



Fundación Príncipe Claus para la
Cultura y el Desarrollo

**INSTITUTO DE ARQUITECTURA TROPICAL
INSTITUTE FOR TROPICAL ARCHITECTURE**

**FUNDACION PRINCIPE CLAUS PARA LA CULTURA Y EL DESARROLLO
PRINCE CLAUS FUND FOR CULTURE & DEVELOPMENT**

EDIFICIOS SOSTENIBLES EN EL TROPICO SUSTAINABLE BUILDINGS IN THE TROPICS

Michael Laar
Friedrich W. Grimme

Institute of Technology in the Tropics - ITT
Alemania – Germany

Esta investigación fue presentada en RIO 02
- World Climate & Energy Event, en enero
2002.

Resumen Abstract

Los edificios sostenibles en el trópico, se han convertido en un tema importante. La zona entre el trópico de Cáncer y el de Capricornio, comprende 55.000 Km² en territorio, que corresponde a un tercio de la masa terráquea.

La población tropical crece sin cesar, contabilizando en la actualidad a la tercera parte de la población mundial.

Varios de los 100 países que gozan al menos en parte de un clima tropical, se encuentran en el umbral de llegar a ser países industrializados.

Otros seguirán pronto. Por lo tanto, la prosperidad inducirá a que ocurra un mayor consumo energético. Mientras el consumo energético per cápita en Africa y Asia es de 0.5 ton de petróleo, en Latinoamérica es de 1 ton, en Europa 3,5 ton y en USA de 8 ton. Las implicaciones de la aplicación globalizada del estilo de vida americano o europeo, son obvias.

Muchos proyectos para reducir el consumo energético en los edificios están en proceso en los países industrializados, con algunos de resultados. Esta investigación se enfocará en la reducción del consumo energético en edificios en el trópico, como sombras, iluminación y ventilación natural. También arrojará ciertas cifras del impacto de diferentes medidas.

1. INTRODUCCION

La arquitectura y el urbanismo tienen un fuerte impacto en la eficiencia energética y la sostenibilidad de las sociedades.. En Florida USA, ejemplo de un estado tropical desarrollado, 47% del total del consumo energético es consumido por edificios y el 35% en transporte, el cual podría ser consecuencia del diseño urbano. Más del 90% de la energía, es eléctrica (FSEC, 2002). En Brasil, ejemplo de un país emergente, 42% de la energía eléctrica se consume en edificios. (Lamberts et al. 1997).

Todos los países tropicales tienen una larga historia de edificios sostenibles: la arquitectura vernacular. Las regiones cálidas y desérticas

Sustainable buildings in the tropics are becoming a mayor issue today. The zone between the tropic of cancer and the tropic of Capricorn encloses approximately 50.000 km² of land, around 1/3 of the earth's landmass. The population in the tropics is still increasing constantly, already accounting for 1/3 of the world population.

Many of the 100 countries, which count at least partly with a tropical climate, are on the threshold to become an industrialized country. Others will follow soon. So a sharp, prosperity induced increase in energy consumption will occur. While the actual energy consumption per capita in Africa and Asia is around 0.5 tons of oil equivalent (toe) and in Latin America around 1 toe, the per capita consumption in Europe is around 3.5 toe and in the USA almost 8 toe. The implications of the European or American way of live applied to the whole world are obvious.

Many projects to reduce the energy consumption in industrialized countries are under way, with quite some success. This paper will focus on ways to reduce energy consumption in buildings in the Tropics, like shading, daylighting and natural ventilation, for instance. It will also give some figures on the impact of different measures.

1. INTRODUCTION

Architecture and urban design have an important impact on the energy efficiency and sustainability of societies. In Florida/USA, example for a developed tropical state, 47% of the total energy consumption is used in buildings and 35% in transport, which can at least partly be influenced by urban design. More than 90% of the energy used is electric energy (FSEC, 2002). In Brazil, example for an emerging country, 42% of the electrical energy is consumed in buildings (Lamberts et al, 1997). Now all countries in the tropics do have a long history of sustainable buildings: the vernacular architecture. The hot and dry regions with hot days and cold nights developed over centuries a perfect balance of shading and

con días cálidos y noches frías, desarrollaron por siglos un balance perfecto de sombras, de luz y ventilación natural y almacenamiento de calor. En las regiones húmedas y cálidas, los sistemas de ventilación y de sombras estaban perfectamente adecuados al clima local.

