



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**Curso de Engenharia Civil**

Vitor Xavier Guilherme

**Análise e discussão dos fundamentos de projetos de edificações  
integrados**

Uberlândia  
2022

## **Análise e discussão dos fundamentos de projetos de edificações integrados**

Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia como avaliação do semestre.

Orientador(a): Professora Dra. Leila Aparecida de Castro Motta

Dedico este trabalho a todas as pessoas que sempre me apoiaram e incentivaram em minha formação profissional: minha família, meus professores do curso de Engenharia Civil e meus amigos.

## AGRADECIMENTOS

No decorrer do curso de Engenharia Civil, pude contar com o apoio de várias pessoas que sempre me incentivaram a continuar seguindo meus sonhos e percorrer um caminho acadêmico com muita dedicação. Tenho muita gratidão por ter essas pessoas em minha vida, pois fizeram com que o meu aprendizado e estudos pudessem ter ocorrido de forma contínua e agradável.

Agradeço especialmente à minha orientadora, Professora Dra. Leila Aparecida de Castro Motta, por aceitar ser minha orientadora neste trabalho e por ter confiado em minha potencialidade nesta última etapa do curso de Engenharia Civil.

Agradeço ainda à minha família, pai, mãe e irmãos, que sempre estiveram comigo me apoiando durante todos os anos da faculdade.

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes” (Isaac Newton)

## RESUMO

Atualmente os processos existentes na construção civil carregam em si vários métodos construtivos e materiais bastante diversificados, sendo importante fazer uma análise mais detalhada sobre os impactos e as consequências que tais processos podem gerar para o meio ambiente e para a saúde dos seres vivos que habitam o planeta Terra. Os produtos químicos no meio ambiente, nas edificações e por conseguinte nos seres humanos são de enorme relevância quando se pensa a respeito da saúde das atuais e futuras gerações. As edificações atuais ainda têm um alto índice de consumo energético, pois não levam em consideração aspectos importantes durante o projeto. Existem várias pesquisas, que vêm sendo realizadas há mais de 25 anos, demonstrando que é possível projetar edificações que usam 80% menos energia do que o convencional. Reduzir o consumo energético de uma edificação também diminui os impactos ambientais resultantes da geração de energia em uma usina, bem como da queima *in loco* de combustíveis como o gás natural e o óleo combustível. Neste contexto, o projeto de edificações integrado visa constituir uma equipe de projeto que esteja em concordância em relação aos objetivos do projeto, integrando todas as áreas em prol de uma edificação mais sustentável, que utilize materiais e métodos construtivos menos nocivos à saúde ambiental e humana. Especificar os materiais de construção é essencial para projetar edificações sustentáveis, sempre questionando a vida útil de cada material. Nesse sentido, torna-se relevante explorar a respeito dos poluentes e produtos químicos gerados e liberados na atmosfera no processo de síntese desses materiais, fazendo uma análise comparativa entre os materiais convencionalmente utilizados e possíveis materiais menos nocivos para o meio ambiente, e que podem ser utilizados com a mesma finalidade dos materiais convencionais. Dessa forma, neste trabalho, será feita uma análise a respeito de como se pode conciliar as práticas construtivas com o meio ambiente e os recursos do planeta, para que, futuramente, seja possível a existência de edificações mais sustentáveis e mais 'limpas' do ponto de vista humano e ambiental. Para a análise aqui proposta, serão utilizados como base os fundamentos de projeto de edificações sustentáveis, trazendo sempre para discussão os estudos mais atualizados acerca do assunto em questão.

Palavras-chave: projetos integrados, edificações sustentáveis, construção civil, meio ambiente, consumo energético

## ABSTRACT

Nowadays, the existing processes in the civil construction are constituted by many methods and materials which can be considered diversified, for this reason, demand a more detailed analysis about the impacts and consequences that these processes can cause to the environment and to the living beings that inhabit the planet. The effect of chemical products on the environment, on edifications and, therefore, on human beings have enormous relevance when the health of current and future generations is taken into consideration. Current edifications still have a high rate of energy consumption, because many important aspects are not taken into account during the project. Various types of researches have been developed for more than 25 years, showing that it's possible to project edifications that use 80% less energy than conventional. Reducing energy consumption of an edification can also decrease the environmental impacts that result from the generation of energy in a plant, as well as from the on-site burning of fuels such as natural gas and fuel oil. That way, the project of integrated edifications aims at constituting a project team that is in agreement concerning the project goals, integrating all the areas that set one's sight on a more sustainable edification, that uses materials and constructive methods less harmful to the environmental and human health. Specifying the constructing materials is essential to project sustainable edifications, and it's always important to question each material's lifespan. In this sense, it is important to explore the pollutants and chemical products which are liberated in the atmosphere during the syntheses of these materials. It is also important to develop a comparative analysis between conventional and new materials that are less harmful to the environment, and that can be used with the same goal as the conventional ones. Thus, in this final course paper, an analysis will be carried out in order to discuss how to reconcile constructive practices with the environment and the planet's resources, so that, in the future, it might be possible to have more sustainable and 'cleaner' buildings from human's and environment's point of view. To the proposed analysis, it will be used the project fundamentals of sustainable edifications and the most updated studies about the subject matter will be used as a reference to discuss the theme.

Keywords: integrated projects, sustainable buildings, construction ,environment, energy consumption

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Áreas de atuação dentro do projeto integrado.....         | 12 |
| Figura 2: Técnicas para extrativismo sustentável de recursos.....   | 14 |
| Figura 3: Sistema de coleta de águas pluviais na Nova Zelândia..... | 14 |
| Figura 4: Smog na cidade de Pequim, China.....                      | 24 |
| .Figura 5: Contaminantes presentes no interior das edificações..... | 25 |
| Figura 6: Sistema de Distribuição de Ar sob o Piso.....             | 27 |
| Figura 7: Energia incorporada e de operação.....                    | 29 |
| Figura 8: Planta do edifício Foshay Tower, em Minneapolis.....      | 30 |
| Figura 9: Claraboia em Edificação.....                              | 35 |
| Figura 10: Dimmer Rotativo.....                                     | 36 |
| Figura 11: Edificação com aproveitamento da luz solar.....          | 37 |
| Figura 12: Sistema de Resfriamento Geotérmico.....                  | 38 |
| Figura 13: Edificação construída com madeira.....                   | 39 |
| Figura 14: Aplicação de cortiça em isolamento térmico.....          | 40 |
| Figura 15: Painel Fotovoltaico.....                                 | 41 |
| Figura 16: Funcionamento de um Coletor Térmico.....                 | 42 |
| Figura 17: Turbinas Eólicas em funcionamento.....                   | 42 |
| Figura 18: Geração de energia a partir da biomassa.....             | 43 |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1 – Introdução .....   | 9  |
| 1.1 – Objetivo Geral .....   | 10 |
| 1.2– Objetivos específicos.....  | 10 |
| 2 – Definição do projeto integrado de edificações .....  | 11 |
| 3 – Desenvolvimento .....  | 15 |
| 3.1 – Efeitos dos materiais, produtos químicos e poluentes no meio ambiente, nas edificações e nos seres humanos ..... | 15 |
| 3.2 – A Qualidade do Ar do Interior.....   | 22 |
| 3.3 – O consumo energético nas edificações .....   | 28 |
| 3.4 – Estratégias para redução das cargas energéticas.....   | 32 |
| 3.5 – Energias renováveis, sistemas de consumo de energia líquido zero .....   | 40 |
| 3.6 – Conservação da Água .....  | 44 |
| 4 – Conclusão .....  | 48 |
| Referências Bibliográficas.....  | 49 |



## **1 – Introdução**

A construção civil e, conseqüentemente a profissão da Engenharia Civil foram termos que começaram a ser utilizados no século XI, entretanto, sabe-se que a prática da construção já existia desde os tempos das pirâmides (BLOG ANHANGUERA, 2021). Somente muito tempo após as construções faraônicas, a profissão passou a ser reconhecida como ciência e oferecida como curso superior.

O conceito de Engenharia deve-se à necessidade que se instaurou para construir habitações nos tempos antigos, em uma época em que as pessoas começaram fazer uso de matéria-prima natural nas construções. A área da Engenharia Civil era utilizada majoritariamente em aparatos militares, porém com a ampliação das técnicas de construção, o título civil se tornou adequado também para a população civil. Dentro desse cenário da Engenharia Civil, sabe-se que a utilização dos materiais sempre foi alvo de estudos, tendo cada civilização utilizado diferentes materiais e métodos construtivos, sempre levando em conta a tecnologia e acesso a matérias primas disponíveis de cada local.

É nesse contexto que se deve levar em consideração que a utilização de materiais cada vez mais apropriados, com alta durabilidade, resistência e facilidade de acesso são cruciais para que seja efetivada uma construção com êxito. Entretanto, cumpre ressaltar a relevância de se levar em consideração os aspectos ambientais desses materiais e métodos, pois nem sempre eles são benéficos para a saúde dos seres humanos e do planeta Terra.

Nesse sentido, o projeto integrado de edificações se apresenta como a prática de projetar uma construção de forma íntegra e responsável, visando a sustentabilidade e a saúde das atuais e futuras gerações de seres-humanos. O projeto tem alguns elementos-chave, dentre eles é necessário que haja uma equipe de projeto com uma visão a respeito do que e de qual forma será executada uma edificação. Esse tipo de projeto preocupa-se com recursos como: energia, água, materiais e com a qualidade do ambiente interior.

A fim de se propor um estudo mais aprofundado com relação ao projeto de edificações sustentáveis, é válido fazer um comparativo entre materiais, métodos e formas de construção utilizados tradicionalmente e outros mais integrados, que levam em consideração a sustentabilidade e, portanto, menos danosos para as futuras gerações e aos ecossistemas do planeta Terra.

## **1.1 – Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise e discussão dos materiais e técnicas construtivas, visando abordagem mais sustentável, que busque soluções menos danosas ao meio ambiente e à saúde dos seres que habitam o planeta.

## **1.2 – Objetivos específicos**

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- Descrição do projeto integrado de edificações sustentáveis
- Descrição e análise dos efeitos de produtos químicos no meio ambiente, nas edificações e nos seres humanos
- Análise a respeito da qualidade do ar do interior
- Discussão acerca do consumo energético nas edificações
- Métodos de consumo energético líquido zero e energia renovável
- Análise de técnicas para a conservação da água

## **1.3 – Justificativa**

A escolha do tema desse trabalho se deve à necessidade de se projetar e construir edificações de forma mais sustentável, levando-se em consideração o cenário atual em que vários materiais e técnicas construtivas não contemplam tais aspectos. Materiais que geram resíduos químicos para o meio ambiente no momento da síntese e durante sua utilização, e métodos que não visam aproveitar de forma efetiva os aspectos naturais como luz e ventilação em uma construção, têm como desdobramento a construção de edificações que utilizam mais energia para suprir um projeto mal elaborado.

Dessa forma, nesse trabalho busca-se apontar soluções integradas e que possam preservar o planeta e ajudar os seres humanos a construírem de forma mais consciente, gerando cada vez menos poluentes ao meio ambiente, e com menor consumo energético durante a utilização das edificações.

## **2 – Definição do projeto integrado de edificações**

“Uma verdadeira construção sustentável só é possível de ser construída por meio de um bom projeto. O Projeto Integrado – ou Processo Integrado – é a chave para se obter um projeto eficiente em termos de custos e de alta performance, uma vez que promove a integração inteligente entre o homem, a tecnologia e a natureza.” (LARVERDELAR, 2021).

Não existe roteiro para um processo perfeito no projeto integrado de edificações sustentáveis, entretanto existem diversos elementos-chave que são necessários em cada fase do projeto, desde a sua concepção, durante seu desenvolvimento até a finalização da construção. Dentre os elementos-chave podem-se citar tamanho e tipo do projeto, se é uma torre comercial ou uma edificação residencial por exemplo. Além disso, a geografia do terreno também é fator crucial a ser observado: quais são os fatores geográficos do terreno, sua zona climática, e quais oportunidades de projeto passivo de energia podem se ter a partir dessas condições.

Outro ponto importante a ser analisado é a origem dos recursos do projeto: se de um órgão governamental, um empreendedor privado ou um proprietário de residência. É importante verificar se esse orçamento apoia ou não os objetivos de desempenho ambiental.

