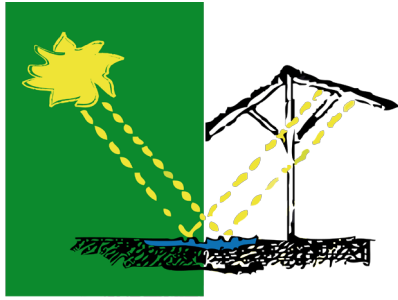




INSTITUTO DE ARQUITECTURA TROPICAL

BUENAS PRACTICAS DE CONSTRUCCION SOSTENIBLE: ESCUELAS SOLARES PASIVAS

Marcos Antonio Leite Frandoloso (1)

BRASIL

Autor: Marcos Antonio Leite Frandoloso
Professor Faculdade de Engenharia e arquitetura
Universidade de Passo Fundo; Doutorando na escola
Técnica Superior d'Arquitetura de Barcelona,
Universitat Politècnica de Catalunya.
frandoloso@upt.br

RESUMEN

El trabajo trata de la inserción de las edificaciones escolares en el contexto ambiental, a partir de la perspectiva que los aspectos físicos y espaciales contribuyen a la materialización de ambientes adecuados a los requisitos didáctico-pedagógicos y funcionales y en especial, las exigencias de habitabilidad de manera que la escuela, se constituya en un elemento promotor del desarrollo intelectual, social y afectivo de la niñez.

A partir de la concepción basada en los principios de bioclimatismo, se exploran las estrategias solares pasivas que utilizan el cerramiento del edificio en la selección de aquellos elementos ambientales externos favorables a los acondicionamientos de los espacios, a fin de agregar a los criterios funcionales del proyecto la máxima utilización de los factores naturales y la racionalización del uso de la energía.

Entretanto, centra su foco en la construcción insertada en los conceptos de sostenibilidad - de las buenas prácticas y de la construcción sostenible, a buscar una metodología de evaluación que aborde, además de la relación del edificio con el entorno climático, la respectiva interacción con un entorno natural y construido, la definición de los materiales y procedimientos constructivos, bajo la perspectiva del análisis del ciclo de vida y de sus respectivos impactos ambientales, incluyendo también el comportamiento de la edificación como un todo y su uso: mantenimiento, operación, y su futuro reciclaje.

Palabras clave: construcción sostenible, buenas prácticas en arquitectura, arquitectura bioclimática, escuela solar pasiva.

1. INTRODUCCION

Este trabajo forma parte de las investigaciones realizadas en el programa de doctorado Ambitos de Investigación en la Energía y el Medio Ambiente en la Arquitectura, en desarrollo en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona de la Universidad Politécnica de Barcelona de la Universitat Politècnica de Catalunya (ETSAB-UPC), dentro del proyecto de estudio "calidad urbana: interacciones entre los ambientes natural y construido a través de la evaluación espacial en edificaciones escolares",

el cual pretende abordar las cuestiones relacionadas con la interacción entre los efectos naturales del espacio construido, utilizando como elementos de análisis, las edificaciones con finalidades educativas, sus requisitos programáticos específicos (funcionales, ambientales, pedagógicos, y sociales), y especialmente su inserción en el contexto urbano.

Por lo tanto, es una continuidad a lo ya desarrollado en el Programa de post grado en Arquitectura de la Universidad Federal de Río Grande del Sur (PROPR-UFRGS), cuando se desarrolló una investigación que culminó en la elaboración de disertación de maestría llamada "Criterios de Proyectos para Escuelas Fundamentales Bioclimáticas" (Franceloso, 2002). La pesquisa se basó en una metodología de diseño que hace un puente entre las condiciones ambientales de los edificios escolares y sus requisitos funcionales, es decir, los principios de arquitectura solar pasiva. Estos principios exploran las estrategias que utilizan la envolvente de la propia edificación, escogiendo los elementos ambientales externos favorable a la calefacción, enfriamiento ventilación, protección a la radiación solar y la iluminación natural.

El estudio partió de la premisa del ambiente escolar no sólo como apenas el conjunto de características del espacio físico, sino especialmente, como el conjunto de relaciones interpersonales ahí establecidas, capaz de contribuir al proceso de educación y aprendizaje, para lo que Salmerón Pérez (2003) complementa al considerar a los espacios arquitectónicos escolares no como meras envoltorias pero interactuando con sus usuarios, proporcionando información cultural y social no verbal.

También contribuye al tema la investigación "Evaluación post- ocupación del ambiente escolar: espacio, educación, y ciudadanía" (KALIL; 2003) en proceso en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Passo Fundo, la cual tiene como objetivo específico utilizar métodos y técnicas de evaluación post ocupación - APO- en ambientes escolares en la ciudad de Passo Fundo - RS, de modo a verificar la adecuación técnico funcional y la satisfacción de los usuarios (docentes, estudiantes, funcionarios y comunidad escolar), con la calidad de su ambiente y su relación con el desempeño pedagógico.

Los resultados de la investigación se enfocan en la formación de un banco de datos digital sobre edificaciones escolares y a proporcionar recomendaciones y directrices de proyectos para profesionales y para organismos del sistema educativo, contribuyendo para un mejor desempeño del ambiente físico y social y su mejor adecuación a las necesidades pedagógicas e intereses reales de sus ocupantes su inclusión y ascenso social.

Entretanto, es necesario un avance en el análisis de las interacciones de los aspectos internos y externos del edificio o mejor, apenas relativos a la propia edificación, tomando en cuenta que el sector de la construcción y su mantenimiento ya representan en los países de la Unión Europea, (GBC, 2003) aproximadamente 40% del total de las materias primas, 33% de la energía consumida y 50% de las emisiones y residuos producidos.

El objeto de estudio específico se define como la interacción entre los efectos ambientales naturales en el espacio construido y el impacto respectivo de las edificaciones en el ambiente urbano. Se pretende evaluar los factores que presentan interrelación con el entorno construido (edificaciones pre-existentes, y áreas no edificadas), espacios urbanos naturales (áreas verdes, cursos de agua, etc) y la infraestructura y servicios existentes (sistema vial y de transporte, comunicaciones, salud, energía, etc), dentro de los conceptos de sostenibilidad y buenas prácticas.

Actualmente la investigación se encuentra en la etapa de revisión bibliográfica y en la consolidación de la metodología de evaluación y definición de los coeficientes ambientales que hacen parte de sus objetivos.

Este trabajo presenta los primeros resultados en este sentido, inicialmente trazando conceptos relacionados con las escuelas solares pasivas, de sostenibilidad, y la definición de las buenas prácticas en relación a la construcción sostenible, pasando en secuencia para la presentación de la solicitud de aplicación de los mismos a las edificaciones escolares, describiendo la etapa de colección de datos preliminares - evaluación técnica constructiva y funcional- y finalmente, relacionándose a los aspectos ambientales, presenta los lineamientos y respectivos criterios de evaluación que serán aplicados en el objeto de estudio.