Con la introducción de los sistemas de aire acondicionado, la arquitectura se volvió independiente del clima: sólo la estética prevaleció, expresada en los edificios totalmente acristalados. La arquitectura perdió su sostenibilidad. Los efectos directos del consumo energético se pueden observar en todo el mundo: el promedio de consumo energético de una oficina en Río de Janeiro es de 340kWh/m²a (Lamberts et al, 1997), el promedio de consumo energético de un país en ASEAN fluctúa entre 200 y 300 Whr/m²a (Levine et al, 1992).

El consumo privado está en aumento y con un potencial de crecimiento enorme: en Brasil, la factura de aire acondicionado en el consumo total es del 7% en propiedad privada con una saturación del mercado de sólo el 6% (Januzzi & Shipper, 1966).

Una falta de legislación apropiada en varios países agrava el problema aún más: las inversiones en sostenibilidad se descuida a favor de efectos de los “efectos “ como por ejemplo el mayor uso de costosas piedras naturales.

Nuestros últimos resultados para un caso de estudio en Rio de Janeiro, indican un enorme potencial de ahorro energético en oficinas.

Mientras los conceptos principales son similares para edificios residenciales o comerciales, las aproximaciones son diferentes. En edificios residenciales la aproximación “low tech” prevalece para la mayoría de los edificios, debido al costo de las estructuras y una conducta más activa del usuario. En edificios comerciales, un acercamiento más tecnológico parece ser más exitoso, tomando en cuenta una inversión inicial superior y una actitud más pasiva del usuario.

daylighting, natural ventilation and heat storage. In the hot and humid regions natural ventilation and shading systems were perfectly adapted to the local climate.

With the introduction of air conditioning systems, architecture became obviously independent from climate: the pure aesthetics became prevalent, most “clearly” expressed in the form of fully glazed office buildings. Architecture lost its sustainability. The direct effects on energy consumption can be observed all over the world: the average energy consumption of office buildings in Rio de Janeiro is around 340 kWh/m² a (Lamberts et al, 1997), the average consumption in ASEAN countries ranges between 200 and 300 kWh/m² a (Levine et al, 1992).

The private consumption is stepping up also, with still an enormous potential to grow: in Brazil the share of air conditioning in the total energy consumption in private households is 7%, with a market saturation of only 6% (Januzzi & Schipper, 1999).

A lack of proper legislation in many countries aggravates this problem even more: investments in the sustainability of the buildings is neglected in favour of “show effects” like, for example, the affluent use of expensive natural stones.

Latest own research results for Rio de Janeiro as a case study indicate a enormous potential in energy savings in offices.

While the principal concepts are very similar for residential and commercial buildings, the approaches are different. In residential buildings the low-tech approach will prevail for the vast majority of the buildings, due to the cost structure and a more active user behavior. In commercial buildings a more technical approach seems to be more successful, taking into consideration a generally higher initial investment and a more passive user behavior.

1.1 Thermal comfort in the hot & humid tropics
To provide thermal comfort for the user of a building is fundamental. Without it, the body gets

1.1. Bienestar térmico en el trópico húmedo

Proveer bienestar térmico al usuario en un edificio, es fundamental. Sin él, el cuerpo se estresa y el sistema de inmunidad sufre significativamente. El organismo humano se vuelve vulnerable a enfermedades ISO 7730 así como ASHRAE utilizan los resultados de una extensa investigación llevada a cabo por Fanger para definir el bienestar térmico. Estas definiciones sirven para climas templados para los cuales fue diseñado. Sin embargo su uso en el trópico debe ser cuestionado: mientras ASHRAE acepta alguna climatización especificando temperaturas promedios más altas para el verano ($t=22,5$ a 26°C con 60% HR), estudios recientes indican un promedio mayor de temperatura en los trópicos cálidos y húmedos: en edificios naturalmente ventilados en Maracaibo, Venezuela la temperatura promedio operativa encontrada fue de $29,6^{\circ}\text{C}$ (Bravo et al, 2000), en Bangladesh la temperatura promedio operativa para edificios naturalmente ventilados y un factor de ropaje de 0,5 fue de $28,5^{\circ}\text{C}$ (Kumar, 1999). Una adaptación del cuerpo a temperaturas más altas parece obvia, mientras percibimos un faltante de investigación al respecto como para introducir una nueva fórmula. Mientras la temperatura que prevalece en la mayoría de las oficinas del trópico, fluctúa entre 19°C y 22°C , la temperatura exterior es de 30 a 40°C . El stress térmico del cuerpo al cambiar de un ambiente al otro es conocido y probablemente la principal razón— de la casi epidemia- gripe veraniega en las ciudades tropicales. La implicación del consumo energético creado por estas temperaturas interiores tan bajas se muestran en la Fig. 1. Los parámetros generales usados en estas simulaciones son definidos en el capítulo “Potencial de Ahorro Energético en Edificios de Oficinas”.

