



Escola Superior Gallaecia

Mestrado Integrado em  
Arquitetura e Urbanismo

Rebeca  
Fonseca

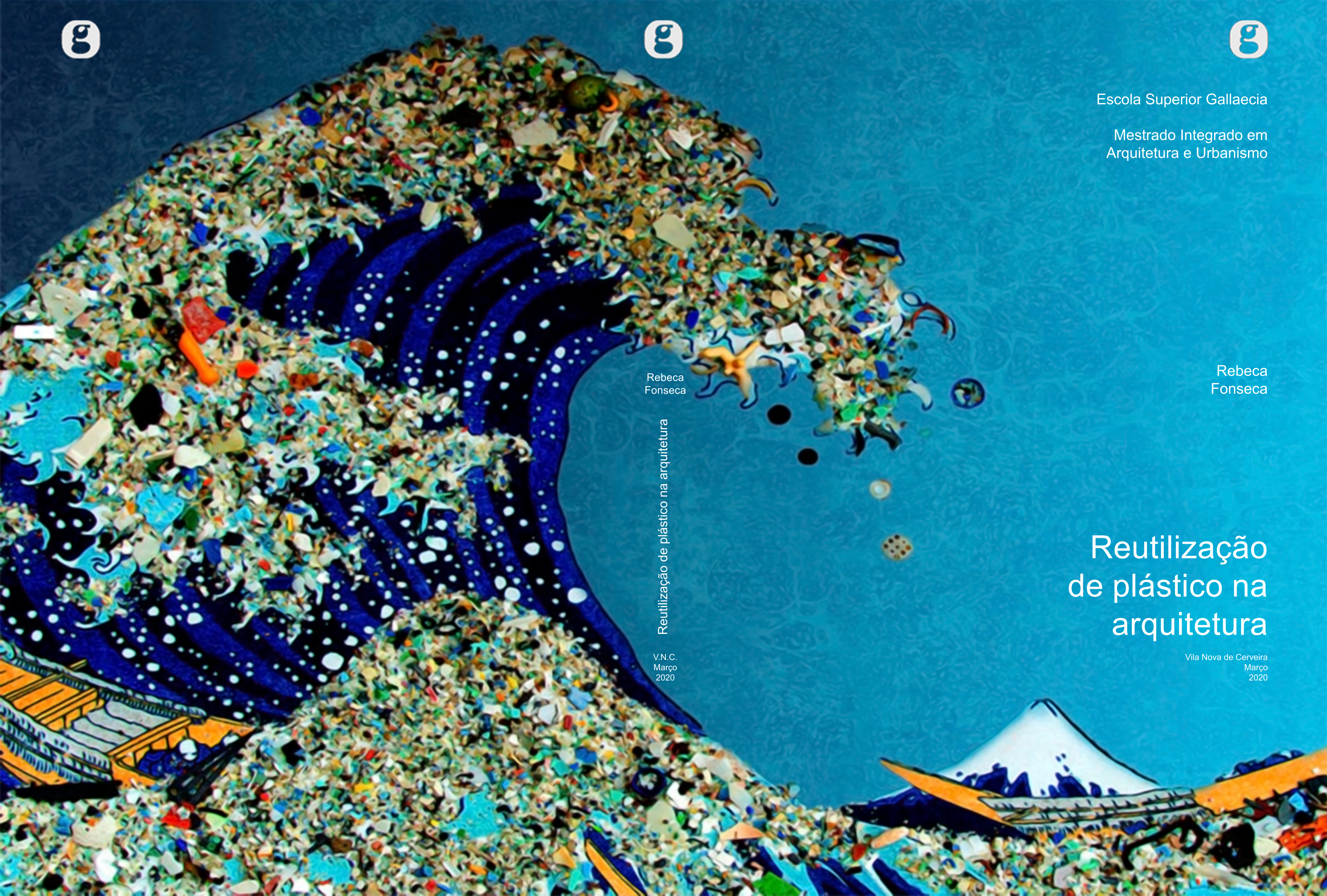
Rebeca  
Fonseca

Reutilização de plástico na arquitetura

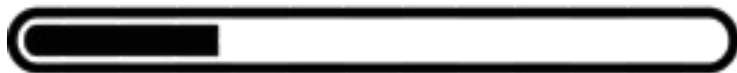
V.N.C.  
Março  
2020

# Reutilização de plástico na arquitetura

Vila Nova de Cerveira  
Março  
2020



# **SUSTENTABILIDADE**



**LOADING**  
PLEASE WAIT...

## Agradecimentos

Aos meus orientadores, Prof. Dra. Ana Lima e Prof. Dr. Luís Paulo Pacheco, pela dedicação e apoio contantes, pela motivação e carinho que puseram neste trabalho.

À minha família, pelo amor incondicional. Aos meus avós em especial por serem pessoas simples que sempre lutaram por uma vida melhor.

A ti avó Ana, por não poderes ver este dia chegar.

## Resumo

O objeto de estudo desta dissertação de obtenção do grau de mestrado é a reutilização de plástico na arquitetura, levantando questões relacionadas com o descarte de plástico no meio ambiente, o uso elevado de plásticos no dia-a-dia e a baixa durabilidade dos momentos em que se usa. A procura de soluções construtivas que permitam ao arquiteto resolver problemas ambientais, económicos e sociais, assim como com a relação direta entre a qualidade espacial e de habitabilidade que a reutilização oferece à arquitetura, são os principais motivos de seleção deste tema.

Como objetivos propostos para a investigação, encontram-se a **identificação das características intrínsecas de objetos reutilizáveis em plástico e a relação com a definição de espaços de carácter arquitetónico**, assim como a **seleção de indicadores de avaliação da arquitetura sustentável que permitam compreender se de fato a aplicação de objetos reutilizáveis em plástico apoia o aumento da sustentabilidade** na sua globalidade.

A metodologia empregada no estudo dividiu-se em duas partes, a primeira que consistiu na recolha de dados e informação relativamente a conceitos de relevância na investigação, facultando um enquadramento da origem do objeto de estudo e, a segunda que consistiu na avaliação da atual situação da reutilização de plásticos na arquitetura contemporânea, para tal, a informação recompilada permitiu a análise completa de cinco estudos de caso quanto às suas características espaciais e quanto à sua sustentabilidade. A aplicação da informação recolhida nos estudos de caso possibilitou a constituição de uma leitura física e interpretativa, individual e comparativa.

A análise evolutiva dos conceitos ligados à sustentabilidade admitiu a compreensão dos fatores de avaliação da arquitetura que reutiliza plásticos, assim como ofereceu uma maior sensibilidade na avaliação das características intrínsecas da arquitetura. A defesa do meio ambiente torna-se ao longo desta dissertação um fator primário, assim como a garantia de que se atinge equilíbrio social, económico e cultural.

Como resultado desta dissertação obtêm-se dados que permitem consentir que a sustentabilidade pode, de fato contribuir para a redução do impacte ambiental provocado pela má gestão de resíduos plásticos e que a “simples” aplicação de objetos do quotidiano em edifícios contribui para o desenvolvimento sustentável nas suas diversas dimensões.

**Palavras chave:** sustentabilidade, reutilização, plástico, arquitetura sustentável.

## Abstract

The object of study of this thesis to obtain the degree of master, is the reuse of plastics in architecture, raising questions related to the discard of plastics at the environment, the high use of plastics on the day-to-day and the low durability of the moments of use. The search of constructive solutions that allow the architect to solve environmental, economical and social problems, as well as the direct relation between the spacial quality and habitability that reusing offers to architecture, are the main reasons to select this theme.

As objectives proposed for the research, are the identification of the inner features of reusable plastic objects, as well as the selection of indicators of evaluation of sustainable architecture that allow to understand if in fact the application of reusable plastic objects supports the raise of sustainability at its entirety.

The methodology used during the study was divided in two parts, the first one consisted in the crop of data and information relatively to concepts of relevance for the research, providing a framework of the origin of the object of study and, the second that consisted of the assessment of the current situation of the reuse of plastics in contemporary architecture, for this purpose, the compiled information allowed the complete analysis of five case studies regarding their spatial characteristics and to its sustainability. The application of the information collected in the case studies enabled the constitution of a physical and interpretive reading, individual and comparative.

The evolutionary analysis of the concepts related to sustainability admitted the understanding of the evaluation factors of the architecture that reuses plastics, as well as offered a greater sensitivity in the evaluation of the intrinsic characteristics of the architecture. The defense of the environment becomes a primary factor throughout this dissertation, as well as the guarantee that social, economic and cultural balance is achieved.

As a result of this dissertation, data are obtained that allow consenting that sustainability can, in fact, contribute to the reduction of the environmental impact caused by the poor management of plastic waste and that the "simple" application of everyday objects in buildings contributes to sustainable development in its various dimensions.

**Key words:** sustainability, reuse, plastic, sustainable architecture.

## Lista de abreviaturas, siglas e unidades de medição

4R's: Recuperar, Reduzir, Reutilizar e Reciclar

3E's: Ecologia, Energia e Economia

ACV: Análise do Ciclo de Vida

IAS: Indicadores de Arquitetura Sustentável

LIPOR: Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto

ISWA: International Solid Waste Association

BBC: British Broadcasting Corporation

APA: Agência Portuguesa do Ambiente

O.N.G.'s: Organizações Não Governamentais

FotEI: Friends of the Earth International (Amigos da Terra)

UNESCO: *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*

Kg/ano: quilogramas por ano

ONU: Organização das Nações Unidas

PNOT: Plano Nacional de Ordenamento do Território

PDM: Plano Diretor Municipal

RPDM: Regulamento do Plano Diretor Municipal

ODM: Objetivos de Desenvolvimento do Milénio

ODS: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ISO: International Organization of Standardization

H<sub>2</sub>O: molécula da água

O<sub>2</sub>: molécula de oxigénio

CO<sub>2</sub>: molécula de dióxido de carbono

CH<sub>4</sub>: molécula de metano

INE: Instituto Nacional de Estatística

WWF: World Wide Fund for Nature

Agradecimentos

Resumo

Abstract

Lista de abreviaturas, siglas e unidades de medição

Índice

I.	Introdução .....	1
1.1.	Justificação da problemática .....	2
1.2.	Objetivos da investigação .....	3
1.3.	Metodologias da investigação .....	4
1.4.	Estrutura de conteúdos .....	8
II.	Fundamentação teórica .....	11
2.1.	Desenvolvimento sustentável .....	13
2.1.1.	Documentação de implementação dos conceitos associados ao desenvolvimento sustentável .....	24
2.1.2.	Análise do ciclo de vida dos materiais e pegada ecológica .....	30
2.1.3.	4 R's e 3 E's .....	41
2.2.	Indicadores da arquitetura sustentável .....	56
2.3.	O plástico .....	65
2.3.1.	Produção e tipos de plástico .....	69
2.3.2.	Consumo e manutenção .....	75
2.3.3.	Descarte e revalorização .....	78
III.	Contextualização .....	85
3.1.	Impacte do plástico no ambiente .....	86
3.2.	Condicionantes sociais-económicas-culturais .....	90
3.2.1.	Países desenvolvidos .....	93
3.2.2.	Países em desenvolvimento .....	96
3.3.	Reutilização de plástico em obras arquitetónicas .....	100
3.3.1.	Paredes .....	114
3.3.1.	Fundações e pavimentos .....	115
3.3.1.	Coberturas .....	116
3.3.1.	Vãos .....	117
3.3.2.	Acabamentos .....	117
IV.	Estudos de caso .....	119
3.4.	Análise de dados como resposta ao objetivo 1 .....	120
3.5.	Análise de dados como resposta ao objetivo 2 .....	123
3.6.	Critérios de seleção .....	127
3.7.	Análise individual .....	129
3.7.1.	MFS I .....	131
3.7.1.	Bima Microlibrary .....	133
3.7.1.	PET Pavillion .....	135
3.7.1.	Log Houses .....	137
3.7.1.	Casa del Té de María Fourcade .....	139
3.8.	Análise comparativa .....	141
V.	Considerações finais .....	144
4.1.	Gerais .....	145
4.2.	Específicas .....	147
	Referências bibliográficas .....	152

Índice de figuras

Índice de gráficos

Índice de tabelas

Anexos



# I. Introdução

1.1. Justificação da problemática

1.2. Objetivos da investigação

1.3. Metodologias da investigação

1.4. Estrutura de conteúdos

## 1.1. Justificação da problemática

A problemática desenvolvida tem origem na reflexão sobre a arquitetura sustentável e na possibilidade de reutilizar plásticos na materialização de edifícios. Parte-se de uma investigação do domínio da poluição no meio ambiente, estudando o impacto do plástico na Terra e a sua relação com a arquitetura sustentável.