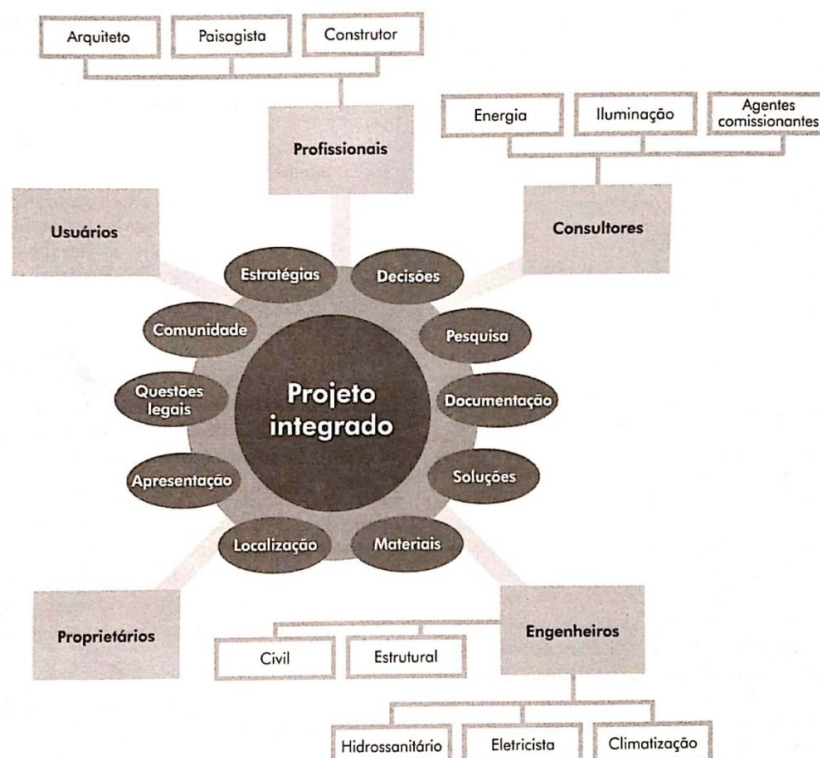
Verificar os impactos biológicos ou hidrológicos também é relevante, sendo eles: se algum animal ou tipo de vegetação serão afetados; se a qualidade da água potável será prejudicada; como se dá o padrão de escoamento superficial da água da chuva; se já existem superfícies impermeáveis no terreno; se a construção vai provocar a erosão ou perda do solo devido ao vento.

Dessa forma, no projeto integrado, cada membro projetista tem um papel e uma área de especialidade que são bem definidos e que agirão de forma holística para o desenvolvimento do projeto como um todo. Além disso, a equipe de projeto integrado

tem como função examinar a história do terreno e sua etnografia, determinando soluções para melhorar a qualidade de vida das comunidades preexistentes.

Na figura 1, é possível verificar de forma concisa como deve funcionar o processo de projeto integrado, bem como quais aspectos devem ser levados em consideração para se ter êxito no trabalho de projetar uma construção integrada.

Figura 1: Áreas de atuação dentro do projeto integrado



Fonte: Killer Banshee Studios

De acordo com a análise da figura 1 pôde-se verificar que diversas são as áreas de atuação profissional necessárias para que se obtenha um projeto integrado sustentável, devendo cada profissional agir de forma conjunta com todas as equipes envolvidas, para que no fim obtenha-se uma edificação pensada de forma integrada, levando sempre em consideração a abordagem de todos os pontos das equipes que atuaram no projeto.

Uma questão bastante usual é a concepção de que os projetos de edificações sustentáveis implicam em um aumento nos custos, (KEELER E VAIDYA, 2018), quando comparados com projetos não integrados, pois a implantação de recursos e técnicas de sustentabilidade faz com que se tenha que despende de gastos extras. Entretanto, essa ideia vem de um pensamento tradicional de projeto, que não considera uma abordagem sustentável desde o início do projeto, deixando todos esses aspectos para depois da execução da edificação.

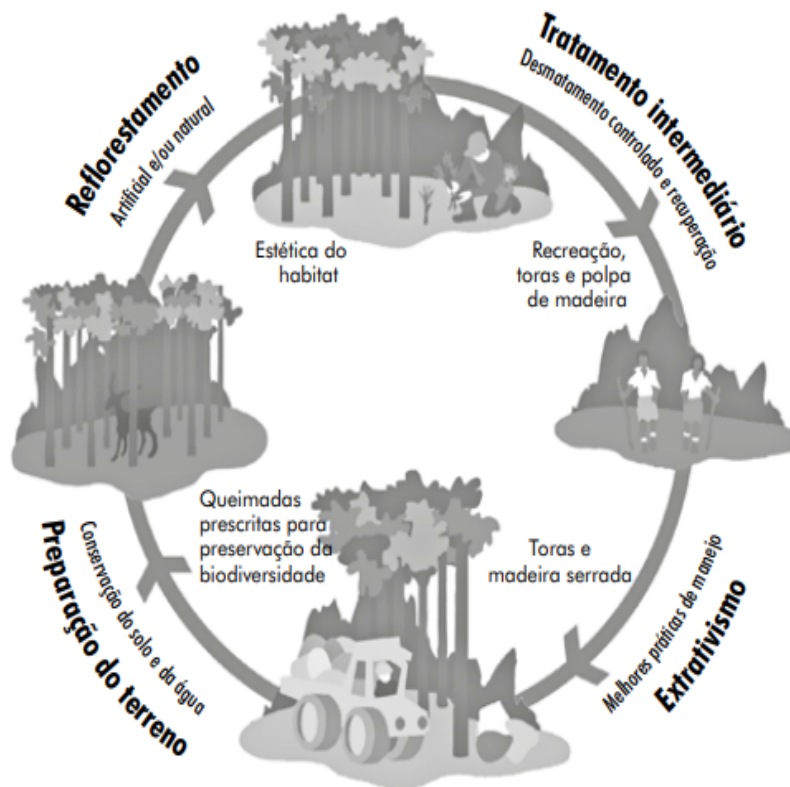
Dessa forma, deixar esses aspectos somente para as fases finais do projeto, reverbera em uma dificuldade na implantação de métodos sustentáveis, pois é necessário que o projeto seja alterado e revisado, gerando assim um maior custo.

Segundo Keeler e Vaidya (2018, p.6), 32% da energia elétrica do mundo é gasta durante o uso operacional das edificações. Só nos Estados Unidos, 48% do consumo energético vem das edificações. Nesse sentido, o projeto integrado aspira ao consumo de energia líquido zero, por meio da aplicação de métodos, materiais e técnicas de projeto mais sustentáveis.

Deve-se levar em consideração também o uso de matéria-prima pela construção civil. Nos Estados Unidos, a Agência de Proteção Ambiental estima que, dentro da totalidade de matérias-primas utilizadas pelo País, a percentagem de uso pela construção seja de 60% (KEELER E VAIDYA, 2018). Vários impactos ambientais estão associados à mineração, ao extrativismo, ao processamento e ao transporte de matérias-primas, bem como à obtenção e ao fornecimento de água potável. A fim de se obter uma redução desses impactos ambientais, é extremamente importante utilizar a água e o solo de forma eficiente.

Os efeitos da não aplicação de projetos sustentáveis e da negligência para com os aspectos ambientais se mostram evidentes: temperaturas extremas, exaurimento do solo e da água do planeta. Nos Estados Unidos, 12,2% de toda a água potável é utilizada pelas edificações, o que significa 57 trilhões de litros de água por ano (KEELER E VAIDYA, 2018). Como projetista, é necessário se atentar para soluções construídas, como sistemas de armazenagem de água, sistemas de tratamento de água no terreno e na própria edificação. Isso pode ser observado, por exemplo, na Nova Zelândia, onde existem sistemas de coleta de águas pluviais para uso futuro, o que promove uma economia no uso da água da concessionária, e também auxilia na redução de águas destinadas a drenagem pluvial urbana, evitando também problemas ambientais recorrentes nas cidades, como as enchentes e alagamentos. Na figura 2 é possível observar as técnicas utilizadas para o extrativismo de recursos de forma responsável.

Figura 2: Técnicas para extrativismo sustentável de recursos



Fonte: American Forest & Paper Association, Inc (2018).

Já na figura 3, é possível visualizar, de forma detalhada, os passos que foram inseridos pelos projetistas da Nova Zelândia para se fazer essa coleta, o tratamento, a armazenagem e a futura utilização, gerando um aproveitamento das águas pluviais.

Figura 3: Sistema de coleta de águas pluviais na Nova Zelândia



Fonte: Killer Banshee Studios (2018)

### **3 – Desenvolvimento**

#### **3.1 – Efeitos dos materiais, produtos químicos e poluentes no meio ambiente, nas edificações e nos seres humanos**

Segundo Monteiro (2006), agente ou contaminante químico é toda substância orgânica ou inorgânica, natural ou sintética, que durante a fabricação, manuseio, transporte, armazenamento ou uso, pode incorporar-se ao ar, solo e água do ambiente, com efeitos irritantes, corrosivos, asfixiantes ou tóxicos e em quantidades que tenham probabilidade de lesionar a saúde das pessoas que entram em contato com elas.

Especificar os materiais de construção é extremamente relevante para se projetar edificações sustentáveis. Um dos pontos importantes no momento de se projetar uma edificação, é levar em consideração aspectos dos materiais como: embalagem, reciclabilidade, reuso e recuperação, produção de lixo, durabilidade e tempo de vida útil, proporção de recursos renováveis e não renováveis em cada produto e a energia incorporada do ciclo de vida total.

No projeto integrado, os produtos de construção não são medidos somente em termos de desempenho e custo, mas também a partir dos seus efeitos para o meio ambiente. Isso porque os poluentes resultantes de alguns materiais tornam-se uma ameaça constante para a saúde pública e ambiental.

Os poluentes e produtos químicos são lançados no meio-ambiente, viajam pelo espaço, tendo como destino final o ar, a água, o solo e, conseqüentemente os alimentos que são consumidos. A distância que esses poluentes e produtos atingem depende muito de fatores climáticos de cada local, como velocidade dos ventos, turbulência, calor, nebulosidade, índices pluviométricos, além de características geográficas (KEELER E VAIDYA, 2018).

“Nas últimas décadas, à medida que cada vez mais produtos químicos entram no cotidiano humano, os padrões de eficiência energética dos edifícios aumentam. No entanto, mesmo os edifícios que possuam certificação energética podem ainda estar cheios de produtos tóxicos” (GREENSAVERS, 2013).

A indústria do petróleo produz produtos sintéticos derivados do carvão mineral e do coque, que inicialmente foram feitos para auxiliar os equipamentos e máquinas a combustível durante a Primeira e Segunda Guerra Mundial. No entanto, nos dias atuais, diversas são as aplicações dos derivados do petróleo: solventes, combustíveis, lubrificantes, adesivos, asfalto, fibras sintéticas, plásticos, tintas, detergentes, produtos farmacêuticos e fertilizantes. Sabe-se que produtos derivados do petróleo são bastante prejudiciais, tendo em vista seu processo de deterioração ao serem descartados, além de contribuírem para a emissão dos gases causadores do efeito estufa (MUNDO EDUCAÇÃO, 2022)

Alguns plásticos como PVC, ABS, EVA, Policarbonato, Poliestireno, Poliuretano, Silicone, PEX, PET e alguns plásticos com aditivos extremamente nocivos à saúde são exemplos de plásticos que são utilizados na construção civil e que geram bastante resíduos e poluentes (KEELER E VAIDYA, 2018).

“Em química e tecnologia, os plásticos são materiais orgânicos poliméricos sintéticos, de constituição macromolecular, dotada de grande maleabilidade (que apresentam a propriedade de adaptar-se em distintas formas), facilmente transformável mediante o emprego de calor e pressão, e tem aplicações em vários âmbitos, como: Artesanato, Brinquedos, Construção Civil, Indústria Alimentar[...].” (MVPLASTICOS, 2017)

Os plásticos produzem substâncias extremamente tóxicas durante sua fabricação e uso, representando um problema para a saúde humana. Um exemplo dessas substâncias são os ftalatos, que são aditivos presentes nos plásticos. Eles podem ser adicionados, por exemplo, no processo de produção do PVC, pois tornam o material mais macio e maleável. Existem pesquisas que demonstraram que os ftalatos presentes no pó doméstico podem levar ao desenvolvimento anormal nos tecidos genitais e reprodutivos de ratos. Na construção, os ftalatos estão presentes também em revestimentos de parede de vinil e pisos flexíveis.

Além disso, após o uso de produtos que contém derivados de ftalato, há ainda mais um ponto problemático: o descarte e a incineração. Os compostos químicos organoclorados, como a dioxina e os furanos são lançados quando os plásticos são destruídos utilizando a incineração. Um ponto favorável é que o plástico reciclado é muito utilizado para fazer produtos de construção, como madeira plástica, pisos flexíveis, revestimentos de paredes, janelas e materiais de superfície.



A estrutura molecular do PVC é composta por cadeias de monômeros de cloreto de vinila (VCM), que contém três átomos de hidrogênio, um de cloro e dois de carbono. O petróleo e os sais são os materiais que dão origem a esse monômero. Os produtos derivados do PVC, juntamente com seus aditivos e precursores são danosos para a saúde humana, podendo ser altamente cancerígenos, gerar disfunções endócrinas, endometriose, danos neurológicos, defeitos de nascença e danos aos sistemas reprodutor e imunológico (HEALTHY BUILDING, 2022).

O fosfogênio é um gás que foi utilizado como arma química em guerra, em 1915, sendo um agente sufocante. Esse gás, como agente sufocante, foi responsável por 80% das mortes. Nos dias de hoje, ele é encontrado em alguns plásticos como o poliuretano, que é utilizado em isolamento e bases de carpete (CENTER FOR DISEASE CONTROL, 2005). Além disso, o fosfogênio também pode ser encontrado no policarbonato, que é encontrado na composição de telhas e paredes.

