



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

ANÁLISE DE CARACTERÍSTICAS DA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM HABITAÇÕES

Sebastião Mário Damião Antônio

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Eduardo Linhares Qualharini

RIO DE JANEIRO
Setembro de 2016

Sebastião Mário Damião Antônio

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinada por:

Prof. Eduardo Linhares Qualharini (Orientador).

Prof. Osvaldo Ribeiro da Cruz Filho (Examinador)

Prof. Leandro Torres Di Gregório (Examinador)

RIO DE JANEIRO

Setembro de 2016

Antônio, Sebastião Mário Damião.

Análise de características da Eficiência Energética em Habitações / Sebastião Mário Damião Antônio – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2016.

X, 58 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Eduardo Linhares Qualharini

Projeto de graduação – UFRJ/ Escola Politécnica / Curso de Engenharia Civil, 2016.

Referências bibliográficas: p. 45-48.

1. Introdução. 2. Desenvolvimento e Construção Sustentável. 3. Eficiência Energética. 4. Desempenho Energético das Habitações. 5. Soluções Sustentáveis para Melhoria da Eficiência Energética em Habitações. 6. Considerações Finais.

I. Eduardo Linhares Qualharini. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil. III. Análise de Características da Eficiência Energia em Habitações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela sua graça e proteção durante o tempo que estive em busca desta realização.

Agradeço aos meus pais Sr. SEBASTIÃO MÁRIO ANTÔNIO, em memória de minha mãe, Sra. SERAFINA DAS DORES DAMIÃO, e meus irmãos em especial a minha irmã JULIA ANTONIO que junto com o meu pai muito me ajudou moralmente e financeiramente para que eu pudesse chegar à conclusão do curso, e também a minha família.

Agradeço à UFRJ representada pelo meu orientador o professor EDUARDO LINHARES QUALHARINI, e todos os professores que durante esse tempo de faculdade pude conviver, e que com toda dedicação e competência souberam transmitir os seus conhecimentos, tanto acadêmicos como também de experiência de vida para o meu aprendizado.

Agradeço a todos os meus colegas de faculdade, que durante este tempo de faculdade pude conviver tanto nos momentos de tensão de provas e trabalhos, bem como nos momentos de descontração e lazer.

Agradeço a todos os meus amigos que sempre me deram apoio, moral para que eu pudesse continuar na caminhada, em busca deste objetivo.

Em fim, agradeço a todas as pessoas que fizeram parte desta etapa decisiva em minha vida.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Análise de características da eficiência energética em habitações

Sebastião Mário Damião Antônio

Setembro/2016

Orientador: Eduardo Linhares Qualharini

Curso: Engenharia Civil

Resumo

No contexto atual mundial, as sociedades modernas cada vez mais apresentam maior consumo de energia elétrica nas suas diferentes origens (Hídrica, fóssil e de biomassa), nas habitações, em função do grande desenvolvimento tecnológico.

Esse consumo pode ser diminuído com a aplicação de soluções de uso eficiente da energia nas habitações, soluções que visem tornar a habitação mais eficiente no consumo da energia.

Por outro lado existe um grande esforço para atingir os objetivos de um desenvolvimento sustentável, e o setor da construção por ter grande contribuição neste consumo de energia, desde o momento da construção da habitação, bem como no ciclo de vida da edificação, pode apresentar grande potencial de contribuição para a diminuição desse consumo com um compromisso de uma construção mais sustentável.

Sendo assim, devem ser desenvolvidos esforços que permitam a construção de habitações energeticamente eficientes, o que implica na adoção de um conjunto de técnicas (passivas e/ou cativas) que visem reduzir os consumos energéticos dos edifícios ao longo do seu ciclo de vida, garantindo ao mesmo tempo conforto aos seus ocupantes.

O estudo e otimização da eficiência energética é, no quadro da construção sustentável, um dos seus principais pilares, pela importância dos seus princípios no contributo para uma eficiente e progressiva poupança de energia nas edificações.

Palavras-chave: Eficiência energética, construção sustentável, Desenvolvimento sustentável.

Abstract of Monograph present to Poli/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for degree of Civil Engineer.

Analysis of Efficiency In Housing Features Energética

Sebastião Mário Damião Antônio

September/2016

Advisor: Eduardo Linhares Qualharini

Course: Civil Engineering

Abstract

There is a large energy consumption in the housing sector that can be reduced with the application of efficient use of energy solutions in homes, solutions aimed at improving efficiency in housing in the consumption of energy.

In the current global context, modern societies increasingly have higher electricity consumption in their different origins (Hydro, fossil and biomass) in the home, due to the great technological development. On the other hand there is a great effort to achieve the goals of sustainable development, and the construction sector to have great contribution in this energy consumption, from the time of construction of housing, as well as in the building life cycle, can display great potential contribution to the reduction of consumption with a commitment to a more sustainable construction.

Therefore, efforts should be made to allow the construction of energy-efficient homes, which implies the adoption of a set of techniques (passive and / or captive) that reduce the energy consumption of buildings throughout their life cycle, ensuring while comfort to its occupants.

The study and optimization of energy efficiency is in the context of sustainable construction, one of its main pillars, the importance of its principles in contributing to an efficient and progressive energy savings in buildings.

Keywords: Energy Efficiency, Sustainable Building, Sustainable Development.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1.2 OBJETIVO	2
1.3 JUSTIFICATIVA.....	2
1.4 METODOLOGIA	3
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2. DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	4
2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	4
2.2 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	6
3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	10
3.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO MUNDO.....	10
3.2 EFCIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL.....	11
4. DESEMPENHO ENERGETICO DAS HABITAÇÕES	14
4.1 HABITAÇÕES NO BRASIL.....	14
4.2 CONSUMO DE ENÉRGIA NAS HABITAÇÕES NO MUNDO	14
4.3 CONSUMO DE ENÉRGIA NAS HABITAÇÕES NO BRASIL	15
4.4 CONSEQUÊNCIAS DO AUMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA NAS HABITAÇÕES.....	17
5. SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA A MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM HABITAÇÕES	20
5.1 SOLUÇÕES PASSIVAS	20
5.1.1 Orientação e implantação do edifício	20
5.1.2 Vãos envidraçados	22
5.1.3 Sombreamento	25
5.1.4 Ventilação natural.....	26
5.1.5 Elemento envolvente opaco.....	28
5.1.5.1 Fachadas	29
5.1.5.2 Cobertura	30
5.1.5.3 Refletividade.....	30

5.1.5.4 Telhas Térmicas.....	30
5.1.5.4 Pavimentos	31
5.2 SOLUÇÕES ATIVAS	32
5.2.1 Coletores solares térmicos	32
5.2.2 Eletrodomésticos eficientes	33
5.2.3 Microgeração	35
5.2.4 Energia solar fotovoltaica	36
5.2.5 Energia eólica	38
5.2.6 Energia da biomassa	39
5.2.7 Iluminação LED	40
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
6.1 COMENTÁRIOS	43
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
REFERÊNCIAS NORMATIVAS.....	46
REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Consumo Final de Energia Elétrica por Setor	1
Figura 2 – Objetivos da sustentabilidade na sua tripla dimensão.....	5
Figura 3 - Etiqueta de eficiência energéticas de edificações	13
Figura 4 – Evolução do número-índice do consumo residencial de energia e Eletricidade do consumo das famílias e do número de domicílios.....	16
Figura 5 – Impactos ambientais dos edifícios nos EUA.....	17
Figura 6 – Utilização de energia percentagem durante o Ciclo de Vida de um edifício.	18
Figura 7 – Ângulo de incidência solar nos edifícios durante as estações de Inverno e Verão e o de Primavera-Outono.	21
Figura 8 – Sistema envidraçado com dois panos de vidro	24
Figura 9 – Edificação com sombreamento nas fachadas.....	26
Figura 10 – Fluxo da ventilação em um edifício	27
Figura 11 – Esquema de fluxo de calor em função de espessura de paredes	29
Figura 12 – Ilustração de um modelo do sistema EIFS.....	29
Figura 13 – Cobertura ajardinada	31
Figura 14 – Sistema solar de aquecimento de água	33
Figura 15 – Modelo de etiqueta de eficiência energética de um eletrodoméstico.....	34
Figura 16 – Geração solar no mundo.....	36
Figura 17 – Sistema de microgerador de uma residência.....	37
Figura 18 – Microgerador de energia eólica.....	38
Figura 19 – Microgerador hibrido.....	39
Figura 20 - Lâmpada com tecnologia LED.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Demanda de Energia no Setor Residencial.....	15
Tabela 2 - Radiação solar incidente em superfícies verticais no Rio de Janeiro.....	22

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica.

CMMAD - Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento.

EPE - Empresa de Pesquisa de Energia.

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia.

TEP - Tonelada equivalente de petróleo.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

LED - Light Emitting Diode.

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

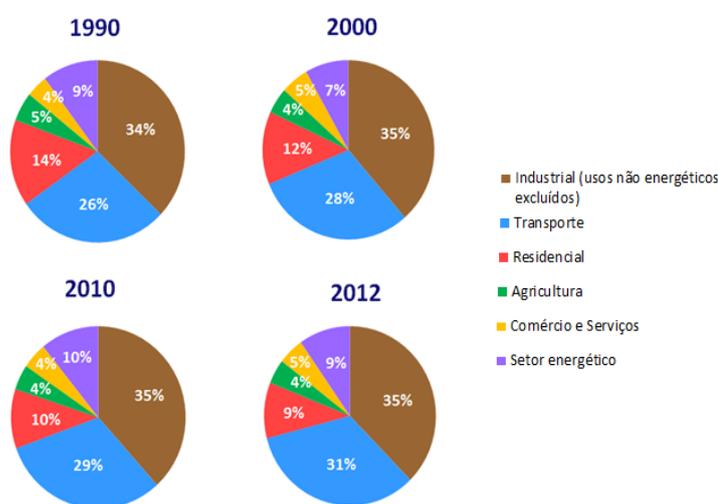
No contexto atual mundial são cada vez mais urgentes as preocupações com o processo do desenvolvimento sustentável. O conceito de sustentabilidade surgiu na década de 80 através do Relatório de Brundtland, que segundo (Brundtland, 1991), diz que Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras em satisfazerem as suas próprias necessidades.

Nesta mesma vertente do desenvolvimento sustentável, surgiu o conceito de construção sustentável, cujo objetivo principal é “O desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. ”. No conjunto de barreiras ao desenvolvimento sustentável global, destaca-se o crescimento do consumo mundial de energia, nas suas deferentes forma de origens, como a hídrica, fóssil, e de biomassa, e os impactos da sua utilização no meio ambiente. Apesar dos avanços tecnológicos e benefícios proporcionados, cerca de um terço da população mundial ainda não tem acesso a esse recurso, e uma parcela considerável é atendida de forma muito precária.

No que se refere ao Brasil, a situação é menos crítica, mas ainda muito preocupante. Apesar da grande extensão territorial do país e da abundância de fontes de recursos naturais para a produção dessas energias, há uma enorme diversidade regional e forte concentração de pessoas e atividades econômicas em regiões com sérios problemas de suprimento de energia.

A Figura 1 ilustra a tendência do consumo de energia elétrica no setor residencial no Brasil.

Figura 1 - Consumo Final de Energia Elétrica por Setor.



Fonte: www.epe.gov.br(2013).

Como indicado pelo último censo demográfico 2010, mais de 80% da população brasileira vive na zona urbana. A grande maioria desse contingente vive na periferia dos grandes centros urbanos. Grande parte dos recursos para fontes de energia elétrica do país se localiza em regiões pouco desenvolvidas, distantes dos grandes centros consumidores e com fortes restrições ambientais. Por este motivo, e dado o ritmo de construção de edifícios nos momentos de crescimento econômico do país, considera-se o setor dos edifícios como um dos setores que maior potencial apresenta em termos de poupança de energia elétrica.

O consumo de energia elétrica é um dos principais fatores a controlar com vista a uma maior sustentabilidade no sector da construção, devendo ser adoptadas estratégias que promovam uma maior eficiência energética nos edifícios. Uma das principais causas do elevado consumo de energia elétrica dos edifícios é o fato de estes apresentarem um comportamento dissipativo, devido à não utilização de eficientes soluções de isolamento térmico, o que acarreta uma inadequada utilização de equipamentos de climatização.

Sendo assim torna-se, particularmente importante que os profissionais do setor contribuam para inverter a tendência, adotando uma concepção sustentável dos edifícios, através do recurso a técnicas passivas e/ou ativas que melhorem a sua eficiência energética, sem que, com toda essa ação contribua para o significativo aumento do custo de produção do edifício.

Para que assim, com essas praticas técnicas avancemos no caminho de uma construção sustentável, que é uma das formas que temos para se atingir um desenvolvimento sustentável.

1.2 OBJETIVO

O principal objetivo da monografia é analisar soluções que garantam uma maior eficiência energética em edifícios de habitação, e descrever as principais soluções passivas e ativas que garantam uma maior eficiência energética em uma habitação ao longo do seu ciclo de vida, sem descartar a garantia ao mesmo tempo do conforto dos seus ocupantes.

