

## EDIFÍCIOS VERDES – PRÁTICAS PROJETUAIS ORIENTADAS PARA A SUSTENTABILIDADE

*Green Buildings - Design Practices Towards Sustainability*



**Nuno Antunes**  
Engenheiro Civil  
[ec05145@fe.up.pt](mailto:ec05145@fe.up.pt)

### Resumo

O meio edificado é responsável por uma generosa parte dos problemas que atravessamos actualmente. Em Portugal, os edifícios são responsáveis por cerca de 30% do consumo de energia e 30% das emissões de CO<sub>2</sub>. Curiosamente, do mesmo modo que os edifícios representam parte destes problemas, também podem representar parte da sua resolução. Este facto abre as portas para uma mudança de paradigma nos edifícios que eleva as questões da eco-eficiência a um plano ainda mais elevado. O papel que uma estrutura edificada desempenha numa sociedade pode igualmente contribuir para a preservação e regeneração do meio Natural. Os Edifícios Verdes apresentam uma série de benefícios não só neste sentido, mas também numa perspectiva funcional e económica, considerando todo o seu ciclo de vida.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, Ecoeficiência, Edifícios Verdes, Envolvente, Tecnologias.

### Abstract

The built environment is responsible for a generous share of the problems we are experiencing today. In Portugal, the buildings account for about 30% of energy consumption and 30% of CO<sub>2</sub> emissions. In fact, on the same way that buildings account for all these problems, they may also represent part of its solution. This opens the door to a paradigm shift in buildings that raises the issues of eco-efficiency to a whole new level. The role that a built structure plays in our society may also contribute to the preservation and regeneration of the Natural environment. The Green Buildings present benefits not only on this point of view, but also on a functional and economic perspective, considering their whole life cycle.

**Keywords:** Sustainability, Ecoefficiency, Green Buildings, Envelope, Technology.

## 1 Introdução

O presente trabalho visa reunir um conjunto de objetivos e requisitos que passam apenas por considerações simples, práticas conscientes, completamente compatíveis com o conhecimento tecnológico atual. Também promove a consciencialização de todos os intervenientes da construção para uma análise integrada de todas as suas fases, atendendo ao desempenho das vertentes funcionais, ambientais e económicas. Como as pessoas passam cerca de 90% do seu tempo no interior de edifícios, os esforços destes intervenientes devem centrar-se na otimização da fase de operação.

Também se inclui neste trabalho um estudo, que vai de encontro à perspetiva de avaliação do desempenho, funcional, ambiental e económico de tecnologias de paredes exteriores que representam um elemento dominante na construção de um edifício e ao mesmo tempo fazem a separação do ambiente exterior e o interior.

Este estudo retrata a uma análise comparativa de sensibilidade entre dois sistemas de avaliação de sustentabilidade. Numa primeira fase, procede-se à análise de sustentabilidade de diferentes tecnologias de paredes exteriores, com base no método relativo de avaliação de sustentabilidade, proposto por Ricardo Mateus. Numa segunda, pretende analisar-se os mesmos tipos distintos dessas tecnologias, mas aplicando o sistema de Certificação Ambiental – LiderA.

O trabalho termina com o estabelecimento de um ranking da sustentabilidade de cada parede e uma análise de sensibilidade dos modelos utilizados.

## 2 Regras principais

### 2.1. Desenvolvimento Sustentável

Até aos finais dos anos 70 a lógica da sustentação da sociedade assentava numa visão economicista, com reduzidas preocupações ambientais. Só em 1987, durante a Comissão para o Meio Ambiente da Organização das Nações Unidas (ONU), é que o relatório de Gro Harlem Buntland define o Desenvolvimento Sustentável como aquele que “*satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações satisfazerem as suas próprias necessidades*” [1].