stressed and the efficiency of the immune system suffers significantly. The human organism gets prone to diseases. ISO 7730 as well as ASHRAE use the results of an extensive research carried by Fanger to define thermal comfort. These definitions serve well for temperate climate for which it was developed. However its use in the tropics has to be questioned: while ASHRAE accepts some form of acclimatization by specifying a higher temperature range for summer ($t = 22.5$ to 26°C at 60% RH), some recent studies indicate an even higher average comfort temperate for the hot & humid tropics: in naturally ventilated buildings in Maracaibo/Venezuela the average operative comfort temperature found was 29.6°C (Bravo et al, 2000), in Bangladesh the comfort operative temperature for natural ventilated building and a clo-factor of 0.5 was 28.9°C (Kumar, 1999). An adaptation of the human body to higher temperatures seems to be obvious, while we feel still a certain lack of research tackling this question to the point, where a concrete formula can be introduced. Meanwhile the prevailing air conditioning temperature is between 19°C and 22°C in most office buildings in the tropics, while at the same time the outside temperatures are around 30 – 40°C . The thermal stress for the human body by changing from one ambience to the other is well known and probably the main reason the frequent -almost epidemic -summer flu in tropical cities. The implication on the energy consumption created by these very low indoor temperatures are shown in figure 1. The general parameters used in these simulations are defined in the chapter “Potential in Energy Saving in Office Buildings”.

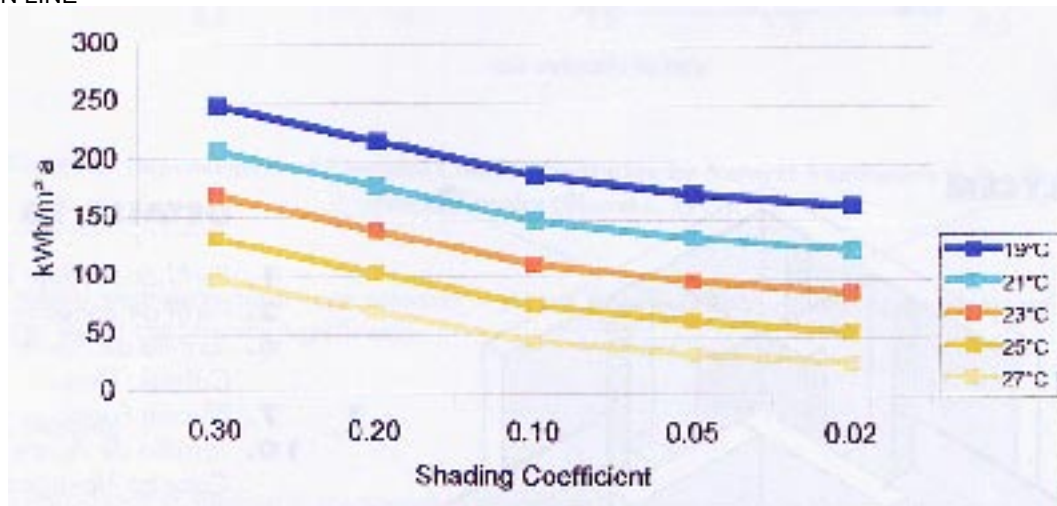


Fig. 1. Carga de enfriamiento dependiente de la temperatura del recinto (temperatura sensible) (para Rio de Janeiro- edificio de oficinas- fachada norte- simulación autónoma HELIOS).

Figure 1 - Cooling Load in Dependence of Room Temperature (sensible Heat) (for Rio de Janeiro - Office Building - North Facade- own HELIOS-Simulations)

1.2. VENTILACION NATURAL

La ventilación natural en combinación con la optimización del microclima (y sombras) fueron siempre los elementos principales en la arquitectura vernacular en el trópico húmedo y cálido. Se sabe que el movimiento de aire mejora considerablemente la sensación de bienestar térmico (ver Fig. 2.). Para garantizar una ventilación apropiada, una planificación sostenible empieza a escala urbana: cañones de ventilación se crean en el plan maestro urbano y un mejoramiento del microclima puede ser logrado con medidas de diseño paisajístico, bajando la temperatura del aire y la radiación potencial en la escala IR con sombras y enfriamiento por evaporación. Asimismo, debe proveer canales de ventilación hacia los edificios. La planta del edificio decide la eficiencia de la ventilación natural – edificios estrechos con grandes aperturas hacia la dirección de los vientos dominantes y ventilación cruzada proveen buenas condiciones de confort térmico para edificios residenciales.

