

ARQUITETURA SUSTENTÁVEL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA SOLAR: UM OLHAR SOBRE CONCEITOS, DIFERENÇAS E EXEMPLOS DE SUCESSO.

Walison Bezerra Maia – walison_maia@hotmail.com

Universidade Potiguar, Câmpus Caicó

5.1. Aspectos arquitetônicos do uso de instalações fotovoltaicas

Resumo. O objetivo deste artigo é abordar a importância da arquitetura sustentável, discutindo conceitos ultrapassados e definições desta temática, abordando as diferenças, mas como o mesmo propósito da Bioarquitetura, Arquitetura Bioclimática e Arquitetura Sustentável. Além disso, explanando sobre a utilização de placas fotovoltaicas em coberturas e fachadas, viabilizando uma maior eficiência energética das edificações, tornando-as sustentáveis e inteligentes. Foi tratado sobre a semelhança dos conceitos envolvidos da arquitetura sustentável e suas diferenças que correlacionam a sustentabilidade e o uso racional dos recursos naturais, apesar da existência de termos distintos. A partir de uma revisão bibliográfica, notou-se que o uso de vários termos representaria uma só ideia, dessa forma os arquitetos e engenheiros podem utilizar da mesma perspectiva um olhar mais sustentável nos recursos, visando o impacto antes, durante e após a conclusão da obra. Ademais, utilizou-se como exemplo de estrutura sustentável e perspicaz o Pavilhão Endesa em Barcelona, Espanha. Uma edificação pensada na sua própria sustentabilidade, a qual em toda sua arquitetura é representada por estruturas geométrica utilizadas para maximizar a captação dos raios solares, bem como sua fabricação computadorizada e de impressão 3d que otimiza e acelera o processo de produção da obra.

Palavras-Chave: Energia Solar; Arquitetura Sustentável, Eficiência Energética.

1. INTRODUÇÃO

No decorrer da história da humanidade, a preocupação com as suas próprias necessidades tornou-se prioridade, ao invés da preservação do meio em que vive. É possível perceber a limitação dos recursos naturais quando vamos para o campo da construção civil e arquitetura. Essas áreas tiveram que se reinventar para poder atender as necessidades do momento. Sobre isso, a humanidade tem um grande histórico de busca de riquezas desenfreadas, com a globalização, e o crescimento acelerado da população, a arquitetura e engenharia, tomaram caminhos tortuoso na construção de suas edificações, ignorando o aspecto ambiental do local, seus impactos ambientais e o uso irracional dos recursos limitados. À medida que os desafios ambientais se tornaram mais evidentes, a busca por soluções que minimizem o impacto das edificações no meio ambiente tornou-se imperativa.

Acerca disso, a arquitetura tem enfrentado desafios significativos relacionados à sua evolução e ao seu papel na sociedade. O trabalho de Fernandez e Hickel, 2005, observa que em muitos casos, a arquitetura esteve intrinsecamente ligada à repetição e à imitação, repetidamente ocorrendo sem um profundo entendimento da realidade local. Esta abordagem, que poderia ser vista como um produto do seu tempo, alcançou seu auge após a Segunda Guerra Mundial, quando o estilo internacional e a crença na tecnologia de sistemas prediais levaram a uma proliferação de edifícios de vidro, que necessitavam de sensibilidade ambiental. Essa tendência resultou em um consumo exacerbado de energia, contribuindo para um desequilíbrio ambiental. Logo, é fundamental debruçar na elaboração do projeto arquitetônico visando explorar maneiras e incorporar soluções para a responsabilidade ambiental, sustentabilidade e a máxima eficiência energética. Sendo assim, devemos buscar a harmonia entre a estética, a funcionalidade e a responsabilidade ambiental, a fim de criar edificações que se integrem em seu ambiente natural, tendo essa correlação entre a construção e o meio em que ela se encontra, preservando cultural e natural que torna cada lugar único.