A procura por alcançar este patamar de desenvolvimento não assenta apenas no crescimento económico e na proteção do ambiente, mas também nas preocupações com as problemáticas sociais, sanitárias e éticas do bem-estar humano, como a melhoria da qualidade de vida, a equidade social, a prevenção da pobreza e a equidade entre as gerações, uma vez que estas merecem um ambiente tão bom ou melhor do que aquele que usufruímos atualmente. Por sua vez, só deverá haver maior desenvolvimento quando este se situar dentro dos limites necessários ao equilíbrio dos sistemas naturais e artificiais.

Confere-se deste modo ao modelo de Desenvolvimento Sustentável, uma tripla dimensão que visa equilibrar as diferenças a nível social e económico, através da justiça socioeconómica; a nível económico e ambiental, através da ecoeficiência, e a nível ambiental e social, promovendo a consciência social para a ecológica (Fig.1.) [2].

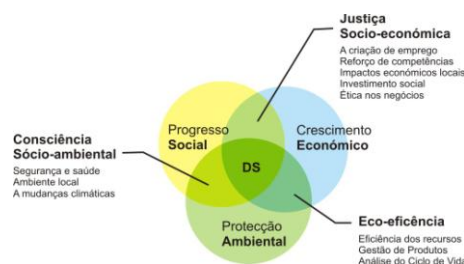


Fig.1. – Tripla dimensão do Desenvolvimento Sustentável adaptado de [3]

Atualmente, assiste-se ainda a um desajuste deste modelo, em que a dimensão do desenvolvimento económico é a mais relevante, remetendo para segundo plano a dimensão social, sendo o desenvolvimento ambiental, o mais desfavorecido (Fig.2.).

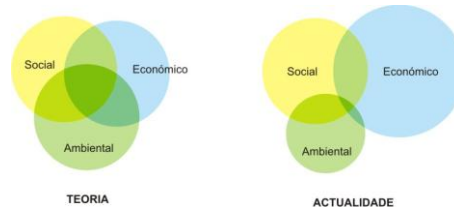


Fig.2. – Desequilíbrio do Desenvolvimento adaptado de [2]

## 2.2 Construção Sustentável

A construção, com o passar do tempo, tem sofrido uma progressiva evolução das suas prioridades. Atualmente, o conceito de construção sustentável pretende reformar os fatores tradicionalmente encarados como competitivos na indústria da construção - qualidade, tempo e custo [4].

Ao incorporarem-se as prioridades de mitigação dos impactes ambientais no meio construído e ao preservar-se as preocupações relacionadas com as três dimensões do Desenvolvimento Sustentável, aplicado à construção, cria-se um novo desafio e um conjunto de novos itens a agregar ao modo tradicional de abordar a construção.

Para que haja um efetiva modificação da perspetiva tradicional é necessário o empenho de todas as partes intervenientes no setor da indústria da construção. Promotores, projetistas, empreiteiros, utilizadores, assim como as autoridades são agentes ativos, que devem estar atentos e contribuir com as suas atividades para melhorar o mundo para as gerações futuras e não apenas preservá-lo [5].

## 2.3 Edifício Sustentável

Um edifício sustentável terá que ser pensado em todas as suas fases, desde o projeto, passando pela construção até ao seu desmantelamento, sendo a sua exploração uma das fases cruciais. Em qualquer uma destas fases, a sustentabilidade na construção é equacionada nas perspetivas económica, energética e ambiental [6]. As edificações também devem ser observadas como um sistema que consome recursos e emite resíduos, que por sua vez originam impactes ambientais. O capital ambiental investido nas edificações é enorme, assim como o seu impacto em termos de resíduos. Também são grandes consumidoras de matérias-primas e outros recursos naturais.

Os sistemas de classificação e certificação têm sido desenvolvidos para avaliar e reconhecer objetivamente a procura de sustentabilidade nos edifícios [5]. Para atingir essa sustentabilidade, estes sistemas devem considerar várias vertentes numa abordagem integrada, tendo em consideração as várias fases de conceção, construção e operação e a sua relação entre diferentes aspetos como o Desenvolvimento Sustentável local, a saúde humana e ambiental, a eficiência energética, a economia de água, seleção de materiais, qualidade ambiental interna, os aspetos de qualidade social e económica [5]; [7].