Para edificios de oficinas, la planta es más desafiante, debido a la gran carga térmica interna y su sensibilidad a brisas fuertes. Nadie quiere ver sus papeles volando a través de

1.2. NATURAL VENTILATION

Natural ventilation in combination with an optimisation of the microclimate (and shading) was always the main feature of vernacular architecture in the hot & humid tropics. Air movement is known to improve significantly the thermal comfort sensation (see figure 2). To guarantee a proper ventilation, a sustainable planning starts already on the urban scale: ventilation “canyons” have to be created in the urban master plan and a improvement of the microclimate can be achieved by landscaping measurements, lowering the air temperature and the potential radiation in the IR-range by shading and evaporative cooling. It also should provide ventilation channels towards the buildings. The building layout decides the efficiency of natural ventilation – a stretched building with big apertures toward the predominant wind direction and cross ventilation provides good thermal comfort conditions for residential buildings.

For office buildings the layout is more challenging, due to the relatively big internal load and their sensitiveness to stronger breezes. Nobody likes to see his office papers flying around. Anyway, first examples of naturally ventilated office buildings are available, like, for example, the

la oficina. Los primeros ejemplos de oficinas naturalmente ventiladas se pueden apreciar en el edificio UMNO en Penang, Malasia, diseñado por Ken Yeang. El arquitecto usó conductores de viento en las paredes para atrapar y redireccionar el viento hacia el edificio. Otra posibilidad es la chimenea solar, la cual sigue en desarrollo para su uso en el trópico.

UMNO-Building in Penang/Malaysia, designed by Ken Yeang. The architect uses wind wing walls to catch and redirect the wind into the building. Another possibility might be the solar chimney, which is still under development for a use in the tropics.

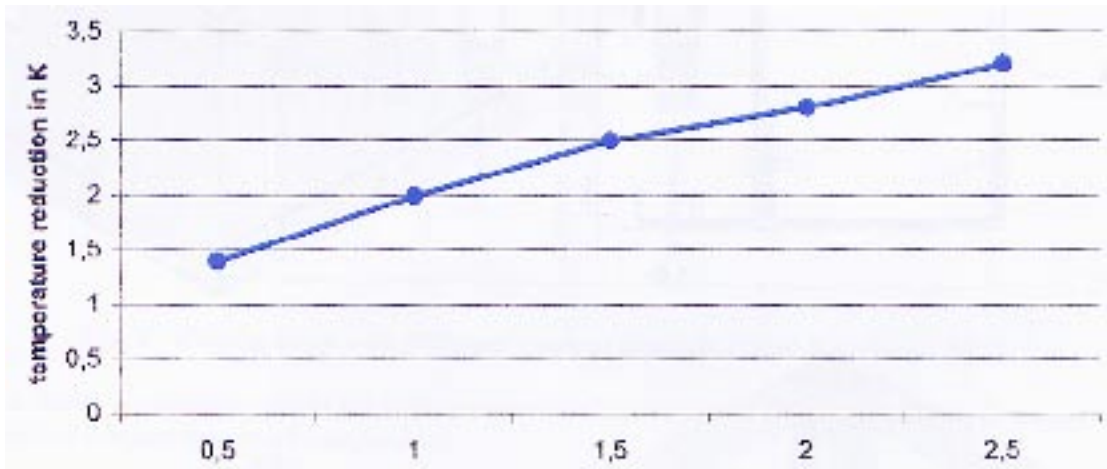


Fig 2. Mejoramiento de la sensación de bienestar térmico por la ventilación natural en climas cálidos y húmedos (Sharma, 1997).

Figure 2. Improvement of Thermal Comfort Sensation by Natural Ventilation in the Hot & Humid Tropics (Sharma, 1977)

Por lo tanto, la ventilación natural posee un enorme potencial – aún no desarrollado al máximo- para disminuir el consumo de energía en aire acondicionado significativamente.

So natural ventilation has a huge potential - yet not fully developed - lowering the consumption of energy for air conditioning significantly.

1.3. SOMBRAS

1.3. SHADING

La importancia de las sombras en el trópico es muy conocida y siempre un tema principal en la arquitectura vernacular de los trópicos.