Portanto, o objetivo deste artigo é discutir conceitos, características e vantagens da arquitetura sustentável. Bem como, a importância da eficiência energética nas edificações e os meios para inserir o cuidado ambiental no processo de elaboração do projeto arquitetônico. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica a qual forneceu uma visão mais abrangente e atualizada sobre o que é arquitetura sustentável. Destacando-se as últimas tendências, como o Pavilhão de Endesa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Arquitetura sustentável, bioclimática e bioarquitetura

A arquitetura sustentável tem raízes nos primórdios da humanidade, mesmo que os termos utilizados hoje sejam distintos. De acordo com Edwards, 2008, Vitruvius, no ano 15 a.C., em seus textos, advogava pela importância do conforto

e do clima, integrando-os no modelo triangular de firmatas, vestustas e utilitas (solidez, beleza e utilidade). Ele enfatizava a necessidade da iluminação e ventilação natural, além de acreditar que o projeto arquitetônico deveria desempenhar o papel de mediador entre o ambiente interno e externo. A respeito disso, um estudo conduzido por Corbella e Yannas, 2003, reforça a ideia de que, desde os primórdios de nossa civilização, os arquitetos demonstraram preocupação com o conforto e a eficiência energética. Contudo, ao longo do tempo os conceitos de sustentabilidade foram esquecidos impulsionados pelo acelerado desenvolvimento industrial e econômico. Esse período refletia, em certa medida da qual usava-se o princípio do livro “O príncipe” de Maquiavel, 1532, onde os fins justificam os meios. Com o decorrer dos anos, a construção de edifícios que desconsideram as características ambientais locais, muitas vezes em busca de atrair turistas ou ganhar notoriedade mundial, tornou-se uma prática comum. Isso resultou em sérios problemas ambientais e na exploração excessiva de recursos naturais limitados. Um exemplo notável é o 'Burj Khalifa', o prédio mais alto do mundo, construído sobre solo arenoso e em um clima desértico. Essa escolha contrária às condições bioclimáticas locais exigiu uma remodelação completa da arquitetura e engenharia para adequação a essas condições

A arquitetura bioclimática, conforme citada por Corbella e Yannas, 2003, tem como objetivo “prover um ambiente construído com conforto físico, sadio e agradável, adaptado ao clima local, que minimize o consumo de energia convencional e precise da instalação de menor potência elétrica possível, o que também leva à mínima produção de poluição”. Essa abordagem investiga as interações entre os seres humanos (animais homotérmicos) e as características climáticas de um local, que são absorvidas e transformadas pelos edifícios, refletindo-se no partido arquitetônico (orientação dos ambientes, *lay-outs*, disposição das vedações – paredes e cobertura -, proporção e composição das aberturas, estruturas, materiais e paisagismo) com o objetivo de minimizar a quantidade de energia operante consumida no edifício. O avanço da arquitetura bioclimática, é atribuído ao progresso das pesquisas científicas, que, utilizando dados climáticos, proporcionam resultados sobre a intensidade, velocidade e direção dos ventos, bem como a radiação solar, incluindo diagramas das cartas solares. Ademais, diversos softwares são empregados para simular a incidência dos raios solares em diferentes épocas do ano, com o auxílio das cartas solares. Além disso, diversos softwares são utilizados para simular a incidência dos raios solares em diversas épocas do ano com o auxílio das cartas solares. Como exemplo na Fig. 1 – (Livro das Soluções Ecoeficientes).

