno de los edificios considerados. De aquí se obtuvieron los puntajes obtenidos en cada crédito voluntario y obligatorio, según la clasificación de dimensiones y categorías establecida por los sistemas.

Sistema de certificación LEED

El sistema de certificación Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) fue desarrollado en los Estados Unidos en 1998 y ha crecido rápidamente hasta constituirse en el sistema de evaluación de edificios dominante en todo el mundo, habiéndose implementado en 41 países, incluyendo Chile (3). LEED ha sido desarrollado para evaluar y certificar todo tipo de edificaciones en materia energética y ambiental. Está organizado principalmente en 5 categorías: Sitios Sustentables, Eficiencia del Agua, Energía y Atmósfera, Materiales y Recursos y Calidad Ambiental Interior. Posee categorías adicionales, de acuerdo a versiones posteriores de mejoras dentro del sistema, tales como Ubicación y Transporte, Innovación en el

Diseño y Créditos de Prioridad Regional, las cuales cubren indicadores complementarios a las 5 categorías principales. Según el número de puntos obtenidos, es posible obtener uno de los niveles de calificación LEED: Platinum, Gold, Silver y Certified. Chile Green Building Council fue fundado el año 2010; y en el año 2020, Chile se encontraba en el tercer lugar a nivel Latinoamericano con 494 proyectos inscritos y 233 proyectos certificados (33). De los 494 proyectos inscritos, 241 corresponden a Oficinas, 96 a Retail, 44 Residencial, 20 a Bodegas y Distribución, 20 a Hotelería, 12 a Educativa, 13 a Industrial, 14 Edificios Públicos, 8 a Salud, 7 Data Center, entre otros.

De la base de datos de LEED descargada el 19.10.2020 de la página web oficial del USGBC se determina que 490 proyectos estaban registrados a la fecha; 35 proyectos eran clasificados como “confidenciales” y 263 no estaban certificados. De los 218 proyectos certificados no confidenciales, se eligieron 121 proyectos que incluían la palabra “office” en la categoría “Project Types”. Estos 121 edificios de oficinas fueron certificados mediante distintas versiones de LEED. Se decidió trabajar con los datos de los edificios registrado en LEED-NC (v3) (n: 23) por dos motivos. Primero, el número de edificios certificados con esta versión es similar al número de edificios certificados mediante el sistema local CES, lo que facilita la comparación de datos de este estudio. Segundo, en la versión NC se separan algunos créditos de CAI que en la versión CS (Core and Shell) forman uno, lo que permite mayor especificidad en el análisis. Por ejemplo, el crédito de controlabilidad de los sistemas en LEED-NC (v3) se separa en iluminación y confort térmico; así como el crédito de confort térmico distingue diseño de verificación. La base de datos de LEED utilizada en este estudio contempla 23 edificios de oficinas, con fechas de certificación entre 2013 y 2020.

Sistema de certificación CES

El sistema chileno Certificación Edificio Sustentable (CES) se creó en el año 2014 respondiendo a la necesidad de contar con un sistema de certificación propio, en base a criterios e indicadores acordes a la realidad local. Su objetivo es evaluar, calificar y certificar el grado de sustentabilidad ambiental de edificios de uso público (34). La asignación de escala, ponderación y puntajes de la herramienta se basó en la metodología Analytic Hierarchy Process, cuyos resultados fueron ajustados en base al análisis en 30 edificios públicos de Chile. Para Pre-certificarse o Certificarse, se debe cumplir con todos los requerimientos obligatorios y obtener un mínimo de 30 puntos en base a requerimientos voluntarios (33). El puntaje máximo es 100, existiendo tres rangos de certificación: Edificio Certificado, Certificación Destacada y Certificación Sobresaliente. El sistema CES ha ganado un espacio importante en el desarrollo de proyectos arquitectónicos en Chile, impulsado principalmente por el sector público que lo ha incorporado en las bases de licitación de nuevas obras.

CES está organizado en cinco dimensiones: Calidad del Ambiente Interior, Energía, Agua, Residuos y Gestión. A su vez, estas dimensiones se clasifican de acuerdo a: Diseño Arquitectónico Pasivo, Diseño de Sistemas Activos, Construcción y Operación. Esto último es muy interesante, por cuanto el sistema diferencia indicadores asociados a estrategias de diseño arquitectónico de aquellas asociadas a las instalaciones. Al año 2020, CES tenía 55 proyectos Certificados y 136 proyectos Pre-certificados (33). La base

de datos de CES utilizada en este estudio contempla 16 edificios de oficinas, con fechas de certificación desde 2016 a 2019.

RESULTADOS

Crterios de Calidad del Ambiente Interior CAI en los sistemas LEED y CES

Los sistemas LEED y CES comparten las categorías: Agua, Energía, CAI y Residuos/Materiales. Sin embargo, a diferencia de LEED, CES no evalúa estrategias de reducción del impacto a nivel urbano, como por ejemplo, la conexión del edificio con el entorno o el uso del transporte público. Tanto LEED como CES poseen una categoría de evaluación de CAI que cubre una amplia gama de indicadores relacionados con el ambiente interior, tales como ambiente sonoro, confort térmico, iluminación natural y artificial, suministro de ventilación saludable, calidad del aire, higiene, confort visual y acústico. En términos generales, es aceptado que CAI consta de cuatro componentes principales: confort térmico, calidad del aire interior, confort acústico y confort visual. Para LEED, CAI se refiere a las condiciones dentro de un edificio y sus efectos en los ocupantes (35). Para CES, CAI es definida como las condiciones que los edificios deben ofrecer de manera adecuada a los ocupantes para que éstos puedan realizar actividades en el interior de los mismos (34).