A procura de soluções que eliminem o plástico do meio-ambiente, através da reutilização do plástico na arquitetura, evitando-se processos químicos ou físicos que despendam energia e produtos nocivos ao meio ambiente, é de elevada importância no estudo que se desenvolve, uma vez que a qualidade ambiental é a meta primária para atingir o desenvolvimento sustentável.

O papel do arquiteto torna-se cada vez mais complexo, uma vez que as problemáticas ambientais começam a ser imperativas na consciência do projetista e, a procura por soluções que resolvam os problemas derivados da poluição ambiental é parte integrante de qualquer projeto de arquitetura.

O estudo do conceito de desenvolvimento sustentável tornou-se o fator base para esta investigação, uma vez que sem compreender as verdadeiras dimensões que o afetam, o papel dos arquitetos vê-se reduzido, no entanto a realidade é complexa e de difícil gestão. Assim os estudos de diversos conceitos associados ao desenvolvimento sustentável permitem compreender em que medida o arquiteto se torna responsável pela atividade noutras indústrias, na sociedade, no ambiente, cultura e economia.

Plásticos continuam a ser libertados em praias e campos. As catástrofes naturais espalham os resíduos por quilómetros e este material artificial viaja pelo planeta vezes sem conta durante os seus 400 anos de vida. Planos como o proposto pelo Ministério do Ambiente em 2000 (Pinto, 2002) e a Agenda 21 independente de cada país, melhoraram a visão dos resíduos e determinaram o intuito dos depósitos em aterro ou a céu aberto, promovem a distribuição dos Ecopontos e a separação correta dos resíduos, mas os planos previstos pela EU para Portugal até 2020 (Edwards, 2005) ainda estão longe de ser concretizados. Os níveis de CO<sub>2</sub> ainda estão demasiado altos, a poluição do meio ambiente ainda não está controlada a 100% e a população continua a ignorar os seus efeitos negativos.

A batalha pela retenção de plásticos começa a ter impacto na vida das pessoas. A exposição nos *media* de lugares dominados por este material, consciencializa a população para uma melhoria dos ecossistemas, onde em vez de plantas e animais “nascem” garrafas de plástico, que privam a fauna e flora de oxigénio e de radiação solar, levando à atrofia dos ecossistemas e afetando a qualidade de vida dos seres que deles dependem e fazem parte.

Esta perspetiva derradeira para a Ecologia pode ser invertida com a contribuição da arquitetura, visto que sem abrigo e sem ecossistemas saudáveis o ser humano não sobrevive. Como a quantidade de plásticos no planeta é demasiado profusa e, sendo que a reciclagem é dos 4R's aquele que necessita mais energia para dar uma nova vida ao plástico, que só por si é um material de difícil gestão na hora de ser destruído, a reutilização é a solução mais plausível..

## 1.2. Objetivos da investigação

O levantamento de questões como quais são as dimensões que o projeto deve considerar de forma a atingir o desenvolvimento sustentável, em que medida o projeto e obra se revelam circulares, quais serão os resultados da avaliação de sustentabilidade e qual será a maior contribuição do material aos espaços arquitetónicos, permite que este trabalho contemple os seguintes objetivos:

1 - Identificar se a escolha de determinados plásticos influencia o projeto na conceção de espaços com certas características arquitetónicas, isto é se as características físicas de diversos objetos reutilizáveis em plástico conferem certas qualidades a espaços arquitetónicos;

2 - Avaliar a reutilização do plástico através de indicadores da arquitetura sustentável, percebendo através de valores qualitativos se a reutilização de plástico beneficia a projetos de arquitetura.

### 1.3. Metodologias da investigação

Para analisar o desenvolvimento de novas soluções construtivas que erradicam o plástico do meio ambiente, utilizar-se-á o método de estudo de **multicasos** (Yin, 2009; Groat & Wang, 2013), que permite a observação de diferentes obras que aplicam o plástico em diversos sistemas construtivos.

A natureza do estudo de multicasos é **comparativa e qualitativa** (Bogdan & Biklen, 1994) com análises de conteúdo que permitem extrair indicadores essenciais à investigação, tais como a quantidade de plásticos aplicados em obra, a contribuição às soluções arquitetónicas, o enquadramento na envolvente, a análise do ciclo de vida dos materiais (ACV) e outros indicadores a definir ao longo da investigação.

Albarello (1997) refere que as técnicas de recolha de dados se realizam através da **análise documental**, consultando fontes escritas não oficiais (livros, revistas, artigos, imprensa), fontes escritas oficiais (públicas), fontes estatísticas de análise de carácter quantitativo, que permitirão a análise detalhada da quantidade de plásticos descartados a nível nacional, assim como o seu destino final.

Fontes não escritas (filmes, fotografias, imagens e sons registados, entrevistas gravadas), que oferecem a possibilidade de observar as condições de diferentes lugares do mundo que são altamente afetados pela poluição, arquitetos que não possuem bibliografia, mas são entrevistados constantemente pelos diversos meios de comunicação, sendo considerados peritos no campo da arquitetura sustentável e informação gráfica de projetos.

A investigação será distinguida em dois momentos de análise, um momento de análise documental histórica, para a qual que diferenciam os autores por século – Tabela 1 – e o segundo momento de análise de arquitetura contemporânea, para a qual se diferenciam as obras quanto à reutilização de plástico na sua materialização.

A análise de imagens e entrevistas revela-se como um meio fundamental para a obtenção de dados relevantes à investigação, uma vez que se tratará de uma análise substancialmente qualitativa. A observação de espaços arquitetónicos e objetos plásticos reutilizáveis permitirá traçar uma investigação coerente com os objetivos propostos e com a problemática exposta.

De forma a concretizar os objetivos, nomeadamente o objetivo 2, será necessária a alteração do estado da informação, que passará a ser de interpretação qualitativa a quantitativa, mediante um sistema de pontos.

Recorreu-se a locais de pesquisa como a Biblioteca Delmiro Calado – Escola Superior Gallaecia – e bibliotecas digitais, abrangendo as áreas de pesquisa e contemplando sempre a relação com a arquitetura.

Tabela 1 - esquema de metodologia aplicada durante a investigação (do autor)

Definição de objetivos	
Identificação de propriedades de objetos plásticos reutilizáveis e como influenciam a arquitetura	Avaliação da reutilização do plástico na arquitetura através de Indicadores da Arquitetura Sustentável
Recolha de dados / Análise qualitativa Sistemas construtivos e Critérios de seleção	Recolha de dados / Análise quantitativa Sistemas de Desenvolvimento Sustentável e Indicadores da Arquitetura Sustentável
Análise interpretativa Estudos de caso	Análise gráfica interpretativa Estudos de caso
Análise qualitativa / comparativa	
Conclusões gerais	Conclusões específicas

Tabela 2 - Classificação de autores, instituições e documentos analisados ao longo da investigação por data (do autor)

Século	Autor (A) / Instituição (I) / Documento (D)		Conceito	Referência Bibliográfica
XVIII	Thomas Malthus	A	- Crescimento populacional - falta de capacidade regenerativa dos plantios	Lacy & Rutqvist (2015)
XIX	John Stuart Mill	A	- sistemas industriais produtivos	Lacy & Rutqvist (2015)
	John Ruskin	A	- sistemas industriais produtivos - exploração de mão-de-obra - uso de recursos	Lacy & Rutqvist (2015)
XX	Harold Hotteling	A	- recursos finitos - futuras falhas no suporte da economia	Lacy & Rutqvist (2015)
	Rachel Carson	A	- Desastres agropecuários devido ao uso incerto de pesticidas	McDonough & Braungart (2005)
	Conferência Internacional UNESCO	D	- Desenvolvimento ecologicamente sustentável	Mateus (2009)
	O.N.G. Amigos da Terra	A	- Proteção de ecossistemas - Protestos pacíficos	1969
	O.N.G. Green Peace	A	- Proteção de ecossistemas - Protestos agressivos	1971
	U.N.E.P. – ONU	I	- United Nations Environmental Program	1972
	Clube de Roma	I	- Discussão de temas relacionados com o meio ambiente -	1972 Lacy & Rutqvist (2015)
	Carta Mundial para a Natureza - ONU	D	- Gestão de ecossistemas e organismos	1982

			- Produtividade sustentável	
	Relatório de Brundtland	D	- Desenvolvimento sustentável - Coesão política e económica	Edwards (2005) Correia (2009) Mateus (2009)
	Steadman	A	- Economia energética - Arquitetura sustentável - Soluções construtivas	1987
	I.P.C.C. – ONU	I	- Mudança Climática	1988
	David Pearce & Kerry Turner	A	- economia dos recursos - economia circular	1990 Lacy & Rutqvist (2015)
	Vale & Vale	A	- Enquadramento histórico - Arquitetura sustentável - gestão de recursos - Análise do Ciclo de Vida	1991
	Eco 22 (Conf. da Terra) – Rio, 1992	D	- Agenda 21	1992 Mateus (2009) Lacy & Rutqvist (2015)
	Assembleia geral ONU	I	- ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) - Objetivos do Milénio	1996
	Papanek	A	- Ecologia - Arquitetura ecológica - Design Ecológico	1998
	Ernst Ulrich	A	- Coexistência de Sustentabilidade e Crescimento	Lacy & Rutqvist (2015)
	Norma ISO 14001	D	- Padrão internacional para a gestão ambiental de empresas	OA (2001)
XXI	Ordem dos Arquitetos – Portugal	I	- Enquadramento histórico - Arquitetura sustentável - Gestão de recursos e resíduos - Planeamento sustentável	2001
	Brian Edwards	A	- Enquadramento histórico - Dimensões da sustentabilidade - Arquitetura sustentável	2005
	Yuba	A	- Enquadramento histórico - Dimensões da sustentabilidade - Sustentabilidade política	2005
	McDonough & Braungart	A	- Enquadramento histórico - Arquitetura sustentável - Design Ecológico - Economia Circular	2005
	Tirone & Nunes	A	- Princípios da arquitetura sustentável	2007
	Rogers, Jalal & Boyd	A	- Economia sustentável	2008
	Correia	A	- Enquadramento histórico - Princípios da arquitetura sustentável	2009
	Mateus	A	- Enquadramento histórico - Dimensões, categorias e indicadores da arquitetura sustentável - Programa MARS-H	2009
	Torgal & Jalali	A	-	2010
	Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, &	A	- Princípios da arquitetura vernácula aplicados na	2014

	Sevillano Gutiérrez (2014)		arquitetura contemporânea	
	Lacy & Rutqvist	A	- Economia Circular - Pegada Ecológica	2015
	Conf. da Terra	D	- Agenda 2030	2019

## 1.4. Estrutura de conteúdos

A estrutura da investigação divide-se em cinco pontos fundamentais para a compreensão do conjunto de informação abordada. Estes pontos estabelecem requisitos que facilitam a perceção dos conceitos relacionados com o processo de estudo utilizando uma metodologia específica, fazendo assim apelo às técnicas de investigação e respondendo aos objetivos propostos.