1.3 JUSTIFICATIVA

O conceito de se fazer cidades mais sustentáveis é visto cada vez mais como uma necessidade imprescindível na realidade mundial. A construção civil é o maior consumidor de recursos naturais na economia de muitos países, podendo responder pelo consumo de até 75% dos recursos naturais extraídos, causando com isto um grande impacto no meio ambiente; sendo que uma grande parcela destes recursos é destinada ao setor habitacional.

No Brasil este setor apresenta grandes problemas tanto pelo grande déficit habitacional quanto pela falta de regulamentações e diretrizes que procurem economia dos recursos naturais e um melhor desempenho nas habitações. Assim um aumento na sustentabilidade das mesmas terá um impacto positivo no consumo de recursos ambientais nas sociedades.

1.4 METODOLOGIA

A fim de alcançar os objetivos propostos, foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre o tema, foram coletadas informações a partir da leitura de sites, revistas, manuais do Programa Nacional de Conservação de Energia implementado pela Eletrobrás, na parte de eficiência energética dos Selos Procel e normas envolvidas no tema.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para o desenvolvimento desta monografia optou-se por dividir o trabalho em seis capítulos. No primeiro capítulo definiu-se o enquadramento geral do tema em estudo, fazendo uma breve descrição do papel do setor da construção no contexto energético mundial e enfatizando a importância da redução do consumo energético para o alcance de um desenvolvimento sustentável. Neste capítulo são ainda apresentados os objetivos gerais do trabalho que se pretendem alcançar, assim como a definição da estrutura da monografia.

O segundo capítulo trata de uma breve descrição do modelo do desenvolvimento sustentável, sua história e objetivos.

O terceiro capítulo trata da eficiência energética, e neste se faz uma abordagem sobre a eficiência energética no mundo e no Brasil.

No quarto capítulo é analisado o desempenho energético dos edifícios no Brasil, estudando o quadro da construção e do consumo energético do parque edificado do país.

No quinto capítulo descrevem-se as principais soluções, passivas e ativas, que podem ser aplicadas para a melhoria da eficiência energética num edifício.

No sexto capítulo apresentam-se as considerações finais do trabalho e definem-se alguns temas para desenvolvimento futuro.

2. DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA (1996), no Manual de Planejamento para a Agenda 21 Local, descreve o desenvolvimento sustentável, como aquele que abastece os serviços ambientais, econômicos e sociais básicos a toda sociedade, sem prejudicar a viabilidade dos sistemas de que dependem estes mesmos serviços.

Dessa forma, em nível local, esse desenvolvimento requer também o desenvolvimento econômico apoiado à vida comunitária, juntamente com o aproveitamento dos talentos e recursos das pessoas que a integram. Coloca-se, além disso, ante ao desafio, de compartilhar de forma equitativa, os benefícios do desenvolvimento, e, sustentá-los, em longo prazo, para todos os grupos sociais.

As preocupações com a preservação do meio ambiente existem há vários séculos, no entanto, só a partir dos anos 60, sobretudo depois dos trabalhos do Clube de Roma, se começou a dar mais atenção aos limites do crescimento e às necessidades de gerir os recursos naturais de forma mais cuidada. É neste contexto que surge, em 1987, com a Comissão Mundial do Ambiente e do Desenvolvimento, através do Relatório de Brundtland, o conceito de desenvolvimento sustentável; em que “Desenvolvimento Sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras em satisfazerem as suas próprias necessidades”.

O Relatório de Brundtland teve como objetivo alertar para uma problemática emergente, definindo como ideias principais a necessidade de preservação dos recursos existentes e de organização do modo de desenvolvimento da sociedade. No entanto, este relatório não apresentou uma lista de ações a serem tomadas pelos estados, nem definiu metas internacionais para a concretização do objetivo do desenvolvimento sustentável.

O primeiro grande evento em que se definiram metas sobre o desenvolvimento sustentável aconteceu na Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e Desenvolvimento (1992), no Rio de Janeiro, da qual resultou a elaboração da Agenda 21.

Este documento estabeleceu as ações a serem tomadas, local e globalmente, pelos governos, empresas, organizações não governamentais e outros sectores da sociedade, relativamente ao estudo de soluções para os problemas sócios ambientais.

Cada país ou região ficou com a competência de definir as suas próprias diretrizes para o desenvolvimento sustentável, com base nos princípios da Agenda 21, através da preparação e implementação de um plano estratégico de ação em longo prazo.

Com a Agenda 21, começou também a alterar-se o conceito de desenvolvimento sustentável, complementando-se que este deve ter como base não só as preocupações ambientais, mas também ter em linha de conta fatores sociais e económicos.

O conceito de desenvolvimento sustentável visa minimizar os impactos ambientais da atuação do Homem sobre a natureza, procurando alertar para a necessidade de reduzir o consumo de recursos e a produção de resíduos e preservar a função e a biodiversidade dos sistemas naturais. A grande maioria dos problemas ambientais surge devido à ação humana e, portanto, a sua resolução exige obrigatoriamente a alteração de comportamentos e hábitos dos indivíduos. Por este motivo, quando se defini estratégias de desenvolvimento sustentável, é necessário ter em consideração os aspectos sociais que integram o bem-estar individual, as relações interpessoais e as diferentes culturas. Além disso, a concretização destes objetivos não é conseguida sem que haja uma consciencialização da sociedade para a necessidade de alterar determinados comportamentos, o que exige uma participação ativa das populações, de modo a ser possível aliar a satisfação das necessidades dos indivíduos às preocupações ambientais.

Pela sua característica de força motriz da ação humana, a economia é sempre um dos aspectos a ter em conta nestes processos, pelo que, a procura de soluções que levem à prevenção e resolução dos problemas ambientais terá de comportar necessariamente políticas de desenvolvimento económico sustentável.

Figura 2 - Objetivos da sustentabilidade na sua tripla dimensão.



Fonte: www.ecolavagembrasil.com(2016).

É com base nesta conjectura que se definiu a sociedade, a economia e o ambiente como sendo os três pilares do desenvolvimento sustentável. Na Figura 2 apresentam-se os objetivos de sustentabilidade a atingir para cada uma dessas áreas.

Como resultado das várias conferências internacionais definiu-se uma série de objetivos gerais a ser atingidos com vista à obtenção de um desenvolvimento mais sustentável.

- a) Manter a qualidade e diversidade dos ecossistemas, sem comprometer a sua capacidade de suportar a vida animal, vegetal e humana;
- b) Utilizar eficientemente os recursos naturais, recorrendo majoritariamente a fontes recicláveis;
- c) Minimizar a poluição, nomeadamente controlando a produção de resíduos e a emissão de gases poluentes;
- d) Satisfazer as necessidades da população (habitação, educação, lazer, alimentação, saúde), fomentando a melhoria da qualidade de vida e a equidade social.

2.2 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, no ano de 1992 (ECO'92), foi aprovada a Agenda 21 que consiste em um documento elaborado, em consenso entre governos e instituições da sociedade civil de 178 (cento e setenta e oito) países, para assegurar sustentabilidade mundial a partir do século XXI.

Dados das Nações Unidas apontam que a população mundial tem vindo a crescer ao longo dos anos, em 2010 a população era de cerca de 6,9 Bilhões de habitantes e, com base em prospecções da mesma entidade, será de 9,3 Bilhões de habitantes, em 2050.

O rápido crescimento demográfico a nível mundial aumenta as necessidades de habitação, infraestruturas de transporte, comunicações, abastecimento de água e energia. Este crescimento confere especial importância ao sector da construção sendo, por isso, considerado, em conjunto com a gestão do ambiente edificado, uma área-chave para atingir o desenvolvimento sustentável numa sociedade.

Os edifícios, as infraestruturas e o meio ambiente estão intimamente relacionados, visto que a energia, a água e o solo são recursos bastante consumidos na construção, utilização e manutenção das construções. O consumo descontrolado dos recursos naturais resulta em impactos ambientais que de alguma forma afetam a vida, o bem-estar e a saúde das populações.

Para poder enquadrar o setor da construção ao processo de desenvolvimento sustentável da sociedade surge, nos anos 90, o conceito de construção sustentável. Em 1994, realiza-se a Primeira Conferência Internacional sobre a Construção Sustentável, em Tampa, na Florida. Onde Charles Kibert apresentou um conceito para a construção sustentável, definindo-a como a “Criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, tendo em consideração os princípios ecológicos e a utilização eficiente de recursos”, considerando o solo, os materiais, a energia e a água como os recursos mais importantes para a construção. É a partir desta tese que Kibert estabelece os seguintes princípios para a construção sustentável.

- a) Reduzir o consumo de recursos naturais;
- b) Maximizar a reutilização de recursos;
- c) Reciclar materiais em fim de vida do edifício e usar recursos recicláveis;
- d) Eliminar os materiais nocivos em todas as fases do ciclo de vida;
- e) Gerir de forma equilibrada os recursos com vista à proteção do ambiente e dos ecossistemas.

Os países europeus, Estados Unidos da América e Canadá desenvolveram as primeiras metodologias, de avaliação ambiental de edifícios, para auxiliar no cumprimento de metas ambientais locais, estabelecidas a partir da ECO'92, Com a difusão dos conceitos de projeto ecológico (Green Design) e construções verdes (Green Building), as avaliações ambientais se tornaram necessárias para quantificar e qualificar os investimentos e benefícios da construção sustentável. Em 1996, com a conferência das Nações Unidas, realizada em Istambul, elaborou-se a Agenda Habitat II, que tem como objetivos principais fomentar a igualdade de acesso à habitação e promover o desenvolvimento sustentável dos aglomerados populacionais. Neste documento defende-se que a qualidade de vida e bem-estar pessoal dependem das condições físicas e características espaciais dos aglomerados habitacionais, para além de outros fatores económicos, sociais, ambientais e culturais. Esta questão é especialmente relevante nas zonas densamente povoadas, onde vive a maior parte da população, para a qual a habitação é um requisito essencial para a qualidade de vida.

Os objetivos principais da Agenda Habitat II em relação à construção passam por “promover e adotar, onde apropriado, políticas que coordenem e encorajem o fornecimento adequado dos recursos (solo, financiamento e materiais) necessários à construção de casas e infraestruturas” e ”encorajar o desenvolvimento de métodos de construção sustentáveis, fomentando a indústria local e consumo de recursos obtidos regionalmente”.

Com a finalidade de uma consolidação das estratégias definidas anteriormente, adotou-se, em 1999, a Agenda 21 para a construção sustentável, que pretende funcionar como uma aplicação dos princípios da Agenda 21 internacional ao sector da construção, apresentando os conceitos principais para a indústria de construção civil atingir um nível mais sustentável.

O setor da construção é fundamental para o desenvolvimento sustentável nas suas três dimensões (social econômica e ambiental). A construção é um setor cada vez mais importante em termos de conforto e qualidade de vida dado que, atualmente, as pessoas passam durante o dia muito tempo no interior de edifícios, seja para habitar ou para trabalhar, tendo por isso uma grande relevância para o bem-estar social.

A construção é também importante para o desenvolvimento económico de uma sociedade, uma vez que emprega um elevado número de pessoas, Segundo dados do IBGE em 2015 este setor empregou no Brasil 2.835 milhões trabalhadores formais, o que equivale a 6,6% do total de emprego.

Com base nesta realidade, houve uma evolução nas preocupações do sector da construção civil. Enquanto a construção tradicional se centra apenas em questões de qualidade, tempo e custos, a construção sustentável acrescenta as vertentes ambiental e social ao paradigma existente, através da minimização do consumo de recursos, redução das emissões e preocupação com a saúde.

Assim tornou-se necessária a criação de um conjunto de procedimentos e regras construtivas com base nos critérios e princípios associados ao desenvolvimento sustentável, tendo em vista uma redução do uso de recursos naturais, do consumo de energia e da produção de resíduos em excesso, promovendo a melhoria da qualidade de vida da população.

O desafio da engenharia civil atual consiste em aliar as formas e métodos de construção ao aumento da eficiência ambiental e ecológica. Os critérios de sustentabilidade aplicados à construção têm como intuito introduzir condições que permitam, por um lado minimizar os efeitos negativos resultantes da fraca qualidade do parque edificado existente, intervindo ao nível da reabilitação, bem como aumentar a qualidade da construção de novos edifícios.

Estas melhorias tornam-se apenas possíveis através da aplicação do desenvolvimento sustentável ao sector da construção, agindo ao longo de todo o ciclo de vida de um edifício, desde a fase de projeto, passando pela construção e operação da infraestrutura, até à sua desativação.

A fase de projeto é uma das fases mais importantes em todo o processo de construção, visto ser nesta altura que se tomam decisões que irão ter repercussões nas restantes fases do ciclo de vida do edifício, nomeadamente, no que diz respeito ao local e materiais a utilizar, bem como às necessidades energéticas e de água. Nesta fase, os impactos ambientais diretos são muito reduzidos (energia para transporte e deslocações, consumos e emissões associados à operação em escritórios). No entanto, as decisões que se tomam nesta fase podem influenciar, indiretamente, os impactos ambientais que se verificam posteriormente.