Seis son los parámetros más comunes que evalúan la calidad del ambiente térmico en términos del confort resultante de los ocupantes de un edificio, ellos son: el voto medio previsto (PMV), el porcentaje previsto de insatisfechos (PPD), la temperatura operativa, la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del aire (36). Para evaluar la calidad del aire interior, el indicador más relevante tiene que ver con la tasa de ventilación, como también el filtrado y el monitoreo del CO₂. Se identifican varios contaminantes interiores tales como COV, CO₂, CO, formaldehído, MP 10, MP 2.5 y ozono. Se consideran pocos contaminantes biológicos, debido a la dificultad de su evaluación cuantitativa y la falta de niveles de referencia creíbles (37). Además de los créditos directos para la calidad del aire interior, los créditos en otras categorías pueden afectar indirectamente la calidad del aire interior. Por ejemplo, la selección del sitio puede influir en la calidad del aire exterior. Por lo tanto, la calidad y hermeticidad de la envolvente del edificio, así como el tipo de ventilación, pueden afectar la migración de contaminantes entre el interior y el exterior, y los sistemas energéticamente eficientes pueden mejorar o empeorar la calidad del aire interior dependiendo de la calidad del aire exterior (38). Las atenciones para la selección del sitio y la calidad y hermeticidad de la envolvente del edificio también son factores importantes a considerar para evaluar el confort acústico en edificios, en donde los dos parámetros más empleados son el ruido ambiental y el tiempo de reverberación, además de las consideraciones en la construcción y el mantenimiento (39), en donde el confort acústico fue la dimensión menos valorada en satisfacción por los ocupantes en edificios sustentables en las categorías de CAI (40). Finalmente, para evaluar el confort visual, los indicadores más empleados son: nivel de iluminancia, factor de luz diurna y control del deslumbramiento, aunque ocupantes valoran el acceso a la luz del día y la vista al exterior (41), así como la ubicación de ellos con respecto de las fachadas exteriores (42), además de la importancia en las

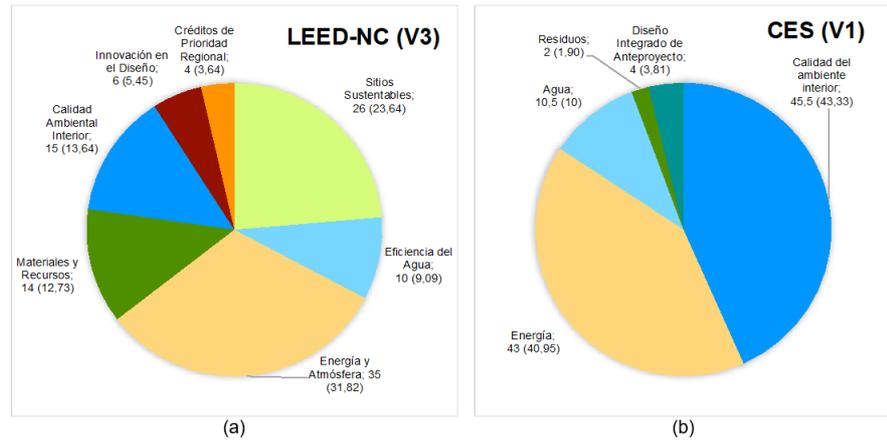
consideraciones en etapas preliminares para el diseño de fachadas (43) para la relación energía y confort visual. La **Tabla 1** muestra una síntesis de los principales indicadores de CAI presentes en los sistemas de certificación LEED y CES.

Tabla 1: Indicadores de Calidad del Ambiente Interior en sistemas LEED y CES.

	LEED- NC (v3)	CES (v1)
CALIDAD DEL AIRE	<p>Tasa de ventilación Filtrado Humo de tabaco Monitoreo de CO₂ COV</p> <p>Formaldehído MP 10 MP 2.5 Ozono CO</p>	<p>Cobertura de las tasas de renovación por ventilación natural Filtraje Concentración máxima de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) Sistema de monitoreo de concentración de CO₂</p>
CONFORT VISUAL	<p>Niveles de iluminancia Control del deslumbramiento</p> <p>Control de los sistemas de iluminación Vistas</p>	<p>Iluminancia Factor Luz Día (FLD) Autonomía de Iluminación Natural del Espacio (sDA) Aporte luz natural Uniformidad media Deslumbramiento (UGR) de las luminarias Rendimiento cromático (IRC) de las fuentes lumínicas Índice probabilidad de deslumbramiento por luz natural (DGP) Acceso visual al exterior</p>
CONFORT TÉRMICO	<p>Condiciones del ambiente térmico (ASHRAE 55) Verificación de confort térmico Control de los sistemas térmicos</p>	<p>Controlabilidad de la climatización % de tiempo que la T° se encuentra dentro del rango de confort de manera pasiva</p>
CONFORT ACÚSTICO	<p>Ruido ambiental Tiempo de reverberación Clase de transmisión del sonido (colegios) Aislación de impacto (colegios) Coeficiente de reducción del ruido (colegios)</p>	<p>Aislamiento acústico [dB(A)] (de fachada / entre recintos) Nivel de Presión Sonora [dB] de Impacto Normalizado Tiempo de reverberación Inteligibilidad de la palabra [STI]</p>