Assim o estudo desenvolvido nesta dissertação assenta em capítulos diferenciados, que se relacionam entre si quando consolidados, obtendo resultados positivos para um conhecimento mais alargado do tema a ser transmitido, sendo ele o contributo da reutilização de objetos banais em plástico para a arquitetura.

**Capítulo I**, da introdução, é referente à contextualização da problemática, focando o enquadramento da área de estudo, realçando a situação atual e os problemas que se têm vindo a desenvolver. Explicam-se, neste capítulo, os objetivos propostos de forma a estabelecer uma ordem específica na investigação e assim estabelecer uma meta que se pretende atingir, respondendo assim às questões colocadas. Seguidamente, são apresentadas as diversas metodologias a aplicar de forma a justificar as técnicas de investigação, para tal é inserida uma tabela que estabelece os critérios de análise de categorias na qual serão tratados os pontos fulcrais da investigação. Finalizando este capítulo, apresenta-se a estrutura dos conteúdos apresentados ao longo da investigação, através de uma referência descritiva dos diversos capítulos que dividem a investigação de forma esquematizada e evolutiva.

**Capítulo II**, da fundamentação teórica, onde se enquadra o conceito de desenvolvimento sustentável, os indicadores de análise de arquitetura sustentável e o plástico. Para que se possam enquadrar os conceitos referidos, é necessária a compreensão da abordagem teórica de diversos autores de referência sobre tema escolhido, assim analisam-se os documentos publicados até à data, criando assim um ponto de aprofundamento do conhecimento do tema a investigar. Os conceitos selecionados (desenvolvimento sustentável, indicadores de análise de arquitetura sustentável e o plástico), são fruto da análise bibliográfica de diversos campos da sustentabilidade, de entre os quais se destaca a Economia Circular e a Análise do Ciclo de Vida. Este capítulo tem como principal cargo a orientação dos conceitos em estudo à reutilização e ao plástico, que se contextualizam no capítulo seguinte.

**Capítulo III**, da contextualização, centra-se na análise aprofundada do impacto do plástico no meio ambiente, as condicionantes gerais sociais-económicas-culturais e a reutilização de plástico em obras arquitetónicas. Em cada um dos temas que se analisam neste capítulo surgem dados relevantes para as respostas aos objetivos propostos, contextualizando a nível mundial os problemas gerados pela má gestão de resíduos urbanos, os lugares com maiores problemas ambientais, as soluções que a arquitetura tem apresentado ao longo do tempo com a ajuda de materiais inovadores, como é o caso do plástico fabricado unicamente para efeitos de construção de edifícios, e as diversas soluções construtivas que a arquitetura consegue apresentar através da reutilização de plástico, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável.

**Capítulo IV**, inclui a análise de dados que responderão ao objetivo 1, que contém a análise das características essenciais de um espaço com qualidade arquitetónica de forma a compreender como as propriedades físicas do plástico influenciam na qualidade espacial, a análise de dados que darão resposta ao objetivo 2, nomeadamente os indicadores da arquitetura sustentável que marcam a diferença para a avaliação das obras em estudo. Aqui serão analisados 17 obras de referência de forma individual, que permitem compreender que a reutilização de plástico é uma ação promovida, não só por arquitetos, mas também por artistas e

construtores civis, assim conseguem-se aplicar filtros de seleção de estudos de caso apresentados no capítulo seguinte.

No mesmo capítulo encontram-se os estudos de caso, centrando-se na análise dos critérios de seleção que permitem tornar a investigação num documento objetivo e específico. Através da seleção de cinco estudos de caso: MFS I, Bima Microlibrary, PET Pavillion, Log Houses e Casa del Té de María Fourcade; consegue-se realizar uma análise completa de toda a informação previamente recolhida de forma individualista e finalmente comparativa. Esta análise dos estudos de caso, como referido no ponto anterior sobre as metodologias da investigação, permite a observação de dados qualitativos.

**Capítulo V**, das considerações finais, tem em vista a verificação do cumprimento dos objetivos propostos, sendo que se constata as conclusões referentes a cada estudo de caso que se apresenta no capítulo V. São então analisados em profundidade os momentos que respeitam os objetivos propostos. Neste capítulo compreende-se a relação direta entre os dois objetivos e a necessidade de impulsionar alguma ação por parte dos arquitetos que se interessem pelo desenvolvimento sustentável na arquitetura

*Figura 1 – Poluição atmosférica em Nova Iorque*



## II. Fundamentação teórica

### 2.1. Desenvolvimento Sustentável

2.1.1. Documentação de implementação dos conceitos associados ao desenvolvimento sustentável

2.1.2. Análise do ciclo de vida dos materiais e pegada ecológica

2.1.3. 4 R's e 3 E's

### 2.2. Indicadores da arquitetura sustentável

### 2.3. O plástico

2.3.1. Produção e tipos de plástico

2.3.2. Consumo e manutenção

2.3.3. Descarte e revalorização

Para responder à problemática colocada neste estudo, abordar-se-á o assunto de forma interpretativa através de leituras referentes ao tema, partindo de uma pesquisa sobre o desenvolvimento sustentável, os indicadores de análise de sustentabilidade e o plástico, mais tarde será realizada uma pesquisa sobre as condicionantes sociais-económicas-culturais da aplicação do plástico na arquitetura, o impacto do plástico no meio ambiente e por fim a reutilização do plástico como processo de materialização dos edifícios.

A definição de **desenvolvimento sustentável** não é uma resposta fácil de obter, uma vez que se trata de um conceito complexo e evolutivo, que possui várias características que trabalham de forma holística.

O dinamismo da sustentabilidade em todos os sistemas de suporte de vida é de tal forma intrincado, que foi necessária a avaliação da evolução histórica do conceito e a sua relação com a arquitetura, para que tal fosse possível autores como Carson (1962); World Commission on Environment and Development (1987); Steadman (1987); Papanek (1995); Maini (2001); Mateus (2009); Ordem dos Arquitetos Conselho Diretivo Nacional (2001); McDonough & Braungart (2005); Edwards (2005); Roaf, Fuentes, & Thomas (2007); Rogers, Jalal & Boyd (2008); Correia (2009); Hogan, Marandola, & Ojima (2010); Lacy & Rutqvist (2015), foram essenciais para o estudo aprofundado dos elementos que comporta a análise da sustentabilidade e do futuro que nos espera.

Estes autores permitiram avançar informação para temas como os **indicadores** da análise de sustentabilidade, que se defendem através da Economia Circular, da análise do ciclo de vida dos materiais (ACV) e para este trabalho em especial, os 4 R's.

Sem estudar estes três elementos, a análise de indicadores não seria possível, pois na economia circular nota-se como a base comercial de recursos materiais é a mais importante atividade humana, na análise do ciclo de vida dos materiais, assinala-se o percurso mais sustentável e o percurso que levará à exaustão e com a análise dos 4R's define-se qual é o preferido a nível económico, social e ambiental. Adicionam-se aos autores referidos anteriormente, Yuba (2005) e Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, & Sevillano Gutiérrez (2014), que permitiram a análise das dimensões, princípios, categorias, indicadores e parâmetros para uma correta avaliação da sustentabilidade em edifícios, que apoiará o trabalho realizado nos estudos de caso e referência.

Sendo o **plástico** o material referido na questão da problemática, será de elevada importância distinguir as diferentes categorias e tipologias de plásticos, autores como Albuquerque (1990); Guedes & Filkauskas (1986) são as referências para o estudo, incluindo Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto (LIPOR) (2006); International Solid Waste Association (ISWA) (2019); British Broadcasting Corporation (BBC) (2019); National Geographic (2019); Oceans Cleanup (2019) e a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) (2019), que permitiram analisar este material nas suas variedades e como resíduo de grandes quantidades no dia-a-dia.

Como o problema mundial é a falta de meios para limpar o ambiente de plásticos, mostra-se através da explicação da vastidão da palavra plástico que as soluções estão apresentadas pela **arquitetura**, então o estudo da relação deste material com os edifícios é necessário, para tal recorre-se a autores como Ponti (1975); Otto & al. (1979); Reynolds (1990); Vale & Vale (1991); Roaf, Fuentes, & Thomas (2007); Silva (2011); Pecegueiro (2016) e Pinho (2018).

## 2.1. Desenvolvimento sustentável

Sendo uma das finalidades do trabalho em causa a análise de obras arquitetónicas através dos indicadores da sustentabilidade, este subcapítulo surge com o intuito de introduzir o leitor à **definição de desenvolvimento sustentável** e aos componentes que advêm dele, como o impacte ambiental das atividades humanas, os documentos que se formaram ao longo da história para ajudar a encontrar o equilíbrio com o meio ambiente e a relação que a arquitetura tem com este contexto.

A estrutura deste ponto divide-se em duas partes, sendo a primeira a análise da **evolução histórica** do conceito desenvolvimento sustentável e a segunda, a correspondência entre **documentos de apoio legislativo** e o conceito em estudo.

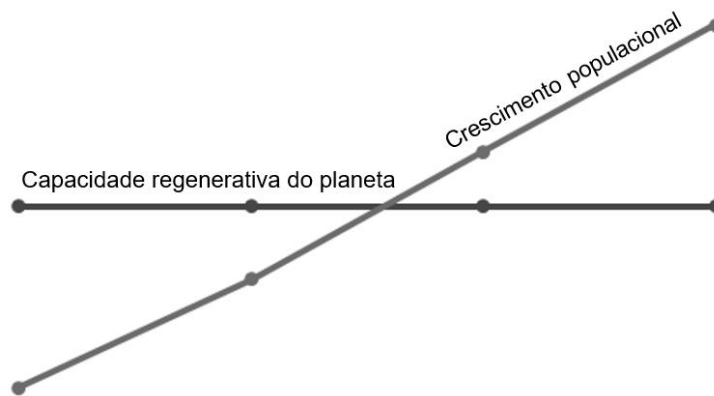
Conceitos como a **Ecologia**, a **Ecologia Humana**, a **Pegada Ecológica**, a **ideia de Capital**, a **Economia circular** e a **reutilização**, são o fundamento do pensamento sustentável permitem compreender com maior facilidade a estrutura de pensamento dos autores e como foram surgindo as preocupações com o planeta em que vivemos. Assim como a sua aplicação direta em elementos legislativos que controlam as atividades humanas.