2. ESCUELA SOLAR PASIVA

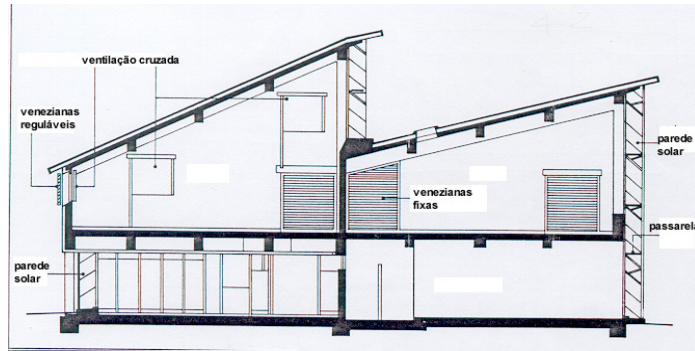
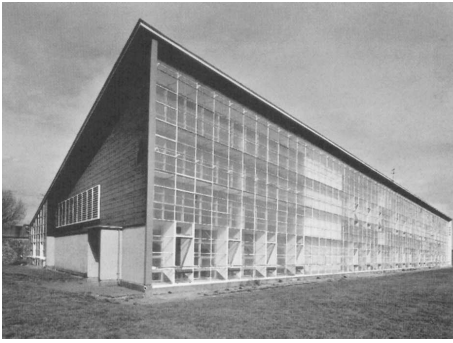
El tema de los asuntos ambientales no es reciente, ya que pensamiento vitruviano de la arquitectura como definidora del espacio habitable, mencionaba el equilibrio en los aspectos conceptuales del proyecto representados por el modelo tripartito: arquitectura-clima-bienestar. Entretanto, a partir de los años 60 que Olgyay (1963) propone la inclusión de un elemento nuevo en el proceso ambiental: la tecnología a partir de conceptos derivados, se desarrolla la propuesta de una arquitectura bioclimática estableciendo los procedimientos de análisis climático y su relación con las condiciones de bienestar.

La continuidad de los debates confrontan a algunos autores que caracterizan a la arquitectura como necesariamente bioclimática por esencia, siendo imposible disociarla del contexto natural y consecuentemente no existe una "arquitectura bioclimática" en contraposición a aquella "no bioclimática".

Adoptamos aquí el término bioclimático para identificar aquellas prácticas que permiten que el edificio se beneficie de ambientes interiores próximos a los considerados como situación de bienestar para un margen de variación de condiciones exteriores bastante amplia, según el recurso de climatización artificial. Cuando los medios artificiales se hacen necesarios (para condiciones exteriores que sobrepasan los límites anteriormente citados), las estrategias basadas en una arquitectura bioclimática permiten consumir una cantidad de energía reducida o la estrictamente necesaria bajo patrones de eficiencia.

Esa opinión centra el hecho de que la crisis energética de la década de los 70 constituye un factor dominante en los debates o que volvió imprescindible la búsqueda de formas para reducir el consumo de recursos no renovables, iniciándose de forma más insiciva- investigaciones para la búsqueda de fuentes de energías alternativas a los combustibles fósiles: energía solar, eólica, térmica, mareas entre otras.

Este panorama, puede ejemplificarse por una de las primeras concretizaciones de los conceptos bioclimáticos en arquitectura, como lo fue la emblemática ampliación del St George's County



St George's County School, del arquitecto Emslie Morgan en Wallasey- Cheshire, GB (Fig. 1).
Fuente: adaptado de HAWKES, 1996, p.93; 120.

School, del arquitecto Emslie Morgan en Wallasey-Cheshire, GB (Fig. 1). Este predio representó para Banham (1975, p. 310), “[...] algo de leyenda o cause célebre entre los ambientalistas británicos”, y para Hawkes (1966, p.19, traducción del autor) “un significativo marco para el futuro [...] un status icónico” para el medio educativo.

Banham (1975, p.312) describe la estructura del Wallasey School como “(...) una revaluación imaginativa de uno de los controles ambientales más antiguos conocidos por el hombre, la estructura maciza funciona para conservar el calor, más un intento de aprovechamiento avanzado de la fuente fundamental y mas antigua de toda la energía ambiental: el sol.” Según el mismo autor, la escuela proyectada por Morgan tuvo éxito por redimensionar radicalmente los métodos de manejo ambiental, sólo posible a través del conocimiento tecnológico cuantificado, derivado de la experiencia y del experimento controlado, comprobando científicamente las reglas empíricas de las culturas vernáculas para el control de sus entornos ambientales. Lo que se evidenció en este edificio y la diferencia entre las formas de manejo de los aspectos ambientales y energéticos del proyecto de arquitectura, colocando en posiciones opuestas dos modos de control de esos aspectos, que a partir de Banham (1975) y Hawkes (1996) son denominados, de un lado como postura selectiva, en la cual las características del sitio son imprescindibles para el diseño y control del consumo de energía del edificio, y de otro, una postura exclusiva, en la cual el entorno natural tiene un papel secundario, visto que los ambientes son predominantemente artificiales, de control automatizado.

En el modo selectivo, los usos de forma y de los materiales del envoltorio del edificio funcionan como filtro del medio externo, resultando en formas mas dispersas buscando maximizar la utilización de la energía del ambiente exterior de forma que se detengan las condiciones naturales indeseables y se admitan las condiciones convenientes. Es decir: la energía es una combinación de factores externos y del propio ambiente interno, de acuerdo a las demandas de frío o de calor.

Simplificando las clasificaciones utilizadas por Bardou y Arzoumanian (1980, p. 54-59), el ambiente como forma de control selectivo, se desdobra en activo y pasivo: activo cuando la captación, el almacenamiento, y la distribución de energía en el edificio necesita, para su funcionamiento, de energía exterior, obtenida a través de medios automáticos y equipamientos, y pasivo, cuando los procesos son capaces de funcionar por sí solos, sin uso de energía externa al sistema - energía artificial- y/o con técnicas simplificadas, muchas veces implicando la acción del usuario como controlador del sistema conforme al esquema presentado en la figura 2. Por extensión, como control pasivo, los mismos autores (idem, p.58) consideran la utilización de equipamientos simples -tales como ventiladores- cuando los mismos ocasionalmente permitan los intercambios térmicos, sin ser indispensables para el funcionamiento normal del sistema.