O objetivo é compilar todos estes critérios numa lista orientada, para que os construtores, proprietários e operadores reconheçam o impacto ambiental, o desempenho global, e a qualidade dos seus edifícios [7]. Por sua vez os resultados obtidos nestes sistemas devem ser de fácil interpretação, demonstrando de forma evidente e transparente a sua classificação [7].

Estas metodologias voluntárias de avaliação e reconhecimento da construção sustentável têm-se destacado cada vez mais e, por esse motivo, vários países têm vindo a desenvolver os seus próprios sistemas adaptando-os à sua própria realidade [5]. Atualmente, os sistemas de certificação ambiental dos edifícios mais divulgados são, o BREEAM (Building Research Establishment's Assessment Method) desenvolvido no Reino Unido, o LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) desenvolvido

nos Estados Unidos da América e o HQE (Haute Qualité Environnementale des Bâtiments) na França. Porém, ainda existem outros com um desenvolvimento mais recente, como é o caso do CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency) no Japão e o DGNB na Alemanha [5].

A nível nacional, as preocupações ambientais dos edifícios não têm sido desconsideradas, uma vez que só em Portugal já foram desenvolvidos dois sistemas de avaliação voluntária. O sistema de certificação ambiental LiderA possui um passado recente, mas tem sido o sistema de referência nacional. Este facto não impediu o surgimento de uma nova plataforma lançada pela iiSBE Portugal, a SBTOOL-pt, que tem evidenciado um potencial significativo, apresentando a possibilidade de integração na Web.

### 3 Edifícios Verdes

O conceito de construção ecoeficiente tem sido muitas vezes associado à mera diminuição dos consumos energéticos nos edifícios, sendo por isso confundido com o conceito de arquitetura bioclimática. Porém, o conceito de construção ecoeficiente é mais abrangente, por incluir preocupações ao nível da redução da delapidação dos recursos naturais, da produção de resíduos e emissão de gases poluentes nocivos aos ecossistemas e à saúde humana, e ao nível da conservação da biodiversidade [4].

Edifícios verdes são então, edifícios ambientalmente responsáveis e que preservam a eficiência da utilização dos recursos durante todo o seu ciclo de vida, isto é, incluindo as fases de projeto, construção, operação, manutenção, reabilitação e demolição. Esta visão de edifício complementa as considerações/preocupações clássicas de economia, utilidade, durabilidade e conforto. Os edifícios verdes também são conhecidos por serem edifícios de alta performance [7].

Estes edifícios verdes são concebidos para reduzir o impacto provocado pelo ambiente construído na saúde humana e ambiente natural através de três princípios [6]:

- Eficiência no uso da energia, água e outros recursos;
- Conforto e Proteção da saúde dos ocupantes;
- Redução do desperdício, da poluição e da degradação ambiental.

#### 3.1 Eficiência dos Recursos

Neste tópico destaca-se a performance do edifício face ao consumo de recursos. A eficiência no consumo dos recursos como a água e a energia é provavelmente a preocupação número um dos proprietários dos edifícios, uma vez que traduz directamente os custos de operação do edifício. Sistemas que aumentem a eficiência do consumo e consequentemente possam oferecer um retorno económico relativamente rápido têm cada vez mais procura, motivados pelo progressivo aumento do preço destes recursos.

O Quadro 1 sintetiza as considerações que deverão ser feitas nos recursos como a energia, água e nos materiais de construção.