O conceito é formado por duas palavras, que merecem o seu estudo em separado e posteriormente em conjunto, desta forma, **desenvolvimento**, é a “*passagem de um estado a outro, de tal modo que o seguinte é sempre mais perfeito do que o anterior*” e **sustentável**, está diretamente associada ao verbo sustentar que, por sua vez, significa assegurar a subsistência e é sinónimo de resistir e conservar (Infopédia, 2019).

**Desenvolvimento sustentável** é, no entanto, um conceito que não se pode avaliar somente através de nomes, verbos e adjetivos devido à sua complexidade, mas sim através da sua evolução na história da humanidade como se pode observar nas *figuras 4, 5 & 6* dispostas no final deste ponto.

Como demonstrado por diversos autores como a Ordem dos Arquitetos Conselho Diretivo Nacional (2001); McDonough & Braungart (2005); Edwards (2005); Rogers, Jalal, & Boyd (2008); Correia (2009); Mateus (2014) e Lacy & Rutqvist (2015), foram vários os acontecimentos que proporcionaram o aumento da complexidade do conceito, tendo origem em estudos sobre o ambiente, isto é, na **Biologia**, **Geologia**, **Geografia** que em conjunto permitem estudar a **Ecologia** e a **Ecologia humana**.

Com o “Ensaio sobre o Princípio da População” de 1798 por Thomas Malthus, que estimava que o **crescimento populacional levaria ao desgaste dos recursos naturais e à falta de capacidade do solo se regenerar** (Rogers, Jalal & Boyd, 2008; Lacy & Rutqvist, 2015), iniciam-se as preocupações sobre o meio em que viviam as populações, a qualidade de vida das mesmas e a qualidade do ambiente, assim como a utilização de recursos naturais como exposto na *Figura 2* abaixo representada.



*Figura 2 - Crescimento populacional em função da capacidade regenerativa do planeta prevista no século XVIII por Thomas Malthus (do autor)*

No século XIX, quando se entra em contacto com os estudos sistematizados e interconectados por novas tecnologias e metodologias, compreende-se que a 1ª **Revolução Industrial** poderia trazer consequências ao ambiente e que eram necessárias medidas **higienistas** nos espaços urbanos, de forma a reduzir a poluição gerada pelo ser humano. A **pobreza** era então considerada a origem da malnutrição e poluição e, conseqüentemente a formadora de epidemias que atacavam a maioria da população.

Os médicos foram os primeiros a deparar-se com os sintomas e alarmaram à necessidade de **instalações de esgotos, instalações sanitárias públicas, coletas de lixo, desinfecção da água** e outras medidas que evitavam a propagação de microrganismos (Rodrigo & Palacio Lis, 1999). Aqui a disciplina de urbanismo toma dimensões de alta importância na melhoria do ambiente em que as pessoas vivem, **saúde e urbanismo** são então termos que estavam conectados na época e continuam a estar graças a grandes personagens históricas como **Hausman, Otto Wagner e Cerdá** (Chueca Goitia, 1977).

Graças à revolução científica deste século, o conhecimento até então acumulado pela humanidade, passa a ser estudado de forma metódica, o procedimento de estudo passou a ser calculado antes de se agir e a física e a matemática são as bases desse cálculo. Ciências como a Biologia, Geologia, Antropologia, Sociologia e História surgem nesta época e a Ecologia tal como a conhecemos hoje encontra aqui as suas bases.

Ainda no século XIX, em 1862 John Ruskin com o livro “Unto This Last” (Lacy & Rutqvist, 2015), mostra preocupação com a produção contínua de novos artigos sem que se dê valor ao produto artesanal e ao trabalho, dá continuidade ao pensamento de Malthus e mostra com as suas palavras que a era industrial acabará por destruir a beleza da natureza. **Recurso e trabalho** estão então diretamente associados para este autor, e o trabalho em massa leva a que o valor de ambos se reduza. Economia e Sociologia são assim as ciências que apoiam o estudo do impacto das ações da era industrializada no meio ambiente e sem querer livros como “A beleza das coisas” de John Ruskin baseiam-se na compreensão das escolhas sobre edifícios e paisagens naturais.

Para estes autores, a palavra **sustentabilidade ainda não existia** tal como no contexto atual, mas eram capazes de observar o impacto do avanço tecnológico e do crescimento populacional no ambiente.

No século XX, 60 anos mais tarde dos livros de Ruskin serem lançados, Harold Hotelling, escreve o seu livro sobre “A economia dos recursos termináveis”, onde descreve o caos que pode gerar a má exploração de recursos que não se podem recuperar. Aqui é marcada uma etapa de observação dos **recursos não-**

**renováveis**, muito importante para os autores que se seguiriam a Hotteling (Lacy & Rutqvist, 2015).

Muitas vezes o resultado da má observação do ambiente levou aos erros apresentados em *Silent Spring* (Carson, 1962), que se orientam pelo caos ambiental e morte de milhares de indivíduos de todas as espécies, desde milhares de salmões e larvas em rios norte americanos, a milhares de pessoas na Índia. A imagem criada pela autora não é agradável na imaginação do leitor, precisamente o que se pretende conseguir.

A autora escreve ainda que a cidade (abaixo descrita) não existe, porque ela não conhece nenhuma comunidade à qual tudo tenha acontecido de uma vez – ainda não tinha ocorrido o desastre nuclear de Chernobyl.

There was once a town in the heart of America where all life seemed to live in harmony with its surroundings.

(...) Then a strange blight crept over the area and everything began to change.  
(...) There had been several sudden and unexplained deaths, not only among adults but even among children, who would be stricken suddenly while at play and die within a few hours.

There was a strange stillness. The birds, for example—where had they gone? Many people spoke of them, puzzled and disturbed. (...) It was a spring without voices.

(...) In the gutters under the eaves and between the shingles of the roofs, a white granular powder still showed a few patches; some weeks before it had fallen like snow upon the roofs and the lawns, the fields and streams. No witchcraft, no enemy action had silenced the rebirth of new life in this stricken world. The people had done it themselves.

*(Carson, 1962, p. 4)*

Este livro leva a que se compreenda o mal que as ações humanas fazem à saúde do planeta, leva a estudar a relação de outros seres vivos com o meio em que vivem e a relação que o ser humano tem com o seu, a compreender a Ecologia. Quando uma ação produzida pela atividade humana repercute de forma negativa no meio ambiente, há um **desequilíbrio ecológico**, isto é, as atividades humanas superam a capacidade de regeneração do planeta e levam à sua saturação e atrofia.

A partir dos anos 60 compreende-se que há ações que vão contra o ambiente e conseqüentemente são atentados à vida humana, é então analisada a sustentabilidade do ambiente como sugerem Rogers, Jalal & Boyd (2008).

Future generations are unlikely to condone our lack of prudent concern for the integrity of the natural world that supports all life. There is still very limited awareness of the nature of the threat. This is an era of specialists, each of whom sees his own problem and is unaware of or intolerant of the larger frame into which it fits. It is also an era dominated by industry, in which the right to make a dollar at whatever cost is seldom challenged.

*(Carson, 1962, p. 15)*

O termo **sustentabilidade** (Rogers, Jalal, & Boyd, 2008, p. 22), originalmente surgiu da exploração florestal, pesca e extração de águas subterrâneas, que

lidavam com quantidades como “corte máximo sustentável”, “pesca máxima sustentável” e “máximo caudal bombeado sustentável”.

As perguntas que se faziam baseavam-se em *quantas árvores podemos cortar e ainda ter crescimento florestal? Quantos peixes podemos pescar e ainda ter produção funcional no final do período? Quanta água podemos extrair do solo e ainda ter um aquífero viável no final do período de bombeamento?*, mas os autores são conscientes de que a observação dos **valores máximos** nem sempre justificava a **sustentabilidade dos ecossistemas**, pois estes são somente componentes do sistema em geral. Ainda mais, a sustentabilidade pode ser obtida a **curto prazo**, mas não necessariamente a **longo prazo** (Rogers, Jalal, & Boyd, 2008, p. 22).

**Sustentável significava então o máximo de quantidade que se podia extrair de um recurso determinado de forma a manter alguma possibilidade de este se regenerar e continuar a dar frutos.**

Em **1968** surge a primeira discussão sobre o **desenvolvimento ecologicamente sustentável**, numa Conferência Intergovernamental promovida pela UNESCO (Mateus, 2009). Este momento da história repete-se em diversas datas de forma a estabelecer os pontos fracos e fortes da atividade humana sobre o ambiente e se as gerações futuras poderão sobreviver em função de um desenvolvimento que não seja ecologicamente responsável, pretendia-se estudar a **sustentabilidade a longo prazo**.

Entre 1969 e 1970 surgem duas grande O.N.G.'s que viriam a mudar o pensamento de milhões de habitantes do planeta, a “Amigos da Terra” e a “Greenpeace”, que promovem atividades ambientalistas para **consciencializar** e alterar o curso da humanidade em relação ao ambiente que exploram diariamente. Sem estas organizações muito provavelmente continuar-se-iam a assassinar milhares de golfinhos por dia para alimentar a população e não teríamos conhecimento do sofrimento dos ursos polares causado pelo degelo (FotEI, 2020) (Green Peace, 2020).

As Nações Unidas são responsáveis em **1972** pela criação de um programa específico para o meio ambiente, U.N.E.P. (Mateus, 2009) e nasce a organização internacional “Clube de Roma” que discute os problemas mundiais e lança o polémico livro “Limites do crescimento” (Lacy & Rutqvist, 2015) sobre o rápido crescimento populacional e a escassez de recursos. Basicamente o que Thomas Malthus defendia dois séculos antes, mas, mais reforçado pela verificação de dados de crescimento populacional objetivos e pela constatação das ideias do autor do século XVIII.

Em **1987**, através do Relatório de Brundtland (nome atribuído em homenagem à antiga primeira ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland) (Rogers, Jalal, & Boyd, 2008), surge a máxima de que desenvolvimento sustentável é *satisfazer as necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras de satisfazer as suas próprias necessidades* (World Commission on Environment and Development, 1987).

Este relatório é de máxima importância na história do desenvolvimento sustentável, porque estabelece que o poder político é aquele que prevalece e que devem ser os seus gestores aqueles que devem tomar as decisões mais difíceis. Aqui entra a dimensão política na sustentabilidade para atingir um desenvolvimento equilibrado.

Nós não fazemos de conta que o processo é fácil ou linear. Escolhas dolorosas têm de ser feitas. Contudo, na análise final, desenvolvimento sustentável deve depender da vontade política.

*(World Commission on Environment and Development, 1987, p. 9)*

Nesse documento são estabelecidas as catástrofes que aconteceram até à data como as indicadas abaixo:

- 1940 a 1970 O depósito incorreto de resíduos tóxicos numa cidade dos EUA, provocou **abortos e nascimentos com defeitos congénitos**, o único sintoma foi o mau odor.
- 1952 Durante o inverno em Londres, o fumo das chaminés em conjunto com químicos de fábricas e cinzas formaram uma nuvem, condensada pelo nevoeiro natural, que provocou a **morte de milhares de pessoas**.
- 1987 Aumentada pela **seca**, a crise ambiental e de desenvolvimento em África escalou em pico, pondo em risco **35 milhões de pessoas e matando talvez 1 milhão**.
- 1984 A fuga numa fábrica de pesticidas em Bhopal, Índia, **matou mais de 2 000 pessoas** e cegou e feriu mais de **200 000**.
- 1984 **Tanques de gás liquefeito explodiram** na Cidade do México, **matando 1 000** e deixando **milhares sem casa**.
- 1986 A **explosão do reator nuclear de Chernobyl** enviou chuvas e ventos nucleares por toda a Europa, aumentando o risco de futuros **cancros**.
- 1986 **Químicos agrícolas**, solventes e mercúrio fluíram para o rio Reno durante um incêndio num armazém na Suíça, **matando milhões de peixes** e **ameaçando a água potável** da Alemanha, da Holanda e da França.
- 1987 **60 milhões de pessoas** estimadas por **morrerem** de doenças relacionadas com **água poluída e malnutrição**, a maioria das vítimas são **crianças**.