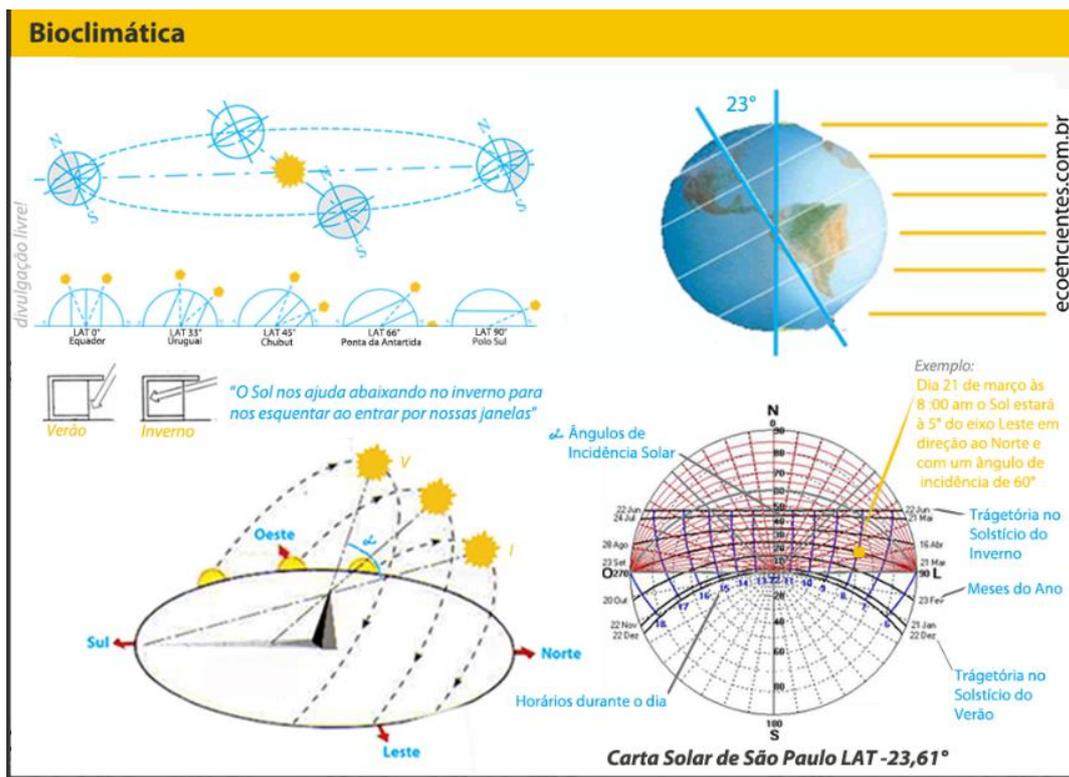


Figura 1 – Carta solar utilizada para analisar as incidências dos raios solares ao longo do ano.

A bioconstrução está intrinsecamente relacionada a uma arquitetura vernacular, espontânea e tradicional. Sua construção fundamenta-se em materiais disponíveis localmente, fontes de energia da região e, em grande parte, na utilização de materiais renováveis, proporcionando valiosas lições de sustentabilidade para edificações. Nesse contexto, observamos que o conceito de arquitetura e construções sustentáveis é abrangente, incorporando ideias de diversas áreas, tanto da bioarquitetura quanto da arquitetura bioclimática. Os termos usados para descrever essas edificações podem ser englobados pelo conceito mais amplo de 'edificações sustentáveis e inteligentes', como destacado por Santos, 2019. É crucial manter uma preocupação real na integração do edifício com o meio urbano. Um edifício inteligente deve ser concebido considerando sua integração harmônica com a infraestrutura circundante e visando aprimorar a qualidade de vida de seus usuários, e não o contrário. Diante dessa exigência, diversas ideias e abordagens têm sido desenvolvidas para

atender às necessidades de sustentabilidade. Isso inclui a utilização de tecnologia para a captação de energia solar e sua conversão em energia elétrica. Além disso, a implementação de projetos hidrossanitários inovadores tem se destacado, incorporando sistemas de bombeamento hidráulico e mecânico para captar águas pluviais. Essas águas são então direcionadas para atender às necessidades usuais, com a reutilização de água contaminada em descargas de banheiros, representando uma prática eficaz de conservação de recursos. Segundo arquitetos renomados como Fosters e Partners, 1999, e Edwards, 2008, um projeto sustentável é a concepção de edificações eficientes do ponto de vista energético, saudáveis, confortáveis, de uso flexível e projetadas para terem uma longa vida útil. A Associação para Informação e Pesquisa sobre as Instalações dos Edifícios (Building Services Research and Information Association - BRSIA, 1996), também citada por Edwards, 2008, considera construção sustentável como a criação e gestão de edifícios saudáveis, fundamentados em princípios ecológicos e no uso eficiente dos recursos.

O termo 'saudáveis' surge de forma recorrente nas definições acima, caracterizando uma edificação na qual a permanência do usuário é agradável e, com a devida manutenção, torna-se um espaço durável. Além disso, sua implantação não representa a destruição do meio ambiente, mas sim um abrigo em harmonia com os ecossistemas. Essa abordagem não exclui o uso da tecnologia; pelo contrário, utiliza-a como um instrumento para alcançar a sustentabilidade. A questão de gestão de edifícios, mencionada por Edwards, 2008, já havia sido abordado por Yeang, 1995, que destaca a importância de estratégias de projeto que forneçam diretrizes para o funcionamento eficaz das edificações.

Em suma, existem temas e subtemas que auxiliam a identificar os benefícios das edificações sustentáveis e inteligentes. Nesse sentido, Salgado e colaboradores, 2012, apresentam uma pesquisa realizada no Reino Unido pelo CIRIA (*Construction Industry Research and Information Association*). Tab. 1.