La **Figura 1** muestra los puntajes de las distintas categorías de evaluación de ambos sistemas de certificación. CES posee menos categorías que LEED, pero todas las categorías de CES están incluidas en este último (con excepción de Diseño Integrado). El sistema local CES se centra principalmente en CAI y Energía, con ponderaciones similares entre estas dos dimensiones (43,33% and 40,95%). El sistema LEED-NC (v3) posee más dimensiones, y las ponderaciones se distribuyen más homogéneamente entre todas. Aún así, Energía y Atmósfera es la dimensión más importante (31,82%), seguida de Sitios Sustentables (23,64%) y CAI (13,64%). Esto implica que el sistema chileno CES en su diseño otorga mayor relevancia a la calidad del ambiente interior que el sistema internacional LEED.

Figura 1: Puntajes de las distintas categorías de los sistemas de certificación ambiental de edificios de oficinas (entre paréntesis, porcentaje). LEED (a) y CES (b).



LEED divide cada categoría de evaluación o dimensión ambiental en Prerrequisitos y Créditos, donde los Prerrequisitos son los requisitos mínimos que todos los edificios deben cumplir para obtener la certificación LEED, y no cuentan dentro de la puntuación final; mientras que los Créditos son los requisitos voluntarios que otorgan el puntaje final del edificio. CES divide, a su vez, las categorías de evaluación en Requerimientos Obligatorios y Requerimientos Voluntarios, donde los Requerimientos Obligatorios son las características y comportamientos mínimos que un edificio debe tener para poder certificarse, mientras que los Requerimientos Voluntarios poseen una ponderación o importancia relativa, lo que se traduce también en el puntaje final para su certificación.

Las ponderaciones para cada dimensión se ilustran en las siguientes imágenes, diferenciando las dimensiones obligatorias (Figura 2) de aquellas voluntarias (Figura 3). Según esto, el sistema LEED ha mantenido un puntaje constante a los criterios de CAI a través del tiempo, lo que implica que su peso relativo ha ido disminuyendo. El sistema CES otorga mayor valor a CAI que a todas las demás dimensiones en los requerimientos obligatorios.

Figura 2: Comparación entre los "Prerrequisitos" de LEED y los "Requerimientos Obligatorios" de CES para cada categoría de evaluación o dimensión ambiental. (Información para CES, en comillas).

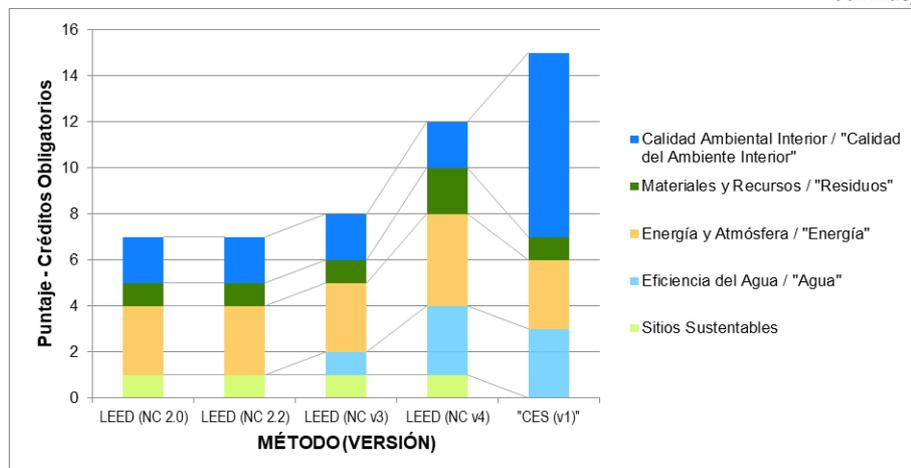
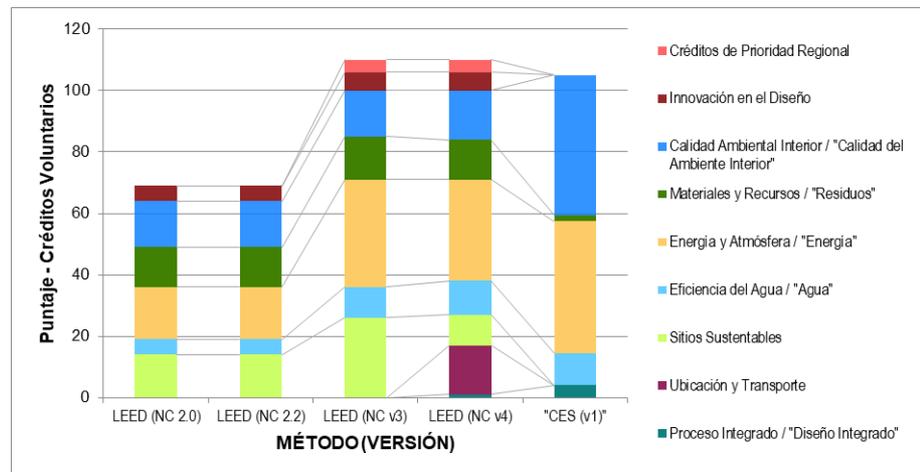


Figura 3: Comparación entre “Créditos” de LEED y “Requisitos Voluntarios” de CES para cada categoría de evaluación o dimensión ambiental. (Información CES, en comillas).