*(World Commission on Environment and Development, 1987, p. 3)*

Estas datas mostram dados que são chocantes, mas reais, e referem desastres que são originários na ação humana. Sem se perceberem os danos provocados pelo homem, não se podem compreender as consequências de um desenvolvimento insustentável como se referirá em seguida.

Existe uma necessidade crescente por uma cooperação efetiva internacional para gerir a independência ecológica e económica. Ainda ao mesmo tempo, a confiança em organizações internacionais é diminuidora e o suporte por elas minguante.

*(World Commission on Environment and Development, 1987)*

De forma a que os conceitos desenvolvidos nos anos 80 fossem levados a cabo pelos países mais industrializados, em **1992** dá-se a **Cúpula da Terra**, ou Eco-92 no Rio de Janeiro, onde se estipulam os princípios para o desenvolvimento sustentável dos países participantes (Edwards, 2005). Estes princípios serviram para desenvolver um documento conhecido por **Agenda 21** que será explicado no próximo apartado deste ponto.

Como justificado até aqui, o passado influencia na resolução e compreensão de termos e conceitos que permitem avançar, assim, a formação de áreas científicas no século XIX possibilitou a ampliação das áreas de estudo e passou-se a uma interligação de conhecimentos.

Sem que se tenha formado a área de investigação da Ecologia, não seria possível estudar o impacto do consumo de recursos no meio ambiente, para tal a definição desta ciência é deveras importante. **Ecologia** evoluiu ao longo da era moderna e é atualmente a ciência que estuda a relação entre seres vivos e destes com os seus habitats. Dela surge a **Ecologia humana**, que se define como a *“área de investigação interdisciplinar que tem por objetivo o estudo das relações entre as comunidades humanas e o espaço em que estas se desenvolvem (incluindo o impacto ambiental dos modelos de organização socioeconómica, das inovações tecnológicas e científicas, etc)”* Infopédia (2019).

A Ecologia do ser humano baseia-se então na **necessidade de sobreviver em função dos recursos que o planeta lhe dá e, no respeito que mostra ao meio em que vive**.

No atual século, **sustentabilidade** é, segundo a Infopédia (2019), “característica de modelo de desenvolvimento que procura a melhoria do nível de vida das populações, garantindo em simultâneo a preservação do ambiente e dos recursos naturais, através da sujeição das atividades económicas e industriais a princípios de equilíbrio ecológico, de modo a satisfazer as necessidades das gerações existentes sem comprometer as necessidades das gerações futuras”. É, portanto, *“o termo escolhido como ponte no golfo entre desenvolvimento e ambiente”* (Rogers, Jalal, & Boyd, 2008, p. 22), o **equilíbrio entre futuro e ambiente**.

Tendo em conta a estipulação de documentos que apoiem a compreensão das dimensões do desenvolvimento sustentável através da participação da população, percebe-se que a educação é o único meio que fará compreender que **as atividades humanas sobre o território são de fato as potenciadoras da destruição do meio ambiente**.

Ser sustentável ambientalmente significa *“ser capaz de não esgotar os recursos necessários”, recorrer à “minimização de resíduos” e “garantir que as nossas atividades permitam aos ecossistemas manter as suas características funcionais básicas”* (Maini, 2001, p. 26).

O conceito de desenvolvimento sustentável vai muito mais além das medidas de “higiene ambiental”, de evitar a extinção de espécies, de pôr depuradoras, de contaminar menos e de todas essas questões. É na realidade um conceito realmente complexo, com uma tremenda carga ideológica. Em qualquer caso, este é o contexto em que nos vamos mover. Se este conceito aparece (...), é a partir de duas visões absolutamente evidentes: o sistema em que atualmente nos encontramos ou estamos imersos não só não permite em geral o desenvolvimento das potencialidades das pessoas, senão ademais quando o faz, fá-lo superando os limites do meio ambiente.

*(Maini, 2001, p. 26)*

Segundo Rogers, Jalal & Boyd (2008), para que a sustentabilidade seja alcançada a **longo prazo**, é necessário compreender que se devem calcular todos os passos da exploração do meio ambiente do qual se depende, questionando ao invés **o que torna o desenvolvimento insustentável**, através da avaliação dos fatores determinantes do desenvolvimento: consumo, produção e distribuição. O **consumo insustentável** é dedicado ao “*uso de recursos além dos limites razoáveis impostos pela natureza através da sua regeneração*”, a **produção insustentável** determinada “*pelos ineficiências brutas e má manutenção do uso da água, energia e minerais*” e por fim a **distribuição “desproporcionada”** de recursos que torna o sistema insustentável.

Na atualidade o conceito é mais complexo e a análise de diversos componentes da ecologia, sociologia, política, economia e cultura é incluída no debate sobre o desenvolvimento sustentável (McDonough & Braungart, 2005; Rogers, Jalal, & Boyd, 2008; Silva & Shimbo, 2008; Correia, 2009). O desenvolvimento sustentável é assim, **o objetivo a alcançar de forma a impedir que as próximas gerações vivam em situações de conflito pela procura de recursos naturais** (Rogers, Jalal, & Boyd, 2008).

**Desenvolvimento sustentável define-se através da aplicação do fator especulativo de desenvolvimento populacional ao consumo de recursos.**

Neste momento os dados são bastante negativos, uma vez que se ultrapassam 3 dos 9 limites do planeta, segundo (Lacy & Rutqvist, 2015, p. 7):

	Níveis de extinção (perda de biodiversidade)
Limites ultrapassados	Concentração de dióxido de carbono na atmosfera
	Fixação do nitrogénio na atmosfera
	<hr/>
	Acidificação dos oceanos
	Interferências no ciclo do fósforo
Limites restantes	Mudanças no uso da água
	Degradação da camada de ozono
	Aerossóis na atmosfera
	Poluição química

Esta separação dos limites que cientistas apresentam, apenas se pode melhorar através dos instrumentos corretos, para começar devem-se seguir os planos de diversos autores, organizações e nações fizeram ao longo da história.

Atingir o desenvolvimento sustentável não é uma tarefa fácil. São diversos os fatores que intervêm numa gestão total da vida de todos numa comunidade.

Para que não sejam ultrapassados os limites, existem diversos documentos que tornam legal a preocupação com o meio ambiente e o desenvolvimento correto de sociedades, ambientes e economias. Estes documentos são a Agenda 21 proposta em 2000, os Objetivos de Desenvolvimento do Milénio (ODM), os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e a Agenda 2030 que serão apresentados nos seguintes pontos deste estudo.