Según Serra (1999, p.78), “aún actualmente (1999), la flexibilidad y la capacidad de adaptación de los sistemas pasivos no ha sido superada por los sistemas activos”, sin embargo, a pesar de estos argumentos el autor presenta los conceptos de

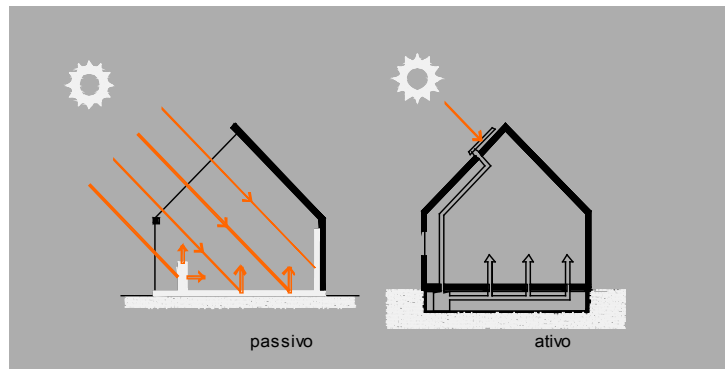


FIG.2. CONTROL AMBIENTAL SOLAR PASIVO Y ACTIVO

Fuente: Frandoloso, 2001.

los edificios inteligentes (smart buildings), en los cuales ocurre un control global e integral de todos los sistemas del edificio, utilizando la informática tanto para el análisis de las condiciones ambientales como de las decisiones en cuanto a los procedimientos a ser desencadenados para obtener el bienestar ambiental.

Tales posiciones evidencian una particular aplicabilidad de las soluciones selectivas, colocadas por Hawkes (1996,p.43-44) como apropiadas para edificios escolares, pero específicamente para las escuelas solares pasivas, es decir escuelas en las que la forma y los elementos constructivos absorben y distribuyen la energía requerida para atender las condiciones de bienestar de los usuarios, dispensando el empleo de instrumentos o equipamientos mas sofisticados de control.

3. SOSTENIBILIDAD

Como resultado de las investigaciones teóricas y prácticas de los últimos 40 años, que abordan el uso racional de las fuentes de energía renovables y no renovables, los temas relacionados a la ecología y al medio ambiente, se volvieron comunes en los años 80-90, proponiendo una creciente relación entre la ecología y la tecnología en una visión de futuro, en todas las actividades humanas, y consecuentemente, la planificación urbana y arquitectónica, teniendo como objetivo el desempeño y la gestión de comunidades humanas sostenibles introduce al panorama científico un término nuevo: desarrollo sostenible.

En 1988 el Informe Brundtland ¹ - Our Common Future- , conceptualizó el desarrollo sostenible como aquel concebido de manera a fomentar las actividades y ocupaciones humanas que mantengan la calidad de vida, aseguren un acceso continuo a los recursos naturales y eviten la persistencia de daños ambientales, atendiendo las necesidades actuales, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades (COMISION MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO, 1988, p.67).

Reinterpretando las directrices genéricas aportadas por el Informe (idem), el desarrollo tecnológico y científico debe estar basado en la preocupación con la preservación ambiental y de los recursos naturales disponibles en la sociedad, de forma a revertir las proyecciones actuales de situaciones críticas en el uso de los potenciales hídricos (tanto de agua potable como de los afluentes) y energéticos y del destino de los residuos sólidos por medio de un conjunto de estrategias y procedimientos ejemplificados en la figura 3.

Franco (2000), p.27) añade “una dimensión cultural y política (...) en la gestión ambiental (o simplemente ecológica) de la sostenibilidad, de manera a imponer un carácter dinámico, el cual “(...) se refiere a un proceso evolutivo sostenible de transformación continua”. Para la autora (idem, p. 26), “ el concepto de desarrollo sostenible es (...) complejo y controversial (lo que no significa una negación de la

1. Informe de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo de las N U, preparación a la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en Río de Janeiro en 1992 - “Cúpula de la Tierra” o ECO’92.

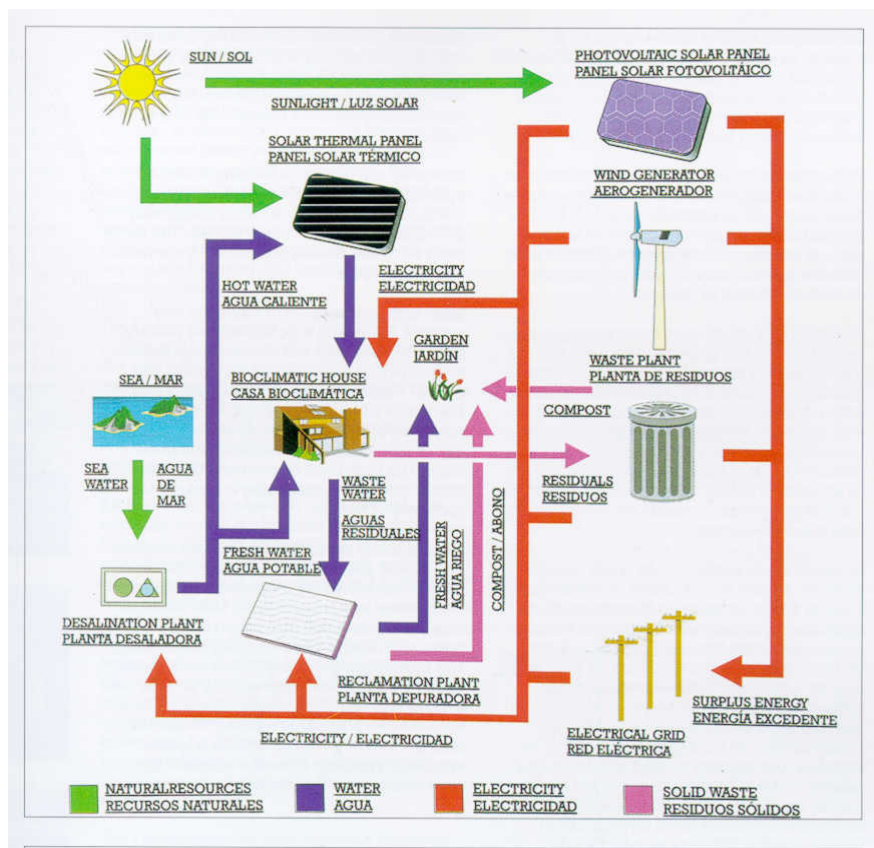


FIG. 3. CICLOS DE APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES

Fuente; RUANO, 1999, p.67.

autora a su viabilidad), una vez que para ser implantado exige muchas transformaciones fundamentales en la forma de pensar, vivir, producir, consumir, etc.”

La evolución de los debates a partir del concepto genérico de sostenibilidad según la Comisión Brundtland, también ha generado un continuo cuestionamiento de las prácticas de desarrollo, desencadenando la formulación de instrumentos que efectivamente promuevan un cambio del patrón de desarrollo global tanto a nivel internacional (como el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo y el Programa de Gestión Urbana, como nacional a través de la Agenda 21 brasileña aprobada en el 2001 en el Estatuto da Cidade (ley #10.257), y recientemente en el 2003, con la Conferencia de Ciudades, en la cual el desarrollo urbano implica más directamente a escala municipal, una realidad donde deben ocurrir cambios en la base del desarrollo holístico de la ciudad - ciudad sostenible.