A fase de construção consiste na operacionalização do que foi definido na fase de projeto e dura até à recepção da obra por parte do proprietário, sendo os principais problemas de sustentabilidade o tipo de materiais utilizados na construção, assim como a energia dispendida e os resíduos produzidos. É nesta fase que se verificam as maiores alterações aos sistemas ambientais, especificamente em termos de ocupação do solo e alterações nos ecossistemas e na paisagem.

Esta é a fase com maior representatividade temporal ao longo do ciclo de vida de um edifício e, portanto, é aquela em que se verifica uma maior acumulação dos impactos ambientais. Enquanto as fases de projeto e construção estão associadas a durações mais curtas, entre alguns meses a poucos anos, a fase de operação pode-se estender por muitos anos. Em geral, na atualidade, os edifícios são projetados para um tempo de vida médio de 40 anos, embora alguns dos edifícios e estruturas existentes possam ultrapassar os 100 anos.

No Brasil, uma boa parte do parque edificado foi construída antes de 1945. Isto significa que os impactos resultantes desta fase, que correspondem nomeadamente ao consumo de energia, água, materiais e produção de resíduos, cargas poluentes e emissões atmosféricas, têm efeitos muito duradouros.

A fase de desativação corresponde ao fim do ciclo de vida do edifício e corresponde à sua demolição. Nesta fase destaca-se, enquanto maior impacto ambiental, a produção de resíduos. Os restantes impactos são, no geral, mais reduzidos, nomeadamente o consumo de materiais, de energia e as emissões ao nível do ruído e vibrações.

3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Temos que a Eficiência Energética pode ser definida como uma atividade técnico-econômica, que tem por objetivo propiciar um uso otimizado de matéria prima fornecida pela natureza.

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica a ser utilizada como base para o trabalho, iniciando com uma breve explicação de como se iniciou a preocupação por um consumo de energia eficiente e sustentável no mundo, explica algumas regulamentações e certificações que surgiram para serem aplicadas ao setor elétrico, como o setor público e privado se comportaram e quais atitudes tomaram em relação aos tópicos relacionados à matéria “Eficiência Energética”.

3.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO MUNDO

Com o choque do Petróleo, na década de 70, que ocasionou as principais crises de suprimento de energia, líderes de todo mundo readequaram suas estratégias de gerenciamento e utilização dos recursos energéticos disponíveis. Para minimizar os efeitos gerados por tal crise, surgiram assim algumas medidas de geração e utilização de energia com mais eficiência. Países desenvolvidos industrialmente organizaram-se e levantaram fundos para investimentos em projetos voltados para eficiência do uso de energia e para projetos que utilizavam fontes renováveis de energia. Os objetivos destes investimentos eram de diminuir a dependência em relação ao uso do petróleo e seus derivados. Por volta dos anos 80, mais um problema entrou em questão quanto ao uso dos combustíveis fósseis originados pelo petróleo, estes estavam afetando consideravelmente o clima, portanto, novamente virando pauta de assuntos de cunho mundial. O Resultado disto foi o protocolo de Kyoto em 1997. Este protocolo foi um acordo internacional em que os países solicitantes estabeleceram metas de redução de emissões de CO₂. Para alcançar tais objetivos, foram necessários medidas e mecanismos que estimulassem a eficiência energética.

O Canadá, por exemplo, iniciou seus programas de eficiência de energia na década de 70, porém só em 1995 foi criado o National Action Program on Climate. Seus principais programas, atualmente, são voltados para a indústria, setor público, transportes, normalizações de equipamentos na construção civil, programa de etiquetagem de padrões eficientes e de conservação de energia.

A Espanha, por sua vez, com o programa de Eficiência Energética por meio do Instituto para Diversificação e Economia Energética (IDAE), empresa pública que realiza projetos que estimulam o uso racional de energia, incentivava às fontes renováveis, auditorias energéticas, uso de combustíveis limpos e substituição de equipamentos antigos.

Os Estados Unidos atuam por meio do Energy Efficiency and Renewable Energy Network (EERN), onde os objetivos são de estimular e explorar as fontes alternativas de energia. Outros países como: Noruega, Dinamarca, Austrália, Nova Zelândia e Japão desenvolvem programas parecidos com os demais, buscando reduzir as perdas de energia desnecessárias em todos os segmentos de consumo, sejam por meio de programas de etiquetagem e normalização de produtos ou por geração de energia utilizando matérias primas renovável.

3.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

O Brasil enfrentou tal crise de forma a intensificar a geração de energia, como o incremento de usinas térmicas e o lançamento de um programa nuclear com o objetivo de criar usinas nucleares para a geração de energia elétrica. Criou também o Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL) e no setor elétrico foi dada continuidade à expansão das hidrelétricas para geração de eletricidade.

O governo brasileiro passou a perceber que a indústria era o setor que mais consumia o derivado de petróleo (óleo combustível), então se aumentaram os preços de tal insumo e foi implantado um sistema de controle de abastecimento por meio de cotas de combustíveis. Essas medidas governamentais foram realizadas para frear um pouco o consumo do combustível, porém não foi bem vista pelos empresários e com isso governo lançou o Programa de Conservação de Energia Elétrica, o CONSERVE, em 1981, que constituiu a principal experiência que impulsionou a eficiência energética no Brasil.

Em 1985 foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica o PROCEL, inicialmente caracterizou-se pela publicação e distribuição de manuais destinados à conservação de energia elétrica entre várias classes setoriais. Nessa época, algumas iniciativas quanto ao desenvolvimento tecnológico, normas técnicas e adequação de legislação foram realizadas.

Uma das principais criações foi o Selo PROCEL, instituído por meio de Decreto presidencial em 08 de dezembro de 1993, que indica ao consumidor os produtos que apresentam diferentes tipos de eficiência energética, variando do mais alto até o mais baixo valor.

Com o mesmo objetivo de salientar a importância da Eficiência Energética, foi criado o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – PROCEL EDIFICA onde foi instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL e atua de forma conjunta com o Ministério de Minas e Energia. Em 2010 foi lançado o programa para residências e edifícios multifamiliares.

O PROCEL estimula o uso racional da energia elétrica em edificações desde sua fundação, mas, com a criação do PROCEL EDIFICA, as ações foram aumentando e ficando organizadas com o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente. As categorias básicas desse programa são:

- 1- Envoltória
- 2- Iluminação
- 3- Condicionamento de ar
- 4- Aquecimento de água

Para o processo de etiquetagem PROCEL EDIFICA foram desenvolvidos o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética (RTQ) e alguns documentos para complementação, como o Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética (RAC), ambos publicados pelo Inmetro.

O RTQ estabelece os requisitos técnicos para avaliação da eficiência energética das edificações. O RAC determina o processo de avaliação das características do edifício para etiquetagem junto ao Laboratório de Inspeção credenciado pelo Inmetro. A classificação do nível de eficiência energética da edificação pode variar de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Esta classificação está relacionada à pontuação total alcançada pelo edifício, calculada com base no resultado da avaliação de cada sistema individual associado a um peso, a figura 3 representa um modelo de etiqueta deste selo.

Certificação LEED, a LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) foi desenvolvido pelo USGBC (U.S. Green Building Council), instituição que busca a promover edifícios sustentáveis e lucrativos, bem como lugares saudáveis para se viver e trabalhar. Em 2007 foi criado no Brasil GBCB (Green Building Council Brasil), órgão não governamental vinculado ao USGBC que visa auxiliar o desenvolvimento da indústria da construção sustentável no país.

Figura 3 - Etiqueta de eficiência energética de edificações



Fonte: www.inmetro.gov.br(2016).

O sistema LEED é baseado num programa de adesão voluntaria e visa avaliar o desempenho ambiental de um empreendimento. Leva em consideração o ciclo de vida e pode ser aplicado em qualquer tipo de empreendimento. O selo é uma confirmação de que os critérios de desempenho em termos de energia, água, redução de emissão de CO₂, qualidade do interior do ambiente, uso de recursos naturais e impactos ambientais foram atendidos satisfação.

Certificado AQUA, o processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental) de certificação é a versão brasileira adaptada do HQE (França) que define a qualidade ambiental, segundo a associação HQE, como “qualidade ambiental do edifício e dos seus equipamentos (em produtos e serviços) e os restantes conjuntos de operação, de construção ou adaptação, que lhe conferem aptidão para satisfazer as necessidades de dar resposta aos impactos ambientais sobre o ambiente exterior e a criação de ambientes interiores confortáveis e são” (PINHEIRO, 2006). No Brasil a Fundação Vanzolini, instituição privada sem fins lucrativos, foi a responsável pela implantação do processo AQUA. O processo visa garantir a qualidade ambiental de um empreendimento novo de construção ou reabilitação utilizando-se de auditorias independentes. Segundo a Fundação Vanzolini, ele pode ser definido “como sendo um processo de gestão de projeto visando obter a qualidade ambiental de um empreendimento novo ou envolvendo uma reabilitação”. Os benefícios da certificação pelo Processo AQUA incluem melhorias que atingem o empreendedor, comprador e a questão socioambiental.

4. DESEMPENHO ENERGETICO DAS HABITAÇÕES

4.1 HABITAÇÕES NO BRASIL

Segundo os dados estatísticos da construção e habitação do IBGE com publicação mais recente 2010, existem hoje no Brasil cerca de 57,3 milhões de domicílios habitacionais considerados particulares e permanentes. Em termos regionais, a região Sudeste é dominante em número de habitações. Segundo os estudos, quase 87% das moradias do país são casas. Mesmo em São Paulo, a cidade brasileira mais populosa e mais verticalizada, dos 12,8 milhões de habitações, 10,7 milhões ainda são casas (83,5%). O percentual diminuiu na última década, quando as casas representavam 86,5%, mas ainda é muito significativo. Ao mesmo tempo, o Brasil teve um aumento de 43% no número de apartamentos, que passou de 4,3 milhões em 2000 para 6,1 milhões em 2010. Mais da metade dos prédios está na região Sudeste, sendo que são 1,8 milhão de apartamentos em São Paulo e 1 milhão no Rio de Janeiro. Tocantins tem a menor concentração, são apenas 5.447 apartamentos.

Dos 62,8 milhões de domicílios, mais de 1 milhão está em vilas e condomínios. As regiões Sudeste e Nordeste são as que mais apresentam esse tipo de moradia, somando juntas 170,6 mil unidades. O Rio de Janeiro é o Estado que concentra o maior número de vilas e condomínios, com 279 mil habitações nesse estilo. São Paulo aparece em segundo lugar, com 182 mil, seguido por Paraná, com 72 mil. Já o Acre tem apenas 763 unidades assim.

As casas de cômodos, os cortiços, representam 296 mil habitações. São Paulo é o Estado que mais tem moradias compartilhadas 86,5 mil. No Rio de Janeiro, são mais 35 mil habitações desse tipo.

Já as ocas e malocas, típicas construções indígenas, representam apenas 0,02% das moradias brasileiras, mas somam 14,6 mil unidades. O Norte, com 7,9 mil, e o Centro-Oeste, com 5,2 mil, são as regiões que mais concentram esse tipo de habitação. Só no Amazonas e no Mato Grosso são 3,2 mil e 2,6 mil, respectivamente.

4.2 CONSUMO DE ENERGIA NAS HABITAÇÕES NO MUNDO

De uma forma geral, o consumo de energia per capita nas habitações tem aumentado em todos os países desenvolvidos, a União Europeia tem grandes ambições para a redução deste consumo, por ser um continente em que os seus países dependem muito de fontes externas de abastecimento, tem desenvolvido muitas políticas para a redução do consumo de energia, e tem metas de até 2020 reduzir o consumo em até 20% do consumo atual.

Os Estados Unidos e a China também são grandes consumidores de energia nas habitações e também investem muito em programas de eficiência energética.

4.3 CONSUMO DE ENERGIA NAS HABITAÇÕES NO BRASIL

O Brasil ganhou eficiência energética em alguns setores da economia, embora a intensidade energética total tenha se elevado nas últimas décadas, devido ao setor industrial. Quando se analisa sob essa ótica dos consumidores finais, em especial as famílias, percebe-se a importância de novas ações voltadas para a eficiência energética no consumo final, em especial quando considerados os passivos decorrentes do baixo crescimento econômico nas décadas de 1980 e início de 1990; que restringiram o consumo das famílias brasileiras. Com o impacto ocorrido após a estabilidade econômica obtida com o plano Real e a manutenção das condições econômicas favoráveis, além da política de distribuição de renda dos últimos quinze anos verificado no Brasil o consumo teve o seu incremento.

Conforme pode se verificar na Tabela 1, o quarto setor econômico em termos de maior demanda de energia em 2010 foi o setor residencial, com 9,8% do total.