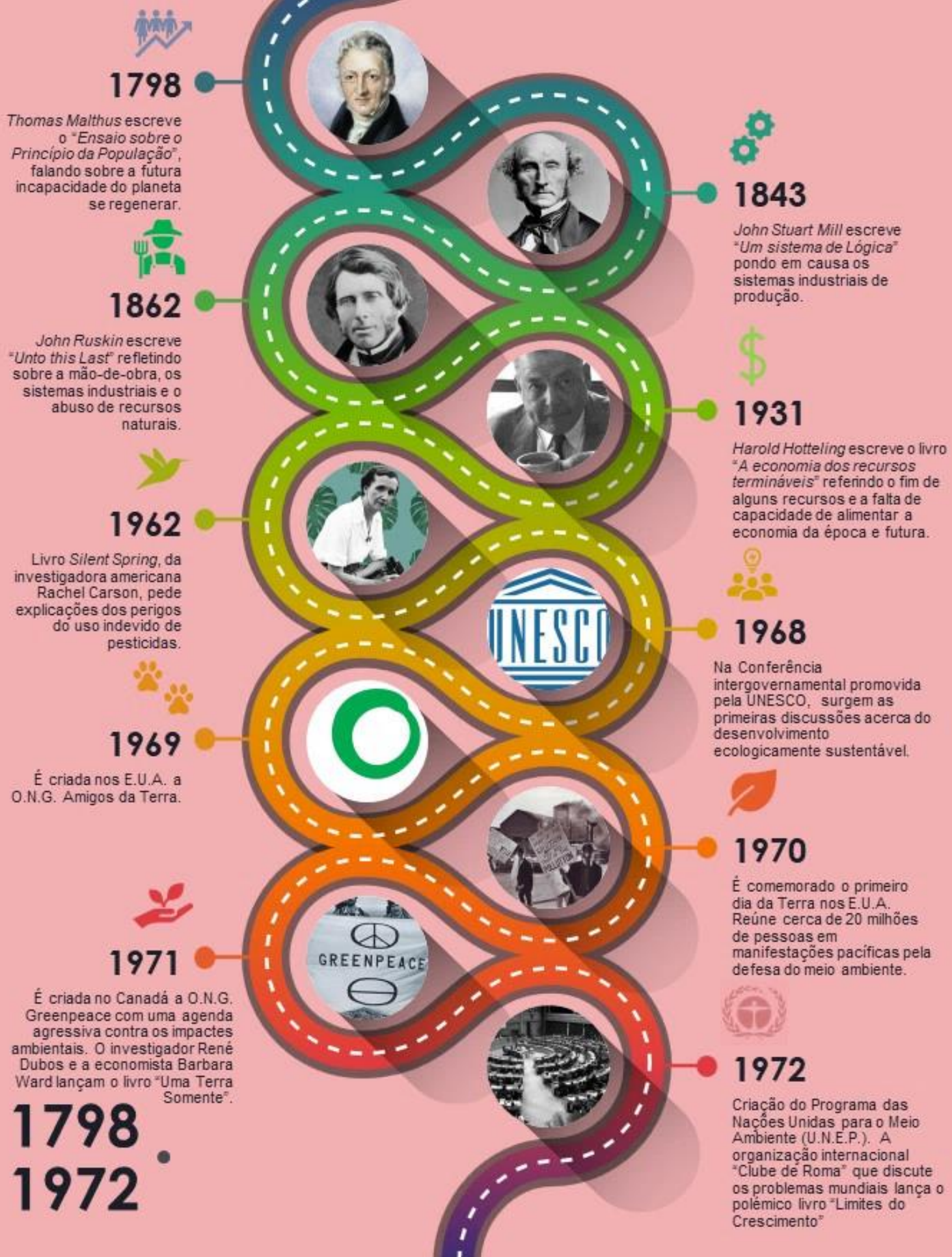


Figura 3 - Caminho para a sustentabilidade – 1798, 1972

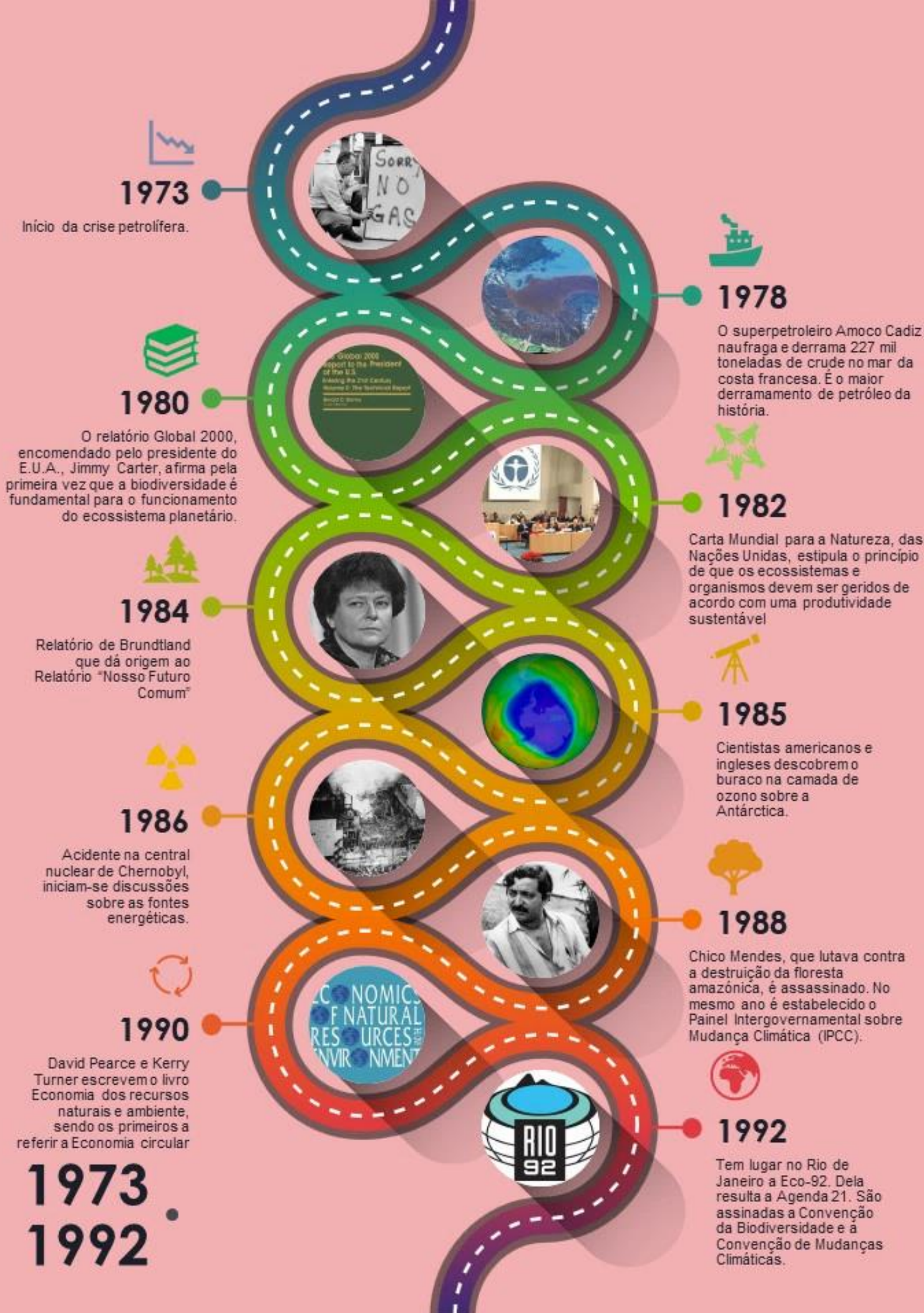


Figura 4 - Caminho para a sustentabilidade – 1973.1992

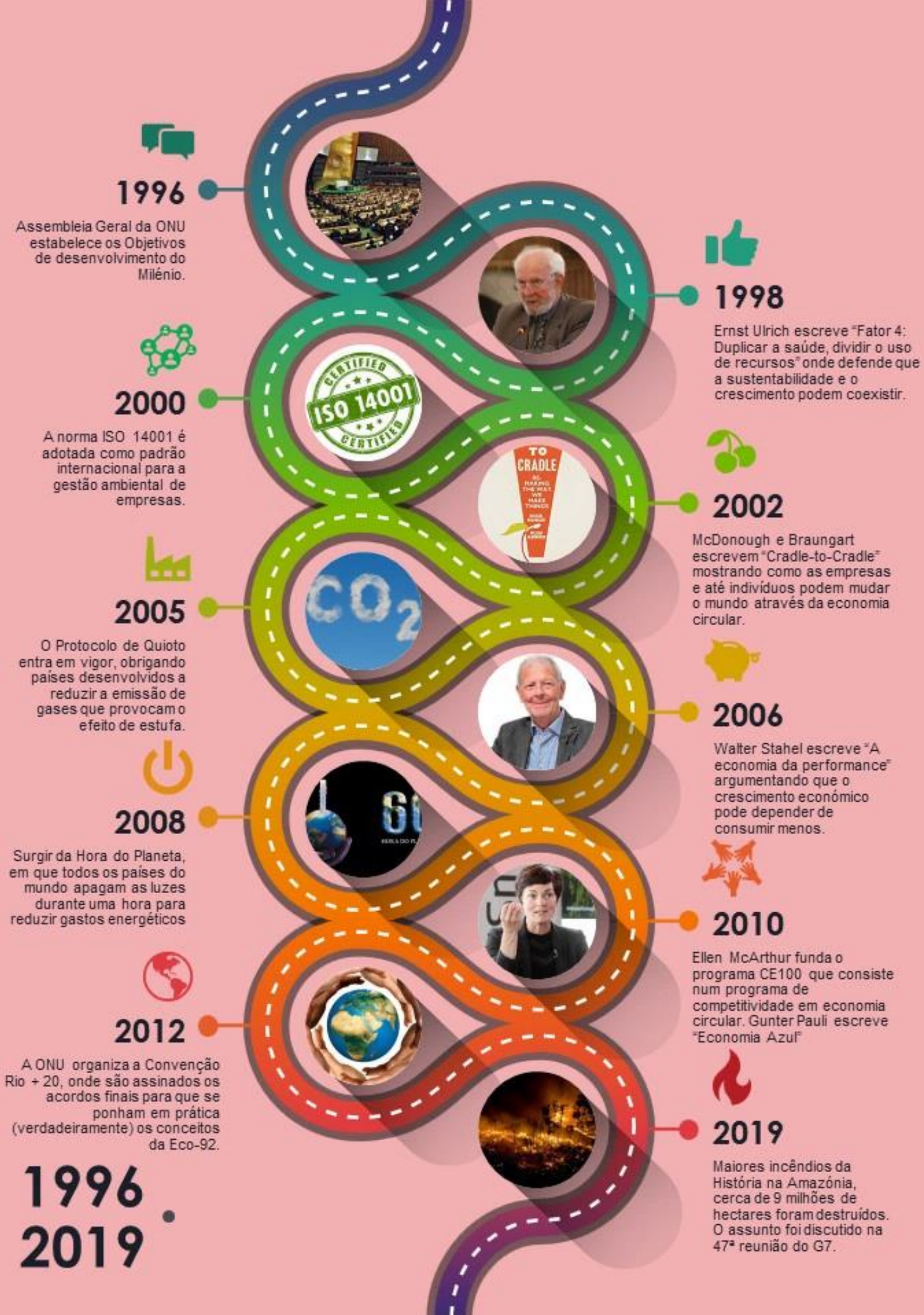


Figura 5 - Caminho para a sustentabilidade - 1996.2019

*1798 - (Terra, 2017)*  
*1843 - (Wikipedia, 2019)*  
*1862 - (Intellectual Take Out, 2017)*  
*1931 - (Institut of Mathematical Statistics, 2007)*  
*1962 - (Literary Hub, 2018)*  
*1968 - (Portal Diplomático, 2018)*  
*1969 - (Foro Internacional Democracia e Cooperação, 2012)*  
*1970 - (Common Dreams, 2015)*  
*1971 - (DW, 2011)*  
*1972 - (Teach for India MUN, s.d.)*  
*1973 - (npr, 2013)*  
*1978 - (Shipwreck Log, 2014)*  
*1980 - (Amazon, s.d.)*  
*1982 - (EcoDebate, 2016)*  
*1984 - (Encyclopædia Britannica, 2020)*  
*1985 - (BBC, 2018)*  
*1986 - (Daily Mail Online, 2017)*  
*1988 - (Encyclopædia Britannica, 2019)*  
*1990 - (goodreads, s.d.)*  
*1992 - (Brands of the World, 2012)*  
*1996 - (U.S. Mission UN Rome, 2018)*  
*1998 - (The Club of Rome, s.d.)*  
*2000 - (freepng.es, s.d.)*  
*2002 - (Amazon, s.d.)*  
*2005 - (Manutenção e Suprimentos, 2018)*  
*2006 - (ABC, 2019)*  
*2008 - (Richmond News, 2018)*  
*2010 - (Evening Standard, 2019)*  
*2012 - (Debbie Hecht, 2017)*  
*2019 - (Mongabay, 2019)*

### 2.1.1. Documentação de implementação dos conceitos associados ao desenvolvimento sustentável

#### ◆ Agenda 21

A partir de momentos históricos como o desastre nuclear de Chernobyl, a descoberta da camada de ozono na atmosfera, a desflorestação em massa da floresta da Amazônia entre muitos outros, compreendeu-se que eram necessárias ações políticas para limitar a atividade industrial e o consumo de recursos do planeta.

A **Cúpula da Terra de Estocolmo, 1972**, sobre o Ambiente Humano e, a **Cúpula da Terra de Nairobi, 1982** foram as bases para a formação de documentos que comprometessem a participação de todos os países na formação de um futuro saudável e seguro.

Em 1992, como referido anteriormente, através da **Cúpula da Terra do Rio de Janeiro**, estabeleceram-se os princípios para o desenvolvimento sustentável. Nesta Conferência promovida pela ONU, participaram 172 países, entre os quais ficaram acordados 27 princípios (APA, 2019).

Também são estabelecidos objetivos a cumprir no próximo século. Esses objetivos são, respeitar e cuidar da comunidade da vida, atingir a integridade ecológica, a justiça social e econômica, estabelecer a democracia, não violência e paz.

A partir desta conferência surgem diversos momentos, contando entre eles a **Carta da Terra**, **Convenção sobre Diversidade Biológica**, a **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**, a **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima**, **Declaração dos princípios sobre florestas** e a **Agenda 21** (ONU, 2019).

A **Carta da Terra** (UNESCO, 2000), é um documento de máxima importância a nível mundial, pois estabeleceu os princípios base para o desenvolvimento de outros documentos, apesar de apenas ter entrado em vigor em 2000.

As Convenções e Declarações oriundas da Eco-92, que se resumem à diversidade biológica, ao combate à desertificação, à mudança climática e às florestas, são documentos de elevada importância, mas não serão debatidos neste estudo, a Agenda 21, por outro lado é um documento que se revela útil dada a sua relação direta com a arquitetura.

A **Agenda 21 é uma carta de intenções referente à promoção de novos padrões de desenvolvimento no século XXI**, atualmente a sua escala é relativa a cada conselho de um país, onde se conta com a participação ativa de todos os habitantes para a definição de uma estratégia para o desenvolvimento sustentável.

Uma vez que a participação de todos é importante para a educação, formação e ativismo sobre a sustentabilidade, é a nível local que se deve intervir (APA, 2019). Assim, as várias partes da sociedade devem entrar em concordância para que este sistema seja aplicado corretamente, trabalhar em grupo é necessário para que novas soluções surjam para a dissipação das problemáticas ambientais.