Outro exemplo de elemento químico que teve sua transição do uso militar para o convencional é o cloro, que foi utilizado no gás mostarda durante a Primeira Guerra Mundial (BRASIL ESCOLA, 2022). Atualmente, pode-se encontrar esse elemento em plásticos, tintas e adesivos, todos muito úteis para a fabricação de materiais de construção. Vale pontuar que, de acordo com estatísticas da Rede World Wildlife Fund - WWF, durante o período de 1930 e 2000, a produção global de produtos químicos criados pelos seres humanos passou de 1 milhão a 400 milhões de toneladas por ano. Porém, alguns desses produtos como acabamentos internos, seladores ou tintas para madeira podem agir negativamente sobre os pulmões e gerar doenças futuras, durante o uso.

A classificação dos danos causados pelos produtos químicos pode ser dividida de diversas maneiras. Porém, de forma geral, existem quatro categorias principais, sendo: i) os carcinogênicos/mutagênicos (provocam mudanças celulares e são capazes de gerar câncer), ii) os tetratogênicos (provocam má-formação congênita), iii) os toxicantes do desenvolvimento (causam desenvolvimento fetal anormal ou prejudicam o sistema reprodutivo), e iv) os disruptores endócrinos (interferem na função hormonal basal) (KEELER E VAIDYA, 2018).

O jornalista Bill Moyers desenvolveu o conceito de ‘carga corporal química’ ao público por meio de uma reportagem chamada *Trade Secrets* (TRADE SECRETS, 2022). Tal conceito se define como a quantidade total de uma substância danosa no corpo de um

indivíduo, pois algumas substâncias se acumulam no corpo dentro dos tecidos adiposos e ossos e são eliminadas de forma muito lenta. Essa carga corporal é composta por algumas substâncias químicas, dentre elas podem-se citar (KEELER E VAIDYA, 2018, p.62):

- Os PCBs (bifenis policlorados, que são compostos clorados e são utilizados como refrigerantes em equipamentos elétricos;
- O DDT (dicloro difenil tricloroetano), um pesticida que foi proibido na década de 1970;
- O PBDE (éteres de difenil polibromado) que é utilizado como agente retardante de fogo aplicado em materiais de construção;
- As Dioxinas, que são utilizadas durante a fabricação do cloreto de polivinil (PVC) e liberadas durante a sua incineração;
- Os ftalatos, que são agentes plastificantes do PVC;
- O Triclosan, que é um agente antibactericida de uso comum;
- Os Furanos;
- Os Metais;
- Os Organoclorados;
- Os Inseticidas com organofosfatos.

Uma grande parcela dessas substâncias químicas contribui para síndromes como autismo, doenças autoimunes e deficiências do aprendizado. Os efeitos negativos mais evidentes até o momento dessas substâncias são aumento na taxa de alergia, asma e câncer nos indivíduos, bem como disrupções endócrinas (KEELER E VAIDYA, 2018).

O arsênico é um elemento químico que ocorre naturalmente no minério de cobre e pela fundição de minérios. Esse elemento é transformado de sólido para gás e emitido para o ar, e logo após é depositado no solo (KEELER E VAIDYA, 2018).

O bário é um metal utilizado na recuperação das reservas de petróleo, fabricação de lâmpadas fluorescentes, na soldagem, na produção de borracha e de películas de vidros refletivos, em tomadas e em tubos de aspiradores de pó. Há indícios da presença de bário na água, uma vez que se dissolve em meio aquoso. Além disso, vários animais aquáticos o transportam por longas distâncias (KEELER E VAIDYA, 2018).

O selênio-79 é um produto secundário do lixo nuclear e está presente no solo, por consequência de vazamentos radioativos. Contudo, o selênio de ocorrência natural é um material não-metálico, e também é resultado do processo de eletrólise no refinamento do cobre. O selênio é utilizado na construção civil durante a fabricação de painéis fotovoltaicos (KEELER E VAIDYA, 2018).

O benzeno é um composto orgânico e é um líquido derivado do petróleo. Na atualidade, é utilizado na manufatura de remédios, plásticos, borrachas sintéticas e pigmentos. Esse composto se deposita no solo e nos lençóis freáticos (KEELER E VAIDYA, 2018).

O *Quartz Common Products Database* é um banco de dados aberto e compilado pela empresa *Google*. Tem como objetivo promover a transparência de produtos de construção, uma vez que atualmente não se conta com todas as descrições dos elementos químicos e seus efeitos prejudiciais no momento da compra dos materiais. Esse banco de dados tem como intuito transformar o mercado da construção no sentido de se utilizar materiais menos tóxicos, que produzam menos impactos para as futuras gerações e consequentemente propiciem a geração de comunidades mais saudáveis.

Além disso, é necessário considerar os materiais existentes nos acabamentos do interior, e evitar o uso caso somente a exposição a esses materiais já sejam danosas, remover e cobrir fontes tóxicas conhecidas, como chumbo, amianto, PVC, formaldeídos, fibras de vidro e retardadores químicos de chamas. Também deve-se levar em consideração produtos misteriosos, os quais não se têm uma descrição sobre seus elementos químicos e sua segurança. É importante se atentar também para materiais que emitem gás ou que se decompõem em moléculas que se prendem no pó e podem ser inalados, como as tintas convencionais e fibras de carpete (KEELER E VAIDYA, 2018).

Sistemas de calefação de ar forçado devem ser evitados, mas caso haja a necessidade de se implementar esse tipo de sistema, os mesmos devem ser projetados com o máximo de filtragem possível, pois eles distribuem pós que podem ser tóxicos e alérgenos nos espaços em que os indivíduos respiram.

O surgimento de mofos e fungos também é um aspecto a ser considerado com atenção e, para isso, deve-se implantar sistemas de drenagem e impermeabilização nas fundações, ventilação dos recintos e pisos técnicos, sistemas adequados de barreira à umidade, isolamento das paredes, vidraças isoladas (para evitar a condensação da umidade) (KEELER E VAIDYA, 2018).

Dentro dos sistemas hidrossanitários é necessário utilizar componentes feitos de cobre sem soldas de chumbo, evitando sempre tubulações de chumbo ou PVC. Já nos sistemas elétricos é importante seguir o Princípio da Precaução e proteger as áreas de dormir da radiação eletromagnética. É basilar também utilizar um medidor de Gauss (que mede a intensidade de um campo magnético) para conferir a radiação eletromagnética presente na edificação (KEELER E VAIDYA, 2018).

Atualmente, existem três grandes problemas relacionados aos materiais e produtos químicos: o problema dos dados, da segurança e da tecnologia. O vácuo de dados das substâncias químicas é algo que está sendo reformulado com as novas descobertas e pesquisas, implementando assim, em bancos de dados os materiais e suas respectivas toxicidades. No âmbito da segurança, podem-se citar os órgãos estatais que não estão preparados para avaliar ou fazer um controle de riscos, permitindo assim que substâncias químicas perigosas sejam lançadas no mercado. Por último, mas não menos importante, tem-se o problema da tecnologia, pois empresas têm pouco ou nenhum incentivo para buscar métodos ou substâncias químicas alternativas e mais seguras (PHYSICIANS FOR SOCIAL RESPONSIBILITY, 2022).

Para se conseguir reverter esses problemas, existem algumas ações que podem ser tomadas, por exemplo, exigir tecnologias alternativas mais seguras, sempre procurando eliminar o uso e as emissões dos produtos químicos perigosos, substituindo os processos tradicionais por outros mais seguros. Uma outra ação seria aumentar o investimento público e privado para a pesquisa e desenvolvimento de produtos, materiais e processos sustentáveis.

Além disso, desenvolver processos e políticas de controle, visando priorizar a tomada de decisão sobre uma variedade de substâncias químicas, de modo a se classificar as substâncias em várias classes de periculosidade ajudaria bastante essa tomada de decisão. Outro aspecto importante seria transferir o ônus da prova para os fabricantes, para comprovar se uma substância é tóxica ou não para o meio ambiente e para os indivíduos, ao invés de se esperar que o governo ou as pessoas provem que uma substância química específica é prejudicial.

Nesse contexto, é também necessário eliminar a cláusula de Informação Empresarial Confidencial nos registros de produtos químicos, pois tal cláusula permite que as

empresas ocultem informações sob a justificativa de que são segredos comerciais e, portanto, necessárias para a competição no mercado.

Um outro ponto importante a se destacar é que, uma vez que se passa a maior parte do tempo em ambientes internos, é fundamental se averiguar com maior profundidade a presença das substâncias químicas dentro das edificações. Os compostos orgânicos voláteis são aqueles que evaporam de forma mais rápida, e, portanto, sua presença no ar diminui com o passar do tempo, como exemplo de compostos desse tipo tem-se o benzeno (utilizado como matéria-prima de plásticos) e o tolueno (utilizado como diluente em pinturas, revestimentos e resinas) (KEELER E VAIDYA, 2018).

Entretanto, em contradição aos voláteis, tem-se os compostos orgânicos semivoláteis, que são emitidos de forma mais lenta e por períodos mais longos, alguns exemplos desses compostos são os ftalatos e os amaciantes utilizados na fabricação do PVC, e os retardantes de chamas halogenados. Tais compostos são preocupantes, pois além de serem danosos, interagem com os particulados e o pó, sendo transportados de forma eficiente por meio da inalação e ingestão (KEELER E VAIDYA, 2018).

Dessa forma, como projetistas e profissionais de edificações, é imprescindível se ter o conhecimento de que determinadas toxinas persistentes e bioacumulativas e poluentes orgânicos persistentes, podem ser encontrados nos materiais de construção.

Destacam-se como exemplo os produtos derivados e precursores de materiais como o PVC e outros plásticos (ftalatos, borrachas e outros materiais flexíveis), o chumbo e os compostos do cromo (presentes em tintas de arquitetura, vernizes, tintas de impressão e plásticos), o Bisfenol A – BPA (encontrado em revestimentos internos e em tintas de epóxi), os retardantes de chamas halogenados (encontrados em isolamentos com espuma injetada), o cloreto e certos halogênios bromados (utilizados em fiações e tecidos de estofamento), os retardantes de chamas halogenados que são solventes orgânicos que têm em sua composição átomos de halogênio: cloro, flúor, bromo ou iodine. Também há os Hidrofluorcarbonos (HFCs) e Perfluorcarbonos (PFCs), que são gases que destroem a camada de ozônio e são utilizados em líquidos frigorígenos (líquidos arrefecedores), o Triclosan e outros antimicrobianos (utilizados em tecidos e forros isolantes) (KEELER E VAIDYA, 2018).

Além disso, existem alguns princípios da química sustentável que são auxiliares para um bom projeto sustentável. Um deles seria evitar a produção de resíduos ao invés de

tratá-los ou limpá-los. Outros princípios seriam: i) desenvolver substâncias químicas sintéticas menos perigosas, ii) criar substâncias químicas e produtos seguros, que além de serem sustentáveis tenham bom desempenho, iii) aumentar a eficiência energética aproveitando a temperatura e a pressão ambiental, iv) utilizar estoques de abastecimento renováveis e não esgotáveis (usar resíduos agrícolas ao invés de estoques de abastecimento de combustíveis fósseis), v) evitar derivados químicos, vi) desenvolver substâncias e produtos químicos que degradem após o uso e, vii) analisar em tempo real para prevenir a poluição e os produtos derivados (ANASTAS & WARNER, 2022).

Dessa forma, realizar testes químicos mais eficazes, controles rigorosos e uma transparência cada vez maior são essenciais para que se tenha uma população consciente, e não mais uma população inocente sem informações sobre os produtos tóxicos aos quais estão expostos no cotidiano.

### **3.2 – A qualidade do ar do interior**

“A má qualidade do ar em recintos fechados é especialmente prejudicial para alguns grupos vulneráveis, como as crianças, idosos e as pessoas com doenças cardiovasculares e respiratórias” (BIOMAX, 2010).

Um assunto pouco abordado é como a qualidade do ar do interior de uma construção tem sua importância e atinge os seres humanos de forma direta. Além dos materiais, um projetista deve sempre se preocupar em controlar a quantidade de ar do exterior e recirculado, o nível de filtragem ou limpeza do ar, seu movimento, taxa de troca e sua temperatura (KEELER E VAIDYA, 2018).

Grande parte dos materiais utilizados na construção civil e até na produção de móveis são responsáveis por emitirem compostos orgânicos voláteis após sua fabricação ou após sua instalação. Nesse sentido, a ventilação é um ponto essencial em uma edificação para que esses contaminantes sejam removidos. Ademais, é preciso sempre se atentar para o fato de que o sistema de ventilação pode se tornar, por si só, uma fonte de contaminação, por exemplo quando há fungos dentro das serpentinas de resfriamento, e, ainda, quando os dutos estão carregados de poeira devido à falta de manutenção do filtro.