Tabela 1: Demanda de Energia no Setor Residencial

Consumo de energia por segmento	1990	2000	2010	2012
Setor residencial [10^3 tep]	18.048	20.688	23.562	23.761
Setor residencial (% da demanda total)	14,2%	12,0%	9,8%	9,4%

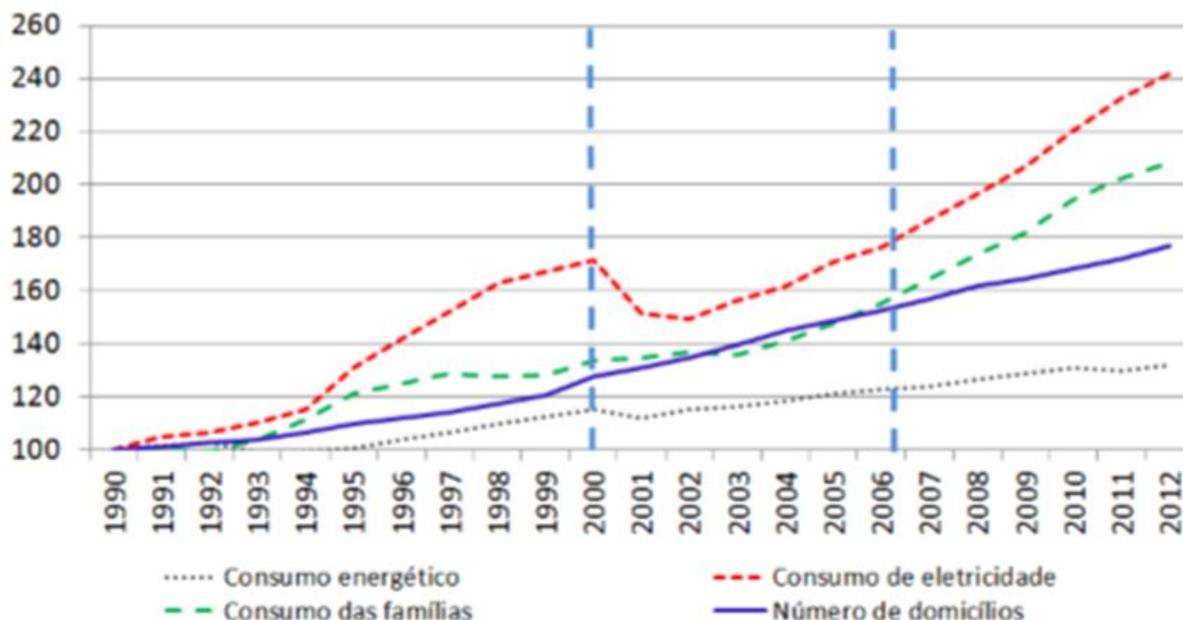
Fonte: www.epe.gov.br(2013).

Em comparação ao início da década nota-se uma redução de participação relativa (em 2000 a fatia era de 12,0%). Em valores absolutos o incremento no setor residencial foi de 1,3% ao ano, ou cinco vezes menos que o setor energético, que o ultrapassou na terceira colocação.

A Figura 4 ilustra as tendências de consumo de energia e eletricidade no setor residencial brasileiro, além do panorama do consumo das famílias e do aumento do número de domicílios, entre 1990 e 2012. Nas quatro curvas apresentadas a referência é o ano de 1990, definido como patamar.

O que se observa em destaque no período é o significativo crescimento do consumo de eletricidade residencial. Em 22 anos mais que duplicou (140% de elevação). É interessante notar a correlação entre a demanda de eletricidade e o consumo das famílias.

Figura 4 - Evolução do número-índice do consumo residencial de energia e Eletricidade do consumo das famílias e do número de domicílios



. Fonte: www.epe.gov.br(2013).

Na segunda metade da década de 1990, após o lançamento do plano Real (plano econômico) observa-se um incremento no consumo das famílias (em 1995 o consumo das famílias já era 21% superior ao nível de 1990), acompanhado pelo consumo de eletricidade. Como mencionado anteriormente é preciso levar em consideração que previamente ao plano Real, entre meados da década de 1980 e 1994, havia no Brasil uma situação de hiperinflação, quando o país chegou a registrar uma taxa de inflação média da ordem de 1.000% ao ano. Com o passar dos anos, uma vez que os salários não foram reajustados no mesmo patamar inflacionário, houve perda do poder de compra das famílias. Assim, foi criada uma significativa demanda reprimida por eletrodomésticos (entre outros itens).

A partir de 1994 começa a ocorrer uma elevada aquisição de diversos eletrodomésticos pelas famílias brasileiras (além do aumento da quantidade de horas de uso dos mesmos), o que impactou diretamente o consumo elétrico residencial. Neste contexto, é fácil entender o motivo de 1995 ter registrado um aumento de 31% em relação à demanda elétrica de 1990.

O auge da diferença entre as duas variáveis foi o ano 2000, quando o consumo das famílias registrava índice 134 e o consumo de eletricidade atingiu 172 (ano base 1990). Após a crise de racionamento de eletricidade, no ano seguinte, a demanda elétrica no setor residencial reduziu-se significativamente e a correlação desta com o consumo das famílias ficam mais evidentes.

Entre 2001 e 2012 o consumo das famílias cresceu a uma taxa média de 4,1% ao ano, passando do nível 134 para 208. Enquanto isto a demanda elétrica elevou-se em média 4,3% ao ano, de 152 pontos para 242.

O número de domicílios também influencia o consumo de energia. No decorrer do período de 22 anos a quantidade de lares aumentou 77%. A tentativa de reduzir o passivo habitacional, combinado ao crescimento populacional, colocou no mercado nesse período cerca de 27 milhões de novas unidades consumidoras de energia. Isto equivale a pouco de mais de 60% consumo energético das famílias na Espanha em 2010 ou quase quatro vezes a demanda dos lares de Portugal no mesmo ano.

4.4 CONSEQUÊNCIAS DO AUMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA NAS HABITAÇÕES

Os edifícios, ao longo do seu ciclo de vida, são responsáveis por vários impactos no meio ambiente, dos quais se destacam o consumo de recursos (energia, materiais, água), esses impactos se não forem tomados em consideração durante a elaboração dos projetos, têm grandes consequências a nível ambiental, social e econômico para o local em que foi edificada a habitação, como a produção de emissões atmosféricas e criação de resíduos, como está apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Impactos ambientais dos edifícios nos EUA



Fonte: www.worldwatch.org(2016).

A fase de construção é a que produz os impactos mais relevantes e alterações mais significativas, em curtos períodos de tempo, nos sistemas ambientais. Na fase de construção, os maiores impactos estão associados a: alterações no meio envolvente, nomeadamente através da afetação da fauna e flora locais e alterações no uso do solo; consumo de matérias-primas; produção, armazenamento e deposição de resíduos; produção de ruídos e poeiras.

Mais os impactos ambientais mais significativos acontecem durante a fase de utilização do edifício, que é a fase mais duradoura do seu ciclo de vida.

Na generalidade os impactos decorrentes desta fase estão associados ao consumo de recursos, como energia, a figura 6 mostra o percentual destes consumos.

Figura 6 - Utilização de energia em percentagem durante o Ciclo de Vida de um edifício.



Fonte: www.worldwatch.org(2001).

Os consumos maiores de energia do edifício provem da utilização final que se dá ao edificado, ou seja, os equipamentos de ventilação, de aquecimento, aquecimento de águas e equipamentos elétricos no geral, são responsáveis pelo maior consumo energético durante o seu ciclo de vida.

O Brasil usa energia hidrelétrica desde o final do século 19, mas as décadas de 1960 e 1970 marcaram a fase de maior investimento na construção de grandes usinas. Devido a essas opções feitas no passado, o País abriga hoje a maior hidrelétrica do mundo em geração de energia. Inaugurada em 1984 depois de um acordo binacional com o Paraguai, a Usina de Itaipu tem hoje potência instalada de 14 mil MW, com 20 unidades geradoras. Essa capacidade é suficiente para suprir cerca de 80% de toda a energia elétrica consumida no Paraguai e de 20% da demanda do sistema interligado brasileiro.

Segundo dados da ANEEL, as fontes de energia consumida pelo setor dos edifícios no Brasil são principalmente de hidroelétricas, usinas termoelétricas, e outros. O Brasil possui uma matriz de energia elétrica que conta com a participação de 61,18% da hidroeletricidade. Energia proveniente de 218 usinas em operação com uma capacidade instalada de 90.239.548 KW. A outra grande fonte de energia para os edifícios provem das usinas termo elétricas que já está com uma capacidade instalada de 40.645.061 kW.

5. SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA A MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM HABITAÇÕES

No sentido de se melhorar os problemas de sustentabilidade abordados anteriormente, tem sido constante a procura de soluções técnicas que conduzam à melhoria do desempenho energético e do comportamento térmico dos edifícios. É possível construir casas confortáveis ambientalmente, com consumos reduzidos de energia, recorrendo essencialmente a sistemas passivos, complementados, ou não, com sistemas ativos adequados. Neste sentido, e pensando-se no contexto da construção sustentável, deve-se ter em atenção um conjunto de fatores, entre os quais, as condições climáticas do local onde os edifícios são implementados, a qualidade da envolvente (isolamento térmico, inércia térmica, vãos envidraçados, etc.) e a eficiência dos equipamentos utilizados. As estratégias construtivas podem ser passivas ou ativas. No que tange as soluções passivas, essas se referem ao uso e controle dos fluxos naturais de energia que envolve o edifício, como o vento a radiação solar, com objetivo de fornecer luz, arrefecimento, aquecimento e ventilação. As soluções ativas consistem em equipamentos que promovem o conforto e/ou a eficiência energética, podendo funcionar em paralelo com as soluções passivas.

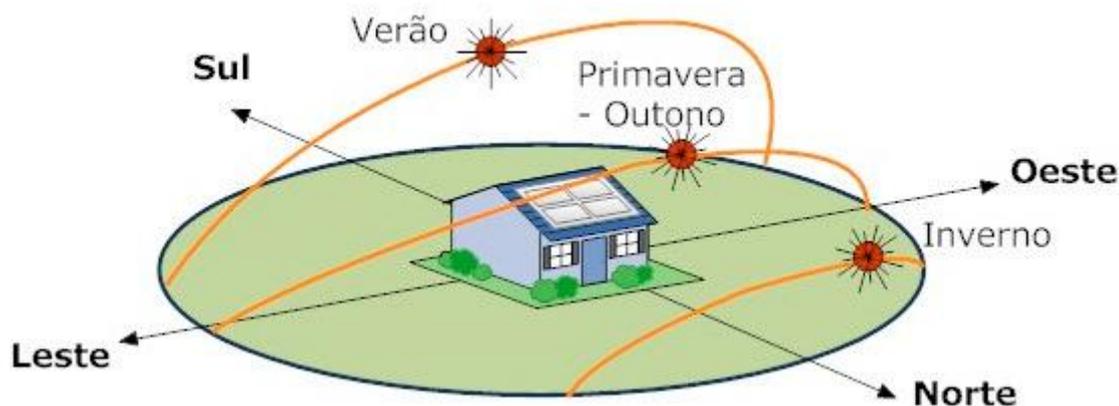
No Brasil no que se refere às soluções ativas existe o Selo Procel de Economia de Energia para edificações, que foi instituído por meio do Decreto Presidencial de 08 de dezembro de 1993. É um produto desenvolvido e concedido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Procel, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e executado pela Eletrobrás. Do ponto de vista da construção sustentável, os sistemas ativos devem conduzir a uma utilização racional da energia. Em seguida será apresentada a caracterização de algumas soluções passivas e ativas possíveis para promover a melhoria do desempenho energético e fomentar, simultaneamente, o conforto térmico dos edifícios.

5.1 SOLUÇÕES PASSIVAS

5.1.1 Orientação e implantação do edifício

A orientação correta do edifício deve ser feita em função do percurso solar, de modo a permitir um melhor aproveitamento da energia do sol como fonte de conforto (luminoso e térmico). Existe uma diferença do ângulo de incidência do Sol, consoante às estações do ano, o que permite um aproveitamento diferenciado da energia solar. Essa situação atinge os extremos nas estações de Inverno e Verão, de acordo com a Figura 7.

Figura 7 - Ângulo de incidência solar nos edifícios durante as estações de Inverno e Verão e o de Primavera-Outono.



Fonte: www.riorenovavel.com(2016).

Tendo em conta o clima Brasileiro, a orientação privilegiada dos edifícios durante o verão deve ser a Oeste a Leste, visto ser aquela que incrementa os ganhos solares ao longo de todo o ano. A orientação a norte deixa entrar o sol para o interior do edifício apenas durante a estação de Inverno e, como tal, os compartimentos com maior exigência solar e as zonas com maior área de envidraçados devem orientar-se segundo essa direção.

Por outro lado, quando o edifício está orientado a Oeste, durante a estação de Inverno a fachada recebe pouca radiação, devido ao ângulo de incidência elevado, durante poucas horas (apenas durante a tarde). Para evitar ganhos solares excessivos, durante a estação de Verão é necessário ter um maior cuidado em termos de áreas envidraçadas, tipo de vidro e sombreamentos, devido à abundância de radiação solar incidente numa fachada com esta orientação. Para uma fachada orientada a Leste, os efeitos da ação solar são semelhantes aos de uma fachada orientada a Oeste, diferindo, apenas, no período do dia em que o Sol incide na mesma.