The importance of shading in the tropics is already well known and was always a major issue in the vernacular architecture in the tropics. Figure 3 quantifies the impact of shading on the thermal load of an office building in Rio de Janeiro. It compares the performance of different glazing: unshaded, shaded against direct radiation and shaded against direct and diffuse radiation. The results provide an idea about the relevance of the transmission compared to the radiation. The simulation was carried out with HELIOS for a north façade in Rio de Janeiro. No internal loads were considered.

La figura 3 cuantifica el impacto de la sombra en la carga térmica de un edificio de oficinas en Río de Janeiro. Compara el desempeño de diversos cristales: sin sombra, sombreados contra radiación solar directa, y sombreados contra radiación directa pero difusa. Los resultados ofrecen una idea sobre la importancia de la transmisión, comparada con la radiación. La simulación se llevó a cabo con HELIOS para una fachada norte en Río de Janeiro. No se consideraron las cargas internas.

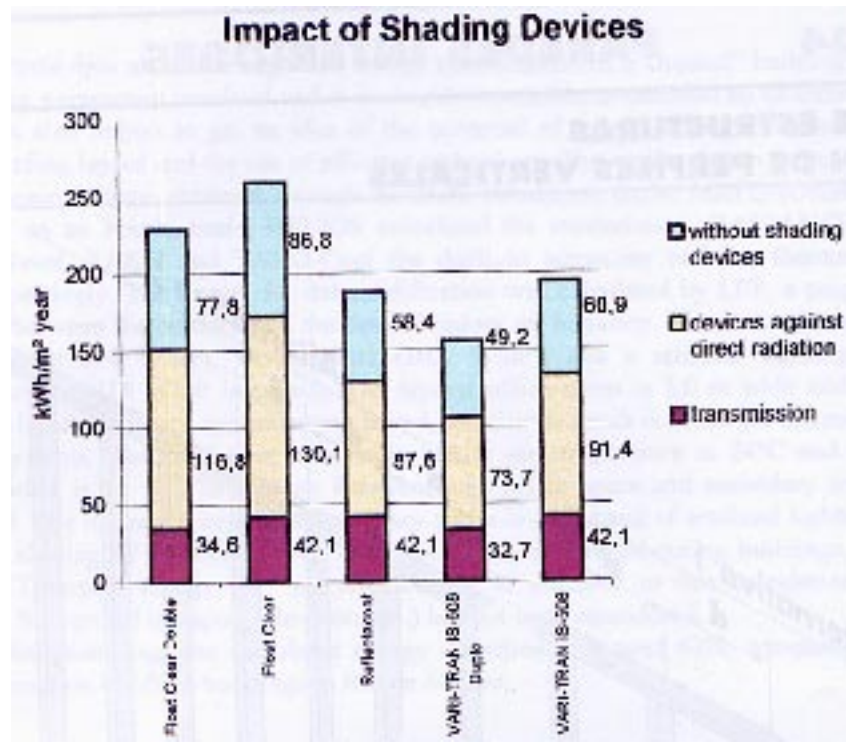


Fig. 3. Carga de enfriamiento con diferentes tipos de sombras (Laar & Grimme, 2000). Los resultados demostraron claramente la importancia de los elementos de sombra y el relativamente pequeño impacto de los cristales dobles en la carga total del edificio.

Fig. 3 Cooling Load with different kinds of shadings (Laar & Grimme, 2000)

The results demonstrate clearly the importance of shading devices and the relatively small impact of double glazing on the overall heat load.

1.4. LUZ NATURAL Y SISTEMAS DE CONTROL DE LA LUZ DIURNA.

La luz diurna es un tema relativamente nuevo con enorme potencial en los trópicos: la duración del día en las latitudes tropicales varía poco a través del año, de 0 minutos (duración del día 12 horas en el Ecuador en ambas fechas, el 21 de Junio y el 21 de Diciembre) a un máximo de 90 minutos en el Trópico de Cáncer y Capricornio.