Como se pode observar na *Figura 6*, os agentes responsáveis pela formação da Agenda 21 são a ONU, o Conselho Europeu em Bruxelas e o Conselho de Ministros de cada país que delega o poder de planeamento a cada Câmara Municipal.

As datas de conclusão deste documento iniciam em 1992 com a Cúpula da Terra e terminam em 2006 com a Resolução do Conselho de Ministros em Lisboa (no caso de Portugal) (APA, 2019).

Este documento representa a boa-fé dos municípios em participar no desenho de um acesso ao futuro sustentável, não só das suas regiões, mas do planeta.

No contexto de Portugal, apenas parte dos 308 municípios participaram ativamente no desenvolvimento deste documento desde que foi implementado, alguns encontram-se em fase de desenvolvimento e outros ainda nem arrancaram o processo (Álvares, 2009; Dias, 2014). Sem este documento é negada à população a participação ativa no traçado do plano do futuro dos seus conselhos e, dá margem de manobra aos especuladores.

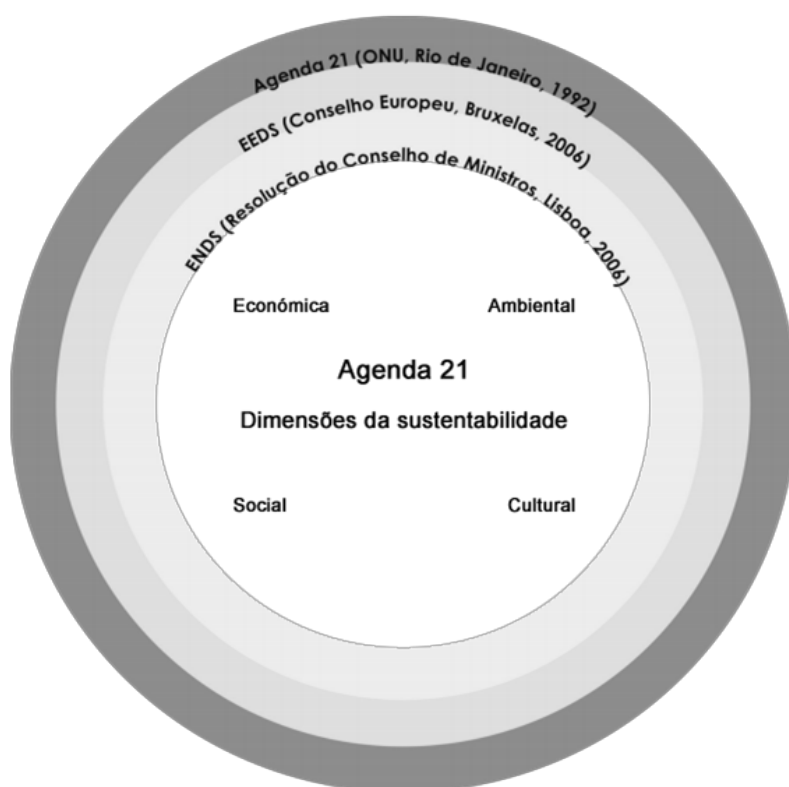


Figura 6 - Estrutura de organizações de controlo da sustentabilidade (APA, 2019)

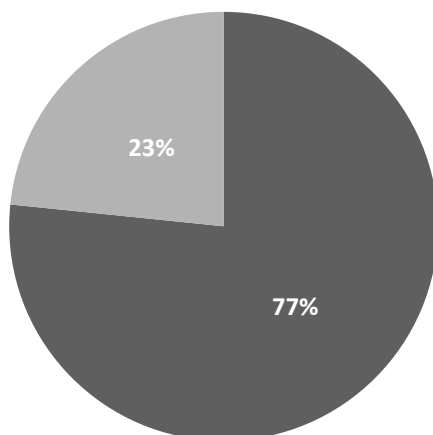


Figura 7 - percentagem de municípios participantes na formação da agenda 21 local (do autor, a partir de Álvares, 2009)

Somando todos os concelhos participantes na formação da sua **Agenda 21 Local**, em 2009 a pesquisa de Álvares identificou, um total de 72 municípios. Que se uniam ou tinham a sua própria Agenda 21 (Álvares, 2009).

O que quer dizer que apenas 23% dos municípios Portugueses tinham, até 2009, iniciado os seus planos para formar parte de um plano maior e assim atingir a sustentabilidade do país e do planeta, como se pode observar na *Figura 8*.

Assim sendo a Agenda 21 estabelece **três objetivos principais de estudo** (APA, 2019). Estes três aspetos definem que o documento deve comportar um estudo do território e um cálculo das atividades promovidas dentro dos parâmetros da sustentabilidade:

Objetivos	Meios	Instrumentos
Caracterização do território de intervenção segundo as dimensões da sustentabilidade	articulação das características do território com os planos e regulamentos nacionais e regionais	PNOT PDM RPDM ...
Identificação das potencialidades e estrangulamentos existentes	identificação das mais-valias e pontos fracos do território para que estes possam ser ainda mais potenciados e/ou resolvidos	Planos de gestão territorial Reuniões com a população Inquéritos Fichas de estatísticas Atas
Identificação do impacte das atividades humanas na sustentabilidade	estudo do impacte das atividades humanas no território	Cálculo de Indicadores de sustentabilidade Atas

*(adaptado pelo autor a partir de APA, 2019)*

Apesar de parecer um documento de **coesão política, ambiental e económica**, depende explicitamente de **planos de gestão territorial** e afeta diretamente as construções novas, novas atividades sociais, educacionais e culturais, a economia e o meio ambiente.

Aqui está em prática uma forte relação entre o desenvolvimento sustentável e a arquitetura, uma vez que devido ao elevado consumo de recursos e energia que supõe é necessário controlar esta área de estudo. Para que este cálculo seja correto, serão necessárias avaliações de indicadores da arquitetura sustentável, que se discutem neste capítulo.

**Agenda 21** é um documento que serve de referência para as Câmaras Municipais controlarem as atividades humanas nos seus territórios. Esta pequena parte dos planos de ação para se atingir a sustentabilidade no **século XXI**, interfere diretamente na concretização dos objetivos de desenvolvimento sustentável que a ONU estabeleceu em **1972**.

Os problemas indicados em 1972 aquando da Conferência da ONU sobre o Meio Ambiente Humano ou Conferência de Estocolmo, estão a crescer e a gestão de recursos continua a provocar distúrbios à paz mundial. Em detrimento da **Cúpula da Terra de 1992**, surge o **Protocolo de Kyoto** em 1997, no Japão, que ainda é o único tratado jurídico internacional que pretende limitar as emissões de gases com efeito de estufa dos países desenvolvidos. Este é um dos primeiros passos para a realização das **quantificações** de danos provocados pela atividade humana no ambiente, propostas pela **Agenda 21**.

Resumindo este apartado do capítulo, este documento em estudo é um marco de referência na gestão de diversos fatores para o cálculo correto do impacto das atividades humanas no meio ambiente. Apesar da sua importância, os objetivos propostos encontram-se obsoletos na data atual e o documento foi sendo modificado e ampliado, desta forma será importante referir os documentos que se seguem a este, como os **Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM)**, a **Agenda 2030** e os **Objetivos de Desenvolvimento sustentável (ODS)**

#### ◆ **Objetivos de Desenvolvimento do Milênio**

No seguimento dos acontecimentos globais nos anos 90, no ano **2000**, reuniram-se os dirigentes mundiais para reafirmar as suas obrigações com o cumprimento dos objetivos de desenvolvimento estudados na Agenda 21 (ONU, 2019). Este encontro, promovido pela ONU, ficou registado como a **Cimeira do Milênio**. Nela foram debatidos e estipulados **8 Objetivos de Desenvolvimento para atingir até 2015** e surgiu a **Declaração do Milênio** (ONU, 2019). Os **OMS** a atingir pelos 196 estados Membro da ONU até 2015 eram:

1. Erradicar a pobreza extrema e a fome
2. Alcançar o ensino primário universal
3. Promover a igualdade de género e a autonomização da mulher
4. Reduzir a mortalidade de crianças
5. Melhorar a saúde materna
6. Combater o VIH/SIDA, a malária e outras doenças
7. Garantir a sustentabilidade ambiental
8. Criar uma parceria global para o desenvolvimento

Em **2002**, dá-se em Joanesburgo na África do sul, a 4ª Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, ou **Rio+10**, dela surge a Declaração de Joanesburgo e um Plano de Implementação. Neste momento é declarado que é necessário colocar em prática os compromissos das partes com acordos já firmados anteriormente, como a Agenda 21 e constata-se que a estipulação de objetivos de desenvolvimento tem impacto na resolução dos problemas identificados.

While population growth may cause some environmental degradation, it is not as significant as that caused by other types of activities. Also, the poor may cause limited environmental degradation, but they do so out of necessity of survival and have little choice. It has also been demonstrated that, if the poor experience a slight improvement in their income, they will probably do something else to earn their livelihood rather than take as much as they can from the land and the sea.

(...) With expanding population, the competition for land and water resources intensifies. Under such a situation, social tensions are likely to grow to a point where conflicts (ethnic, religious, and other types) are likely to increase. Such expanding world population has reduced the land area under food grain production from 0.23 hectares/person in 1950 to 0.11 hectares in 2000 (Lester Brown, 2004). This not only threatens the nutrition of a global population living at subsistence levels in áreas with depleted soils, but also threatens its survival. As a consequence, conflicts build up among social groups competing for survival. Already, in parts of India, Sudan, Nigeria, and Mali, such conflicts have cut down thousands, if not millions, of human lives. Growing global population

has also given rise to conflicts between and among countries on shared water resources as in the case of India, Pakistan, and Bangladesh, which draw water from the Indus and Ganga-Brahmaputra rivers; and Thailand, Laos, Cambodia, and Vietnam, which are watered by the Mekong River. Similar conflicts have existed for many years among the countries of Central Asia sharing the Amudarya and Syrdarya rivers. Conflicts among local groups involving water sharing have also become common in the PRC and India, where cities with a larger power base deprive rural areas of water on which farmers depend for their livelihood (Lester Brown, 2005). Therefore, unless population growth is slowed down and stabilized quickly, the world is likely to continue to see scarcities of land and water, giving rise to increasing social tensions and conflicts. Under such conditions not only development, but also life on earth, cannot be sustainable.

*(Rogers, Jalal, & Boyd, 2008, pp. 53-55)*

Em **2012** acontece a 5ª Cúpula da Terra, conhecida como **Rio+20**, 20 anos depois da 3ª Cúpula. Neste momento reconhece-se que na prática, o Plano de Implementação da Rio+10 não se verificou funcional e, estudam-se novas formas de cumprir os ODM. A **Cúpula Rio+20** seguiu a sua predecessora, na medida em que o conflito gerado, em torno de recursos, entre os vários países membros, levou à falta de definição de objetivos. A **crise económica de 2008** e as **guerras** pelo petróleo, diamantes, água e comida acentuam-se e não permitem atingir ao consenso global.

Many natural resource prices have spiked in the past 15 years, putting stress on companies and undermining growth prospects. The effects of those rising prices are spreading beyond

industry, driving trade-balance shifts, consuming a larger share of household expenditures, and even causing social unrest.

(...) In the past 20 years, at least 18 civil wars have been fought over natural resources such as diamonds, timber, and cocoa.<sup>47</sup> Resource conflicts, like the fight for diamond mines in Sierra Leone, have been responsible for derailing peace agreements in regions with fragile governance.