Uma fachada orientada a Norte não recebe nenhuma radiação direta durante o Inverno e durante o Verão recebe apenas radiação direta no princípio da manhã e fim de tarde, tornando esta orientação a menos problemática em termos de radiação solar, mas sendo, no entanto, a mais fria. Nem sempre é possível determinar a orientação dos edifícios durante a fase de projeto, em especial em áreas urbanas consolidadas, pois a disposição geral do plano urbano já foi definida à partida.

Então, é importante considerar a incidência dos raios solares em todas as orientações existentes de modo a aperfeiçoar o conforto nos espaços interiores. O sombreamento das fachadas, através dos edifícios circundantes, é, também, um fator relevante. Cada edifício projeta uma sombra permanente, que é diferente em cada momento, consoante o ângulo solar. É a distância entre edifícios que determina se esta sombra afeta as fachadas de outros edifícios. É importante considerar corretamente as distâncias entre edifícios de modo a eliminar as sombras projetadas sobre fachadas Sul de edifícios de habitação, principalmente durante o Inverno. A tabela a seguir mostra a radiação solar incidente em superfícies verticais no Rio de Janeiro.

Tabela 2 - Radiação solar incidente em superfícies verticais no Rio de Janeiro.

Estação	Inverno kWh/m2	Verão kWh/m2
Norte	340	180
Leste/Oeste	220	305
Sul	95	220

Fonte: Procel Edifica, 2014

Estes dados referem-se a kWh/m2 medidos ao longo dos três meses de verão e de inverno.

Na generalidade, os edifícios habitacionais em banda, tendo como separação as fachadas Este/Oeste, são mais eficientes. Isto ocorre porque existe uma menor exposição ao Sol e ao vento, e porque as zonas em contato têm os mesmos requisitos térmicos em ambos os edifícios.

5.1.2 Vãos envidraçados

A busca pela eficiência das fachadas encontra no vidro um importante aliado, quando bem especificado. Partindo do princípio de que por onde passa luz, passa calor, um projeto arquitetônico deve incorporar vidros que ofereçam algum nível de isolamento térmico.

Os vãos envidraçados constituem grande parte da envolvente dos edifícios de habitação e, como estão em contato direto com o ambiente exterior, são propícios à ocorrência de grandes trocas de calor. Podem, por isso, representar uma parcela significativa na energia consumida pelos edifícios para aquecimento e arrefecimento. Quando aplicados eficientemente, contribuem para aperfeiçoar o desempenho energético e ambiental dos edifícios, ao ponto de existirem sistemas envidraçados que atingem um grau de desempenho energético semelhante ao de uma parede maciça.

Atendendo à sua reduzida espessura, os envidraçados são elementos com um U (coeficiente de transmissão de temperatura) mais elevado do que o dos restantes elementos da envolvente, sendo responsáveis por uma grande parte das perdas de calor. De uma forma geral, da radiação total que incide num vão envidraçado, uma parte é transmitida instantaneamente para o interior, outra imediatamente refletida para o exterior, e uma terceira parte é absorvida pelo vidro.

Desta terceira parte, que é absorvida e que representa a energia acumulada no vidro, há ainda uma parcela que posteriormente é enviada para o interior e outra que segue para o exterior, devido à fenómenos de convecção e radiação. Como referido no ponto anterior, o dimensionamento adequado das áreas envidraçadas em função da orientação solar é uma medida que contribui consideravelmente para o conforto térmico das habitações. Existem outros fatores relevantes para o dimensionamento das janelas, como o tipo de envidraçados e a qualidade da caixilharia.

O vidro é um material que confere um fraco isolamento térmico às edificações. No Inverno, o seu elevado U leva a que as perdas de calor, derivadas do diferencial de temperatura entre o exterior e o interior, sejam muitas vezes elevadas. Por outro lado, no Verão, esses ganhos de calor podem ser excessivos, levando a situações de desconforto. Assim, torna-se necessário conhecer os diferentes tipos de vidro e as suas principais características térmicas, de forma a escolher-se a melhor solução.

O sistema de envidraçados pode ser constituído por vários panos de vidro, o que influencia o U. Com a introdução de um segundo pano é possível reduzir esse valor para metade, mas essa variação da eficiência do desempenho do vidro não é mais muito significativa, depois do segundo pano de vidro, ou seja, com o aumento sucessivo de panos de vidros a variação da transmissão de calor, embora continue a reduzir esse coeficiente, faz numa proporção muito menor que torna uma solução não econômica comparando com algumas outras soluções mais econômicas.

Nos países de clima mais frio, o uso de vidros insulados com câmara de ar é comum, uma vez que eles dificultam a perda do calor interno da edificação para o exterior. No Brasil, a solução ainda é pouco usada, mas poderia colaborar para a eficiência energética de edifícios do Sul do país, por exemplo, que tem clima mais frio. A figura 8 apresenta um sistema envidraçado com dois panos de vidros.

Figura 8 - Sistema envidraçado com dois panos de vidro



Fonte: www.janelasantiruidoacousticclass.com(2016).

É também importante notar que os vidros triplos e quádruplos reduzem a quantidade de radiação solar e de luz visível que os atravessam e têm um custo superior aos vidros simples ou duplos. Em alternativa à adição sucessiva de panos podem ser aplicadas películas de baixa emissividade, o que contribui para um aumento da reflexão do calor, aumentando a capacidade de isolamento térmico da janela.

Com esta solução é possível reduzir ainda mais o U sem incrementar excessivamente a espessura da janela. Na procura de reduzir as perdas de calor ocorridas através dos envidraçados, é possível preencher o espaço de ar entre panos de vidro com gases menos condutores. Os gases mais utilizados para esse efeito são o argônio e o cripton (gases inertes, não tóxicos, não reativos, incolores e sem cheiro).

A utilização de vidros coloridos pode ser alternativa ao aumento do desempenho dos vãos, na medida em que diminui a quantidade de radiação solar que é transmitida instantaneamente para o interior. Este tipo de vidros tem um melhor desempenho do que um vidro normal durante o Verão, uma vez que reduz os ganhos solares, situação que não é ideal durante o Inverno, pois irá aumentar as necessidades de aquecimento.

Um vidro colorido também diminui a quantidade de luz visível que o atravessa, resultando num incremento dos gastos com a iluminação artificial. Um vão envidraçado, para além da parte envidraçada é composto também pelo seu caixilho, que promove a operacionalidade dos vãos, suportando os panos de vidro, absorvendo os movimentos e influenciando o comportamento em termos de ventilação.

Com uma caixilharia eficiente regista-se uma redução das trocas de calor, o que é verificável quando se utiliza uma caixilharia plástica em vez de uma caixilharia metálica (mesmo com corte térmico).

A estanqueidade da caixilharia também permite controlar o intercâmbio térmico entre o interior e o exterior e, por isso, tem de se ter em atenção às estratégias de ventilação, de forma a garantir as renovações de ar.

O vidro duplo com película de baixa emissividade é o que apresenta o melhor desempenho térmico ao longo da estação de aquecimento, sendo os vidros simples e os vidros coloridos os que levam ao pior desempenho térmico durante esta estação. Durante o Verão, os vidros coloridos apresentam o melhor desempenho térmico e os vidros com película de baixa emissividade têm o pior desempenho térmico, devido ao seu impacto em termos de ganhos solares.

5.1.3 Sombreamento

Os elementos de sombreamento funcionam como uma proteção aplicada pelo exterior ou interior dos vãos envidraçados, de modo a reduzir ou controlar a incidência da radiação solar, evitando ganhos térmicos indesejáveis. Os sombreamentos de um edifício podem ser fixos (palas) ou moveis (estores). Na escolha dos sistemas de sombreamento deve-se ter em consideração os seguintes aspectos, que irão contribuir para um melhor desempenho energético da habitação.

- a) proteger os vãos envidraçados da radiação indesejada, sem necessariamente alcançar a oclusão noturna;
- b) permitir uma boa ventilação natural (com a janela aberta), mesmo quando este se encontra descido e orientado na posição de sombrear;
- c) ser facilmente operável, preferivelmente pelo interior, permitindo controlar o nível de luminosidade e de entrada dos raios solares para o interior;
- d) é importante garantir uma distância suficiente entre o elemento de sombreamento e o vão envidraçado, para evitar que a radiação térmica captada pelo próprio elemento de sombreamento seja transmitida para o interior, a figura 9 apresenta uma edificação com um sistema de sombreamento.

Figura 9 - Edificação com sombreamento nas fachadas



Fonte: www.engenhariae arquitetura.com.br(2016).

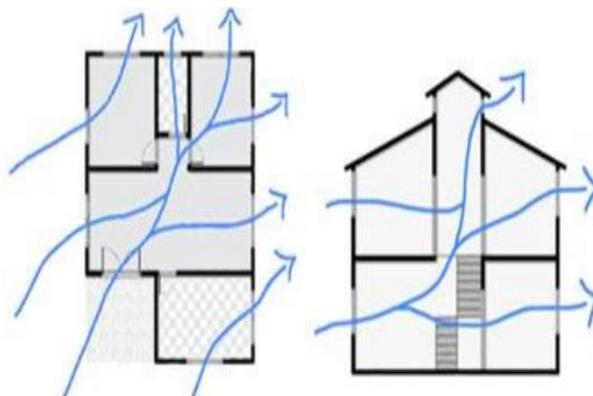
A colocação de palas horizontais e verticais em elevado número ou com dimensões desapropriadas pode fazer com que o consumo energético dos edifícios dispare durante a estação de aquecimento, levando, desta forma, a um maior consumo de energia primária para climatização. No entanto, quando se conjuga os dois tipos de sombreamento, o desempenho térmico dos edifícios tem tendência a ser ainda melhor, mas, tem de se ter em atenção à aplicação de palas fixas ao longo da estação de aquecimento. A colocação estratégica de vegetação também pode contribuir para o sombreamento de vãos envidraçados e fachadas. A aplicação correta deste tipo de solução pode reduzir a necessidade de colocação de outros tipos de sombreamento.

5.1.4 Ventilação natural

A ventilação natural contribui para a otimização do conforto ambiental e da qualidade do ar interior das habitações, contribuindo para a renovação do ar a uma taxa adequada.

A ventilação natural dos espaços acontece por diferenças de pressão gerada por ação do vento nas fachadas dos edifícios e por alteração da densidade do ar por ação da temperatura, resultante do aquecimento decorrente das atividades desenvolvidas, do funcionamento dos aparelhos de aquecimento e dos ganhos solares dos vãos envidraçados, a figura 10 ilustra o processo de ventilação de uma edificação.

Figura 10 - Fluxo da ventilação em um edifício



Fonte: www.ecologicconstrucoes.com.br(2016).

Um dos objetivos da ventilação dos edifícios é garantir a qualidade do ar nos espaços interiores ocupados, sobretudo quanto às boas condições de higiene e salubridade e manter o ar num estado higrométrico que possa evitar a ocorrência de condensações interiores. A ventilação das habitações deve ser geral e permanente, pois toda a atividade humana, desde a preparação dos alimentos, utilização das instalações sanitárias, uso do tabaco, combustão de aparelhos a gás, lavagem e secagem de loiça e de roupa e a própria atividade fisiológica humana, dão origem a grandes quantidades de odores, vapor de água e dióxido e monóxido de carbono.

Para além de manter a qualidade do ar, a ventilação natural tem como objetivo promover o conforto térmico no interior da habitação, sendo responsável pelo equilíbrio térmico entre os espaços. Durante o Verão, a ventilação natural constitui uma das formas mais eficientes para arrefecer a temperatura interior das habitações, especialmente durante a noite, quando as temperaturas no exterior são mais baixas.

Porém, no Inverno, um caudal excessivo de ventilação faz aumentar as necessidades energéticas de climatização, já que o ar exterior se encontra a uma temperatura muito mais reduzida do que a temperatura interior de conforto.

Em termos de posicionamento de edifícios, a ventilação natural pode ser maximizada através da exposição de janelas e aberturas às brisas prevalecentes. Os ventos predominantes no Rio tendem a vir do sul, com ocasionais ventos vindos do norte. Edifícios orientados em um eixo leste-oeste são possivelmente expostos a um menor ganho solar e oferecem boas oportunidades para ventilação cruzada.

5.1.5 Elemento envolvente opaco

A envolvente opaca de um edifício corresponde às paredes, coberturas e pavimentos que compõem a sua estrutura. A transmissão de calor por condução através da envolvente opaca dos edifícios, quer sejam as perdas de calor no Inverno, quer os ganhos indesejáveis no Verão, são fenómenos que influenciam fortemente o comportamento térmico dos edifícios e o seu conforto interior.

É pela envolvente do edifício que se dá uma grande fracção dos ganhos e perdas de energia e, como tal, é fundamental ter em conta o tipo de materiais com que se constrói o edifício, sendo importante a avaliação do seu poder isolante e a sua contribuição para a inércia térmica da habitação. A inércia térmica corresponde à capacidade do edifício de contrariar as variações de temperatura no seu interior, derivado da possibilidade de os elementos construtivos armazenarem calor e só o libertarem ao fim de um tempo.