Además, se analizó la distribución de créditos LEED y requerimientos voluntarios CES atribuidos a cada uno de los cuatro componentes de CAI (confort térmico, confort visual, calidad del aire y confort acústico). En LEED-NC (v3), la proporción de los componentes fue: confort térmico (20%), calidad del aire (60%), y confort visual (20%) (esta versión no contempla el confort acústico). En CES: confort térmico (12,50%), calidad del aire interior (31,25%), confort acústico (31,25%), y confort visual (25%). Según lo anterior, el sistema LEED-NC (v3) otorga mayor ponderación a la calidad del aire, mientras que el sistema CES, otorga igual ponderación a la calidad del aire y al confort acústico.

Impacto de créditos CAI en edificios de oficinas certificados

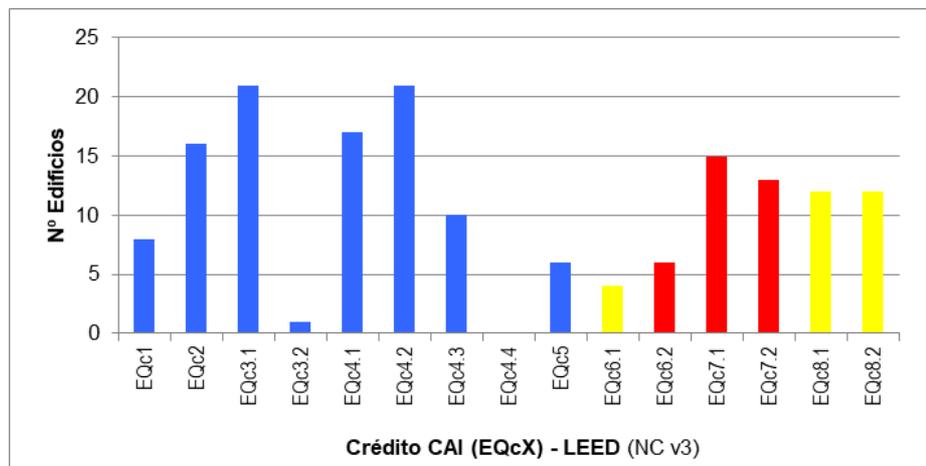
Con la información de las bases de datos de los edificios de oficinas certificados con los dos sistemas de certificación LEED y CES en Chile, se completaron los puntajes promedio obtenidos en cada categoría de evaluación en LEED-NC (v3) (n: 23) y en CES (n: 16), como se muestra en la **Tabla 2**. Según esto, los edificios de oficinas certificados CES en Chile otorgan a CAI una prioridad levemente menor que a “Energía”, siendo que CAI dispone de mayor puntaje posible en el diseño del sistema de evaluación. En el caso de los edificios certificados LEED sucede algo similar, ya que la prioridad es menor que las dimensiones Sitios Sustentables y Energía y Atmósfera, como también levemente menor al potencial de puntaje que existe en el diseño del sistema.

Tabla 2: : Puntaje promedio de las categorías de evaluación en edificios de oficinas certificados LEED y CES. (Información CES en comillas). [Fuente: elaboración propia].

Categoría	LEED-NC (v3)		CES (v1)	
	Puntaje Promedio	Porcentaje	Puntaje Promedio	Porcentaje
Sitio Sustentables	20,57	34,81%	N/A	N/A
Eficiencia del Agua / "Agua"	6,91	11,7%	4,42	8,84%
Energía y Atmósfera / "Energía"	12,74	21,56%	22,97	45,95%
Materiales y Recursos / "Residuos"	3,78	6,4%	0,47	0,94%
CAI / "CAI"	7,04	11,92%	21,38	42,77%
Innovación	4,52	7,65%	N/A	N/A
Créditos de Prioridad Regional	3,52	5,96%	N/A	N/A
"Diseño Integrado"	N/A	N/A	0,75	1,5%
TOTAL	59,08	100%	49,99	100%