Tabela 1- Temas-chaves para construção sustentável.

Temas	Subtemas
Temas ambientais	Evitar poluição Proteção e melhoria da biodiversidade Melhoria de eficiência energética Uso eficiente de recursos
Temas sociais	Respeito à equipe de funcionários Relacionamento com comunidades locais Estabelecimento de parcerias
Temas econômicos	Aumento de produtividade e lucro Melhoria no projeto (produto oferecido) Monitoramento e relato de desempenho versus metas

Sobre isso, é inquestionável reconhecer as vantagens da arquitetura sustentável em relação à arquitetura tradicional. Contudo, é importante notar que as construções sustentáveis demandam um investimento inicial mais elevado devido à utilização de materiais que promovem a prosperidade e harmonia entre a construção e o meio ambiente. É consensual que esses custos de construção adicionais são compensados por meio da redução dos custos operacionais, conforme destacado por Borges e Moraes, 2013, como evidenciado na Tab. 2.

Tabela 2 - Benefícios do ambientalismo na indústria da construção

1	Redução de custos
2	Garantia do cumprimento da legislação
3	Antecipação a legislação futura
4	Redução de riscos ambientais
5	Melhores relações com os legisladores
6	Melhor imagem pública
7	Aumento das oportunidades de mercado

2.2 Eficiência energética fotovoltaica na arquitetura

A introdução de sistemas energéticos que utilizam mecanismos para a captação dos raios solares, gradualmente incorporados nos projetos arquitetônicos, representa uma abordagem fundamentada em maximizar a eficiência energética dos edifícios. Diante do avanço tecnológico da informação, internet e dos equipamentos, a demanda crescente por energia se torna uma necessidade urgente. Isso reforça a importância da busca por fontes renováveis de energia, uma vez que o uso predominante de fontes não renováveis persiste. Grande parte da energia consumida em edificações provém de hidrelétricas, enfrentando desafios recorrentes relacionados à escassez de água.

Dentro desse contexto, Braga, 2005, aponta a conservação de energia e seu uso racional como uma possível solução para a crise energética. Ele destaca que a conservação representa uma saída viável, indicando a necessidade de desenvolver meios mais eficientes para utilizar as fontes disponíveis atualmente. Os benefícios da conservação são vastos,

contribuindo para prolongar o uso de fontes finitas e, sobretudo, minimizar os impactos ambientais decorrentes da geração de energia. Em conjunto com o desenvolvimento de novas formas de aproveitamento energético, a conservação emerge como um dos principais meios de gerenciar a crise energética que enfrentamos.

Visto isso, a instalação de painéis fotovoltaicos (PV) em coberturas, fachadas ou integrados diretamente na estrutura visa maximizar a captação dos raios solares. Um exemplo notável dessa abordagem é o Pavilhão de Endesa, localizado em Barcelona, Espanha. Durante todo o seu processo construtivo, realizado por meio de projeção 3D, o pavilhão foi concluído em apenas um mês, graças à rápida fabricação de suas peças. As nuances estruturais foram geometricamente projetadas para obter uma inclinação ideal, visando uma captação mais eficiente dos raios solares. Além disso, foram desenhadas para proporcionar sombreamento, considerando a iluminação, circulação de vento e conforto térmico. Fig. 2 – segundo (Instituto Avançado de Arquitetura da Catalunha). Estudos detalhados, exemplificados pela Fig. 3 – (Autodesk Revit), viabilizaram a obtenção de cartas solares, comprovando as maiores incidências de raios solares ao longo do ano.