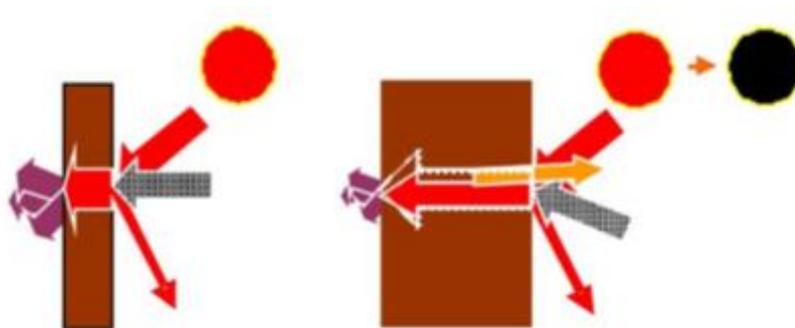
Este é um parâmetro muito importante para o balanço térmico de um edifício, permitindo às estruturas envolventes funcionarem como reservatórios de calor e amortecedores térmicos, ou seja, contrariarem os picos climáticos exteriores, mantendo uniforme a temperatura interior.

A capacidade de inércia térmica depende de várias características como a massa dos elementos construtivos, o calor específico dos materiais e também a sua condutibilidade térmica (quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa um dado material com espessura e áreas unitárias por unidade de diferença de temperatura entre as suas duas faces, determinando a permeabilidade de um material à passagem do calor).

A inércia térmica dos edifícios é conseguida através da utilização de materiais compactos, como o concreto, tijolos, rebocos, estuques e pedra. Para aperfeiçoar o contributo da inércia térmica é importante evitar que estes materiais sejam predominantemente revestidos com materiais leves (tetos falsos, isolamentos pelo interior), na medida em que interrompem o intercâmbio térmico que se pretende manter entre os materiais com elevada inércia térmica e o ambiente interior, a figura 11 apresenta uma ilustração da transmissão térmica de elemento opaco.

Para aperfeiçoar o desempenho térmico do edifício deve-se conjugar a elevada inércia térmica dos elementos construtivos com a utilização de isolamento térmico. O isolamento térmico ajuda a conservar a energia devido à redução das perdas de calor, permitindo o controlo da temperatura superficial das estruturas e reduzindo as flutuações térmicas dos espaços. Além disso, ajuda a prevenir o aparecimento de condensações em superfícies.

Figura 11 - Esquema de fluxo de calor em função de espessura de paredes



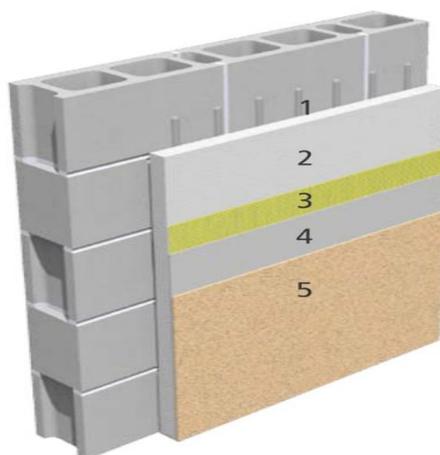
Fonte: Procel edifica Manual Eficiência Energética (2011).

5.1.5.1 Fachadas

O isolamento térmico das fachadas pode ser aplicado pelo interior, na caixa-de-ar entre paredes duplas ou ainda pelo exterior do edifício, mas deve ser aplicado preferencialmente de forma contínua pelo exterior, o Isolamento Térmico de Fachadas pelo Exterior (EIFS – External Insulation and Finishing System) é um termo técnico utilizado aos sistemas compostos que se aplicam pelo exterior dos edifícios e que cumprem duas funções essenciais: proteger o edifício contra os elementos garantindo ainda um agradável aspecto estético e fornecer conforto interno à habitação eliminando pontes térmicas.

A principal vantagem do Isolamento Térmico de Fachadas pelo Exterior – EIFS – reside na eliminação de pontes térmicas. Ou seja, fornece um isolamento integral do edifício o que impede o ganho ou a perda de energia através dos elementos estruturais, tal como acontece nos pilares de concreto ou nos montantes de metal, o que pode ocorrer na construção em aço, a figura 12 mostra um modelo do sistema EIFS.

Figura 12 – Ilustração de um modelo do sistema EIFS



Legenda:

1. Primer Adesivo B;
2. Placa Isolante;
3. Tela de Reforço;
4. Primer Adesivo B;
5. Acabamento

Fonte: www.gestordeobras.com.br(2016)

5.1.5.2 Cobertura

É de toda a vantagem que os ganhos de calor solar por via dos telhados e estruturas adjacentes sejam reduzidas ao máximo. É algo particularmente importante em climas quentes, mas também em climas temperados, onde os ganhos indesejados no período do Verão superam largamente quaisquer possíveis ganhos em tempo frio. Na prática há vários processos de reduzir os ganhos de calor indesejados.

Para além das paredes da envolvente, é também pela cobertura que se processa uma grande parte das perdas energéticas existentes, sendo mesmo as superfícies da envolvente que mais contribuem para as perdas de calor num edifício. Por este motivo, o isolamento térmico de uma cobertura deve constituir uma das intervenções prioritárias com vista à diminuição das necessidades energéticas, sendo uma medida simples e pouco dispendiosa. Além disso, a aplicação de coberturas adequadas permite também resolver problemas de impermeabilização.

5.1.5.3 Refletividade

Telhas de cores claras ou telhados de metal (de cores bastante claras) com coberturas altamente refletivas são ideais para climas como o Brasil. Deve-se Considerar com cuidado a questão da refletividade dessas coberturas.

5.1.5.4 Telhas Térmicas

A ideia é, reduzir os ganhos de calor solar antes de os mesmos chegarem nas lajes. Daí que materiais como telhas de PVC, ou telhas isoladas com poliuretano e outros materiais com alta eficácia térmica pareçam ser de toda a vantagem. Mas pode haver surpresas escondidas. Alguns destes materiais podem ser de baixa durabilidade, comparativamente às coberturas cerâmicas tradicionais, e embora tenham vantagens térmicas, eles não substituem estratégias de isolamento térmico nas lajes ou das coberturas inclinadas de suporte dos telhados. É impossível conseguir os níveis ideais de isolamento térmico por via de telhas térmicas ou através de películas. Por outro lado, o fator verdadeiramente relevante, nas telhas, é a sua refletividade que no entanto não substitui, por si só, o isolamento térmico a nível das coberturas inclinadas.

Como se mostra na figura 13 para além de se recorrer a soluções de coberturas mais tradicionais pode-se também recorrer a coberturas ajardinadas que se transformam em espaços de atenuação climática, funcionando como barreira de proteção da radiação solar

Figura 13 - Cobertura ajardinada-



Fonte: <http://oblogdojardim.blogspot.com.br/>(2016).

5.1.5.4 Pavimentos

Nos edifícios também ocorrem perdas de calor através dos pavimentos, quer sejam pavimentos em contato direto com o terreno, sobre espaços não aquecidos ou sobre o exterior. Esta situação é especialmente relevante no que se refere ao pavimento em contato direto com o solo, dado o diferencial de temperatura que pode ocorrer no período de Inverno e a influência que as humidades podem ter para o nível de conforto interior. Este fator é indutor de situações de consumos de energia e, como tal, é necessário isolar termicamente o pavimento com um material de isolamento térmico adequado para este contexto e situação. Nos pavimentos em contato com o solo deve-se promover a colocação de isolamento térmico sob a laje, potenciando assim a inércia térmica do edifício. Nesta situação deve-se utilizar como isolamento um material que não altere a sua resistência térmica por estar em contato com o solo.

5.1.5.5 Cores do edifício

As cores utilizadas na envolvente opaca dos edifícios também influenciam o conforto térmico do edifício. Uma superfície lisa de cor preta absorve cerca de 90% da radiação solar incidente, enquanto uma superfície branca reflete aproximadamente 80% da radiação. A escolha de cores claras para o revestimento das paredes exteriores permitirá, assim, refletir grande parte da radiação e evitar o sobreaquecimento das habitações. Este aspecto é mais importante no Verão, durante o qual a temperatura superficial da envolvente induz um fluxo de calor do exterior para o interior, aumentando as necessidades de arrefecimento.

5.2 SOLUÇÕES ATIVAS

5.2.1 Coletores solares térmicos

O Brasil é um país privilegiado pelos raios solares e tem nos coletores solares térmicos um grande aliado na produção de energia limpa, a partir dessa fonte inesgotável, o que faz com que a energia proveniente do Sol tenha uma grande potencialidade de ser utilizada nos edifícios Brasileiros.

Os Coletores solares: absorvem a radiação solar, principalmente para aquecimento de água, a temperaturas relativamente baixas (inferiores a 100°C). O uso dessa tecnologia ocorre predominantemente no setor residencial, mas há demanda significativa e aplicações em outros setores, como edifícios públicos e comerciais, hospitais, restaurantes, hotéis e similares. Esse sistema de aproveitamento térmico da energia solar, também denominado aquecimento solar ativo, envolve o uso de um coletor solar discreto. O coletor é instalado normalmente no teto das residências e edificações.

Devido à baixa densidade da energia solar que incide sobre a superfície terrestre, o atendimento de uma única residência pode requerer a instalação de vários metros quadrados de coletores. O custo de um sistema solar dependerá da sua dimensão e da dificuldade/facilidade de instalação que, por sua vez, depende de diversos fatores, nomeadamente do número de utilizadores, do nível de consumos, do tipo de utilização, da intensidade e disponibilidade da radiação solar no local.

Para o suprimento de água quente de uma residência típica (três ou quatro moradores), são necessários cerca de 4 m² de coletor. Um exemplo de um sistema de aquecimento de água está representado na foto da Figura 14.

Figura 14 - Sistema solar de aquecimento de água.



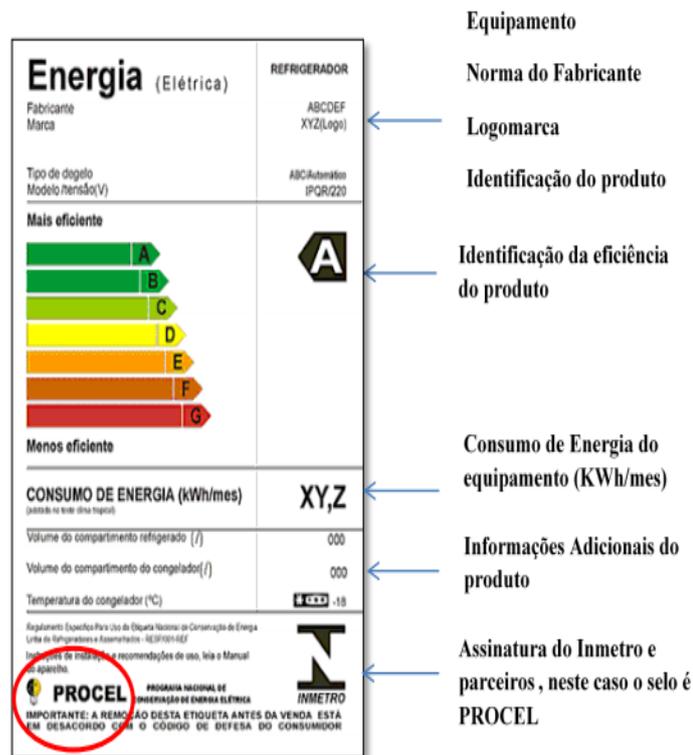
Fonte: www.daeng.com.br(2016).

5.2.2 Eletrodomésticos eficientes

Os eletrodomésticos são responsáveis por cerca de 50% da utilização de energia de uma habitação. Na aquisição de um eletrodoméstico deve-se ter em conta o seu grau de eficiência e que a sua dimensão seja adequada às necessidades. A eficiência dos equipamentos que utilizamos tem sido uma área de grande aposta e, por isso, hoje existe a obrigatoriedade de afixar, na maior parte dos eletrodomésticos, o respectivo desempenho energético, representado por uma etiqueta energética, o Brasil utiliza o selo Procel de economia de energia para monitorar a eficiência energética dos eletrodomésticos, os equipamentos são avaliados pelo INMETRO que faz os testes para aferir o grau de eficiência energética do equipamento segundo a graduação do selo, que neste caso de eletrodoméstico a graduação de eficiência varia de A (mais eficiente) até G(menos eficiente), a figura 15 mostra um exemplo de um modelo de etiqueta do Selo Procel.

Esta etiqueta, disponibilizada em alguns eletrodomésticos, como os frigoríficos, as máquinas de lavar e secar roupa, de lavar loiça e os fornos eléctricos, informa sobre o grau de eficiência do equipamento, que pode variar entre A (mais eficiente) a G(menos eficiente). Para, além disto, são apresentadas outras informações sobre o equipamento, como na etiqueta acima referenciada de um refrigerador, temos o consumo mensal de energia e do volume do compartimento refrigerado, volume do compartimento do congelador, temperatura do congelador.

Figura 15 - Modelo de etiqueta de eficiência energética de um eletrodoméstico



Fonte: www.inmetro.gov.br(2016).