El Consorcio Parreira 21² (1999, p. 15) propone para el contexto nacional brasileño cuatro estrategias de

sostenibilidad urbana: a) regular el uso y la ocupación del suelo urbano, mediante los principios de equidad, eficiencia y calidad ambiental; b) promover la planificación y la gestión democrática de la ciudad, incorporando en el proceso la dimensión ambiental y la participación activa de la sociedad; c.) promover cambios en los patrones de producción y consumo, reduciendo costos y desperdicios a través de tecnologías urbanas sostenibles; y d.) desarrollar y estimular la aplicación de instrumentos económicos en la administración de los recursos naturales.

La calidad de vida en las ciudades (término que figura en el citado informe Brundtland) asiste a las intenciones de Agenda 21 brasileña y por tanto, es imprescindible la construcción de productos concretos, factibles y mensurables que permitan analizar y comprender los impactos de las tecnologías y prácticas urbanas adoptadas, tanto como infraestructuras y transportes, uso y ocupación del suelo, agotamiento de recursos naturales no renovables y contaminación ambiental, segregación social, etc.

En este sentido, la sostenibilidad en las ciudades se coloca por diversos autores y organismos institucionales como la “salida” o la “solución”, no sólo para las sociedades llamadas desarrolladas, mas especialmente aquellas en desarrollo. Entretanto, con la reflexión que la misma no puede ser considerada aisladamente como la panacea para todos los problemas contemporáneos y de extrema relevancia en la búsqueda continua por un crecimiento a partir de un conjunto de programas y prácticas que contemplen las dimensiones sociales, culturales y económicas de cada contexto regional y nacional.

4. BUENAS PRACTICAS Y LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE

Las estrategias para usar los elementos favorables del medio externo en el acondicionamiento de los espacios internos, es decir, los principios de arquitectura bioclimática, o mas estrictamente, de la arquitectura solar pasiva, presentan actualmente un nivel teórico avanzado; en el ámbito europeo y de Norteamérica, inclusive varias son las aplicaciones prácticas en las edificaciones a partir de la década de los años 90, especialmente en edificios de carácter público e institucional (en los que hay un énfasis en las escuelas y demás edificios de uso educativo y cultural), entretanto, el nivel nacional brasilero, aunque a nivel académico, están siendo desarrolladas varias investigaciones en este sentido, aún se ve que la aplicabilidad se encuentra con un gran potencial de construcción real.

Diferentes términos han sido empleados para caracterizar estas prácticas: arquitectura bioclimática, construcción sostenible, arquitectura sostenible, arquitectura ecológica, arquitectura verde (green architecture), diseño ecológico sostenible (ecologically sustainable design) y desarrollo ecológico sostenible.

El término construcción sostenible, conforme a Kibert (2002, p. xx; 2), presenta una descripción mas comprensible de las actividades que buscan integrar el ambiente construido con un ambiente natural. Según el autor, que adopta la “arquitectura verde”, la base filosófica y técnica que banalizan las decisiones de estas nuevas prácticas puestas en evidencia a partir de los años 90, aún no existen;

2. El Consorcio Parceira 21 está compuesto por el Instituto Brasileiro de Administración Municipal (IBAM), Instituto de Estudos Religiosos (ISER) y la Red de Desarrollo Humano (REDEH), contribuyendo a la formulación de la Agenda 21 brasilera.

por tanto, los proyectistas y constructores, sigue el autor, se basan en criterios intuitivos para escoger implantaciones, materiales y sistemas energéticos, es decir se hacen necesarios parámetros “virtuales” relacionados con juicios particulares y/o personalizados. Esto se debe al hecho que siendo la protección del medio ambiente uno de los objetivos de estas teorías, los efectos reales de las decisiones del proyecto y operación de los edificios aún presentan dificultades que serán cuantificadas y evaluadas de manera práctica.

Cuáles son estos criterios? O qué diferencia a un edificio sostenible - o verde, o ecológico- de uno que no lo es?

Según Acseilrad (2001, p.28-29) prevalecen en el tema varias interrogantes, que expresan la sostenibilidad como un “principio en evolución”, “un concepto infinito” y “que pocos saben o que es, en este sentido que se hace necesario plantear directrices que permitan identificar estas diferencias , ya que “para afirmar algo- una cosa o una práctica social- y sostenible, será necesario recurrir a una comparación de atributos entre dos momentos situados en el tiempo: entre pasado y presente, entre presente y futuro, o tambien como término de comparación entre las prácticas urbanas y de construcción en curso.

Pretendiendo hacer esta caracterización o mejor una clasificación al programa de Buenas Prácticas³, busco identificar las políticas y las intervenciones urbanas que desde los criterios de la sostenibilidad, se muestran eficaces para mejorar las condiciones de vida en las ciudades, consolidados por el programa de Buenas Prácticas y Liderazgo Local (BLP). Estas Buenas Prácticas”, según Hernández Aja (2001), contrariamente a ser un término para determinar aquellas experiencias que pudiesen ser consideradas como la mejor acción imaginable sobre un territorio determinado, pueden servir para calificar aquellas acciones que supongan una transformación en las formas y procesos y que representen un germen de cambio positivo en los métodos tradicionales.

Por lo tanto, se establece como criterios que carac-

3. Originado en la II Conferencia de Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos - HABITAT II-, realizado en 1996, organizado por United Centre for Human Settlements.

terizan a las Buenas Prácticas:

- a) Impacto: prácticas que producen mejoras tangibles, concretas;
- b) Asociación: explorar la multi-disciplinaridad de las actuaciones y la participación colaborativa de varias entidades y en varios niveles;
- c) Sostenibilidad: prácticas capaces de mantenerse en el tiempo, garantizando cambios duraderos y marcos decisorios en el campo social, cultural, económico y ambiental;
- d) Liderazgo y fortalecimiento comunitario: refuerza las redes sociales y de participación comunitaria)
- e) Inclusión social: aceptación de la diversidad social y cultural y reconocimiento y valoración de las distintas capacidades.

Para el Green Building Challenge⁴ (GBC,2003) la edificación que contribuya con el desarrollo sostenible y aquella que tenga como objetivo estratégico minimizar o reducir al máximo, tanto en el ámbito local como global, su contribución a los diferentes efectos negativos sobre el medio ambiente, y sobre los aspectos económicos, sociales y culturales, considerando los procesos edilicios en forma integral, desde su inicio hasta su fin.