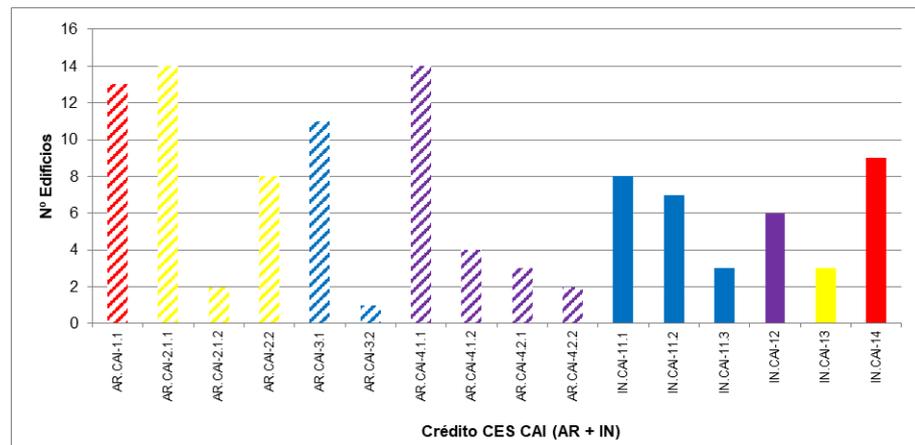
Con la información de las bases de datos de los edificios de oficinas en Chile de los sistemas de certificación LEED y CES se registró el "Crédito" en LEED y el "Requisito Voluntario" en CES obtenido por los edificios (mas no el puntaje). Por lo anterior, la **Figura 4** muestra el número de edificios que obtuvo el crédito para cada componente de CAI entre los 23 edificios de oficinas certificados LEED-NC (v3), y la **Figura 5** muestra el número de edificios que obtuvieron el requisito de cada componente de CAI entre los 16 edificios de oficinas certificados CES en Chile. En el caso de CES, el gráfico diferencia los componentes asociados al "Diseño Arquitectónico Pasivo" (AR, con trama de texturas) de aquellas asociadas a los "Sistemas Activos" (IN, con colores sólidos), en línea con el diseño del método. Como se puede observar, en el sistema LEED predominan los créditos de calidad del aire, mientras que en el sistema CES hay una distribución más homogénea entre los distintos componentes CAI. Sin embargo, es evidente que la mayoría de los edificios han priorizado los créditos asociados al diseño arquitectónico (AR) por sobre las instalaciones (IN).

Figura 4: Número de edificios que obtuvieron créditos en subcategorías CAI (LEED EQcX) entre 23 edificios de oficinas certificados LEED-NC (v3) en Chile. [Fuente: Elaboración propia]



Nota: Los colores representan los componentes CAI: Confort Térmico [rojo]; Confort Visual [amarillo]; y, Calidad del aire [azul].

Figura 5: Créditos obtenidos en la categoría CAI (AR + IN) por 16 edificios de oficinas certificados CES (v1) en Chile. [Fuente: Elaboración propia].



Nota: Los colores representan los componentes CAI: Confort Térmico [rojo]; Confort Visual [amarillo]; Calidad del aire [azul]; Confort Acústico [Púrpura]. Las barras con trama de textura representan la clasificación CES "Diseño Arquitectónico Pasivo (Arquitectura, AR)"; las barras con colores sólidos, la clasificación CES "Diseño de Sistemas Activos (Instalaciones, IN)".

La **Tabla 3** muestra el detalle de los créditos más y menos utilizados en los edificios certificados. En los edificios LEED destacan como más utilizados aquellos créditos asociados al uso de pinturas y adhesivos con bajas emisiones de gases contaminantes, y al plan de manejo de la calidad del aire durante la construcción. En los edificios CES destacan los créditos asociados al aporte de luz natural, al aislamiento de fachada, a la temperatura de confort y a la ventilación. Es interesante observar que en el caso de LEED se trata principalmente de estrategias "de una línea", es decir, de especificaciones técnicas, mientras que en el caso de CES se trata de estrategias de diseño más integrales y por lo tanto más complejas de ejecutar y comprobar.

Los créditos menos utilizados en edificios LEED están principalmente asociados al control de los sistemas, tanto de contaminantes químicos, como del confort térmico y de los equipos de iluminación. En los edificios CES los créditos menos utilizados varían entre acondicionamiento acústico, control del deslumbramiento y de los COVs.

Tabla 3: Créditos CAI más y menos utilizados en edificios de oficinas en Chile certificados LEED-NC (v3) y CES (v1).

	LEED-NC (v3) (n:23)	Componente CAI	CES (v1) (n:16)	Componente CAI
MÁS UTILIZADOS	EQc3.1: Plan de gestión de la construcción CAI - durante la construcción	CALIDAD DEL AIRE	AR.CAI-2.1.1 Aporte luz natural, en Factor Luz Día (FLD)	CONFORT VISUAL
	EQc4.2: Pinturas y recubrimientos de baja emisión	CALIDAD DEL AIRE	AR.CAI-4.1.1 Aislamiento acústico de fachada	CONFORT ACÚSTICO
	EQc4.1: Adhesivos y selladores de baja emisión	CALIDAD DEL AIRE	AR.CAI-1.1: % de tiempo que la T° se encuentra dentro del rango de confort de manera pasiva	CONFORT TÉRMICO
	EQc2: Ventilación Mejorada	CALIDAD DEL AIRE	AR.CAI-3.1 Cobertura de las tasas de renovación por ventilación natural	CALIDAD DEL AIRE

MENOS UTILIZADOS	EQc5: Control de fuentes de contaminantes y químicos en interiores	CALIDAD DEL AIRE	IN.CAI-13: Condiciones de diseño mínimas	CONFORT VISUAL
	EQc6.2: Controlabilidad de los sistemas: confort térmico	CONFORT TÉRMICO	AR.CAI- 4.2.2: Acondicionamiento acústico - inteligibilidad de la palabra (STI)	CONFORT ACÚSTICO
	EQc6.1: Controlabilidad de los sistemas: iluminación	CONFORT LUMÍNICO	AR.CAI-2.1.2: Control de Deslumbramiento (DGP)	CONFORT VISUAL
	EQc3.2: Plan de gestión de la construcción CAI - antes de la ocupación	CALIDAD DEL AIRE	AR.CAI-3.2: Concentración máxima de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	CALIDAD DEL AIRE