Esta etiqueta, disponibilizada em alguns eletrodomésticos, como os frigoríficos, as máquinas de lavar e secar roupa, de lavar loiça e os fornos elétricos, informa sobre o grau de eficiência do equipamento, que pode variar entre A (mais eficiente) a G(menos eficiente).

Para, além disto, são apresentadas outras informações sobre o equipamento, como na etiqueta acima referenciada de um refrigerador, temos o consumo mensal de energia e do volume do compartimento refrigerado, volume do compartimento do congelador, temperatura do congelador.

A aquisição de eletrodomésticos mais eficientes permite reduzir significativamente o consumo energético e de água. Analisando estritamente a redução dos consumos, obtém-se sempre uma mais-valia económica, que irá, no entanto, variar consoante os preços do kWh e do m³ de água praticados em cada região.

Contudo, a análise custo-benefício da aplicação destas medidas deverá também incluir outros fatores como a diferença de preço de aquisição dos equipamentos e a sua durabilidade.

5.2.3 Microgeração

Para se minimizar os gastos energéticos e se diminuir o impacto ambiental resultante do consumo de energia, têm sido criados diversos sistemas de obtenção de energia eléctrica, que resultam de fontes de energia renováveis.

Estes sistemas podem ser aplicados a uma escala doméstica, gerando energia para consumo próprio ou para vender à rede pública, sendo designados por sistemas de microgeração, nos quais se incluem os sistemas fotovoltaicos, eólicos e de aproveitamento da biomassa.

No Brasil a possibilidade de abastecer o consumo doméstico com o uso de painéis solares ou micro torres eólicas, além disso, repassar sobras dessa energia para a linha da distribuidora, teve suas regras definidas em abril de 2012.

E já se conseguiu observar a rápida evolução do setor de energia solar fotovoltaica, ao longo de 2015 houve um crescimento de 300% para o segmento de micro e minigeração, de pequeno e médio porte instalado em residências, comércios e indústrias, e também um aumento expressivo nas contratações de projetos de grande porte por meio dos leilões de energia organizados pela Aneel, alcançando o custo de cerca de R\$ 8 bilhões em investimentos contratados até 2018.

Ainda pode-se constatar que os três leilões de energia de reserva que incluíram pela primeira vez energia solar fotovoltaica, dois realizados em 2015, representam mais um indício da consolidação da fonte solar na matriz eléctrica nacional, movimentando mais de R\$ 8 bilhões com a contratação de 63 projetos apenas em 2015. Meio ao último leilão, é inaugurada a primeira fábrica de painéis solares fotovoltaicos do país. São apenas alguns dos traços que, caminhando junto ao avanço tecnológico que reduzem os custos da tecnologia fotovoltaica e a necessidade ambiental e energética do país, revelam a forte tendência de crescimento da energia solar no Brasil.

A microgeração apresenta algumas vantagens, a nível económico, ambiental e tecnológico.

- a) Aumenta a autonomia dos consumidores individuais e das comunidades locais;
- b) Aumenta a independência energética do estado relativamente ao exterior;
- c) Evita alguns investimentos pesados no reforço das infraestruturas de rede;
- d) Cria novas oportunidades para a indústria de equipamento e componentes eléctricos;
- e) É gerador de emprego e impulsor de crescimento económico;
- f) Contribui para um melhor desempenho ambiental do sistema energético.

Com forte incidência de sol e vento, o Brasil é um dos países mais privilegiados para expansão da microgeração. Estudos feitos pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) apontam que poderiam ser gerados 287 terawatts-hora por ano no País, somente no ambiente residencial. A figura 16 mostra o crescimento desta fonte de energia no mundo.

Figura 16 – Geração solar no mundo

GERAÇÃO SOLAR

A capacidade de geração de energia fotovoltaica vem crescendo em diversos países e só agora começa a decolar no Brasil. A expansão acompanha a queda no preço de geração.

Custo de geração Em US\$/kWh

2010	De 0,23 a 0,50
2014	De 0,11 a 0,28
Diferença	-44% a -52%

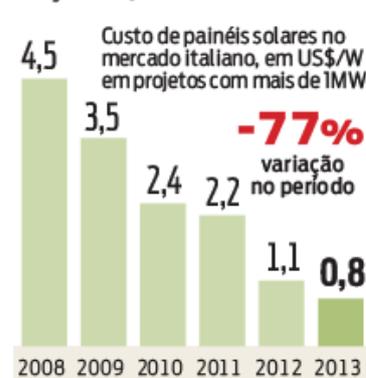
Capacidade instalada no mundo Em GW



Maiores capacidades em 2014 Em GW



Preço em queda



Fonte: IEA, Irena e EPE. Infografia: Gazeta do Povo.

Fonte: www.sunvoltenergiasolar.com.br(2016).

5.2.4 Energia solar fotovoltaica

Um painel fotovoltaico é um dispositivo que permite converter a energia libertada pelo sol, sob a forma de radiação solar, diretamente em energia eléctrica. Os painéis são compostos por uma justaposição de células fotovoltaicas, formando módulos fotovoltaicos. As células fotovoltaicas mais comuns são constituídas por uma placa de silício monocristalino, que é um material semiconductor. O desempenho energético dos painéis varia consoante a luz solar disponível e a inclinação dos módulos, sendo a eficiência de conversão de cerca de 15% .

A nível de edifícios, este tipo de sistema pode ser integrado ao nível das fachadas e coberturas. Normalmente o investimento inicial pode ser recuperado, quer ao nível de poupança da energia eléctrica da rede, quer da venda de energia produzida para a rede pública, a figura 17 mostra uma foto de uma residência abastecida por um sistema de micro gerador.

Foto 17 - Sistema de microgerador de uma residência.



Fonte: www.google.com.br(2016).

Vantagens e desvantagens da utilização de painéis solares fotovoltaicos:

Vantagens

- a) Alta fiabilidade – não tem peças móveis, o que é útil em aplicações em locais isolados;
- b) Portabilidade e adaptabilidade dos módulos, o que permite montagens simples;
- c) Custos de operação e manutenção reduzidos;
- d) A energia gerada pode ser armazenada em baterias e aproveitada durante os períodos de ausência de radiação solar;
- e) Vantagens ambientais, pelo aproveitamento de uma energia renovável e a criação de produto final não poluente.

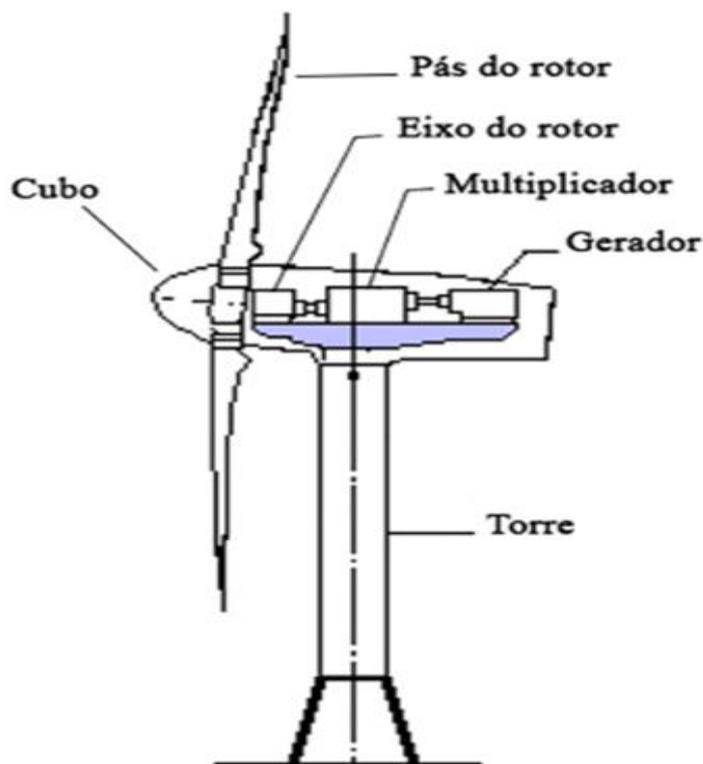
Desvantagens

- a) Custo de investimento elevado devido à tecnologia envolvida na produção do sistema;
- b) Rendimento real de conversão reduzido (mesmo nos sistemas mais avançados não ultrapassa os 30%);
- c) Do ponto de vista económico, raramente são competitivos com outro tipo de geradores, como por exemplo, os geradores a gásóleo.

5.2.5 Energia eólica

Esta forma de produção de energia consiste na conversão da energia do vento em energia eléctrica, sendo para isso utilizadas turbinas eólicas. Tal como exemplificado na Figura 18, a energia cinética do vento faz girar as pás das turbinas que fazem rodar um eixo (energia mecânica) que põe em funcionamento um gerador onde os campos magnéticos convertem a energia rotacional em energia eléctrica.

Figura 18 - Microgerador de energia eólica



Fonte: www.scielo.br(2016).

Existem vários tipos de turbinas, com tamanhos e potências variados. Contudo, as utilizadas para uso em edifícios são pequenas e com uma potência reduzida (inferior a 10kW), sendo mais aconselhada a sua utilização em habitações unifamiliares situadas em zonas com grandes níveis de ventos.

Os sistemas de energia eólica podem ser complementados com sistemas fotovoltaicos, formando sistemas híbridos de micro geração, a figura 19 apresenta um exemplo de uma residência com um sistema híbrido de micro geração, eles tendem a ser mais eficientes que sistemas isolados, esta integração proporciona um melhor aproveitamento do micro gerador porque pode compatibilizar a vantagem e desvantagens de cada um dos sistemas. Quando usados isoladamente.

Foto 19 - Microgerador híbrido



Fonte: www.engenhariaearquitectura.com.br(2016)

5.2.6 Energia da biomassa

A biomassa corresponde à fracção biodegradável de produtos e resíduos que podem ser provenientes da agricultura e floresta, bem como da indústria e atividade urbana, que sejam de aproveitamento energético.

Atualmente, existem equipamentos mais desenvolvidos e eficientes, que permitem utilizar novos produtos de biomassa, entre eles os “pellets” (grânulos formados por resíduos de serração e processamento de madeira). Os sistemas de aquecimento que utilizam como combustível os “pellets” apresentam elevados níveis de rendimento, tendo como principais vantagens o fato de permitirem um controle de temperatura com alimentação automática e ausência de fumos.

A maioria das aplicações térmicas em edifícios ou redes centralizadas com biomassa, supõem uma poupança de 10%, comparativamente ao uso de combustíveis fósseis, podendo alcançar níveis ainda maiores, dependendo do tipo de biomassa, localização e tipo de combustível fóssil substituído.

A biomassa apresenta-se assim como um combustível mais barato e ecológico que os combustíveis tradicionais, podendo constituir uma excelente opção para combinar com o sistema de energia solar térmica na produção de água quente sanitária e aquecimento do ambiente interior.

5.2.7 Iluminação LED

Dispositivos semicondutores eletroluminescentes estão assumindo uma grande importância no mundo de hoje. São vários os dispositivos relacionados a essa família: Painéis eletroluminescentes, diodos a laser, diodos infravermelhos, LED (Light Emitting Diode) e painéis LED. A lâmpada LED não possui materiais danosos ao meio ambiente, ao contrário da lâmpada fluorescente, a figura 20 mostra uma lâmpada com a tecnologia LED.

Figura 20 – Lâmpada com tecnologia LED



Fonte: www.ecommunity.altervista.org(2016).

O LED quando descartado contamina menos o meio ambiente no seu processo de descarte, pois é constituído de poucas matérias, sendo que sua maioria é alumínio, que pode ser reprocessado com mais facilidade que outros materiais.

Além disso, os LEDs possibilitam uma emissão de luz uniforme e constante, que permite o aumento do conforto visual tanto em áreas internas, como nas externas. Enquanto a maior parte das soluções convencionais se destina a aplicações específicas ou em um número reduzido de situações, equipamentos com LED podem ser instalados numa vasta gama de ambientes.

O LED já está presente em nossas vidas em áreas residenciais, comerciais, industriais, de iluminação pública e para decoração. A grande desvantagem do LED ainda é o alto custo de aquisição. Enquanto uma única lâmpada incandescente custa em torno de R\$ 1,50, e uma fluorescente em torno de R\$ 12,00, uma única lâmpada LED custa em torno de R\$ 30,00.

Fazendo uma análise mais geral, o investimento pode valer a pena no longo prazo, tendo o seu valor resgatado em torno de cinco anos, somente em economia de energia.

5.3 ANÁLISE QUALITATIVA DOS BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS NA HABITAÇÃO

Para a correta orçamentação de um empreendimento se faz necessário que todos os possíveis custos presentes sejam considerados, normalmente, a visão monetária dos custos leva aos construtores a adotarem ações no sentido de controles e reduções muitas vezes de forma indiscriminada, sem uma análise mais adequada sobre quais os recursos ou benefícios atingidos na aplicação de soluções mais sustentáveis, o que de certa forma inibe muitas vezes a prática de soluções sustentáveis em muitos empreendimentos de construção de habitações.

Por este motivo deve-se fazer uma análise muito bem estruturada dos benefícios da aplicação de soluções sustentáveis para os dois lados interessados, ou seja tanto para o construtor como também para o futuro dono da obra, tem que haver um equilíbrio na satisfação dos benefícios das duas partes envolvidas.