Observando la vida útil completa de los edificios, que incluye las etapas de planificación, proyectos, construcción, operación, renovación (y/o) la demolición, Kibert, Sendimir y Guy (2002,p.2) establecen los siguientes principios para la construcción

sostenible, relacionando cada una de las etapas con los recursos naturales (tierra, agua y aire), energéticos y de los materiales constructivos:

- a) Reducción del consumo de recursos, a través de la eficiencia energética y constructiva;
- b) Reuso máximo de los recursos por medio de la aplicación de los principios de análisis del ciclo de vida - ACV, ver figura 4.
- c) Protección de los sistemas naturales en todas las actividades y fases del edificio y corrección de los impactos inevitables;
- d) Aplicación de materiales y técnicas de bajos impacto ambiental, como el control de emisiones tóxicas y residuos.
- e) Incorporación y evaluación de costos de toda la vida útil del edificio;
- f) Énfasis en calidad ambiental

5. LAS BUENAS PRACTICAS EN ESCUELAS SOLARES PASIVAS

Ahora, por concepto, los edificios solares pasivos presentan como objetivo la minimización del consumo de energías no renovables por medio de la captación de elementos favorables del entorno climático en que está inserta (e inter-relacionada), y así, busquen la promoción de prácticas sostenibles, la relación entre las buenas prácticas en las escuelas solares pasivas pretende que sean evaluadas cuestiones más exhaustivas que la de la racionalización energética.

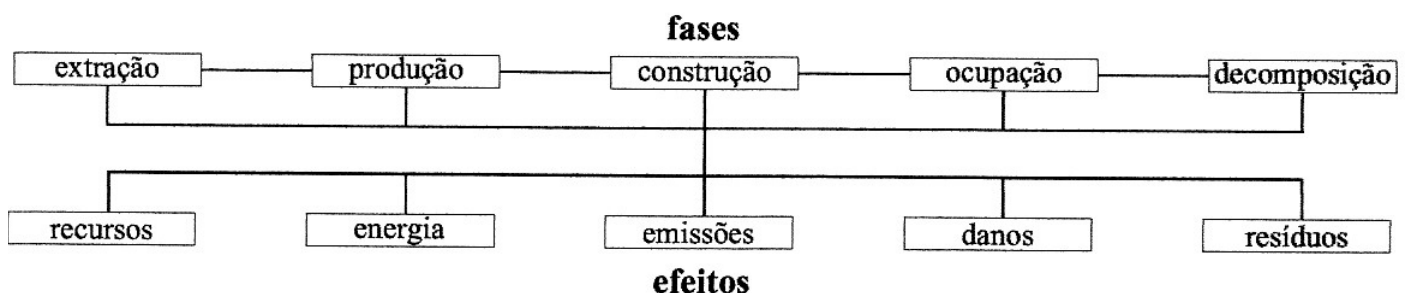


Figura 4 – Análise de ciclo de vida (ACV) dos materiais.
Fonte: baseado em ANINK; BOONSTRA; MAK, 1996, p. 12-13.

4. Grupo de discusión colaborativo ligado a International Initiative for a Sustainable Built Environment - iISBE, en el cual participan grupos de investigadores de diversos países, inclusive Brasil, accesible en www.iisbe.org

La evaluación se constituirá, preliminarmente, de análisis de grupos de conceptos y variables, como sigue:

- a) Aspectos técnico-constructivos;
- b) Aspectos funcionales;
- c) Aspectos ambientales.

5.1. ASPECTOS TECNICO-CONSTRUCTIVOS Y FUNCIONALES.

Para el análisis de los aspectos técnico-constructivos y funcionales, será empleada la metodología de evaluación pos-ocupación - APO. Conforme a Sanoff (1990, apud KALIL, 2001), practica el uso de este método por medio de encuestas, cuestionarios, y observaciones que se han revelado eficiente para los diseñadores para descubrir exactamente lo que hace que los ambientes proyectados funcionen bien para los usuarios, es decir, que las APOs constituyen una forma de corregir errores ambientales por la visualización de los edificios completos, como una forma de evitar errores potenciales por el uso de este abordaje en etapas de preproyecto o de programación de un proyecto.

A esta afirmación se agrega el hecho que una de las metas prioritarias de una APO es crear procedimientos que propicien una mejoría en la calidad de vida de los usuarios de los espacios construidos, así como generar conocimiento sistematizado sobre el ambiente y las relaciones ambiente-comportamiento (ORNSTEIN, 1992, p.12), permitiendo la elaboración de parte de los criterios de evaluación que se presentan en el este trabajo.

Estas fases están siendo objetivadas a través de la investigación "Evaluación Pos-Ocupación del ambiente escolar: espacio, educación y ciudadanía" actualmente en desarrollo en la Universidad de Passo Fundo (KALIL, 2003). Según la estrategia metodológica propia de la pesquisa, serán recolectadas informaciones el objeto de estudio, en el aspecto físico - las edificaciones escolares, su concepción proyectual y características físicas y su inserción urbana - y sobre los usuarios de los ambientes, de manera que se comprenda la interacción usuario-ambiente y evaluar su satisfacción en relación al producto y al proceso de producción.

La Tabla 1 resume los items que serán recolectados:

- a) caracterización de la escuela
- b) localización de la escuela

- c) caracterización general del entorno urbano
- d) caracterización del lote
- e) implantación de la escuela en el lote
- f) infraestructura urbana existente en la vía pública de acceso al lote de la unidad escolar
- g) infraestructura urbana existente en la región de alcance de la unidad escolar
- h) evaluación técnico-funcional:
 - h1) análisis externo: sistema constructivo y materiales predominantes
 - h2) evaluación estética y formal
 - h3) evaluación interna: características de los ambientes

Con la evaluación del contexto urbano se observarán los siguientes asuntos: clima y sitio urbano, localización, entorno y accesibilidad de la edificación educacional, infraestructura existente, los equipamientos urbanos próximos y complementarios y los aspectos culturales, socioeconómicos relacionados.

La evaluación física de las unidades escolares incluye la evaluación técnico-constructiva, técnico-funcional, y de bienestar ambiental. La evaluación técnico-constructiva deberá realizarse abordando los aspectos de conocimientos técnicos de las edificaciones escolares necesarias a su caracterización como: la caracterización general de la edificación escolar, el reconocimiento físico de los ambientes o sectores de la edificación escolar en términos de materiales, técnicas y sistemas constructivos (fundaciones, estructura, cobertura, albañilería, revestimientos, marcos e instalaciones y aún los procedimientos de mantenimiento, conservación y seguridad.

La evaluación técnico funcional cubre la adecuación del proyecto arquitectónico propuesto y o construido, encunto al desempeño funcional de los espacios y las demandas de ocupación, según sus principales indicadores: áreas y dimensionamientos, funciones y flexibilización de los espacios internos o externos; adecuación del mobiliario fijo, móvil, instalaciones y equipamientos de los parámetros pedagógicos adoptados, accesibilidad universal, con adecuación de los ambientes internos a los acondicionamientos climáticos externos, abordando indicadores de bienestar térmico, bienestar acústico, ventilación natural, iluminación natural, conservación de energía y bienestar antropodinámico, estos items son de gran relevancia para el análisis y definición de los indicadores/criterios.