CONCLUSIONES

La dimensión de Calidad del Ambiente Interior CAI tiene un peso mucho mayor en el sistema nacional CES que en internacional LEED-NC, lo que puede estar relacionado con la prioridad regional que le ha dado Chile al bienestar de los ocupantes, probablemente debido a la carencia de normativas en la materia para el diseño de edificios de oficinas. Adicionalmente, en los últimos años han surgido nuevos sistemas de certificación internacionales que apuntan al bienestar, tales como WELL, Fitwel, y Living Building Challenge (44), como también muchos estudios orientados a mejorar la calidad del ambiente interior (2, 45, 46). Por otro lado, (47) observan un aumento considerable en la relevancia de categorías asociadas a la sustentabilidad social, un pequeño aumento en la dimensión económica y una disminución continua en el peso de la dimensión ambiental durante las últimas tres décadas.

Entre los componentes de Calidad del Ambiente Interior, la calidad de aire recibe la mayor ponderación en el diseño de ambos sistemas, lo que concuerda con el estudio de (36) que analiza 15 sistemas de certificación a nivel internacional. Esto coincide además, con los edificios de oficinas certificados LEED en Chile, donde los criterios de calidad del aire son los más utilizados. Sin embargo, los edificios certificados CES priorizan estrategias en distintos ámbitos: acústicos, lumínicos, térmicos y de calidad del aire. Los créditos más utilizados por los 23 edificios certificados LEED en Chile, asociados a materiales de bajas emisiones, y gestión de la calidad del aire en la construcción, concuerdan con los resultados de (48) en su revisión de proyectos certificados LEED a nivel mundial.

Propuestas de trabajos futuros son alentadas a investigaciones que comparen sistemas de certificación de usos internacionales con sistemas de certificación de usos locales, además de analizar el uso de los créditos obtenidos en edificios certificados para compararlos entre diferentes países (49-51).

Los sistemas de certificación ambiental de edificaciones constituyen importantes herramientas para la promoción de edificios sustentables, por lo que deben avanzar desde un enfoque en la ingeniería y los sistemas hacia un enfoque centrado en el ser humano para la promoción de la salud y el bienestar en los ocupantes.

Agradecimientos

Este artículo es parte del proyecto Fondecyt Regular N°1201456 "Criterios innovadores de bienestar para el diseño y evaluación de edificios sustentables desde la perspectiva de los ocupantes" y del Grupo de Investigación en Confort Ambiental y Pobreza Energética de la Universidad del Bío-Bío.

REFERENCIAS

1. DEVINE, Avis and KOK, Nils. Green certification and building performance: Implications for tangibles and intangibles. *The Journal of Portfolio Management*. 2015. Vol. 41, no. 6, p. 151–163. <https://doi.org/10.3905/jpm.2015.41.6.151>
2. ILLANKOON, I. M.Chethana S., TAM, Vivian W.Y., LE, Khoa N. and SHEN, Liyin. Key credit criteria among international green building rating tools. *Journal of Cleaner Production*. Online. 2017. Vol. 164, p. 209–220. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.206>
3. LI, Yuanyuan, CHEN, Xiaochen, WANG, Xiaoyu, XU, Youquan and CHEN, Po Han. A review of studies on green building assessment methods by comparative analysis. *Energy and Buildings*. 2017. Vol. 146, p. 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.076>
4. SHAN, Ming and HWANG, Bon gang. Green building rating systems: Global reviews of practices and research efforts. *Sustainable Cities and Society*. 2018. Vol. 39, no. October 2017, p. 172–180. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.02.034>
5. KUBBA, Sam. *Handbook of Green Building Design, and Construction*. . 2012. ISBN 9780123851284.
6. EISENSTEIN, William, FUERTES, Gwen, KAAM, Soazig, SEIGEL, Kimberly, ARENS, Ed and MOZINGO, Louise. Climate co-benefits of green building standards: water, waste and transportation. *Building Research and Information*. Online. 2017. Vol. 45, no. 8, p. 828–844. <https://doi.org/10.1080/09613218.2016.1204519>
7. PARK, Jiyoung, YOON, Jungwon and KIM, Kwang Hyun. Critical review of the material criteria of building sustainability assessment tools. *Sustainability (Switzerland)*. 2017. Vol. 9, no. 2. <https://doi.org/10.3390/su9020186>
8. MATTINZIOLI, Thomas, SOL-SÁNCHEZ, Miguel, MORENO, Begoña, ALEGRE, Javier and MARTÍNEZ, Germán. Sustainable building rating systems: A critical review for achieving a common consensus. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2020. Vol. 51, no. 5, p. 512–534. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1732781>
9. AHMED, Mohd, ABUL HASAN, Mohd and MALLICK, Javed. World Green Building Rating Systems: A Comparative Study. In : *INTERNATIONAL CONFERENCE CUM EXHIBITION ON BUILDING UTILITIES 2016*. New Delhi, 2016.
10. LABARTINO, Isabella. *Building certification as a driver in green building design: The holistic approach of WELL*. Stockholm, 2018.
11. DARKO, Amos and CHAN, Albert Ping Chuen. Strategies to promote green building technologies adoption in developing countries: The case of Ghana. *Building and Environment*. 2018. Vol. 130, p. 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.12.022>
12. CHAN, Albert Ping Chuen, DARKO, Amos, OLANIPEKUN, Ayokunle Olubunmi and AMEYAW, Ernest Effah. Critical barriers to green building technologies adoption in developing countries: The case of Ghana. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 172, p. 1067–1079. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.235>
13. AWADH, Omair. Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, GSAS and Estidama critical analysis. *Journal of Building Engineering*. 2017. Vol. 11, p. 25–29. <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2017.03.010>
14. AKREIM, Mohamed A. S. and SUZER, Ozge. Motivators for Green Buildings: A Review. *Environmental Management and Sustainable Development*. 20 March 2018. Vol. 7, no. 2, p. 137. <https://doi.org/10.5296/emsd.v7i2.12690>
15. WU, Peng and LOW, Sui Pheng. Project Management and Green Buildings: Lessons from the Rating Systems. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*. 16 March 2010. Vol. 136, no. 2, p. 64–70. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000006](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000006)
16. WU, Zezhou, SHEN, Liyin, YU, Ann T.W. and ZHANG, Xiaoling. A comparative analysis of waste management requirements between five green building rating