Um ponto bastante importante quando se pensa em qualidade do ar do interior é a localização na qual a edificação será construída. Inúmeros são os fatores locais que podem influenciar a qualidade do ar. Pode-se citar, como exemplo, o radônio, que é um gás incolor e inodoro, produto da desintegração do urânio e do tório, os quais estão presentes em quase todos os solos e rochas. Dessa forma, edificações que são construídas sobre rochas que contenham grandes quantidades de urânio são mais preocupantes.

“Uma solução no caso de gases contaminantes emitidos pelo solo é promover a despressurização ativa do solo e implantar vedações nas rotas de entrada dos gases.”  
(EHIB, 2020.)

Existem os contaminantes externos e internos, os quais são preocupantes quando estão presentes em níveis elevados dentro das edificações. Grande parte dos contaminantes externos provém de gases emitidos por automóveis, fábricas, chaminés, entre outros. Quando o nível dos contaminantes está muito elevado, pode ocorrer o fenômeno conhecido como ‘Smog’

Segundo Rodolfo Alves (2019), *Smog* é o termo usado para definir o acúmulo da poluição do ar nas cidades que forma uma grande neblina de fumaça no ambiente atmosférico próximo à superfície.

Na figura 4, é possível observar a presença do *Smog* em uma cidade na China. *Smogs* se dão pelo acúmulo da queima incompleta dos combustíveis fósseis, por exemplo os gases emitidos pelos carburadores dos carros, juntamente com poeira. Existem três tipos de *smog*, sendo eles: *Smog* urbano, industrial e fotoquímica. O urbano se define pela junção de poluentes gasosos, neblina e poeira. Já o industrial contém compostos mais nocivos à saúde, como o ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), cinzas, fuligem, entre outros. *Smog* fotoquímica ocorre em presença de luz, geralmente em dias muito quentes e secos, e encontra-se em sua composição dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ) que provém dos escapamentos dos automóveis (MUNDO EDUCAÇÃO, 2022).

*Figura 4: Smog na cidade de Pequim, China*



Fonte: disponível em <https://www.esquerda.net/artigo/seguradoras-chinesas-venderam-ap%C3%B3lices-contra-o-risco-de-smog/31925>. Acesso em 20 fev. 2022

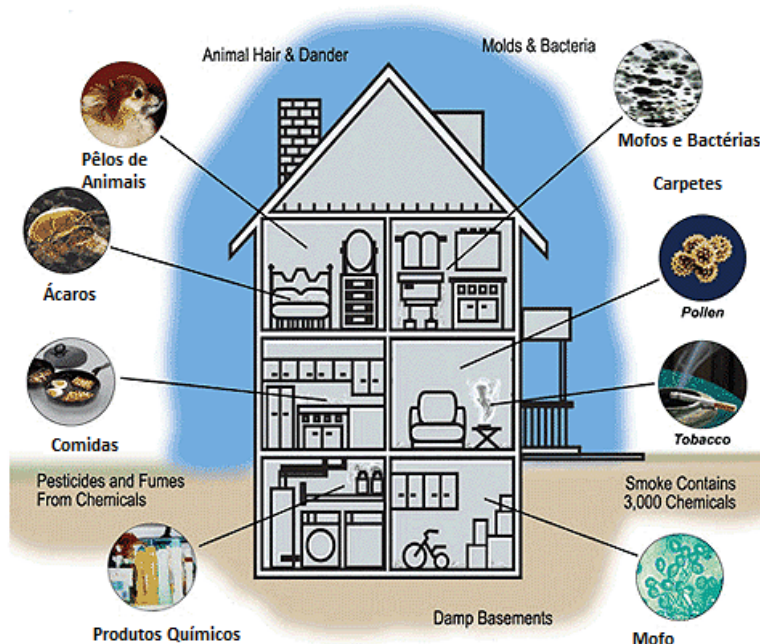
Outro ponto importante a ser levado em consideração dentro do tópico da qualidade do ar dos interiores é controlar o desenvolvimento de micróbios dentro das edificações. Nos dias atuais, os sinistros de seguro contra mofo cresceram tanto que várias companhias exauriram esse tipo de seguro de suas apólices. Entre as principais causas de mofo estão os vazamentos nos sistemas de vedações externas, a condensação nas edificações, e vazamentos nos sistemas hidrossanitários (KEELER E VAIDYA, 2018).

Para se priorizar uma boa qualidade do ar do interior, o projeto integrado exige a participação, desde as fases iniciais do projeto, de arquitetos e engenheiros mecânicos, hidrossanitários, civis, de estruturas e eletricitas, arquitetos de interiores e paisagistas. Nesse sentido, é necessário que seja selecionado um coordenador da qualidade do ar do interior e que reuniões regulares sejam realizadas com as equipes de projeto para se garantir que as metas da qualidade do ar interior sempre estejam de acordo com os padrões de referência para um ambiente saudável do interior (KEELER E VAIDYA, 2018).

Na figura 5 a seguir, é possível visualizar os tipos de contaminantes que podem existir no interior de edificações, em diversos tipos de cômodos, sendo alguns mais preocupantes que outros, e todos com potencial de causar problemas de saúde aos usuários.



Figura 5: Contaminantes presentes no interior das edificações



Fonte: Disponível em <https://www.ecodebate.com.br/2021/09/10/poluicao-indoor-saiba-o-que-e-e-como-evitar/>

O projetista deve selecionar materiais com baixos níveis de emissão, levando em consideração a durabilidade e eficiência do material, e fazer um projeto de vedação externa visando evitar a entrada, condensação e infiltração da água, pois a infiltração de água está relacionada com a produção de fungos (mofos). Por último, deve o projetista estabelecer um cronograma para se realizar a ventilação pré-ocupação (*flush-out*) ou a testagem da qualidade do ar interior (KEELER E VAIDYA, 2018).

Existem alguns mitos sobre a qualidade do ar do interior que precisam ser elucidados, para que cada vez mais, se desenvolva uma consciência coletiva sobre o projeto sustentável. Há diversas fontes que consideram produtos antropogênicos como maléficis e os naturais como benéficos. Nem sempre isso ocorre, pois existem diversos produtos tóxicos de origem natural, como o amianto, o chumbo, as micotoxinas de cogumelos e as saxitoxinas de ostras. Um outro mito reside no fato de se acreditar que a ventilação natural sempre é superior à mecânica.

Essa afirmação não se aplica para todos os casos, pois isso depende muito do clima local, da umidade, do tipo de edificação e de sua localização. Não é útil projetar edificações que recorram à ventilação natural em locais que não contém histórico de ventos, ou pouca

diferença de temperatura entre o interior e o exterior. Em suma, o método mais eficiente para se obter um ambiente no interior livre de contaminantes é selecionar materiais de construção de baixa emissividade (KEELER E VAIDYA, 2018).

A prática de testagem das emissões dos materiais de construção teve início na Europa e inúmeras foram as razões para que isso acontecesse. Uma delas foi devido ao governo alemão estabelecer exigências legais e limites para a quantidade de poluentes aerotransportados perigosos que um material poderia emitir. Uma outra razão foi o surgimento de selos de sustentabilidade (como AgBB, M1 e EMICODE), que realizam pesquisas a respeito da qualidade do ar do interior. Por último, há ainda a razão de grandes empresas como IKEA e Google encorajarem o aperfeiçoamento da testagem de emissões. (KEELER E VAIDYA, 2018, p.88).

Um outro exemplo de País que realiza testagem de forma robusta é a França, que criou o regulamento CMR (toxinas cancerígenas, mutagênicas e disruptoras do sistema reprodutivo), o qual exige que os produtos contenham emissões de tricloroetileno, benzeno, dietilexil ftalato e dibutilftalato abaixo de  $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  após vinte e oito dias de ventilação para eliminar os gases emitidos. Os produtos somente recebem o certificado caso atendam a esses requisitos, que está vigente desde 2010 (KEELER E VAIDYA, 2018).

Como visto anteriormente, para que um projeto seja desenvolvido com uma boa qualidade do ar do interior é necessário que haja uma abordagem multifacetada, e que cada membro da equipe do projeto proponha soluções em sua área. O engenheiro de sistemas mecânicos, com o projeto e zoneamento dos sistemas de distribuição de ar, o civil com a instalação desses sistemas, o comissionante com a realização da testagem e da garantia da qualidade, o arquiteto com a promoção da integração espacial desses sistemas, e por último o arquiteto de interiores e engenheiro civil com a seleção dos materiais de construção e das práticas que minimizarão os efeitos na saúde dos usuários da edificação (KEELER E VAIDYA, 2018).

No que tange ao usuário, é sua responsabilidade e do pessoal de manutenção sempre manter o sistema ativo e funcionando da maneira adequada a longo prazo. O usuário deve dispor de ferramentas flexíveis e eficazes para conseguir regular seu ambiente, controlando a temperatura, umidade, ventilação e a iluminação.

Nesse sentido, pode-se concluir que para se evitar os contaminantes químicos em uma edificação, é necessário que os projetistas escolham de forma minuciosa os materiais de construção, pois os compostos orgânicos voláteis provenientes de algumas tintas e madeiras compósitas, por exemplo, são extremamente prejudiciais à saúde. Além disso, um ponto importante é a ventilação, pois uma má ventilação pode se tornar a fonte dos problemas, uma vez que o ar não circula no ambiente e todos os compostos gerados não são expulsos. Um projeto integrado costuma conter sensores de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), para que se consiga medir de maneira efetiva se a taxa de ventilação do local é adequada. Outrossim, um ambiente com boa circulação de ar, além de eliminar os contaminantes também aumenta a produtividade dos usuários que se encontram no local. (KEELER E VAIDYA, 2018). Na figura 6 é possível observar um sistema de distribuição de ar sob o piso, o qual ajuda tanto no conforto térmico quanto na circulação do ar na edificação.

Figura 6: Sistema de Distribuição de Ar sob o Piso



Fonte: Tate Access Floors, Inc (2019).

O processo conhecido como *flush-out* ocorre após a construção, porém antes da entrada dos móveis e dos usuários, em que é insuflado um grande volume de ar na edificação de maneira contínua e por um período determinado. Esse processo tem como objetivo eliminar os compostos orgânicos voláteis e os particulados, assim como os contaminantes que estavam presentes antes da ocupação da edificação.

Vários profissionais no assunto dizem que os materiais de piso emitem vários contaminantes, entretanto, alguns acreditam que os materiais de limpeza utilizados em pisos podem ser ainda mais tóxicos, gerando mais emissões do que o próprio piso em si. Segundo a U.S. Environmental Protection Agency (EPA), da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, a qualidade do ar interno está entre as cinco principais preocupações no que se refere à saúde humana.

Nesse sentido, a qualidade do ambiente interno é algo que deve ser levado como uma premissa por projetistas, pois, cada vez mais, é possível verificar os impactos negativos que uma má qualidade do ambiente interno pode gerar aos usuários. Além disso, sabe-se atualmente, por meio de estudos e pesquisas que uma boa qualidade interna pode gerar usuários com maior saúde, produtividade e satisfação.

### **3.3 – O consumo energético nas edificações**

O consumo energético é a quantidade de energia utilizada pelos usuários de uma edificação durante um período específico. Pode variar devido a diversos fatores, como potência dos equipamentos e o tempo de utilização dos mesmos.

Várias pesquisas e projetos vêm demonstrando que é possível reduzir o consumo energético de uma edificação em até 80% em relação ao consumo convencional, uma vez que já existem tecnologias para isso. Entretanto, ainda é extremamente complexa e difícil a implementação desse nível de desempenho em larga escala (KEELER E VAIDYA, 2018).

“No Brasil, o setor de edificações responde por parte expressiva do consumo de energia elétrica no país: em 2019, cerca de 50% do consumo desse energético ocorreram em edificações comerciais, residenciais e do setor público” (EPE, 2020).

O termo ‘energia incorporada’ refere-se à energia utilizada durante a execução da edificação e também durante o processo de fabricação e transporte de materiais. Já o termo ‘energia de operação’ se refere à utilização de energia para o funcionamento da edificação, com aparelhos eletrônicos, iluminação do interior e exterior, calefação, refrigeração, ventilação, aquecimento e bombeamento de água, entre outros (KEELER E VAIDYA, 2018).