Complementando, la evaluación conductual y participativa de los usuarios, variable básica de APO, analiza el comportamiento humano en el ambiente construido, a partir de aspectos culturales y psicosociales. Para la finalidad de recolección de datos se tomarán estartos de población preliminarmente definidos como: profesores, alumnos, funcionarios y miembros de la comunidad. Debería analizarse a la luz de procedimientos investigativos y estadísticos compatibles con segmentos de usuarios de la comunidad escolar. La definición de características socio-económicas-culturales de los usuarios deberá incluir informaciones tales como: sexo, edad, escolaridad, actividad desempeñada/ocupación y tiempo de uso/ interacción con el espacio.

Ya la evaluación de satisfacción con calidad ambiental, podrá ser verificada a través de la recolecta de opinión de los usuarios sobre los siguientes aspectos: uso y función de los espacios; privacidad, territorio e identidad del espacio; mantenimiento y operación de los espacios; condiciones generales de bienestar ambiental; relaciones personales e interacción social; percepción organizacional de los servicios; imagen, status e identidad cultural; y percepción ambiental, simbólica y estética.

Otro factor de relevancia para la evaluación funcional y el abordaje a los principios de planificación participativo que Sanoff (2003) propone para las edificaciones escolares, centrado en la participación de toda la comunidad con intereses en proceso (administradores, cuerpo técnico de planificación, profesores, país, alumnos y otros), de modo que sean atendidas sus necesidades con mayor exhaustividad y eficiencia y así, privilegiar el desarrollo social armónico, lo que constituye uno de los requisitos y estrategias del desarrollo sostenible.

5.2. ASPECTOS AMBIENTALES

Lo anteriormente citado, Green Building Challenge tiene adelantado en esta última década el desarrollo de una metodología de evaluación de desarrollo ambiental de edificios sostenibles o edificios verdes, resultando en la elaboración de un instrumento digital - GBTool (iiSBE, 2002), que consiste en diversas plantillas de cálculo de Microsoft Excel.

A partir de una base genérica, pretende que cada

grupo de investigación nacional incorpore criterios locales de evaluación, adaptando las diferentes prioridades, reflejando las tecnologías corrientes, las tradiciones constructivas y también los valores socio-culturales de cada país o región.

Siguiendo los principios de construcción sostenible aborda los aspectos de relación de la edificación con el entorno climático, la interacción con el entorno natural y construido, la definición de materiales y procedimientos constructivos, sobre la perspectiva de ACV y de sus respectivos impactos ambientales, incluyendo el comportamiento del edificio como un todo y su uso: mantenimiento, consumo energético y también un reciclaje futuro o rehabilitación.

Simplificadamente, transforma estos datos en una base de datos (benchmarks) presentando como resultado la evaluación (performance assessment) en siete grupos de items:

- a) consumo energético y de recursos naturales,
- b) generación de emisiones y residuos,
- c) calidad ambiental interna - bienestar térmico, visual y acústico,
- d) aspectos funcionales - adaptabilidad, flexibilidad, impacto en el contexto urbano,
- e) desempeño económico
- f) administración y mantenimiento,
- g) transporte

Atribuí a cada variable un concepto numérico entre -2 y +5, respectivamente los niveles de desempeño negativo o extremadamente favorables, considerando el valor máximo como aquel que representa las buenas prácticas de planificación (best practice), constituyéndose en elemento de análisis comparativo entre las edificaciones.

En la mención de la creación de criterios ambientales, la Universidad Politécnica de Cataluña - UPC-muestra una relevante contribución teórica y práctica al tema, por medio de la elaboración de un documento base (UPC, 1998) para trazar directrices de gestión y calificación de las edificaciones en sus campus. En este sentido, muestra una metodología que consiste en la identificación de líneas de actuación para objetivar la reducción de impactos ambientales en los edificios de la propia UPC, por medio de un proceso dinámico de planeamiento y gestión que considere el medio ambiente de manera integrada.

El plano de Medio Ambiente de UPC parte de la definición de 210 lineamientos de actuación a ser considerados en las etapas de planificación (ordenamiento del espacio abierto y del proyecto arquitectónico), de construcción y finalmente de uso, los cuales apuntan 100 criterios que serían analizados en las intervenciones futuras de la universidad, tal como se planifica en el Parque Tecnológico del Mediterráneo, en el campus de Castelldefens. Distingue tres fases en los siguientes aspectos generales: a. impacto en el medio ambiente; b. agua; c. residuos; d. energía; e. calidad ambiental interna; f. mantenimiento. Engloba, los aspectos que interfieren en la reducción de impactos ambientales generados, aumento del bienestar, reducción de la producción de residuos, minimización de costos energéticos, de operación y mantenimiento y el aumento de la duración de los edificios, objetivado en los planos.

5.3 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

A partir de los conceptos anteriormente presentados, y en especial a los instrumentos y metodologías propuestos, se partió para la definición preliminar de los criterios a ser utilizados en la investigación, aproximarlos a las características específicas brasileras.

Serra Florensa (2001) contribuyó en esta etapa de trabajo, por medio de la propuesta de un programa computacional de diseño y evaluación micro-urbana, en desarrollar por el programa de doctorado en el cual está inserto, con el objetivo de definir las buenas prácticas de la sostenibilidad y mostrar variables de análisis según los aspectos ambientales, energéticos, ecológicos y sus respectivas interrelaciones con los espacios interiores, exterior y el tejido urbano.

Entretanto, entendiendo que deban incorporarse otros aspectos en la evaluación, como los funcionales por ejemplo, se propone verificar las edificaciones escolares y su interacción con los espacios urbanos naturales y contruidos, agrupando en cuatro categorías de criterios, a saber:

a. funcionales (de programación arquitectónica) - evaluación del proceso de planificación y de los cuidados a los requisitos programáticos, pedagógicos, y psicológicos de los usuarios.

b. habitabilidad (condiciones de bienestar ambiental) - serán evaluados los asuntos acústicos, térmicos, de iluminación, y otros relacionados, en el ámbito de los espacios interiores y exteriores y en el tejido urbano.

c. energéticos (consumo energético) - dimensiona los costos de climatización, iluminación artificial, consumo de agua, transporte de personas y materiales, entre otros, y también incluye los costos de construcción y mantenimiento.

d. ambientales (impacto ambiental) - incluye variables como las alteraciones del microclima (temperatura, unidades y regimenes de vientos) y la producción de residuos y de emisiones contaminantes en el aire, tierra y agua.

Como ejemplo de los lineamientos de actuación y criterios de evaluación elaborado en el Plano del Medio Ambiente de UPC (1998), los criterios adoptados por GBTool (GBC 2003; iISBE, 2002) y también la metodología de APO (ORNSTEIN, 1992; 2003; SALMERON PEREZ, 1992), se propone artículos específicos para cada una de estas categorías, presentados en la tabla 2. Algunos de estos artículos sin duda se interrelacionan con otros y pueden tener implicaciones en otras categorías.