- systems for new residential buildings. *Journal of Cleaner Production*. 20 January 2016. Vol. 112, p. 895–902. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.073>
17. HUO, Xiaosen, YU, Ann T.W. and WU, Zezhou. A comparative analysis of site planning and design among green building rating tools. *Journal of Cleaner Production*. Online. 2017. Vol. 147, p. 352–359. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.099>
18. CHEN, Xi, YANG, Hongxing and LU, Lin. A comprehensive review on passive design approaches in green building rating tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. Vol. 50, p. 1425–1436. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.003>
19. CHAVEZ-FINOL, Fernando, TREBILCOCK-KELLY, Maureen and PIDERIT-MORENO, María Beatriz. Diseño de edificios de oficinas sustentables para promover ocupantes sustentables. *Revista Hábitat Sustentable*. Online. 30 December 2021. Vol. 11, no. 2, p. 34–45. <https://doi.org/10.22320/07190700.2021.11.02.03>
20. MOEZZI, Mithra. *Are comfort expectations of building occupants too high?*. January 2009.
21. LOFTNESS, Vivian, HAKKINEN, Bert, ADAN, Olaf and NEVALAINEN, Aino. Elements that contribute to healthy building design. *Environmental Health Perspectives*. June 2007. Vol. 115, no. 6, p. 965–970. <https://doi.org/10.1289/ehp.8988>
22. ABBASZADEH, S, ZAGREUS, Leah, LEHRER, D, ZAGREUS, L and HUIZENGA, C. Occupant satisfaction with indoor environmental quality in green buildings. In : *Proceedings of Healthy Buildings 2006*. Lisbon, 2006. p. 365–370.
23. THATCHER, Andrew and MILNER, Karen. The impact of a “green” building on employees’ physical and psychological wellbeing. In : *Work*. 2012. p. 3816–3823. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0683-3816>
24. LARSEN, Tine Steen, ROHDE, Lasse, JØNSSON, Kim Trangbæk, RASMUSSEN, Birgit, JENSEN, Rasmus Lund, KNUDSEN, Henrik N., WITTERSEH, Thomas and BEKÖ, Gabriel. IEQ-Compass – A tool for holistic evaluation of potential indoor environmental quality. *Building and Environment*. 2020. Vol. 172. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106707>
25. LAI, A. C.K., MUI, K. W., WONG, L. T. and LAW, L. Y. An evaluation model for indoor environmental quality (IEQ) acceptance in residential buildings. *Energy and Buildings*. September 2009. Vol. 41, no. 9, p. 930–936. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.03.016>
26. KOPONEN, Ismo K., ASMI, Ari, KERONEN, Petri, PUHTO, Katri and KULMALA, Markku. Indoor air measurement campaign in Helsinki, Finland 1999 - The effect of outdoor air pollution on indoor air. *Atmospheric Environment*. 2001. Vol. 35, no. 8, p. 1465–1477. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(00\)00338-1](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(00)00338-1)
27. ELNAKLAH, Rana, FOSAS, Daniel and NATARAJAN, Sukumar. Indoor environment quality and work performance in “green” office buildings in the Middle East. *Building Simulation*. 2020. Vol. 13, no. 5, p. 1043–1062. <https://doi.org/10.1007/s12273-020-0695-1>
28. DEUBLE, Max Paul and DE DEAR, Richard John. Green occupants for green buildings: The missing link? *Building and Environment*. 2012. Vol. 56, no. 56, p. 21–27. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.02.029>
29. BRILL, Michael and WEIDEMANN, Sue. *Disproving Widespread Myths about Workplace Design*. . Buffalo : Emerald, 2001. Disproving widespread myths about workplace design. 2001.
30. LIANG, Han Hsi, LIN, Tzu Ping and HWANG, Ruey Lung. Linking occupants’ thermal perception and building thermal performance in naturally ventilated school buildings. *Applied Energy*. 2012. Vol. 94, p. 355–363. . <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.02.004>
31. DAY, Julia K., THEODORSON, Judy and VAN DEN WYMELENBERG, Kevin. Understanding controls, behaviors and satisfaction in the daylight perimeter office: A daylight design case study. *Journal of Interior Design*. Online. 1 March 2012.