Figura 2 - Projeção 3d do pavilhão de Endesa

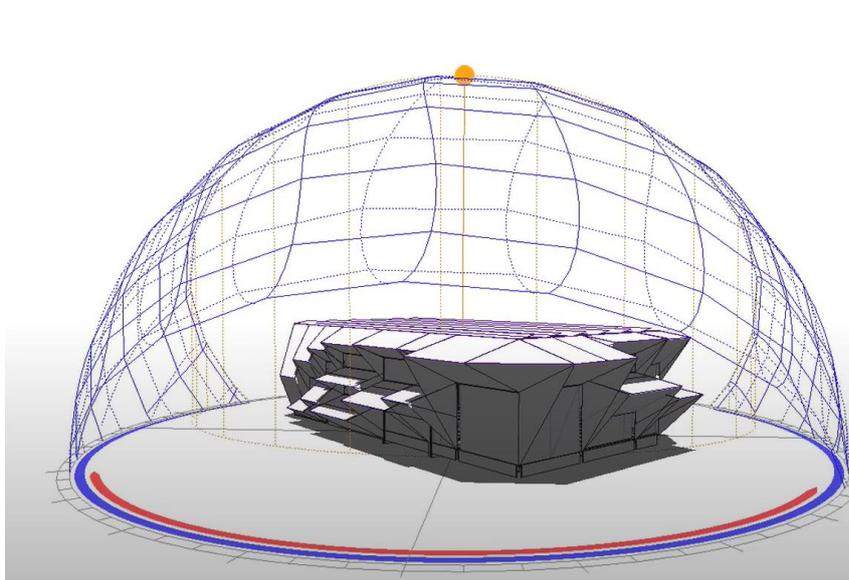


Figura 3 - Simulação de incidência dos raios solares no pavilhão de Endesa

Essa ideia é fundamentada na bioarquitetura, que utiliza telhados verdes para aprimorar a eficiência dos painéis fotovoltaicos. Um estudo conduzido por Irga, 2022, demonstrou uma melhoria no desempenho energético em até 20% nos horários de pico. Esse método não apenas contribui para a eficiência dos painéis, mas também auxilia no resfriamento do prédio, tornando o ambiente mais agradável. Além disso, tem o benefício adicional de combater o efeito estufa e o fenômeno da ilha de calor urbano, como evidenciado na Fig. 4 – (Universidade de Tecnologia de Sydney).



Figura 4 - Universidade de Tecnologia de Sydney

Em suma, a eficiência energética solar na arquitetura é uma abordagem pensada estrategicamente para solucionar problemas ambientais, redução de custos operacionais a longo prazo, aumento do valor de mercado da construção e a geração de energia própria e inesgotável, além disso a criação de edifícios cada vez mais sustentáveis e econômicos, visando o conforto e a autossuficiência que trabalhando em harmonia com o meio ambiente torna o marco da arquitetura inteligente e sustentável.

3. CONCLUSÃO

A partir da pesquisa bibliográfica realizada neste trabalho, é possível concluir que os embates apresentados demonstram que o termo utilizado, seja ele: arquitetura sustentável, bioclimática ou bioarquitetura, todos eles se aglomeram e representam apenas uma definição, construir de forma inteligente e eficaz. Diante disso, são utilizados de forma indireta para projetar edifícios que se interrelacionem com o meio ambiente de forma harmoniosa, proporcionando conforto aos ocupantes, redução de custo e minimizando o impacto ambiental. Esses conceitos se originam desde os primórdios, expressos em textos antigos, citados pelo arquiteto Marcos Vitruvius Polião, o qual enfatizava a importância do conforto térmico e da interação do meio ambiente nas construções.

Ademais, a bioarquitetura utiliza em sua construção, materiais locais e renováveis. Desse modo, é possível aproveitar todos os elementos naturais e usá-los a favor de criar ambientes saudáveis e agradáveis. É importante salientar, que a utilização de técnicas construtivas abordadas acima é utilizada de forma única. Isto é, um aprisionamento em apenas um aspecto dos tipos construtivos, ao invés de aglomerar todos os conceitos para poder fomentar um projeto de construção atendendo os princípios de eficiência energética, conforto térmico e meio ambiente.

Portanto, a junção de todos os aspectos construtivos descritos neste artigo, auxilia em uma arquitetura visada em sua sustentabilidade, utilizando medidas para minimizar os impactos ambientais, e fornece suporte na construção de edifícios, melhorando consideravelmente sua vida útil, seu conforto térmico, e sendo economicamente viáveis.

Agradecimentos

Quero expressar minha mais profunda gratidão à minha amável família, em especial à minha namorada Beatriz. Agradeço por todo o apoio incondicional e amor que vocês me proporcionam, o que fez com que eu não desistisse de concluir este artigo e enfrentar outras adversidades na minha vida. Aos meus colegas de trabalho, agradeço por fazerem parte de uma equipe incrível que transforma o trabalho em algo mais do que uma simples obrigação. Suas presenças em minha vida enriquecem cada momento. Agradeço a todos por serem parte fundamental do meu mundo, tornando-o mais significativo, tanto academicamente quanto profissionalmente.