De esta forma, la inclusión de datos del análisis considerará variables preliminares levantadas en la investigación de APO en edificaciones escolares en Passo Fundo - RS, relacionando según los criterios y parámetros compatibles con procedimientos metodológicos subsecuentes, como por ejemplo, modelos de cálculo de los programas computacionales que serían adoptados para el análisis del desempeño de las variables en estudio, con la posibilidad de incluir las nuevas variables complementarias a ser observadas y recogidas en el campo, es decir, con la evolución de la investigación serán revisados los procedimientos y redimensionados los datos relevantes de la base de APO.

También se incorporan los conceptos y principios adoptados por las iniciativas recientes de las eco-escuelas británicas (EDWARDS, 2003; DfES, 2004) las cuales consideran el compromiso de incluir la práctica de sostenibilidad en la planificación escolar, con el objetivo de incrementar todos los factores que comparecen en la inserción de la escuela en el

contexto social y ambiental, identificándose con la propuesta de este trabajo. El ejemplo representado por el programa gubernamental inglés “Classroom for the future” del Department for Education and Skills - DfES, 2003)- , demuestra que además del enfoque del edificio en su contexto ambiental, la sostenibilidad puede, o en este caso debe ser incorporada inclusive en el currículum escolar, como muestra la figura 4.

TABLA 2. CATEGORIAS Y CRITERIOS DE ANALISIS

FUNCIONALES

- A1. Proceso de decisión participativo y comunitario
- A2. Implantación del equipamiento en malla urbana
- A3. Programación arquitectónica
- A4. Aspectos pedagógicos y de aprendizaje
- A5. Bienestar psicológico
- A6. Condiciones laborales
- A7. Accesibilidad universal
- A8. Flexibilidad y adaptabilidad
- A9. Seguridad
- A10. Integración social
- A11. Educación ambiental

HABITABILIDAD

- B1. Orientación solar
- B2. Iluminación natural
- B3. Iluminación artificial
- B4. Protección a la radiación solar
- B5. Sistema de ventilación natural
- B6. Sistema de calefacción pasivo
- B7. Sistema de enfriamiento pasivo
- B8. Sistema de climatización artificial
- B9. Condiciones acústicas del exterior
- B10. Bienestar acústico externo
- B11. Control de los sistemas

5.4 RESULTADOS FINALES:
INDICADORES Y PARAMETROS

La continuidad de la investigación pretende seguir con la consolidación de la metodología de evaluación, desarrollándose con el fin de establecer instrumentos que permitan definir criterios y formular directrices de planificación y gestión, integrados y participativos, de intervención del contexto urbano.

La presentación de los resultados, tendrá como objetivo facilitar la interpretación y aplicación, por medio de gráficos y/o tablas que expresen “parámetros resumen” de coeficiente energético, coeficiente ambiental y coeficiente de impacto, utilizando este momento intermedio de la investigación o que está está siendo propuesto por Serra Florensa (2001), comparando las condiciones exteriores (urbanas) y las internas del edificio.

El coeficiente energético le atribuye valor a la cantidad de energía primaria consumida por las diferentes soluciones de implantación y tipología arquitectónica cubriendo la construcción, el funcionamiento y el mantenimiento y recuperación del edificio, es decir, todo el ciclo de ejecución y de uso del emprendimiento, no sólo en términos arquitectónicos, sino además en otros conceptos asociados como por ejemplo, el tratamiento de residuos y de efluentes.

El coeficiente ambiental objetiva calificar y cuantificar las soluciones en términos de contaminación



ENERGETICAS

- C1. Consumo energético para iluminación artificial
- C2. Consumo energético para climatización artificial
- C3. Otros consumos energéticos
- C4. Auto producción energética
- C5. Consumo de agua de red pública
- C6. Uso de aguas pluviales
- C7. Reuso de aguas residuales
- C8. Consumo energético de construcción
- C9. Costos de construcción
- C10. Costos de mantenimiento

AMBIENTALES

- D1. Movimiento de tierra
- D2. Evaluación ambiental de los materiales
- D3. Análisis del ciclo de vida
- D4. Sistemas constructivos: eficiencia
- D5. Sistemas constructivos: duración
- D6. Energías renovables
- D7. Sistema de tratamiento de efluentes
- D8. Sistema recolector de residuos sólidos
- D9. Permeabilidad del suelo
- D10. Alteraciones microclimáticas: temperatura
- D11. Alteraciones microclimáticas: régimen de vientos
- D12. Efectos acústicos
- D13. Sistema de transporte
- D14. Contribución reducción de CO₂
- D15. Emisiones de CO₂
- D16. Reciclaje- demolición

del aire, calidad del agua potable, pasando por la contaminación acústica, la proporción de superficies verdes, al paisaje, la amplitud visual, entre otros aspectos. Resulta en un coeficiente complejo, al relacionarse con los componentes conductuales y fisiológicos de los usuarios, complementando los análisis previos de APO.

Por fin, el coeficiente de impacto resume el conjunto de influencias de las soluciones sobre el medio ambiente, tanto de la construcción como del funcionamiento, resultando en una “valoración ecológica” del emprendimiento, objeto final de la investigación.

6. CONCLUSIONES

Aunque la actuación de la arquitectura y de la construcción del medio ambiente sea considerada como un oximoron en relación a la sostenibilidad, es decir, incompatible con el medio ambiente, teniendo en cuenta que por esencia provoca alteraciones en el medio ambiente natural, debe preverse la corrección de los efectos inevitables y por tanto, poner en práctica una metodología que permita evaluar estos impactos ambientales.

Considerando que los procesos de deterioro del ambiente urbano en las ciudades brasileiras de tamaño mediano, aún pueden revertirse, estas metodologías relacionadas con el desarrollo sostenible, (desde que tengan un enfoque global, incluyendo lo económico, lo social y cultural), insertas de manera apropiada para las ciudades de mayor tamaño, son consideradas esenciales.

Esto, entretanto no puede ser un proceso unilateral, sino implicar a todos los sectores: órganos de planificación y control, industria, arquitectos, constructores, y usuarios. También debe constituirse un proceso dinámico de evaluación, ser continuamente

revisado y complementado, buscando que el desarrollo sostenible, pase de un objetivo institucional general y teórico, a ser una realidad concreta, obviamente, sin considerar que esto, aisladamente, pueda ser la panacea a todos los males de la ciudad contemporánea, sino uno de los componentes de búsqueda continua por la calidad de vida.

Los criterios aquí presentados aunque preliminares, cumplen el objetivo de relacionar la planificación de las escuelas sobre la perspectiva global, enfocando tanto los aspectos de sostenibilidad funcionales como aquellos mas específicos, como la identificación de los efectos de la edificación en el contexto urbano y vice versa, como ejemplo de la producción de contaminación acústica, tanto en la producción de ruidos de circulación de vehículos en el entorno como los producidos por la misma escuela.