- Vol. 37, no. 1, p. 17–34. [Accessed 7 March 2019]. .
<https://doi.org/10.1111/j.1939-1668.2011.01068.x>
32. WESCHLER, Charles J., SHIELDS, Helen O. and SHAH, Bharat M. Understanding and Reducing the Indoor Concentration of Submicron Particles at a Commercial Building in Southern California. *Journal of the Air and Waste Management Association*. 1 April 1996. Vol. 46, no. 4, p. 291–299. .
<https://doi.org/10.1080/10473289.1996.10467463>
33. CHILE GBC. *Reporte Construcción Sustentable Chile GBC - Diciembre 2020* Online. Santiago, 2020. Available from: www.chilegbc.cl
34. INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN. *Manual, evaluación y calificación : certificación edificio sustentable*. Innova Chile Corfo, 2014. Versión 1, mayo 2014.
35. USGBC. *LEED 2009 for Core and Shell Development Rating System* Online. Washington, 2016. [Accessed 20 February 2021]. Available from:
<https://www.usgbc.org/resources/leed-2009-core-and-shell-current-version>
36. WEI, Wenjuan, WARGOCKI, Pawel, ZIRNGIBL, Johann, BENDŽALOVÁ, Jana and MANDIN, Corinne. Review of parameters used to assess the quality of the indoor environment in Green Building certification schemes for offices and hotels. *Energy and Buildings*. Online. 2020. Vol. 209, p. 109683. .
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109683>
37. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. Online. Copenhagen, Denmark, 2010. ISBN 9789289002141.
38. STEINEMANN, Anne, WARGOCKI, Pawel and RISMANCHI, Behzad. Ten questions concerning green buildings and indoor air quality. *Building and Environment*. 1 February 2017. Vol. 112, p. 351–358. .
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.010>
39. TO, W. M. and CHUNG, A. W. Acoustic comfort in buildings in Hong Kong, Macao, and the Greater Bay Area of China. In : *Proceedings of Meetings on Acoustics*. November 2018.
40. HODGSON, Murray. Acoustical evaluation of six 'green' office buildings. *Journal of Green Building*. 2008. Vol. 3, no. 4, p. 108–118.
41. GENTILE, Niko, LEE, Eleanor S., OSTERHAUS, Werner, ALTOMONTE, Sergio, NAVES DAVID AMORIM, Cláudia, CIAMPI, Giovanni, GARCIA-HANSEN, Veronica, MASKARENJ, Marshal, SCORPIO, Michelangelo and SIBILIO, Sergio. Evaluation of integrated daylighting and electric lighting design projects: lessons learned from international case studies. *Energy and Buildings*. Online. May 2022. P. 112191. . <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112191>
42. KONIS, Kyle. Evaluating daylighting effectiveness and occupant visual comfort in a side-lit open-plan office building in San Francisco, California. *Building and Environment*. January 2013. Vol. 59, p. 662–677. .
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.09.017>
43. OCHOA, Carlos Ernesto and CAPELUTO, Isaac Guedi. Advice tool for early design stages of intelligent facades based on energy and visual comfort approach. *Energy and Buildings*. May 2009. Vol. 41, no. 5, p. 480–488. .
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.11.015>
44. CALIFORNIA POLYTECHNIC STATE UNIVERSITY. Building for Wellness-Healthy Building Course for Cal Poly SLO CM Department. *Lindsey Pierson*. 2020.
45. GOU, Zhonghua. Human Factors in Green Building: Building Types and Users' Needs. *Buildings*. Online. 2019. Vol. 9, no. 1, p. 17.
<https://doi.org/10.3390/buildings9010017>
46. GOU, Zhonghua, PRASAD, Deo and SIU-YU LAU, Stephen. Are green buildings more satisfactory and comfortable? *Habitat International*. 2013. Vol. 39, p. 156–161. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2012.12.007>
47. WEN, Baohua, MUSA, Nurmaya, ONN, Chiu Chuen, RAMESH, S., LIANG, Lihua and WANG, Wei. Evolution of sustainability in global green building rating tools. *Journal of Cleaner Production*. 20 June 2020. Vol. 259. .
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120912>

48. WU, Peng, SONG, Yongze, SHOU, Wenchi, CHI, Hunglin, CHONG, Heap Yih and SUTRISNA, Monty. *A comprehensive analysis of the credits obtained by LEED 2009 certified green buildings*.
49. WU, Peng, SONG, Yongze, WANG, Jun, WANG, Xiangyu, ZHAO, Xianbo and HE, Qinghua. Regional variations of credits obtained by LEED 2009 Certified green buildings-A country level analysis. *Sustainability (Switzerland)*. 29 December 2017. Vol. 10, no. 1. . <https://doi.org/10.3390/su10010020>
50. CIDELL, Julie and BEATA, Alexander. Spatial variation among green building certification categories: Does place matter? *Landscape and Urban Planning*. 30 June 2009. Vol. 91, no. 3, p. 142–151. . <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.12.001>
51. FAULCONBRIDGE, James. Mobilising sustainable building assessment models: Agents, strategies and local effects. *Area*. 1 June 2015. Vol. 47, no. 2, p. 116–123. <https://doi.org/10.1111/area.12148>

Submetido: 11/12/2021
Aceito: 09/06/2022