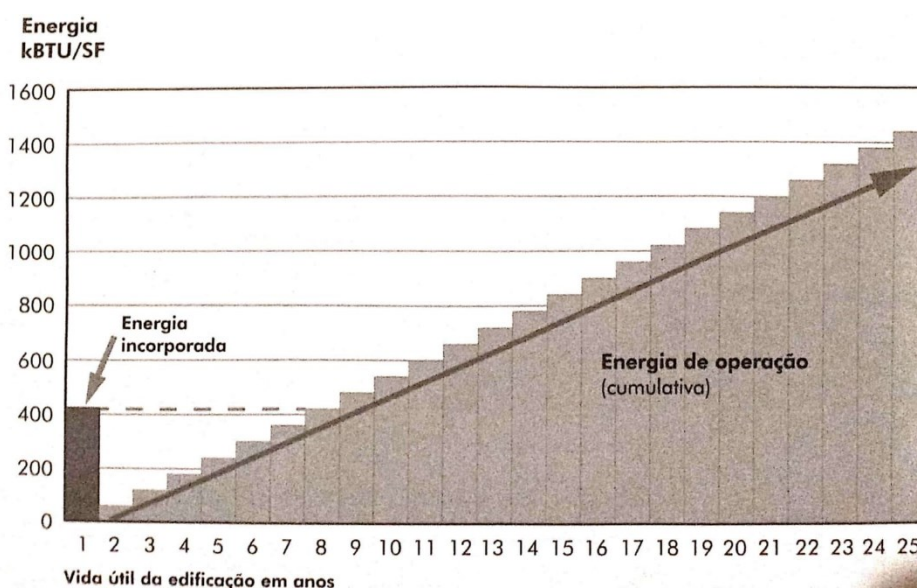
Os projetistas integrados devem se atentar sempre para esses dois tipos de energia. Incorporar materiais menos danosos ao meio ambiente e construir uma edificação com métodos que gerem menos resíduos e gastem menos energia incidem diretamente na energia incorporada. Por outro lado, projetar uma edificação para que, durante seu funcionamento, seja otimizado o uso de energia, incide diretamente na energia de

operação. É importante se atentar para o fato de que, tanto a energia incorporada quanto a de operação devem ser pensadas e arquitetadas pelos projetistas.

No século XX, com a utilização do ferro, do aço e do concreto armado, tornou-se possível projetar prédios altos, com paredes que não necessitam mais ter papel estrutural e passaram assim a ser feitas com materiais mais finos e leves, como o alumínio. Além disso, passou-se a considerar que seria melhor deixar o conforto térmico da edificação a cargo dos equipamentos do que a cargo de um projeto arquitetônico e escolha de materiais.

Em prédios que não foram feitos de forma integrada e que utilizam de condicionamento do ar, a energia de operação ao longo de dez anos de uso excede a energia incorporada total da edificação inteira. Na figura 7, é possível visualizar o consumo de energia incorporada e de operação em uma edificação, conforme sua vida útil.

*Figura 7: Energia incorporada e de operação*



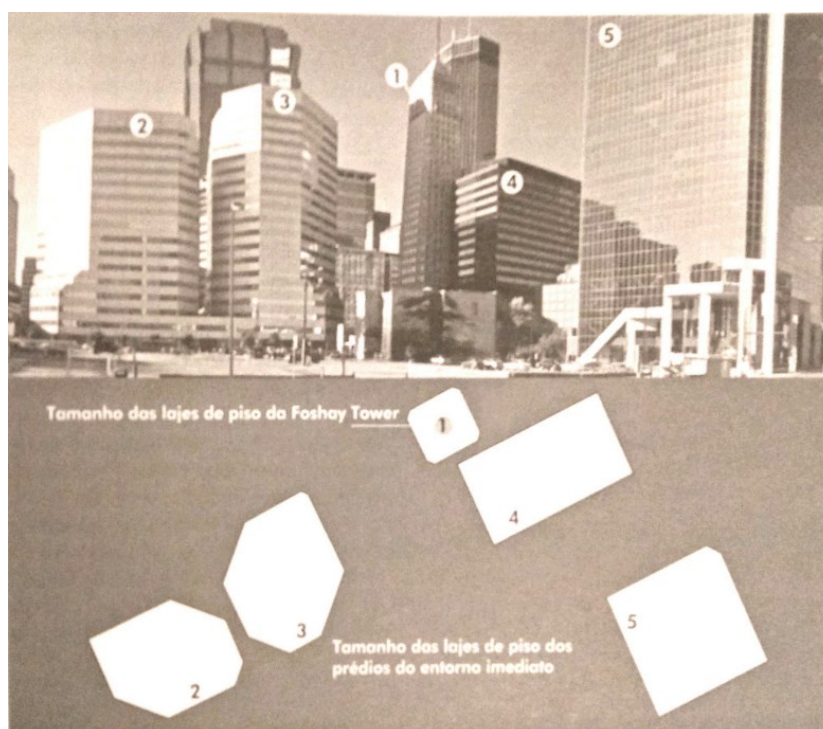
Fonte: Disponível em <https://www.direcionalcondominios.com.br/sindicos/roberto-boscarriol-jr/item/1397-como-gerenciar-o-consumo-de-energia-no-condominio.html>

Antes do advento do ar condicionado, os projetistas amenizavam o calor por meio de técnicas como o sombreamento, a ventilação, os materiais de construção e o aumento da umidade do ar. Nesse sentido, com o surgimento do condicionamento do ar, houve uma revolução nas expectativas de conforto, que mudou grande parte da América do Norte e consequentemente boa parte do mundo (KEELER E VAIDYA, 2018).

Dessa forma, antes deste advento, as edificações utilizavam bastante da iluminação e ventilação natural, tendo como resultado plantas baixas menores, pois os usuários tinham que ficar posicionados perto das janelas ou claraboias. Além disso, eram utilizadas janelas e pés-direitos altos, e percursos que aproveitassem o movimento do ar nos espaços. Porém, com o advento do condicionamento de ar, e também das lâmpadas fluorescentes, o formato das edificações passou a ser alterado de forma considerável (KEELER E VAIDYA, 2018).

Dessa forma, não foi mais necessário que os usuários ficassem perto das janelas para obter iluminação e arejamento e, conseqüentemente, prédios maiores e com plantas maiores começaram a ser construídos. Tais prédios utilizavam muito mais energia de operação comparados com os anteriores, e além disso reduziram o contato do usuário com o meio externo. Na figura 8, é possível se observar a diferença entre a planta do edifício *Foshay Tower* em Minneapolis, construído em 1931, e a planta de outras edificações vizinhas construídas em 1970.

Figura 8: Planta do edifício *Foshay Tower*, em Minneapolis



Fonte: Alan D'Souza (2019)

O acesso à energia, em países em desenvolvimento, auxilia na diminuição da pobreza, na melhoria da saúde da população, no aumento da produtividade e promove,

consequentemente, o crescimento econômico (REPOSITÓRIO BC, 2013). Existem três principais setores que consomem energia em qualquer economia, são eles: transporte, indústria e as edificações.

As edificações do mundo inteiro consomem 32%, durante a operação, do total de energia produzida, segundo pesquisas (SONJA KOEPPPEL, DIANA URGE-VORSATZ, 2007). Além disso, tanto em edificações residenciais quanto em comerciais, metade do consumo energético é gasto somente em conforto térmico e ventilação.

O termo desempenho passivo significa o quanto um prédio consegue proporcionar de conforto aos seus usuários, sem que haja o uso de sistemas mecânicos. Como projetistas integrados, propor projetos com alto desempenho passivo é algo bastante útil, pois quanto maior o desempenho, menor será o consumo energético. Nesse sentido, é necessário estudar o local e o clima antes de se realizar o projeto, visando aproveitar ao máximo as condições da região, para que se aproveite ao máximo o potencial passivo.

Soluções passivas e inteligentes são utilizadas de diversas maneiras, não necessitando ser sempre no projeto. Como exemplo disso, tem-se o governo japonês, que decidiu que não iria aquecer nem resfriar seus prédios entre 20°C e 28°C. Ao invés disso, estimulou que os funcionários ajustassem suas roupas. Como resultado dessa medida, obteve-se uma economia de energia de 210 milhões de quilowatt-hora (kWh) (KEELER E VAIDYA, 2018).

Estudos de campo realizados com edificações e seres humanos descobriram que as pessoas avaliam seus confortos térmicos de modos diferentes se puderem controlar seus climas internos. Além disso, indivíduos que ocupam edificações com ventilações naturais são mais tolerantes em relação à variedade de condições ambientais (KEELER E VAIDYA, 2018).

Uma outra questão importante no que diz respeito a economia de energia é a iluminação. Ela é um resultado da potência e tempo de uso. Projetos integrados de iluminação visam oferecer níveis de iluminação adequados a cada tipo de local, e utilizam, ainda, lâmpadas e luminárias eficientes e regulação dos controles para permitir a dimerização e desligamento das lâmpadas que não estão sendo utilizadas. Porém, antes de se escolher lâmpadas eficientes e automatizadas, é mais importante ainda um projeto passivo eficiente, para que a utilização das lâmpadas e luminárias seja feita somente quando extremamente necessário.

Nos países desenvolvidos, o consumo energético tem como principal causa os sistemas de climatização. Com a introdução das lâmpadas fluorescentes e dos sistemas de ar condicionado nos meados do século XX, juntamente com os novos materiais para estrutura, resultou-se em um modelo construtivo em que os usuários não mais necessitavam estar perto de janelas, nem mesmo estar em contato com o ambiente externo. Dessa forma, tal modelo construtivo trouxe aos projetistas uma certa incapacidade ou mesmo desinteresse pelo projeto passivo. Entretanto, sabe-se que os projetos que utilizam de técnicas passivas são os que possuem menor consumo energético, pois tem como premissa o seu funcionamento sem a dependência de sistemas elétricos ou mecânicos.

### **3.4 – Estratégias para redução das cargas energéticas**

O projeto passivo é uma das etapas mais importantes em direção às edificações com baixo consumo energético. Todavia, nem sempre o projeto passivo consegue suprir as necessidades de conforto requeridas pelos indivíduos. Dessa forma, pode-se suplementar o projeto passivo com sistemas de iluminação e climatização.

“Quando se discute energia, eficiência energética significa gerar a mesma quantidade de energia com menos recursos naturais ou obter o mesmo serviço ("realizar trabalho") com menos energia” (EPE, 2020).

O primeiro passo do projeto integrado de baixo consumo energético é o projeto de arquitetura, mas também o de iluminação e o de seleção dos equipamentos elétricos, sendo que nesta etapa, há a necessidade da colaboração de um engenheiro de climatização.

O segundo passo é projetar sistemas eficientes, de forma a se conseguir gerenciar as cargas residuais, escolhendo sistemas de climatização e ventilação que possuam controles e medidores para mostrarem os dados de energia consumidos.

Já o terceiro passo diz respeito a se projetar sistemas de energia renováveis. Nesse sentido, deve-se, preferencialmente, optar pela geração de energia renovável, geração e consumo *in loco* de biomassa e sistemas térmicos solares.

Por último, mas não menos importante, tem-se a necessidade de se operar as edificações de forma eficiente, ou seja, realizando sempre manutenções, auditorias de energia,



reformas e atualizações, bem como programas de conscientização dos usuários para com a utilização de aparelhos elétricos e mecânicos.

Programar o uso do prédio para minimizar a área climatizada é uma estratégia utilizada no pré-projeto para redução do consumo energético. Prédios que possuem obstáculos que sombreiam o terreno e restringem a visão do céu têm, por si só, uma deficiência de iluminação natural. Entretanto, o sombreamento também pode ser utilizado como estratégia para limitar os ganhos solares.

No que se refere aos terrenos que possuem orientação norte (no hemisfério sul) podem ter mais acesso à luz solar para utilizar sistemas de calefação passiva, aquecimento solar de água e energia fotovoltaica.

Nas cidades antigas, em que o projeto passivo era sempre o mais utilizado (por motivos de necessidade), é possível notar-se plantas com o formato de letras (H ou U). Esses formatos de planta permitem que uma ala da edificação projete sombras sobre a outra ala. Além disso, a forma de uma edificação pode ser utilizada com o objetivo de criar uma diferença de pressão entre os lados de barlavento (sob pressão positiva do vento) e sotavento (sob pressão negativa do vento) (KEELER E VAIDYA, 2018).

As janelas oferecem iluminação natural, ventilação e vistas, fazendo com que os usuários sejam conectados com o meio exterior. Logo, a janela tem uma importante função para as edificações. No entanto, elas precisam ser dimensionadas da maneira correta, pois janelas superdimensionadas podem fornecer calor excessivo no verão, além de não conservarem a temperatura durante o inverno. Um projeto que visa um baixo consumo energético deve requerer atenção dos projetistas quanto ao dimensionamento, desempenho e localização das janelas. A tecnologia no que diz respeito às janelas tem crescido bastante, desde a década de 1970. Vários países já utilizam janelas com vidros duplos e isolamento térmico. Além disso, janelas com vidros triplos ou que incorporam películas de poliéster também são utilizados (KEELER E VAIDYA, 2018).

Existem três fatores importantes em relação à seleção de janelas para uma edificação: O fator U, o coeficiente de ganhos térmicos solares (CGTS) e a transmitância visível (TV). Tais índices demonstram o desempenho geral dos sistemas de janela, incluindo esquadrias e vidraças. Nos Estados Unidos, o *National Fenestration Rating Council (NFRC)* oferece procedimentos de testagem e um grande sistema de classificação energética para o sistema de janela inteiro. O rótulo NFRC é uma maneira confiável de entender o

desempenho energético de uma abertura e fazer uma comparação com diferentes produtos (KEELER E VAIDYA, 2018).

O fator U diz respeito à medida da taxa de perda ou ganho térmico por condução através de um sistema de janela. Baixos valores U indicam baixa condutividade e conseqüentemente um bom isolamento. Valores U baixos são recomendados para climas frios. Já o coeficiente de ganho térmico solar (CGTS) se resume à razão entre a radiação solar que entra no sistema e a radiação total que incide no mesmo. Por exemplo, um CGTS de 0,5 indica que metade da radiação que incidiu em uma janela chegou ao interior. Em climas frios em que o ganho térmico solar é desejado principalmente durante o inverno, recomenda-se janelas com coeficiente de ganho térmico maiores. Já o último fator, a transmitância de luz visível (TV) indica o percentual de luz visível que incide no sistema da janela que é transmitido ao interior.