A traves de actividades cotidianas y curriculares, la escuela ambiental de esta “escuela sostenible” puede constituirse en un componente de localización, de inclusión y de respeto a los asuntos ambientales, contribuyendo por una creciente postura responsable de los usuarios frente al ya citado desarrollo integral de la ciudad.

Hay que desarrollar los parámetros de manera a ajustarlos para que se constituyan en un instrumento práctico, que permitan formular directrices de planeamiento integrados y participativos de intervención en el contexto urbano y así, presentar una aplicación directa a la sociedad brasileira, por medio del desarrollo social nacional a través de la gestión y ejecución de programas públicos gubernamentales de ampliación y reestructuración de redes públicas de enseñanza en Brasil, como de implementación de otros equipamientos urbanos, con el fin de la adecuación al contexto social, cultural y económico de los emprendimientos, compatibles con el contexto ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACSELRAD, Henri. Sentidos da sustentabilidade urbana. In: ACSELRAD, Henri (Org). **A duracao das cidades: sustentabilidade e risco nas politicas urbanas**. Rio de Janeiro: DP&A, 2001. p. 27-55.
- ANINK, David; BOONSTRA, Chiel; MAK, John. **Handbook of Sustainable building: an environmental preference method for selection of materials for use in construction and refurbishment**. London: James & James, 1996.
- BANHAM, Reyner. **La arquitectura del entorno bien climatizado**. Buenos Aires: Infinito, 1975.
- BARDOU, Patrick; VAROUJAN; Arzoumanian. **Sol y arquitectura: tecnología y arquitectura**. Barcelona: Gustavo Gili, 1980.
- CLASSROOM of the Future. Mossbrook Special School, Sherffield, England. Disponível em: <http://www.susan-collins.net/mossbrook>. Acesso em: 26 mar.2004.
- COMISION MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO. **Nuestro futuro común**. Madrid: Alianza, 1988.
- CONSÓRCIO PARCERIA 21. **Cidades sustentáveis**, 6 abr. 1999. Disponível em: <http://www.iban.org.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm>. Acesso em: 9 fev. 2004
- DEPARTMENT FOR EDUCATION AND SKILL - DfES. TeacherNet. Disponível em: <http://www.teachernet.gov.uk>. Acesso em: 13 mar.2004. Homepage Institucional.
- _____. **Classroom for the future: the innovative designs in schools**, Annesley.UK.2003.
- EDWARDS, Brian. (Ed). **Green Building** pay. 2.ed. London: Spon Press, 2003.
- FRANCO, Maria de Assuncao Ribeiro. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. Sao Paulo: Amablume: FAPESP, 2000.
- FRANDOLOSO, Marcos A. L. Critérios de projeto para escolas bioclimáticas. Porto Alegre, 2001 233p. Dissertação (mestrado em Arquitetura) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.
- GREEN BUILDING CHALLENGE - GBC. Green Building Challenge: evaluación medioambiental en los edificios. In: FORO ARCA - ARQUITECTURA Y CALIDAD DE VIDA: perspectivas de futuro, la práctica de la sostenibilidad en la Arquitectura y el Urbanismo, 2003, Barcelona. **Anales ...** Barcelona: CSCAE/ COAC, 2003.1 CD.
- HAWKES, Dean. **The environmental tradition: studies in the architecture of environment**. London: E&FN Spon, 1996.
- HERNÁNDEZ AJA, Agustín. **Informe de la evolución de las buenas prácticas españolas y su relación con el cumplimiento del programa Hábitat: introducción**. Ciudades para un futuro más sostenible. Madrid, 2001. Disponível em: http://habitat.aq.upm.es/evbpes/abpes_1.html. Acesso em: 18 fev. 2004.
- INTERNATIONAL INICIATIVE FOR A SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT - iisBE. **GBTool: building assessment process**. (S.J), 2002. Disponível em: <http://www.iisbe.org>. Acesso em: 23 out. 2003. Software GTB2kV1.81.
- KALIL, Rosa M.L. **Avaliacao Pós-Ocupacao do ambiente escolar: espaço, educacao e cidadania**. Passo Fundo.2003. Projeto de pesquisa. Digitado.
- KALIL, R.M.L. **Participacao e satisfacao do usuário: alternativas de gestao da habitacao social em Passo Fundo - RS**. Sao Paulo, 2001. Tese (Doutorado) - Curso Pós-Graduacao/Doutorado em Estruturas Ambientais Urbanas - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo, 2001.
- KIBERT, Charles; SENZIMIR, Jan; GUY, G. Bradley (Ed). **Construction ecology: nature as the basis for green buildings**. London: Spon Press; 2002.
- OLGAY, Victor. **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**.ed. espanhola. Barcelona: Gustavo Gili, 1998. Edicao original: Princeton University Press, 1963.
- ORNSTEIN, S.W. **Avaliacao pós-ocupacao (APO) do ambiente construido**. Sao paulo: Studio Nobel: Edusp, 1992.
- _____. **Avaliacao Pós-ocupacao, métodos e técnicas aplicadas a habitacao social**. Sao Paulo: Habitare, 2003. Disponível em: <http://www.habitare.infohab.org.br/projetos/publicacoes.asp>.Acesso em: 12 jun. 2003.
- RUANO, Miguel. **Ecourbanismo: entornos humanos sostenibles, 60 proyectos**. Barcelona: Gustavo Gili, 1999.
- SALMERÓN PÉREZ, Honorio. **Evaluación de los espacios arquitectónicos escolares**. Granada: Universidad, 1992. (Pedagogía monográfica, 135).
- SANOFF, Henry. **A visioning process for design responsive schools**. Disponível em: <http://www4.ncsu.edu/sanoff/schooldesign/visioning.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2003.
- SERRA FLORENSA, Rafael. **Arquitectura y climas**. Barcelona: Gustavo Gili, 1999.
- _____. D'una ciutata inexistent - apunts per um projecte de projectes. In: **Congrés Internacional sobre Ecología y Ciutat: la planificación de la ciudad sostenible**, 1., 2001, Barcelona. Disponível em: <http://www.upc.es/aie/catala/publicacions/congressos.html>. acesso em: 26 ago.2003.
- UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA - UPC. **Criteris ambientals en el disseny, la construcció i la utilització dels edificis: pla de medi ambient de la UPC**. Barcelona: UPC: Generalitat de Catalunya - Departament de Medi Ambient, 1998.

Agradecimientos

Agradecimientos a la Universidad de Passo Fundo, por los incentivos a la capacitación docente e investigación, por medio de licencia de posgrado concedida con la finalidad de desarrollar el programa de doctorado, en el cual se inscribe este trabajo, así como por la institucionalización del proyecto de investigación actualmente en proceso en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