Sendo assim que a viabilidade da aplicação de soluções sustentáveis nas habitações depende em grande medida do seu custo, para o promotor da construção e para o comprador final. Uma solução com bom desempenho ambiental, mas em que o custo de construção ultrapasse largamente o custo da solução construtiva convencional, poderá não ser considerada financeiramente sustentável, o que constituirá uma barreira à sua implementação. Estima-se que a adoção de medidas que permitam a melhoria do desempenho energético na construção nova de edifícios se traduza num acréscimo dos custos de construção na ordem dos 2 a 4%.

Apesar deste acréscimo do custo de produção poder não ser muito significativo, a implementação das melhorias depende da percepção que o construtor e o comprador têm das vantagens desse investimento.

Para o construtor, este tipo de investimento na eficiência energética só será rentável se:

- a) conseguir vender o edifício mais rápido, por este ter características que o diferenciam das restantes ofertas no mercado.
- b) conseguir ter retorno financeiro, incluindo o sobre custo no preço de venda, podendo mesmo contribuir para aumentar a sua margem de lucro.

Do ponto de vista do comprador final, só valerá a pena adquirir um imóvel energeticamente mais eficiente se:

- a) Existir uma diminuição significativa da fatura energética, que lhe permita um retorno financeiro do investimento inicial, num período de tempo que considere razoável.

b) Ter a convicção que, em caso de venda ou arrendamento, o imóvel poderá ser colocado no mercado com um valor superior.

Considera-se, pois que, para os utilizadores dos edifícios, a redução da fatura de energia deverá ser o aspecto mais importante no momento de decidir viver num edifício energeticamente eficiente.

Torna-se por isso essencial a adopção de estratégias que visem contribuir para a redução das necessidades de energia para aquecimento e arrefecimento do ar interior dos edifícios, que deverão permitir alcançar um aumento do conforto térmico no seu interior. Daí ser importante conhecer as necessidades energéticas para climatização associadas a cada solução de projeto e construtiva, de modo a se poder estabelecer uma comparação entre diferentes soluções, analisando o seu custo-benefício.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 COMENTÁRIOS

A aplicação de eficiência energética em habitações tem um grande potencial ou mercado de atuação, visto que se trata de uma prática recente, grande parte das habitações nas cidades já estão construídas, e foram construídas em épocas em que essa consciência de sustentabilidade ainda não estava disseminada, e podem, portanto ser adaptadas com soluções sustentáveis em termos de eficiência no consumo de energia, que pode representar uma economia de 30% do consumo de energia, e no caso de construções de raiz essa percentagem de economia pode chegar a 50% de economia de energia.

O aumento do número de novas construções acompanha o desenvolvimento da sociedade contemporânea, e ao mesmo tempo em que é essencial para o crescimento dos países, a construção civil é um dos setores que mais consomem recursos naturais e geram grandes quantidades de resíduos. A elaboração de projetos arquitetônicos sustentáveis é uma nova perspectiva de conscientização das sociedades a utilizar os recursos naturais, que são limitados, de uma forma sustentável, mas que tenham em conta a segurança e a melhoria da qualidade de vida para toda a população. A problemática da poupança de energia no setor dos edifícios, impõe que se adotem novas e mais eficientes soluções construtivas de modo a que se obtenham as vantagens que o processo do desenvolvimento sustentável propõe.

Muito mais que levar em conta a preservação ambiental, as construções sustentáveis prezam em muitos casos pela economia de recursos econômicos, o que é uma grande vantagem nos dias de hoje, sendo assim o que é sustentável é saudável, e sempre deve ser incentivado a sua disseminação nas sociedades. Portanto foi possível perceber que novos produtos estão surgindo e num futuro não muito distante as pessoas já poderão viver em habitações totalmente sustentáveis, capazes de gerar conforto e qualidade de vida por um valor mais econômico e acessível.

Por fim, o grande desafio, é de melhorar a eficiência do uso da energia, e o nível de vida do usuário das habitações, e as cidades são em partes as grandes responsáveis pelo consumo de materiais, água e energia, sendo assim razoável pensar que em um futuro próximo, a sustentabilidade assumirá, gradualmente, uma posição cada vez mais importância no cenário das construções, baseando-se no desenvolvimento de modelos de construção mais econômicos, que permitam enfrentar e propor soluções aos principais problemas ambientais da nossa época, sem renunciar à tecnologia e os benefícios possíveis que este tipo de construção podem nos proporcionar.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Uma área de pesquisa que pode ser amplamente explorada sobre este tema, é o estudo da análise em campo em uma habitação da utilização de dois ou mais sistemas propostos e fazer uma comparação verificando qual é o mais eficiente.

Outra área de estudo que também pode ser explorada é um estudo em campo da análise das necessidades energéticas de uma habitação, onde se faça a contabilidade de todos os consumos energéticos em uma habitação ao longo de um determinado período.

Portanto, torna-se importante haver uma correta definição dos padrões comportamentais dos utilizadores das habitações, de modo a poder prever o modo como ocupam a habitação, como por exemplo, o tempo de permanência na habitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Haddad, J. et al.; “Eficiência energética: Integrando Usos e Reduzindo Desperdícios”, ANEEL; ANP; MCT e PNUD, Editora Designum; Rio de Janeiro, 1ª Edição, - RJ, 1999.

Revista Tecnologia e Sociedade - 1ª Edição, 2011 ISSN (versão online).

Revista Visões 4ª Edição, Nº4, Volume 1 - Jan/Jun 2008.

CORRÊA, Lazaro Roberto. Sustentabilidade na Construção Civil, 2009 (Monografia).

Nosso Futuro Comum, pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1987.

SOUZA, Ricardo Ferreira. FERREIRA, Walter Angelo. MIRANDA, Wellington Mulia. Micro geração Eólica: Estudo Bibliográfico (Monografia). Universidade de Franca, 2014.

CASTRO, Adriano Petito de A. Silva. Desempenho Térmico de Vidros Utilizados na Construção Civil: Estudo em Células-Teste. 2006. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas.

PEREIRA, Fernando O. R. e LAMBERTS, Roberto. Eficiência Energética na Arquitetura, 2004.

PETRUSCCI, Eladio G.R. Materiais de Construção, 1987.

VIANA, Augusto Nelson Carvalho; BORTONI, Edson da Costa; Eficiência Energética.

Fundamentos e Aplicações 1º edição, 2012.

SOUZA, Ricardo Ferreira. FERREIRA, Walter Ângelo. MIRANDA, Wellington Mulia. Microgeração Eólica: Estudo Bibliográfico (Monografia). Universidade de Franca, 2014.

SIQUEIRA, Luciana Maria Paulo. Viabilidade da Micro geração de Energia Elétrica em Uma Residência por um Sistema Composto por Painéis Fotovoltaicos Conectados por Rede. (Monografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

CARDOSO, Bruno Monteiro. Uso da Biomassa como Alternativa Energética. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

TAVES, Guilherme Gazzoni. Engenharia de Custos Aplicada à Construção Civil. (Monografia) Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

TISAKA, Maçahico Orçamento na Construção Civil (Consultoria, Projeto e Execução), 1ª edição, 2006.

PINHEIRO, Manuel Duarte. Ambiente e Construção Sustentável. 1 ed. Portugal: Instituto do Ambiente, 2006.

REFERÊNCIAS NORMATIVAS

ANEEL, Programa de Eficiência Energética – Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/> Acesso em 24 de Abril de 2016.

HADDAD, Jamil. Eficiência e conservação de energia. Dossiê Energia Positiva para o Brasil. Disponível em: www.greenpeace.org.br Acesso em 27 de Abril de 2016.

Atlas de Energia Elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica. 3. ed. – Brasília: Aneel, 2008.

ABNT, NBR 15.575. Norma de Desempenho (2013).

EPE, Balanço Energético Nacional – Disponível em: <https://ben.epe.gov.br>. Acesso em 28 de Maio.

SELO PROCEL. <http://www.pbeedifica.com.br/node/24> Acessado em 23 Maio de 2016.

BITTENCOUT, Leonardo. CÂNDIDO,Christhina. Ventilação Natural em Edificações. (Procel Edifica). 2010.

KLAUSE, Cláudia Barroso. Desempenho Térmico e Eficiência Energética em Edificações (Conforto Higroscópico Dirigido à Concepção Arquitetônica), PROCEL EDIFICA. 2011.

EPE, Balanço Energético Nacional 2007 – Disponível em: <https://ben.epe.gov.br>.

INMETRO, Programa Brasileiro de Etiquetagem. Disponível em:

http://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca_o_programa.php Acesso em 26 de Maio de 2016.

PROCEL, Catálogo Selo Procel 2008 – Disponível em <http://www.eletronbras.com/CatalogoSeloProcel2008/artigo.html?cod=artigo>

Consumidor: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeselo.asp> Acesso em 28 de setembro de 2016.

Consumo da Energia no Brasil:

<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2010-14%20Consumo%20de%20Energia%20no%20Brasil.pdf> Acesso em 25 de Maio de 2016

REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS

Relatório de Brundtland: <http://docslide.com.br/documents/relatorio-brundtland-nosso-futuro-comum-resumopdf.html> Acesso em 20 Maio de 2016.

AGENDA 21: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global> Acesso em 3 Junho de 2016.

ONU e o Meio Ambiente: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/> Acesso em 9 Junho de 2016.

Princípios de Charles Kibert para Construção Sustentável: <http://www.habitatsaudavel.com/sustentabilidade> .Acessado em 04 Maio de 2016.

Agenda Habitat : <http://unhabitat.org/wp-content/uploads/2014/07/The-Habitat-Agenda-Istanbul-Declaration-on-Human-Settlements-2006.pdf> Acessado em 07 de Abril de 2016.

IBGE CENSO 2010: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8> Acesso em 24 de Maio de 2016.

Cobertura ajardinada: <http://oblogdojardim.blogspot.com.br/> Acesso em 2 Junho de 2016.

Sistemas de Panos em vidro Envidraçados: Disponível <http://www.archiexpo.com/prod/feal-croatia-ltd/product-57866-587392.html>. Acesso em 23 Maio de 2016.

Microgeradores Híbridos: Disponível em

<http://www.engenhariaearquitetura.com.br/noticias/191/Sistema-hibrido-solareolico-para-geracao-de-energia.aspx> Acesso em 30 Maio de 2016.

Pillets: <http://www.grupoecoenergia.com.br/energiailimpa/?c=3&id=45&O+que+%C3%A9+pillets> Acesso em 7 junho de 2016.

Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Subcomissão Rio + 20:

<http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cmads/documentos/relatorio-final-da-subcomissao-rio-20> Acesso em 20 de Maio de 2016.

Construção Sustentável Mito ou Realidade: Disponível em

https://www.researchgate.net/publication/265987017_CONSTRUCAO_SUSTENTAVEL_-_MITO_OU_REALIDADE Acessado em 15 de Abril de 2016.

<http://www.epe.gov.br/Estudos/Paginas/default.aspx> Acesso em 28 de Setembro de 2016.

<http://ecolavagembrasil.com/tripe-da-sustentabilidade/> Acesso em 28 de Setembro de 2016.

<http://www.sunenergy.eco.br/funcionamento.php?menu=funcionamento> Acesso em 28 de Setembro de 2016.

<http://riorenovavel.com/efficient-design/orientation-zoning> Acesso em 28 de Setembro de 2016.

<http://www.janelasantiruidoacousticclass.com/vidros-anti-ruído/vidro-anti-ruído-duplo/>
Acesso em 28 de Setembro de 2016.

Sistema envidraçado com dois panos de vidro:

<http://www.janelasantiruidoacousticclass.com/vidros-anti-ruído/vidro-anti-ruído-duplo/>
Acesso em 28 de Setembro de 2016.

Sistema solar de aquecimento de água: <http://www.daeng.com.br/blog/15-sistema-de-aquecimento-solar-e-testado-em-habitacoes-populares-em-curitiba> Acesso em 28 de Setembro de 2016.

Sistema de microgerador de uma residência: <http://www.portalsolar.com.br/sistema-fotovoltaico--como-funciona.html> Acesso em 28 de Setembro de 2016.

Microgerador de energia eólica:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172014000400007 Acesso em Setembro de 2016.

Microgerador híbrido: <http://www.engenhariaarquitectura.com.br/noticias/191/Sistema-hibrido-solareolico-para-geracao-de-energia.aspx> Acesso em 28 de Setembro de 2016.

Lâmpada com tecnologia LED: <http://ec0mmunity.altervista.org/come-risparmiare-lenergia/>
Acesso em 28 de setembro de

A energia solar: <http://www.sunvoltenergiasolar.com.br/por-que-a-energia-solar-deve-decolar-em-2016-no-brasil/> Acessado em 28 de Setembro de 2016.

O. D. Corbella, “Learning from Built Examples in Rio de Janeiro: 18th Int. Conference on Passive & Low Energy Architecture,” 2001.

Ventilação cruzada: <http://www.ecologicconstrucoes.com.br/ventilacao-cruzada-e-correto-posicionamento-do-norte/> Acesso em 28 Setembro de 2016.