As esquadrias de vinil têm um desempenho térmico comparável com as de madeira, mas a diferença é que as de vinil praticamente não precisam de manutenção. Entretanto, sabe-se que o vinil é um material que está sujeito a maior dilatação e retração por consequência das variações de temperatura. Pode-se encher as esquadrias de vinil com isolante para evitar a dilatação e retração excessiva. Além desses materiais, há também esquadrias de fibra de vidro, que contém um ótimo desempenho térmico e baixíssima manutenção, assim como o vinil.

Um projeto que tem como objetivo um baixo consumo energético deve ser aprimorado com métodos de proteção solar adequados. Elementos para sombreamento externos, como beirais, marquises, toldos, treliças e venezianas tendem a reduzir o ganho térmico solar não desejável em até 80% (KEELER E VAIDYA, 2018). O ideal é fazer a combinação entre elementos de sombreamento fixos e móveis, de forma que os elementos fixos protejam durante as horas de pico do verão, e os móveis (reguláveis) aumentem o número de horas com proteção solar efetiva. Além disso, podem-se utilizar árvores, trepadeiras e plantas com o objetivo de proteção solar.

A utilização de claraboias também é bastante efetiva para projetos que visam aproveitar a luz diurna ao máximo e, conseqüentemente, proporcionam economia na utilização de iluminação artificial. Uma vez bem dimensionadas, as claraboias fornecem iluminação uniforme para dentro das edificações sem perdas ou ganhos térmicos excessivos. Nesse sentido, é importante que um projetista utilize claraboias em seu projeto, pois é uma forma

de, além de economizar com o que seria gasto na utilização de iluminação artificial, deixa o ambiente mais bonito, com vista para o céu e possibilidade de aproveitar a luz solar durante as tarefas diárias. Na figura 9, é possível ver uma casa com a presença de claraboia que, como pode-se ver, além de propiciar iluminação para o ambiente, deixando-o agradável, favorece a economia de energia pelo aproveitamento da luz natural.

*Figura 9: Claraboia em Edificação*



Fonte: disponível em <<https://carluc.com.br/projeto-arquitetonico/claraboia/>>. Acesso em 24 fev. 2022

“A alvenaria de vedação é dividida entre interna e externa. A alvenaria interna tem objetivo apenas de separar os ambientes internos, enquanto a externa deve apresentar resistência à umidade e aos movimentos térmicos, resistência à pressão do vento e também, apresentar resistência à infiltração de águas pluviais” (ESCOLA ENGENHARIA, 2019).

Um ponto importante são as vedações externas herméticas, que têm como função a criação de uma barreira térmica das fundações até a cumeeira do telhado, passando também por superfícies cegas das paredes e ao redor de portas e janelas. Tais vedações tem como principal função diminuir a circulação descontrolada de ar entre o meio interno e externo, o que faz com que o projeto passivo seja melhor contemplado, além de reduzir a energia que seria gasta com sistemas ativos de resfriamento e calefação.

Dessa forma, a implantação de vedações de boa qualidade em edificações é um ponto que deve-se ser levado como uma premissa por projetistas, pois é uma forma de se reduzir as cargas energéticas, além de otimizar o projeto passivo do local.

Um outro aspecto importante para se conseguir reduzir as cargas energéticas é a redução do consumo energético por meio de lâmpadas ou outras fontes luminosas. Em projetos luminotécnicos eficientes, deve-se atentar para o fato de que a escolha da lâmpada e luminária corretas é de extrema relevância, com possibilidade de desligamento das lâmpadas quando não estiverem sendo utilizadas. Sistemas de controle de iluminação manuais e automáticos são utilizados para melhorar o projeto de iluminação, oferecendo mais flexibilidade aos usuários, e gerando economia de energia. Um bom exemplo de controle manual da iluminação são os *dimmers*, também conhecidos como variador de luminosidade. Além da iluminação, alguns *dimmers* também são utilizados para o controle de velocidade de ventiladores, liquidificadores e outros eletrônicos. Na figura 10, pode-se observar um exemplo de *dimmer*.

Figura 10: Dimmer Rotativo



Fonte: disponível em

[https://cdn.leroymerlin.com.br/products/dimmer\\_rotativo\\_para\\_embutir\\_universal\\_bivolt\\_qd31\\_qualitronix\\_86681910\\_0002\\_600x600.jpg](https://cdn.leroymerlin.com.br/products/dimmer_rotativo_para_embutir_universal_bivolt_qd31_qualitronix_86681910_0002_600x600.jpg) . Acesso em 26 fev. 2022

Uma ótima estratégia também é utilizar controles automáticos e manuais de luminosidade em conjunto. Dessa forma, os controles automáticos regulam as lâmpadas de iluminação gerais, e os manuais regulam aquelas sobre o plano de trabalho. Acrescido a isso, sensores de ausência e temporizadores podem ser utilizados para que as lâmpadas desliguem quando os usuários estiverem ausentes.

Em edificações residenciais, os equipamentos elétricos que utilizam maiores cargas de energia são os eletrodomésticos, como por exemplo as máquinas de lavar roupas e pratos, as geladeiras, as televisões, chuveiros e os aparelhos similares. Já em edificações comerciais, as cargas utilizadas são majoritariamente de equipamentos de escritórios, como computadores, entre outros. Cumpre ressaltar que as cargas dos equipamentos

elétricos, além de consumirem eletricidade, também emitem calor para os espaços internos.

Pode-se acrescentar ainda que, para uma redução do consumo energético, deve-se priorizar o aproveitamento da luz solar e para iluminação e aquecimento, e também escolher materiais que reduzam o ganho térmico. Nesse sentido, a calefação passiva é obtida através de uma combinação de técnicas como: orientação solar, volumetria, localização e dimensionamento de janelas, utilização de massa termo acumuladora e isolamento em paredes, pisos e coberturas e elementos de isolamento térmico móveis. Dessa forma, para o projeto de calefação passiva, um ponto essencial é a orientação solar, além da presença de vedações bem isoladas e a utilização de câmaras de ar. Na figura 11, é demonstrada uma edificação que possui um bom aproveitamento da luz solar por meio das portas e janelas envidraçadas, além de possuir um ótimo isolamento, fazendo assim com que a calefação passiva seja contemplada de forma efetiva.

*Figura 11: Edificação com aproveitamento da luz solar*



Fonte: disponível em <https://www.smarterhomes.org.nz/smart-guides/design/passive-heating/>. Acesso em 26 fev.

2022

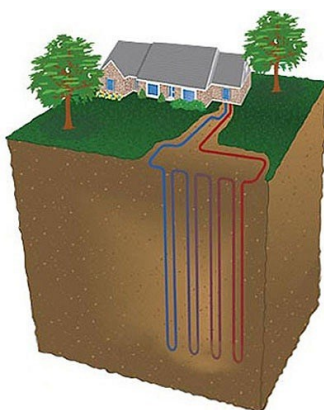
No caso do resfriamento passivo, há um desafio um pouco maior quando comparado com a calefação passiva, pois na calefação aproveita-se a luz solar, que é gratuita e acessível para todos os seres humanos. Já no resfriamento passivo, utiliza-se difusores de calor disponíveis na natureza, como o ar, a água, o céu e a terra. Pode-se citar 4 tipos de resfriamento passivo: Ventilação natural, resfriamento por evaporação, resfriamento geotérmico e resfriamento por radiação (KEELER E VAIDYA, 2018).

De forma breve, a ventilação natural utiliza do movimento do ar para aumentar a evaporação da pele. O resfriamento por evaporação se dá através de resfriadores evaporativos ou *desert coolers*. A abordagem de resfriamento por evaporação utiliza

energia elétrica, entretanto a quantidade é muito menor quando comparada à utilizada por aparelhos de condicionamento de ar tradicionais (KEELER E VAIDYA, 2018). O resfriamento geotérmico aproveita da temperatura do solo (cerca de 6m de profundidade, pois é a partir dessa cota que as temperaturas não variam tanto). Dessa forma, utilizando da temperatura baixa do solo, pode-se aproveitar essa temperatura como uma armadilha de calor para dissipar o calor presente em uma edificação.

Já o resfriamento por radiação é uma técnica que consiste na irradiação do calor para o céu noturno. Esse tipo de radiação funciona melhor em climas secos do que úmidos, uma vez que a umidade pode obstruir a radiação. Essa técnica costuma ser utilizada nas coberturas, uma vez que é a parte mais exposta ao céu, sendo assim as principais irradiadoras de calor de uma edificação. Assim, as coberturas devem ser cobertas por materiais que sejam bons emissores de radiação com ondas longas (KEELER E VAIDYA, 2018). Na figura 12, nota-se um sistema de resfriamento geotérmico.

Figura 12: Sistema de Resfriamento Geotérmico



Fonte: disponível em <https://ciclovivo.com.br/wp-content/uploads/2017/07/what-is-dandelion-2.jpg>. Acesso em 28 fev. 2022

Ainda dentro do projeto passivo, sabe-se que a iluminação natural é muito efetiva, e utilizada principalmente em edificações não residenciais. Tem-se que as principais fontes de luz utilizadas nesse tipo de projeto são: a luz do sol, a luz difusa das nuvens, a luz difusa da abóboda celeste de um céu limpo e a luz diurna refletida pelo ambiente externo (KEELER E VAIDYA, 2018).

Um bom exemplo de material que é utilizado no Brasil em menor escala, mas amplamente utilizado em Países como Estados Unidos e Finlândia é a madeira como elemento estrutural nas edificações. É um material que desde os tempos antigos já era usado na

construção civil. Existe um falso conceito de que o uso de madeira na construção aumenta o desmatamento da Amazônia e outras matas, entretanto, os maiores responsáveis pelo desmatamento na Amazônia são a agricultura e pecuária extensiva (NEOIPSUM, 2021)

O uso da madeira como elemento estrutural nas edificações, quando feita de forma racional, pode gerar um maior equilíbrio ambiental, a quantidade de energia gasta durante o tratamento e fabricação da madeira é muito menor e gera menos resíduos sólidos do que o tratamento e fabricação do aço, alumínio e cimento, por exemplo. Acrescido a isso, há o fato de que a madeira é um material reciclável o qual é usado para outros fins após a construção.

No entanto, a madeira possui algumas desvantagens, por exemplo é um material altamente inflamável, é mais suscetível a fungos e insetos do que o cimento, alumínio e aço. Além disso, a madeira é um material que se dilata com facilidade quando é colocada em contato com ambientes de umidades elevadas. Pode-se ver, na figura 13, uma edificação construída totalmente com madeira

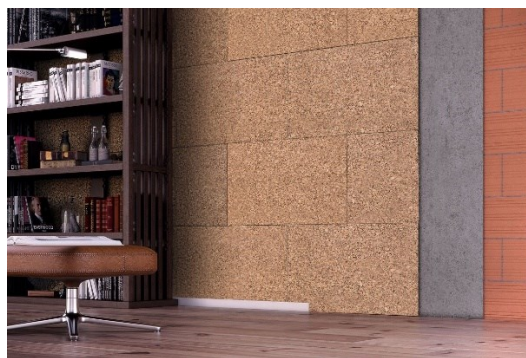
*Figura 13: Edificação construída com madeira*



Fonte: Disponível em <https://neoipsum.com.br/madeira-na-construcao/>

A cortiça é outro material que é utilizado nas edificações, e tem Portugal como seu principal produtor. É um material que tem várias vantagens, podendo ser utilizado em isolamentos térmicos, sistemas de absorção acústica de ambientes, além de ser um material extremamente resistente ao fogo e ecológico, uma vez que é reciclável, biodegradável e renovável. Na figura 14 é possível observar a cortiça sendo utilizada como isolante térmico.

Figura 14: Aplicação de cortiça em isolamento térmico



Fonte: Disponível em <https://www.jcdecor.com.br/blog/saiba-mais-sobre-os-usos-e-propriedades-da-cortiça/#:~:text=Resist%C3%A2ncia%20a%20mofa%3A%20pela%20sua,ou%20na%20conserva%C3%A7%C3%A3o%20de%20bebidas>.

### 3.5 – Energias renováveis, sistemas de consumo de energia líquido zero

Segundo o *blog* BlueSol (2019), as fontes de energia renováveis são aquelas que possuem um ciclo de renovação em escala de tempo humana, ou seja, estão sempre disponíveis para utilização e não se esgotam, sendo a principal delas a energia solar proveniente da luz do sol, além das fontes eólica, biomassa, hídrica, maremotriz e geotérmica.

O conceito básico de um sistema de consumo energético líquido zero é de edificações que atendam todas as suas exigências energéticas tendo como base fontes energéticas de baixo custo e disponíveis no local da edificação. Um prédio com consumo líquido positivo gera mais energia renovável do que consome. O projeto de prédios com consumo energético líquido zero é orientado por dados e para o bom desempenho, tendo o uso de tecnologias de última geração e utilização de estratégias de projeto passivo.