REFERÊNCIAS

- Borges, Aline Vieira; Moraes, Anselmo Fábio, 2013. Edifícios públicos: caminhos para a concepção de projetos sustentáveis. 6º PROJETA: Salvador.
- Braga, Benedito, 2005. Introdução a Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável. São Paulo: PEARSON Prentice Hall.

- Carta Solar – Saiba como encontrar o ângulo de incidência solar em sua região! <https://www.ecoeficientes.com.br/carta-solar-saiba-como-encontrar-o-angulo-de-incidencia-solar-em-sua-regiao/>
- Corbella, Oscar; Yannas, Simos, 2003. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos- conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan.
- Edwards, Brian, 2008. O guia básico para a sustentabilidade. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Freire, Márcia Rebouças; AMORIM, Arivaldo Leão de. A abordagem BIM como contribuição para a eficiência energética no ambiente construído. V TIC - Salvador, Bahia, Brasil, 4 e 5 de agosto de 2011.
- Frota, Anésia Barros; FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo. São Paulo: Studio Nobel, 8.ed.,2001
- Gonçalves, Joana Carla Soares; Duarte, Denise Helena Silva. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 51-81, out./dez. 2006.
- Hickel, Denis Kern, 2005. A (in)sustentabilidade na arquitetura. Arquitectos, São Paulo, ano 06, n. 064.06, Vitruvius.
- Irga P.J, 2022. Urban green roofs promote metropolitan biodiversity: a comparative case study. Journal Building and Environment. Volume 207.
- Keeler, Marian; VAIDYA, Prasad. Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis. – 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- Leite, Carlos. Cidades sustentáveis. Cidades inteligentes. Desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- Leonardo Márquez, 2012. Pavilhão Endesa / IaaC. ArchDaily Brasil
- L. K. S. OLIVEIRA, R. M. RÊGO, M. N. M. A. FRUTUOSO e S. S. F. B. RODRIGUES. Simulação computacional da eficiência energética para uma arquitetura sustentável. Recife (PE), 2016.
- Mendes, Nathan; Westphal, Fernando Simon; Lamberts, Roberto; Cunha Neto, José A. Bellini da, 2005. Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 47-68.
- Oliveira, A. C. C.; SÁ JÚNIOR, J. C. Uso Eficiente de Energia Elétrica. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 1998.
- Salgado, Mônica Santos; Chatelet, Alain; Fernandez, Pierre, 2012. Produção de edifícios sustentáveis: desafios e alternativas. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 81-99.
- Sérgio Botassi dos Santos, 2019. Construção sustentável e edifícios inteligentes: as Smart Cities são a nova aposta para o futuro. IPOG.
- Tolmasquim, M. As Origens da Crise Energética Brasileira. Ambiente & Sociedade – Ano III – n 6/7 – 1 Semestre de 2000 / 2 Semestre de 2000.
- Yeang, Ken, 1995. Proyectar con la naturaleza: bases ecológicas para el proyecto arquitectónico. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

SUSTAINABLE ARCHITECTURE AND SOLAR ENERGY EFFICIENCY: NA CONCEPTS, DIFFERENCES, AND SUCCESSFUL EXAMPLES.

Abstract. *The purpose of this article is to address the importance of sustainable architecture by discussing outdated concepts and definitions in this field. It explores the differences and common goals among Bioarchitecture, Bioclimatic Architecture, and Sustainable Architecture. Additionally, the article delves into the use of photovoltaic panels on roofs and facades to enhance the energy efficiency of buildings, making them both sustainable and intelligent.*

The text examines the similarities in the concepts surrounding sustainable architecture and the distinctions that correlate sustainability with the rational use of natural resources, despite the existence of distinct terms. Through a literature review, it was observed that using various terms often represents a singular idea. This approach allows architects and engineers to adopt a more sustainable perspective on resources, considering the impact before, during, and after the completion of a project.

Furthermore, the article uses the Endesa Pavilion in Barcelona, Spain, as a case study of a sustainable and innovative structure. This building is designed with its own sustainability in mind, represented throughout its architecture by geometric structures used to maximize sunlight capture. Additionally, its computerized manufacturing and 3D printing optimize and expedite the construction process.

Palavras-Chave: *Solar Energy, Sustainable Architecture, Energy Efficiency.*