Sin embargo, la luz diurna ofrece cubrir la demanda para las horas cruciales en oficinas, bastante bien. Investigaciones recientes han apuntado que los habitantes del trópico están habituados a niveles mayores de iluminancia y luminosidad y por lo tanto, los parámetros de bienestar visual para los trópicos deben ser adaptados en consecuencia (Laar, 2001). Diversos sistemas de iluminación están disponibles, desde simples sistemas fijos como lightshelves and fins. Hasta sofisticados sistemas con uno o dos sistemas

1.4. DAYLIGHTING AND DAYLIGHT CONTROL SYSTEMS

Daylighting in the Tropics is a relatively new topic with an excellent potential: the day length in tropical latitudes has a very small variation in the course of the year, from 0 minutes (day length 12 hours at the equator on both dates, the 21st of June and 21st of December) to a maximum of 90 minutes at the Tropic of Cancer and Capricorn. Therefore the daylight offer covers the demand for the core hours of office buildings quite well. Recent research results point out, that habitants of the Tropics are adapted to higher illuminance and luminance levels and therefore the visual comfort parameter for the tropics have to be adapted accordingly (Laar, 2001). Different daylighting systems are available, from simple fixed systems like lightshelves and fins to high sophisticated ones with one or two axis tracking systems. Due to the thermal aspect of daylight, an isolated daylighting systems would also work as a heating system, which is not very desirable

de monitoreo. Debido al aspecto térmico de la luz diurna, un sistema aislante trabajaría también como sistema de calentamiento, lo cual no es deseable en el trópico. Un sistema balanceado que dirija la luz diurna y elementos de sombra, debe ser propuesto – un Sistema de Control de la Luz Diurna. Además de los aspectos de eficiencia tanto para la luz diurna como para la sombra, varios otros factores deben ser considerados, como los esfuerzos de mantenimiento, costos de operación, mano de obra disponible, etc. (Laar, 2001).

Algunos resultados propios obtenidos en la eficiencia de los sistemas de control de la luz diurna, basados en simulaciones durante un año con datos horarios para Rio de Janeiro, son muy prometedores: el uso de sistemas de control de luz diurna apropiados, pueden reducir la luz artificial entre 60 a 80%, a la vez que bajan la carga térmica del edificio.

1.5. POTENCIAL DE AHORRO ENERGÉTICO EN EDIFICIOS DE OFICINAS

Ofrecer datos concretos sobre el supuesto consumo energético en un edificio “típico”, es muy arriesgado: hay muchos parámetros involucrados y es casi imposible describirlos todos en un ensayo. De todos modos, es importante conocer el potencial de ahorro energético conseguido con una planta adecuada y el uso eficiente de la tecnología. Los resultados mostrados para un edificio de oficinas en Río de Janeiro fueron obtenidos con diferentes herramientas de simulación: METONORM para los datos climáticos en horas, HELIOS calcula la transmisión, RADIANCE el nivel de iluminancia, TAKO y TACO –Cool la autonomía en luz diurna y la carga térmica debida a la radiación. La energía para deshumedecer fue calculada por LEF, un programa basado en la entalpía entre el exterior y la humedad esperada en el interior. La carga interna se compone de empleados de oficinas (10 W/m²), estaciones de trabajo y un sistema de

in the Tropics. A balanced system with daylight guiding and shading elements has to be composed – a Daylighting Control System. Beside the efficiency aspect for daylighting and shading several other factors have to be considered, like maintenance effort, running costs, available workmanship etc. (Laar (2), 2001).

Some own first results on the efficiency of daylighting control systems, based on simulations run over a year with hourly data for Rio de Janeiro, are quite promising: the use a proper daylight control systems can reduce artificial lighting by 60 – 80%, at the same time cutting down the cooling load of the building.

1.5. POTENTIAL OF ENERGY SAVING IN OFFICE BUILDINGS

Offering concrete data about the supposed energy consumption of a “typical” building is quite risky: there are many parameters involved and it is almost impossible to describe all of them in one paper. Anyway, it is also import to get an idea of the potential of energy saving to be obtained with an improved building layout and the use of efficient technology. The results shown for an office building in Rio de Janeiro where obtained through different simulation tools: METONORM provided the weather data on an hourly basis, HELIOS calculated the transmission, RADIANCE the obtained illuminance level, TAKO and TAKO-Cool the daylight autonomy and the thermal load due to radiation respectively. The energy for dehumidification was calculated by LEF, a program based on the enthalpy between the outdoor and the desired indoor air humidity. The internal load is composed of office worker (10 W/m²), workstations (10,6 W/m²), and a artificial lighting system with daylighting sensors (15 W/m² installed): The typical office room is 5,0 m wide and 10,0 m deep. Different daylighting control systems were tested, the shown result is based on the average mean of the 4 best systems. The maximum acceptable indoor air temperature is 24°C and the maximum relative humidity is 70 %. The relation