Para que uma edificação tenha consumo líquido zero de energia, o seu desempenho energético é medido durante todo o decorrer do ano, pois considera-se toda a operação da edificação durante as estações.

Fontes energéticas que não se renovam durante um curto prazo de tempo, como por exemplo o óleo à base de petróleo, o gás natural, o carvão mineral, a energia nuclear e as hidrelétricas de larga escala, são consideradas não renováveis. Fontes de energia renováveis mais comuns são: a solar, a eólica, a biomassa e a geotérmica.



Dentre as tecnologias de energias renováveis mais comuns, tem-se a energia fotovoltaica, a qual utiliza energia do sol proveniente na forma de luz. Para isso, utiliza-se de células fotovoltaicas que usam materiais semicondutores, fazendo a conversão da luz solar, que incide de forma direta nas placas, em eletricidade contínua. É utilizado, então, um inversor para que a corrente contínua seja transformada em alternada antes de ser conectada a uma rede.

A eficiência de um sistema fotovoltaico depende do material e da composição do semicondutor. Além disso, o sombreamento, a orientação solar e a inclinação dos painéis são fatores que determinam a geração efetiva de energia (PORTAL SOLAR, 2022). Na Figura 15, é possível ver um painel fotovoltaico instalado.

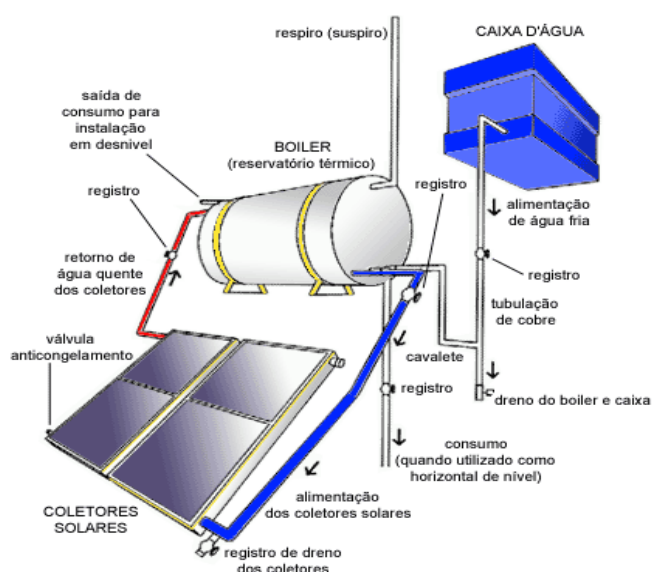
*Figura 15: Painel Fotovoltaico*



Fonte: disponível em <http://umbriaprivate.com.br/blog/?p=532>. Acesso em 6 de mar. 2022

No que diz respeito ao aproveitamento de energia térmica solar para a calefação, têm-se os coletores térmicos, os quais captam a radiação solar para utilização do calor nos ambientes, como por exemplo geração de água quente para uso doméstico. Esses coletores de energia térmica devem ser localizados em locais de sombreamento mínimo. Uma boa estratégia é orientá-los para o norte (no Hemisfério Sul). Na Figura 16, é demonstrado como funciona um coletor térmico.

Figura 1616: Funcionamento de um Coletor Térmico



Fonte: disponível em <http://www.solevale.com.br/como-funciona-o-aquecedor-solar>. Acesso em 6 mar. 2022

Ainda dentro do contexto de energias renováveis, tem-se a energia eólica, a qual utiliza energia cinética e a transforma em eletricidade. A energia gerada depende do diâmetro do rotor e da velocidade do vento no local. Outro fator relevante é a altura da turbina, pois maiores alturas em relação ao solo resultam em maiores velocidades de vento e, conseqüentemente, maior geração de energia. Esse tipo de energia requer espaços grandes para a implantação, sendo mais interessante sua utilização em locais como campus universitários ou em pequenas comunidades (KEELER E VAIDYA, 2018). Além disso, possuem necessidade de manutenção regular. Na Figura 17, pode-se notar turbinas eólicas sendo utilizadas para geração de energia.

Figura 17: Turbinas Eólicas em funcionamento

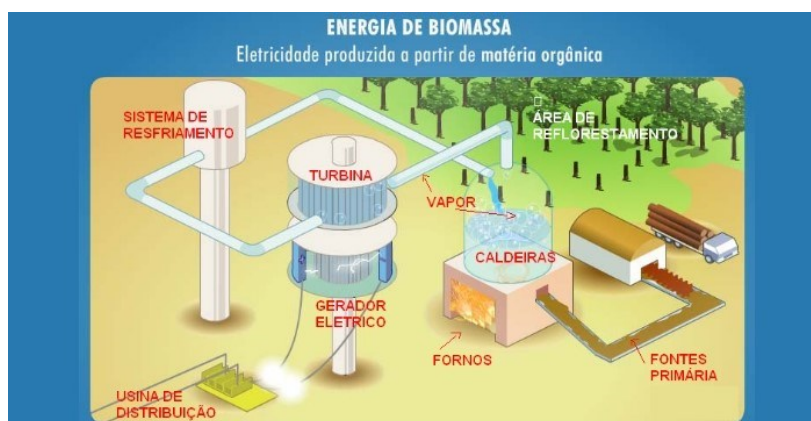


Fonte: disponível em <https://share.america.gov/pt-br/reciclar-pas-de-turbinas-eolicas-antigas-pode-ser-proxima-oportunidade-de-negocio/>. Acesso em 06 mar. 2022

Há ainda, a possibilidade de geração de energia a partir da biomassa, que é a matéria orgânica, que pode ser cultivada e reabastecida dentro de um período curto. Ela pode ser

utilizada para geração de energia direta a partir da combustão como biocombustível, utilizando-se um processo bioquímico ou químico. Alguns exemplos de biomassa utilizados são: i) serragem, ii) cavaco de madeira, iii) cânhamo, iv) bambu, entre outros (KEELER E VAIDYA, 2018). A biomassa ou o biocombustível é queimado a fim de gerar vapor de água, que aciona uma turbina e gera eletricidade a um nível de eficiência entre 20% e 40% e produz calor residual. Há casos em que esse calor residual é aproveitado na calefação. Uma das vantagens da energia da biomassa comparativamente com a eólica e a solar, é o fato de que a disponibilidade ao longo do dia e do ano é sempre alta. Na Figura 18, pode-se ver o esquema de geração de energia a partir da biomassa.

Figura 18: Geração de energia a partir da biomassa



Fonte: disponível em <https://www.portal-energia.com/o-que-e-energia-biomassa/>. Acesso em 6 mar. 2022

O fator mais relevante para se ter uma edificação com consumo energético líquido zero é a capacidade de geração de energia renovável. No entanto, a geração de energia renovável depende das fontes disponíveis no local, como por exemplo os ventos, a biomassa. Por outro lado, a redução do consumo também é importante, e se deve em grande parte à utilização de tecnologias eficientes em energia e à viabilidade das abordagens passivas de projeto, as quais também dependem das condições do terreno e do local em que a edificação se encontra. Projetos que têm consumo de energia líquido zero utilizam, no geral, mais estratégias passivas do que edificações convencionais.

### 3.6 – Conservação da Água

Segundo o site Tec Drill (2016), a impermeabilização do solo das cidades, intensificada pelo uso do asfalto, concreto e calçamento, reduz a infiltração da água, deixando também de abastecer os cursos subterrâneos. Além do consumo energético líquido zero, um projetista de edificações sustentáveis também deve saber como as edificações e as paisagens construídas influenciam na qualidade e na conservação da água.

As cidades tiveram sua formação, grossamente, de forma semelhante. Começaram como centros de transporte e vilarejos agrícolas até se tornarem grandes metrópoles. Ao longo desse período de transformação a que estão sujeitas as cidades, os sistemas hídricos naturais foram sendo modificados e reorientados a fim de se criarem terras secas para serem ocupadas por seres humanos. Essa progressão das cidades trouxe, por fim, áreas urbanas cobertas por superfícies impermeáveis, como ruas, estacionamentos, prédios, casas, os quais impedem a infiltração da água que antes infiltrava com facilidade nestes locais. Na atualidade, o escoamento pluvial ocorre por meio de superfícies impermeáveis, levando toda essa água aos sistemas de captação de águas pluviais e corpos d'água naturais, como córregos, lagos, baías e oceanos.

Uma vez que o ambiente e o fluxo natural da água é interrompido, diversas consequências são geradas para o meio ambiente e para os ecossistemas específicos que existiam nesses locais. No entanto, parte desses efeitos adversos podem ser revertidos com estratégias específicas, as quais promovem o uso de sistemas ecológicos naturais para administrar a qualidade e o volume das águas pluviais. Os projetistas de edificações sustentáveis devem estar cientes do que pode ser feito e quais ações são importantes para que a água, um recurso tão essencial, seja preservada e utilizada com inteligência.

As águas pluviais carregam poluentes misturados e acumulados nas superfícies impermeáveis, levando-os até os sistemas aquáticos naturais, o que resulta em graves danos aos ecossistemas desses ambientes. Deve-se, portanto, saber quais são os tipos de poluentes que são encontrados na água da chuva, quais são suas fontes e ter conhecimento da maneira pela qual eles são removidos antes que entrem nos sistemas naturais. No geral, os poluentes que se solubilizam na água são removidos apenas através de tratamento químico ou biológico com plantas ou organismos do solo. A contaminação biológica ocorre quando há contaminação da água por meio do contato entre micro-organismos da vegetação ou do solo (KEELER E VAIDYA, 2018).

Os sedimentos que se encontram nas águas pluviais são provenientes da erosão do solo. Todos os tipos de terreno geram sedimentos, no entanto, os locais que não possuem proteção ou são degradados são responsáveis por quantidades grandes de sedimentos. Os poluentes que são carregados juntamente com os sedimentos são, na maior parte dos casos, mais prejudiciais à qualidade da água do que os sedimentos em si.

A matéria orgânica existente, como folhas, gravetos, resíduos de animais, e materiais gerados pelo homem como, por exemplo, o papel, lixo orgânico, entre outros, também são responsáveis por contaminar a água pluvial. O maior problema da matéria orgânica é o fato de ela servir de alimento para as bactérias e organismos, fazendo com que se multipliquem e consumam o oxigênio presente na água, o que prejudica a vida selvagem do local. Além de se tornar poluída e não permitir vida aquática pelo exaurimento do oxigênio na água, um forte odor também é emitido.

As bactérias provenientes dos dejetos de animais de estimação e outros animais que fazem parte do cotidiano das cidades, como pombas, gaviotas, esquilos, ratos, baratas e camundongos também são extremamente prejudiciais para a água pluvial. Além disso, transbordamentos de sistemas de coleta de águas fecais também são fontes de bactérias potentes.

Na água que escoar superficialmente é possível encontrar metais como cobre, mercúrio, cromo, chumbo, ferro, alumínio, manganês, boro, zinco e cádmio (KEELER E VAIDYA, 2018). Tais metais são provenientes de várias fontes, como conservantes de tintas, emissões de automóveis, lançamentos industriais e comerciais. Esses metais presentes na água da chuva que escoar são tóxicos para as formas de vida de sistemas aquáticos, e em casos extremos também podem contaminar fontes de água pública. Uma vez que metais se acumulam nos tecidos adiposos de animais aquáticos, quantidades tóxicas conseguem subir na cadeia alimentar, afetando os seres humanos que tem uma dieta baseada em animais aquáticos. Os metais mais preocupantes são o chumbo, o cobre, o cádmio, o cromo e o zinco (KEELER E VAIDYA, 2018).

Os pesticidas que são utilizados para controlar as pragas animais nas plantações podem ser carregados pelo escoamento da chuva também. Da mesma forma que ocorre no caso dos metais, as substâncias químicas sintéticas e tóxicas provenientes dos pesticidas se prendem nos sedimentos e se dissolvem na água quando entram em contato com o meio

aquoso. Também são acumulativas nos animais aquáticos e toda a cadeia alimentar, até chegar no ser humano.

Os óleos e outros agentes lubrificantes vazam de veículos e são coletados pela chuva nos locais onde o uso de automóveis é intenso. A maior parte dos óleos e gorduras se prendem aos sedimentos, chegando ao fundo dos corpos aquosos, e afetando de maneira drástica os organismos que habitam no fundo (KEELER E VAIDYA, 2018).

Os fertilizantes e outros nutrientes vegetais utilizados em plantas possuem nitrogênio e fósforo. Essas substâncias, quando atingem os corpos de água, costumam provocar o desenvolvimento indesejável de bactérias, algas e plantas, o que resulta em uma superpopulação desses organismos na água, causando o fenômeno conhecido como eutrofização, que ocorre com o acúmulo de nutrientes na água, o que provoca o crescimento exacerbado de plantas e algas, as quais reduzem a quantidade de oxigênio disponível nas águas (KEELER E VAIDYA, 2018).