Quadro 1 – Considerações na Eficiência dos Recursos

Energia	Água	Materiais
- Renováveis;	- Águas pluviais;	- Reduzir, Reutilizar, Reciclar
- Iluminação;	- Irrigação Exterior;	- Recursos Naturais;
- Electrodomésticos;	- Reutilização de Água;	- Recursos Renováveis;
- Climatização.	- Sistemas de Descarga.	- Recursos Locais;
		- Químicos e VOC's.

#### 3.2 Configuração e Controlo Ambiental Natural do Edifício

A eficiência energética de um edifício não está só associada à eficiência dos sistemas e aparelhos que consomem energia, mas também está fortemente relacionada com a construção da envolvente exterior do edifício, assim como na sua configuração e local de implantação.

Todas as considerações feitas nesta base (Quadro 2) podem ter um grande impacto na sua eficiência energética, na quantidade de materiais utilizados e na perturbação do meio ambiente.

Quadro 2 – Considerações na Configuração e Controlo Ambiental Natural do Edifício

Localização e Implantação	Pele do Edifício
- Implantação Local;	- Vidros e Caixilharias;
- Áreas Verdes;	- Sombreamento exterior;
- Forma e Proporção do Edifício;	- Isolamento térmico;
- Orientação e Proporção das áreas envidraçadas.	- Inércia Térmica;
	- Ventilação Natural;
	- Permeabilidade das Superfícies.

### 3.3 Gestão de Resíduos

O modo como um edifício é construído pode ter um contributo considerável para a sua sustentabilidade. A reciclagem dos detritos de demolição pode reduzir a pegada ambiental, assim como utilizar procedimentos de construção limpos e organizados. Na fase de utilização deve-se acautelar a produção de efluentes líquidos e eliminação e separação dos resíduos sólidos.

## 4 Análise de sensibilidade entre a Aplicação do Sistema LiderA e o MARS-SC

O estudo elaborado pretende avaliar a sensibilidade de dois métodos de avaliação de sustentabilidade aplicados a diversas soluções construtivas. O primeiro método, denominado Metodologia de Avaliação Relativa de Sustentabilidade de Soluções Construtivas (MARS-SC), desenvolvido por Ricardo Mateus no decorrer da sua tese de mestrado é aplicado a distintas soluções construtivas de paredes exteriores. O segundo é o sistema de certificação ambiental LiderA, que se destina à avaliação ambiental de edifícios mas, neste caso, aplicou-se às mesmas soluções construtivas aplicadas na MARS-SC.

O objetivo final do estudo apresentado consiste em confrontar as reações dos dois sistemas de avaliação face à modificação de soluções construtivas e, observar de que forma estes dois métodos se relacionam entre si, através dos indicadores ambiental, funcional e económico.

### 4.1 Metodologia de Avaliação Relativa de Sustentabilidade

A metodologia de Ricardo Mateus é específica para a avaliação de soluções construtivas e passa pela elaboração de uma base de dados que reúna as principais características das soluções. Para a concretização de tal tarefa é essencial definir os parâmetros a considerar na avaliação. De seguida, é necessário decompor as soluções construtivas nos seus materiais constituintes. Posteriormente, irá quantificar-se, o mais detalhadamente possível, os parâmetros considerados para os materiais constituintes.

Finalmente para cada parâmetro será necessário atribuir ponderações para que se possa caracterizar o perfil de sustentabilidade da solução e atribuir uma nota final.

### 4.2 Sistema de Certificação Ambiental LiderA

O sistema LiderA foi desenvolvido no âmbito da avaliação do desempenho ambiental dos edifícios. A sua aplicação tem implícita a avaliação de um conjunto de critérios globais de desempenho. Estes critérios por sua vez agregam-se em princípios que sustentam a base deste sistema. Contudo, alguns critérios são de difícil avaliação quantitativa, o que sugere uma avaliação qualitativa e implica um certo grau de subjetividade.

O LiderA baseia-se numa escala de referência, idêntica à utilizada pela certificação energética, que determina o nível de eficiência de um determinado critério, numa escala A++ a G, por ordem de decréscimo de eficiência. A cada nível de desempenho está associada uma relação de eficiência com as práticas projetuais correntes.