iluminación artificial con sensores (15 W/m² instalado): La oficina típica es de 5 m de ancho y 10 m de largo. Fueron examinados diferentes sistemas de control de luz diurna, el resultado está basado en el promedio de los 4 mejores. El máximo aceptable para la temperatura interior es de 24°C y el máximo de humedad es de 70%. La relación entre los espacios principales (oficinas) y secundarios (corredores, etc.) es de 70:30. La carga térmica estos espacios consiste en un sistema de luz artificial (15 W/m²). No hay sombra en el edificio por otros medios, como edificios vecinos, vegetación o topografía. El transporte para el aire acondicionado está incluido en el cálculo. El consumo energético para el transporte vertical (elevadores, etc) no se consideró. Los resultados son prometedores: la reducción calculada de energía es de 63%, comparada al consumo actual de los edificios en Río.

between main office space and secondary space (corridors etc.) is 70:30. The thermal load of the secondary space is composed of artificial lighting (15 W/m²). There is no shading of the building by other elements, like neighbouring buildings, vegetation or topography. Transport energy for air conditioning is included in this calculation. The energy consumption for vertical transport (elevators etc.) has not been considered,. The results are promising: the calculated energy reduction is around 63%, compared to the actual energy consumption of office buildings in Rio de Janeiro.

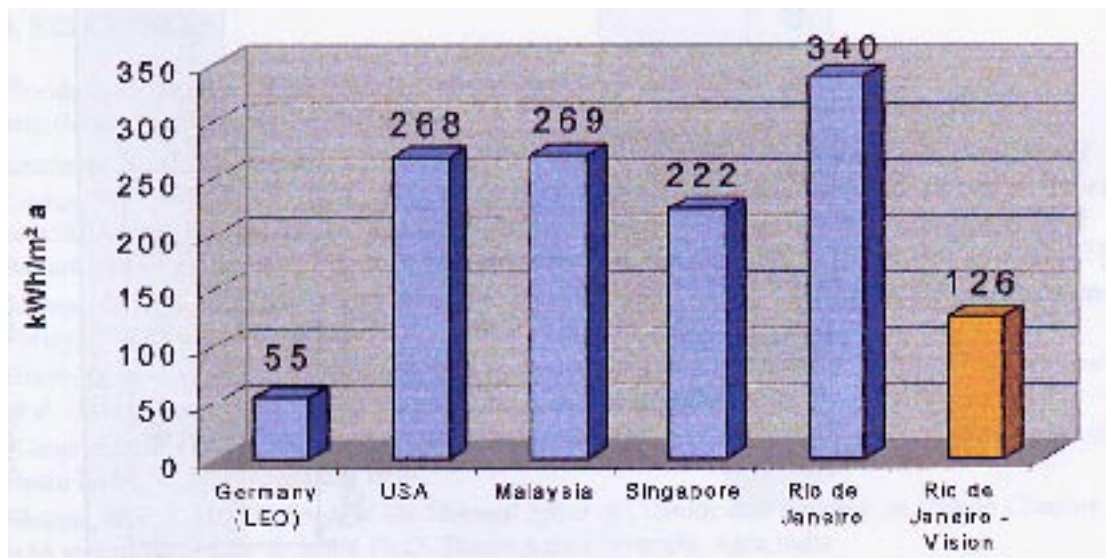


Fig. 4. Promedio de Consumo Energético en edificios de oficinas (Lamberts et al, 1997), (Levine et al, 1992).

Figure 4 – Average Energy Consumption in Office Buildings (Lamberts et al, 1997), (Levine et al, 1992)

Mejoras posteriores pueden realizarse para mejorar la ventilación natural y aplicar sistemas innovativos de aire acondicionado, así como equipos de oficina más eficientes.

Further improvements can be achieved through natural ventilation and innovative air conditioning systems, as well as through a more efficient office equipment.

1.6. NUEVO REGIONALISMO

Para progresar en el área de desarrollo sostenible debemos cambiar el paradigma de arquitectura. Lo que necesitamos es un nuevo acercamiento a la arquitectura, el “Nuevo Regionalismo”, respeto al clima, cultura de la región y sin embargo creando una sostenibilidad ecológica y cultural en el ambiente construido. En lugar del Estilo Internacional, el cual no respeta el clima ni la cultura regional, debemos unir fuerzas para usar los aspectos positivos de la globalización: cooperación internacional en investigación, y desarrollo, acelerada por las mejoradas herramientas de comunicación.