Um dos grandes desafios dos projetistas é integrar sistemas de base ecológica e natural ao projeto de infraestrutura, arquitetura e paisagismo para reduzir os impactos da urbanização na qualidade da água e remover os poluentes que se aderem às águas pluviais. É importante se ter um projeto do terreno, controle das fontes e tratamento, conforme será descrito a seguir.

O planejamento do terreno é importante pois pode minimizar os impactos do escoamento superficial da chuva desde o início do projeto. Os córregos, pântanos e a vegetação pré-existente do terreno, além de serem agradáveis pela beleza natural, oferecem ainda recursos de drenagem natural, filtram a água e ainda abastecem os lençóis freáticos. A vegetação consegue manejar o escoamento de forma natural, uma vez que a água fica retida em folhagens, facilitando assim a infiltração da água no solo.

Analisando de forma aprofundada os padrões de drenagem e de topografia de um terreno, é possível aproveitar das redes de drenagem que já existem no local para se organizar o empreendimento. A utilização da terraplenagem pode impactar de forma preocupante na qualidade da água, pois lança sedimentos nos corpos de água receptores.

Os solos impermeáveis são aqueles que possuem estruturas como pátios, moradias, ruas, entre outros. Uma importante solução para se controlar o volume da água com o escoamento superficial é minimizar essas superfícies impermeáveis, fazendo com que

haja várias descontinuidades entre elas. Tal técnica permite o tratamento localizado da água do escoamento, ao invés de ter de lidar com grandes quantidades de água resultantes de grandes áreas impermeáveis sem descontinuidade. Além de facilitar o tratamento, essa técnica também evita que os poluentes se misturem na água em altas concentrações. Por último, a descontinuidade das áreas impermeáveis também diminui a velocidade e o fluxo da água, o que aumenta, consequentemente, a recarga do lençol freático do local (KEELER E VAIDYA, 2018).

A qualidade da água está relacionada com a quantidade da água a tratar. Uma vez que a água que é utilizada no cotidiano é conservada, resultará em uma menor quantidade de água para limpar e tratar antes que ela entre novamente nos sistemas naturais.

Existem algumas práticas de manejo e tratamento da água para reutilização posterior. Uma envolve levar a água a um local de reserva e permitir que ela infiltre de forma lenta no terreno, o que elimina alguns poluentes, pois o solo exerce uma função de retirar as partículas poluentes da mesma forma que os filtros de ar eliminam as partículas de poeira presentes no ar (KEELER E VAIDYA, 2018).

Um ponto importante é o de que para utilizar esta técnica de infiltração, é necessário que o solo do terreno apresente taxas moderadas de permeabilidade, pois altas permeabilidades não permitem que o solo filtre, uma vez que a água se infiltra com uma velocidade alta no solo diretamente aos lençóis freáticos, e baixas taxas de permeabilidade resultam em infiltrações desprezíveis. Um exemplo são as bacias de infiltração, que além de serem extremamente eficientes em termos de remoção dos poluentes, também reabastecem o lençol freático. Além do solo, algumas técnicas envolvem a utilização de plantas também, para que a filtragem seja feita de forma mais eficiente, uma vez que as plantas conseguem filtrar e eliminar as impurezas da água também, o que é conhecido como biofiltrage (KEELER E VAIDYA, 2018).

Dessa forma, é necessário que haja utilização de técnicas construtivas que visem soluções para esses tipos de problemas. Altas taxas de impermeabilização do solo geram diversos problemas, como já vistos anteriormente: incapacidade de recarga do lençol freático, transporte e transmissão de bactérias e matéria orgânica, entre outros. Nesse sentido, a conservação e o manejo da água são aspectos cruciais para que as futuras gerações prosperem dentro do âmbito da sustentabilidade.

#### 4 – Conclusão

Em suma, pode-se concluir que para que um projeto de edificação sustentável seja efetivado, os projetistas devem se envolver com o projeto desde o início, avaliando todas as áreas da edificação, para que se obtenha o maior êxito possível no que diz respeito a se construir de forma sustentável. Pode-se observar que alguns materiais que geram resíduos tóxicos ainda são utilizados nas construções, e que, além disso, há uma baixa conscientização dos usuários a respeito desses possíveis produtos nocivos. Uma revisão dos materiais e uma maior clareza por parte das empresas com relação aos produtos utilizados é uma boa opção para que seja construída, cada vez mais, uma sociedade mais respeitosa com o meio ambiente, que vise construir e, ao mesmo tempo, não gerar resíduos e produtos tóxicos ao meio ambiente.

Um outro ponto importante que pode ser notado é o de que, com o avanço nos sistemas de climatização o projeto passivo foi sendo deixado de lado. No entanto, sabe-se que quando feito de forma inteligente, o projeto pode prover uma redução no consumo energético e ainda funcionar de forma auxiliar aos sistemas de climatização. Nesse sentido, é evidente que, com um projeto passivo e sistemas de climatização inteligentes, o consumo energético diminua de forma efetiva, e caso se adote técnicas de geração de energia in loco, esse consumo possa ser reduzido de forma que se consuma menos do que se gera, resultando em um sistema de consumo energético líquido zero.

Atualmente, diversos projetos já contam com concepções sustentáveis, por exemplo Canadá, que utiliza bastante da madeira de pinus nas suas construções, evitando assim a utilização de materiais como cimento, aço e alumínio. Também pode-se citar o Japão, o qual adota em suas edificações o bambu como elemento estrutural. Há, ainda, o exemplo de Portugal e a produção de cortiça, as quais são utilizadas também nas edificações. Todos esses materiais são recursos renováveis e recicláveis e, portanto, são boas opções dentro das diversas opções ecológicas que existem no mercado.

Por último, sabe-se que a água é um dos maiores bens que o planeta tem, e deve-se, dessa forma, utilizar-se de técnicas e soluções inteligentes para que o gerenciamento desse bem tão precioso seja feito da maneira mais sustentável possível, visando sempre as futuras gerações de humanos, animais e vegetais que habitarão o planeta.



## Referências Bibliográficas

KEELER, Marian, VAIDYA, Prasad. **FUNDAMENTOS DE PROJETO DE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS**. 2ª Edição. Ed. Porto Alegre, 2018.

**Healthy Building**. “EPA REAFFIRMS PVC’s NEGATIVE HEALTH IMPACTS”. Disponível em: <https://healthybuilding.net/blog/25-epa-reaffirms-pvcs-negative-health-impacts>

**Mvplásticos**, 2017. “VOCÊ SABE O QUE É UM POLÍMERO PLÁSTICO?” Disponível em: <http://www.myplasticos.com.br/blog/curiosidades/voce-sabe-o-que-e-um-polimero-plastico/3#:~:text=Os%20pl%C3%A1sticos%20s%C3%A3o%20materiais%20org%C3%A2nicos,a%20fabrica%C3%A7%C3%A3o%20dos%20mais%20variados>

“ALVENARIA DE VEDAÇÃO – VANTAGENS E DESVANTAGENS”, 2019, **Escola Engenharia**. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/alvenaria-de-vedacao/>

**Portal Solar**. “TUDO SOBRE A EFICIÊNCIA DO PAINEL SOLAR”. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-eficiencia-do-painel-solar.html>

**Brasil Escola**, 2022. “USO DE GASES TÓXICOS NA PRIMEIRA GUERRA MUNDIAL”. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/guerras/uso-gases-toxicos-na-primeira-guerra-mundial.htm>

**Centers for Disease Control**, 2005. “FACTS ABOUT PHOSGENE”. **CDC Fact Sheet**. Disponível em: <https://www.bt.cdc.gov/agent/phosgene/basics/pdf/phosgene-facts.pdf>

**Trade Secrets**, 2022. “THE EVIDENCE”. Disponível em: <http://www.pbs.org/tradesecrets/evidence/evidence.html>

ANASTAS, Paul, WARNER, John, **GREEN CHEMISTRY: THEORY AND PRACTICE**. 1<sup>st</sup> Edition. Ed: Oxford University Press , 2000.

EHIB, 2020. "WELCOME TO THE CALIFORNIA ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS PROGRAM". Disponível em: <https://ehib.org/wellcome-to-the-california-electric-and-magnetic-fiels-program-260.html>

"TIPS FOR REDUCING HARMFUL CHEMICAL EXPOSURE IN YOUR DAILY LIFE", **Psr**, 2016. Disponível em: <https://www.psr.org/blog/resource/tips-for-reducing-harmful-chemical-exposure-in-your-daily-life/>

"FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS: O QUE VOCÊ DEVERIA SABER [mas ainda não sabe], **Blue Sol**, 2019. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/fontes-de-energia-renovaveis/#:~:text=As%20fontes%20de%20energia%20renov%C3%A1veis,%2C%20h%C3%ADdrica%2C%20maremotriz%20e%20geot%C3%A9rmica.>

"NA VERDADE, AS ATIVIDADES DE CONSTRUÇÃO UTILIZAM 60% DAS MATÉRIAS PRIMAS, ALÉM DE ALIMENTOS E COMBUSTÍVEIS, DE TODA A ECONOMIA NORTE AMERICANA," Disponível em: <https://www.epa.gov/greenhomes/SmarterMaterialChoices>

**Mundo Educação**. "COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS", Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/combustiveis-fosseis.htm>

**Repositório BC**, 2013. "RELAÇÕES DE CAUSALIDADE ENTRE ENERGIA E CRESCIMENTO ECONÔMICO NO BRASIL". Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/bitstream/ri/17600/5/Artigo%20-%20Jo%C3%A3o%20Guilherme%20de%20Oliveira%20Carminati%20-%202013.pdf>

"ENERGY EFFICIENCY", **International Energy Organization** , 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/aboutus/faqs/energyefficiency/>

ALVES, Rodolfo. Smog. **Tecnoblog**, 2019. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/referencia-site-abnt-artigos>. Acesso em 06 de março de 2022.

BATISTA, Carolina. **A importância da água**, 2020. Disponível em <https://www.todamateria.com.br/a-importancia-da-agua>. Acesso em 10 de março de 2022.

**Biomax**, 2010. “A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DO AR.” Disponível em <https://www.biomax-mep.com.br/a-importancia-da-qualidade-do-ar>. Acesso em: 07 de março de 2022.

**LarVerdeLar** - PROJETO INTEGRADO, 2021. Disponível em <https://larverdelar.com.br/servicos/projeto-integrado>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2022.

“ALVENARIAS DE VEDAÇÃO – VANTAGENS E DESVANTAGENS.” Escola Engenharia, 2019. Disponível em <https://www.escolaengenharia.com.br/alvenaria-de-vedacao/>. Acesso em 05 de março de 2022.

**EPE – Empresa de Pesquisa Energética**, 2020. “EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.” Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/eficiencia-energetica> . Acesso em 28 de fevereiro de 2022.

**Greensavers**, 2013. “OS PRODUTOS TÓXICOS DOS EDIFÍCIOS ESTÃO A PÔR EM RISCO A NOSSA SAÚDE?.” Disponível em <https://greensavers.sapo.pt/os-produtos-toxicos-dos-edificios-estao-a-por-em-risco-a-nossa-saud> . Acesso em 05 de fevereiro de 2022.

“PRESERVAÇÃO DA ÁGUA”, **TecDrill**, 2016. Disponível em: <https://www.tecdrill.com.br/preservacao-da-agua.html>

“SAIBA MAIS SOBRE OS USOS E PROPRIEDADES DA CORTIÇA”, **JC Decor**, 2019. Disponível em: <https://www.jcdecor.com.br/blog/saiba-mais-sobre-os-usos-e-propriedades-da-cortica/>

“MADEIRA NA CONSTRUÇÃO: VANTAGENS E DESVANTAGENS”, **Neoipsum**, 2021. Disponível em: <https://neoipsum.com.br/madeira-na-construcao/>

“ÁREAS DE ATUAÇÃO DENTRO DO PROJETO INTEGRADO”, **Killer Banshee Studios**, 2018. Disponível em: <http://www.killerbanshee.com/art/index.html>

“TÉCNICAS PARA O EXTRATIVISMO RESPONSÁVEL DE RECURSOS”. Reforestation: **Growing Tomorrow’s Forests Today**, 1998, 2000. American Forest & Paper Association, Inc.

“SISTEMA DE COLETA DE ÁGUAS PLUVIAIS NA NOVA ZELÂNDIA”, **Killer Banshee Studios**, 2018. Disponível em: <http://www.killerbanshee.com/art/index.html>

“SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE AR SOB O PISO E PISO ELEVADO”, **Tate Access Floors, INC.**

“PLANTA DO EDIFÍCIO DE FOSHAY TOWER, EM MINNEAPOLIS”, **Alan D’Souza**, 2019.

“AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA REDUÇÃO DA EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM EDIFICAÇÕES”, **SONJA KOEPPPEL, DIANA URGE-VORSATZ**, 2007. Disponível em: [http://www.cbcs.org.br/userfiles/comitestematicos/outrosem sustentabilidade/UNEP\\_capa-miolo-rev.pdf](http://www.cbcs.org.br/userfiles/comitestematicos/outrosem sustentabilidade/UNEP_capa-miolo-rev.pdf)

MONTEIRO, A.R. **Apostila de Agentes de Riscos Químicos**, Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2007.