Como este sistema se aplica principalmente à globalidade do edifício é necessário tomar estratégias que possibilitem a avaliação do desempenho das soluções construtivas de uma forma isolada. Também se terá em conta a possibilidade de se poder estabelecer uma base de comparação entre os diferentes sistemas.

Para que a aplicação do LiderA tenha sucesso, a estratégia passa pela seleção dos critérios que se assemelhem ou tenham implícito o mesmo objetivo que os da avaliação MARS-SC. Para além disso, a aplicação do LiderA abrange todas as paredes consideradas no sistema MARS-SC, uma vez que, só deste modo, resultará uma análise de sensibilidade do sistema LiderA mais rigorosa, aquando da mudança de solução construtiva.

Pretende-se também eliminar a subjetividade utilizando critérios que se possam justificar quantitativamente, através do MARS-SC, ou através de bibliografia.

Numa fase final a comparação recairá não só pela relação de desempenho das soluções construtivas ao nível dos indicadores funcional, ambiental, e económico (análise micro), mas também pela análise da forma como a mudança de solução construtiva afeta a nota global do próprio edifício (análise macro).

## 5 Análise de Sensibilidade dos Modelos

Ao iniciar análise de sensibilidade destes dois modelos, depara-se com uma dificuldade em adequar os dois métodos um ao outro, uma vez que estes apresentam diferenças na sua metodologia que podem explicar a disparidade dos resultados obtidos.

A MARS-SC avalia parâmetros que definem de um modo claro as exigências intrínsecas aos elementos construtivos. Esta também procura relacionar os resultados obtidos de um modo mais equitativo através da sua normalização, criando assim um valor de comparação entre 0 e 1, consoante o nível de resultados obtidos. No entanto o valor obtido não é representativo de um contexto global de soluções construtivas, apenas se adequa à quantidade e qualidade de soluções estudadas.

No sistema LiderA, como o objetivo é a avaliação do edifício como um todo, a sua aplicação a um sistema construtivo motivou a adaptação de alguns critérios para que estes se pudessem incluir apenas na avaliação de soluções construtivas de paredes exteriores. A sua metodologia diverge, relativamente ao MARS-SC, no modo como é estabelecida a nota de cada critério. Enquanto a MARS-SC utiliza uma forma de normalização dos valores obtidos para criar uma nota, o LiderA baseia-se na definição de uma nota com base no rendimento da solução em relação a uma solução corrente ou de referência. Contudo este sistema valoriza mais as notas mais altas e menos as notas mais baixas, por que a escala de atribuição de notas aumenta expressivamente com o aumento da eficiência, para além disso, esta escala e a escala de atribuição da classe final não são equitativas o que promove um aumento da nota final, sempre que haja uma nota que se destaque num determinado critério. Por outro lado, pequenas variações das eficiências dos critérios são imperceptíveis.

Ainda no que se diz respeito ao LiderA a percentagem correspondente aos critérios selecionados para a avaliação de uma parede exterior representa 26,5% da totalidade dos critérios do sistema, o que indica que a parede exterior possui um papel importante na sustentabilidade do edifício. Em termos de percentagens dos indicadores Funcional Ambiental e Económico, o LiderA contabiliza mais o Ambiental (50%), seguido pelo Funcional (42%) e menos o Económico (8%), em contra partida a MARS-SC, contabiliza de igual forma os indicadores Ambiental e Funcional (35%), mas dá mais importância ao Económico que o LiderA (30%).

No que se refere aos resultados obtidos existe uma coerência na parede que atingiu o maior patamar de sustentabilidade. Esta é a que apresenta a constituição mais simples, e das mais leves o que implica menos material na sua constituição, logo menos energia, menos emissões e mais barata sem perder as suas características funcionais. Contudo, esta parede representa uma solução não tradicional e que aponta algumas reservas quanto à sua resistência mecânica.