El deseo de evitar ciudades sin identidad y devoradoras de recursos, sólo se puede lograr a través de la cooperación, respeto a nosotros mismos (lo cual a menudo es el mayor problema) y a las otras culturas. Algunos buenos ejemplos de arquitectura moderna regional pueden encontrarse en Australia y Malasia por ejemplo.

2. CONCLUSIÓN

Contamos con varias soluciones listas para ser implementadas y lograr una mejor sostenibilidad.

En algunas áreas se deben hacer trabajos de investigación y desarrollo.

Para lograr un cambio mayor en el paradigma existente hacia la sostenibilidad en el ambiente construido se necesita actuar en varias áreas:

- mejorar la formación de futuros arquitectos e ingenieros, comenzando con proyectos multidisciplinarios desde la facultad
- Prototipos y proyectos pilotos de investigación y desarrollo tanto para probar a los inversores que estas nuevas ideas sirven. Esta es una tarea que compete al Gobierno.
- Mayor cooperación internacional para beneficiar del conocimiento disponible a otros países y unir fuerzas para desarrollar nuevas y mejorar las condiciones existentes.

1.6. NEW REGIONALISM

To progress in the area of sustainable development we have to change our paradigm of architecture. What we need is a new architectural approach, the “New Regionalism”: respecting climate and culture of the region and therefore creating an ecological and cultural sustainability in the built environment. Instead of the international style, which respects neither climate nor the regional culture, we have to join our forces in order to use the positive aspects of the globalisation: international cooperation in research and development, speeded up by largely improved communication tools. The aim to avoid faceless and resources devouring cities can be achieved only in cooperation, respecting ones own (which often is the major problem) and the cultures of other people. Some good examples of modern, regional architecture can already be found in Australia and Malaysia, for instance.

2. CONCLUSION

We already do have a lot of solutions ready to be implemented in order to achieve a much better sustainability. In some areas research and development work has to be done yet.

To achieve a major change in the existing paradigm towards sustainability in the built environment we need action in various areas:

- Improvement in the formation of future architects and engineers, beginning with interdisciplinary projects already at the faculties
- Prototypes and pilot projects for research and development as well as for proving to investors and planners that these new ideas really work. This is definitely a government duty
- More international cooperation to benefit from already available knowledge in other countries and to join forces to develop new and to improve existing solutions

3. REFERENCIAS / REFERENCES

- Florida Solar Energy Center. (2002), Floridas Building Energy Use. <http://www.fsec.ucf.edu/Bldg/index.htm>.
- Lamberts, R., Dutra.L., Pereira,F. (1997), Eficiência Energética na Arquitetura. São Paulo/ Brazil
- Levine, M.D., Busch, J.F., Deringer, J.J.(1992), Overview of Building Energy Conservation Activities in ASEAN. Vol. II: Technology. In ASEAN-USAID Buildings Energy Conservation Project Final Report, M.D. Levine and J.F. Busch, Eds. Berkeley, CA, Lawrence Berkeley Laboratory. LBL-32380.
- Januzzi, G.M.;Schipper, L.(1991), Structure of Energy in the Brazilian Household Sector. In: Energy Policy, Butterworth-Heinemann.
- Bravo, G. et al. (2000), Sensación térmica y confort en condiciones cálidas y húmedas. in: Gonzalez et al. (Eds.), Proceedings COTEDI 2000, Maracaibo, Venezuela 2000 , pp. 195 – 200.
- Kumar, Satish. (1999), The need for an adaptive thermal comfort standard in tropical environments.
- Basin News Nr.18, , November 1999
- Sharma, M.R.A. (1977), Study of the Thermal Effect of Climatic and Building on Human Comfort with special Reference to India, Ph.D. Thesis Agra University, Agra India.
- Laar, M., Grimme, F.W.(2000), Office Buildings in the Tropics – Necessarily Energy Inefficient?, in: Gonzalez et al. (Eds.), Proceedings COTEDI 2000, Maracaibo, Venezuela, pp. 339 – 344.
- Laar, M. Daylighting in the Tropics– an Evaluation of Sky Luminance, Glare Perception and Veiling Reflections on VDTs in the Tropics, in Pereira et al (Eds), Proceedings of the 18th International Conference on passive and low energy architecture PLEA, Florianopolis, November 7th to 9th, 2001, pp. 179 - 183.
- Laar, M.(2). Light and shadow – an analysis of daylighting and shadowing systems for the Tropics, in Pereira et al (Eds), Proceedings of the 18th International Conference on passive and low energy architecture PLEA, Florianopolis, November 7th to 9th, 2001, pp. 209 - 213.