A classificação da parede de referência diverge igualmente entre os métodos estudados. Enquanto, no ranking da MARS-SC, esta parede se encontra a meio da tabela, no LiderA a parede de referência é a pior classificada. Isto deve-se ao facto de, na MARS-SC, esta parede apresentar uma forte componente económica que equilibra a nota global, já no LiderA essa componente é descaracterizada. Por outro lado,

esta parede como serve de referência, neste sistema, terá sempre uma nota inferior a qualquer outra solução que apresente uma melhoria em algum dos critérios.

### Conclusões

Neste trabalho expuseram-se vários princípios e requisitos que são necessários contemplar para que um projeto seja considerado verde. Estes requisitos pretendem agregar o conhecimento atual sobre as práticas mais sustentáveis e focam-se na pele do edifício e na caracterização de estratégias para equilibrar os ganhos e as perdas.

O conceito de edifício verde não representa apenas benefícios diretos ao nível ambiental e económico, mas também apresenta benefícios indiretos significativos, que são importantes para a realidade dos projetos de construção de edifícios em Portugal.

Quanto ao estudo, este contribuiu para estabelecimento de um ranking de sustentabilidade entre soluções construtivas de parede exterior com base em duas metodologias de avaliação da sustentabilidade. Permitiu ainda retratar graficamente o perfil de sustentabilidade de cada parede, com base nos Indicadores Funcional, Ambiental e Económico, anteriormente estipulados.

A MARS-SC revelou ser uma metodologia interessante para a avaliação da sustentabilidade de soluções construtivas. Os parâmetros analisados são objetivos e quantificáveis, no entanto, o rigor da sua avaliação depende da quantidade e qualidade dos parâmetros analisados, assim como do número de soluções construtivas consideradas, para que haja significância estatística.

Como já era esperado, o sistema de certificação ambiental LiderA não está preparado para a avaliação independente de soluções construtivas. Para a aplicação deste sistema foi necessária a adaptação de alguns critérios que se identificassem com parâmetros de avaliação de paredes exteriores. Esta análise permitiu verificar que a ponderação dos critérios selecionados contabiliza cerca de 26,5% de todos os critérios do sistema LiderA, o que implica que as paredes exteriores possuam um grande contributo para as soluções construtivas. É importante referir que a avaliação efetuada por este sistema possui critérios menos claros que lhe atribuem alguma subjetividade.

Na globalidade, estas duas metodologias atendem ao objetivo final de avaliar a sustentabilidade. O estudo da análise de sensibilidade permitiu elucidar algumas das divergências dos resultados obtidos.

Fica provado que a parede exterior possui um papel determinante no desempenho ecoeficiente do edifício. Por isso todas as considerações tomadas no projeto relativamente a este sistema são de enorme relevância.

### Referências

- [1] Brundtland, G. *Report of the World Commission on Environment and Development*. 1987 <http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>. 28 de abril de 2010.
- [2] Werbach A. *The Future of Sustainability – Rethinking Environment and Development in the Twenty-first Century IUCN*, The World Conservation Union, Cambridge, UK, 2006.
- [3] Investment Property Databank. *IPD Environment Code – Measuring the Environmental Performance of Buildings*. IPD, Londres, 2008.
- [4] Mateus, R., Bragança L. *Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção*. Ecopy, Porto, 2006.
- [5] Pinheiro, M. Duarte. *Ambiente e Construção Sustentável*. Agência Portuguesa do Ambiente / Instituto do Ambiente, Lisboa, 2006.
- [6] Edwards, B. *Guia básico para a Sustentabilidade*. Gustavo Gili, SL, Barcelona 2005.
- [7] Bauer, M., Mosle, P., Shwarz, M. *Green Building – Guidebook for Sustainable Architecture*. Springer, Alemanha, 2009.