*(Lacy & Rutqvist, 2015, pp. 9-13)*

Rogers, Jalal & Boyd (2008) e Lacy & Rutqvist (2015), apresentam provas de que as condições de vida no planeta não são as melhores e que os conflitos gerados interna e externamente por grupos e países são causa da paragem do desenvolvimento, e da estagnação. Em 2015 surgem novos planos para o desenvolvimento sustentável mundial e local, que serão debatidos no seguinte ponto, como a Agenda 2030 e os ODS.

#### ◆ **Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**

Em sequência da Rio+20 em 2015 foi realizado em França, o Acordo de Paris, que compromete os países a limitar o aumento da temperatura média global, que em parceria com o Protocolo de Kyoto e os ODM trabalhou para a standardização do cálculo de impacte ambiental previsto na Agenda 21.

Os objetivos propostos para 2015 em 2000, tornam-se insuficientes, e a Agenda 2030 é a segunda **carta de intenções referente à promoção de novos padrões de desenvolvimento no século XXI**. Estes objetivos que a carta propõe são postos em prática em 2016. Neste momento, está em vigor a renovada Agenda para 2030, promovida pela ONU em 2015 (ONU, 2019), que estipula 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) através dos quais todos os países participantes alcançarão a sustentabilidade, uma realidade que se tenta implementar desde os anos 80.

Em novembro de 2019, 4 anos depois, na **Cimeira da Ação Climática em Nova Iorque**, são revistos os objetivos para 2030 e ouvidas vozes de jovens como *Greta Thunberg*, para a renovação de estratégias políticas para a mudança climática e o uso apropriado de recursos. No caso português, a aplicação dos ODS consistiu na entrega do **Relatório nacional sobre a implementação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**, que foi lançado em 2017 em Nova Iorque (U.E., 2020).



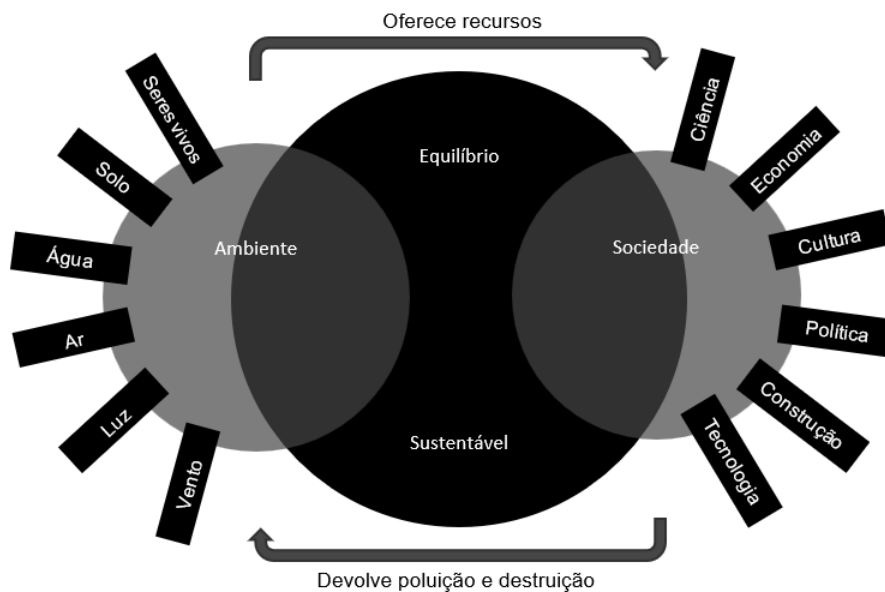
*Figura 8 - ODS propostos em 2015 e para cumprir até 2030 (ONU, 2020)*

### 2.1.2. Análise do ciclo de vida dos materiais e pegada ecológica

Sem que exista um estudo do impacto das atividades promovidas pelo homem no meio ambiente, não é possível quantificar o ambiente em que vivemos, **por isso um estudo da Ecologia é essencial** para que tudo se compreenda e se aja em função das descompensações humanas.

Sendo a atividade produzida pela sociedade, fazem parte dos grupos sociais as construções, a cultura, a tecnologia e a ciência. Dentro do grupo científico encontram-se a economia, a política, a engenharia, a arquitetura, a educação, a arte, a ecologia e as várias profissões que o ser humano inventou. Em contraposto está a natureza, que nos gerou (Papanek, 1995).

A *Figura 9* mostra como se dá o equilíbrio sustentável entre o ambiente e a sociedade, comportando aspetos como a água, a energia, o solo e os seres vivos, assim como as componentes criadas pelo ser humano, sendo que o ambiente oferece recursos e uma má gestão dos recursos por parte da sociedade devolve em troca, poluição.



*Figura 9 – (Des)Equilíbrio sustentável através da má relação entre sociedade e ambiente (do autor)*

Recordo uma altura em que o alimento, o abrigo e o vestuário eram considerados as necessidades absolutas da vida. Isso deixou de ser verdade. Recuámos e estamos agora longe da certeza de podermos contar com ar puro, água potável para beber, alimentos que possamos comer com segurança e um ambiente que não esteja poluído por níveis de ruído devastadores.

*(Papanek, 1995, p. 11)*

Esta sentença de Papanek (1995) relaciona diretamente as atividades humanas à destruição do ambiente, levantando a questão de se a humanidade irá sobreviver num ambiente saudável e quais serão os limites deste. A relação explícita entre homem e ambiente não tem melhorado desde que Carson (1962) e Papanek (1995) escreveram os seus livros, tão preocupados com o equilíbrio entre meio ambiente e o ser humano. Tanto um autor como o outro acabam por referir **o equilíbrio e o futuro**, o que quer dizer que o caminho para atingir a harmonia deve ser gerido com olhos no futuro, antecipando o **crescimento populacional**, a

**produtividade humana e a regeneração do planeta.** Assim a Ecologia encontra a **capacidade humana de se sustentar num ambiente coerente** e saudável durante várias gerações de vários seres vivos.

**Pegada ecológica** é segundo Infopédia (2019) a quantidade de terra e água necessárias para manter o estilo de vida de uma pessoa ou de uma população, calculada com base nos recursos consumidos por essa pessoa ou grupo no seu dia a dia e pelos resíduos que produz, a unidade de medida universal é **Kg/ano** (Lacy & Rutqvist, 2015).

Para mostrar a ideia por trás da pegada ecológica, vejamos como a sociedade percebe talvez o símbolo mais elogiado da civilização humana: a cidade. Se pedirmos uma definição da cidade, a maioria das pessoas indicará a alta densidade populacional e o conjunto de prédios e ruas criados pelo homem.

(...) A pegada ecológica de uma cidade é proporcional à sua população e ao consumo per capita. As nossas estimativas mostram que a pegada ecológica das cidades modernas cobre uma área que excede o tamanho das cidades em várias ordens de magnitude. A pegada ecológica mede, assim, a “sustentabilidade ecológica” de uma população.

*(Wackernagel & Rees, 1998, pp. 23 - 25)*

Sem que esteja devidamente registada a quantidade de recursos que a humanidade consome não é possível quantificar a qualidade do ambiente que se está a definir. O desenvolvimento sustentável, depende diretamente das ações humanas no ambiente, os cálculos de valores económicos sobre recursos são de principal importância porque a humanidade comunica através de trocas mercantis.

A partir da análise da pegada ecológica humana consegue-se o cálculo realizado para os edifícios, quanto gasta um edifício por ano para a sua construção e manutenção – **pegada ecológica do edifício**, então é importante referir o que significa desenvolvimento sustentável na disciplina de arquitetura.

**O cálculo da pegada ecológica da construção é assim a ponte entre o desenvolvimento sustentável e a arquitetura**, sendo que sem se avaliarem os valores atuais de consumo, produção e distribuição de recursos, não se pode compreender a dimensão do problema exposto (Rogers, Jalal, & Boyd, 2008).

O autor de *Arquitetura e Design: Ecologia e Ética* (Papanek, 1995), pede que os responsáveis pelo desenho de novos produtos tenham em conta os problemas ambientais e considerem as suas responsabilidades com a Ecologia e, que não deveria existir o sufixo sustentável em arquitetura e design, porque tem a incumbência de estar diretamente implícito nas práticas dos arquitetos e designers.

*As mudanças ambientais do nosso frágil planeta são uma consequência daquilo que fazemos e dos instrumentos que utilizamos. Agora que as mudanças que provocamos são tão grandes e tão ameaçadoras, é imperativo que os designers e arquitetos deem o seu contributo para ajudarem a encontrar soluções.*

*(Papanek, 1995, pp. 10-11)*

Nestes aspetos Papanek (1998) e Edwards (2005) concordam, a sustentabilidade na arquitetura é de fato um tema que deve estar implícito e complicado de gerir, mas faz parte da responsabilidade do projetista e daqueles que gerem os edifícios.

(...) para o arquiteto, sustentabilidade é um conceito complexo. (...) No entanto, projetar de forma sustentável também envolve a criação de espaços saudáveis, viáveis economicamente e sensíveis às necessidades sociais. Significa respeitar os sistemas naturais e aprender por meio dos processos ecológicos.

(Edwards, 2005, p. 3)

**Sustentabilidade em edifícios é um conceito recente, ao qual se pode aplicar o fator especulativo de desenvolvimento populacional e o consumo de recursos disponíveis para a construção, manutenção e demolição de edifícios.**

Edwards (2005) deixa claro que sem procurar um equilíbrio, o futuro que estamos a reservar não é romântico. A população continua a aumentar, enquanto destrói as reservas naturais que o planeta oferece e grande parte dos recursos disponíveis são despendidos pela arquitetura.

Para que assim seja, Edwards (2005) mostra que cerca de 60% dos recursos são disponibilizados para a materialização dos edifícios, 50 % da energia disponível é utilizada para aquecimento, iluminação e ventilação, além de 3% para a construção em si e 50% da água potável do planeta é encaminhada para sistemas de abastecimento de instalações sanitárias e outros usos em edifícios. A observação destes dados permite analisar a percentagem da participação dos arquitetos no consumo mundial de recursos, energia e esforços.

80% do solo disponível é utilizado para edificações ou produção agrícola e 60% dos produtos derivados da madeira são utilizados para a construção, assim como 90% das madeiras duras, isto **afeta a distribuição de recursos e a qualidade do meio ambiente em que vivemos, reduzindo a área de espaços disponíveis para o desenvolvimento natural dos ecossistemas.**



Figura 10 - Gráfico de distribuição de recursos e energia no planeta (adaptado pelo autor a partir de Edwards, 2005, p. 19).

A distribuição da riqueza do planeta, mais de metade em todos os parâmetros da Figura 10, estão destinados a servir a área da construção e manutenção do abrigo humano (Edwards, 2005). Os edifícios são assim culpados pelo consumo de cerca de um terço das matérias-primas e energias disponíveis na Europa, mas Edwards (2005) faz o cálculo também para países em desenvolvimento onde os valores de massificação de edificado são muito mais elevados, como é o exemplo da China.

O estudo realizado por Simmons et al. apud Roaf, Fuentes, & Thomas (2007) representado na Figura 11, permite perceber que a arquitetura é grande responsável pelo desenvolvimento insustentável, cerca de 35 % dos recursos estão destinados a edifícios e mobiliário para os mesmos.

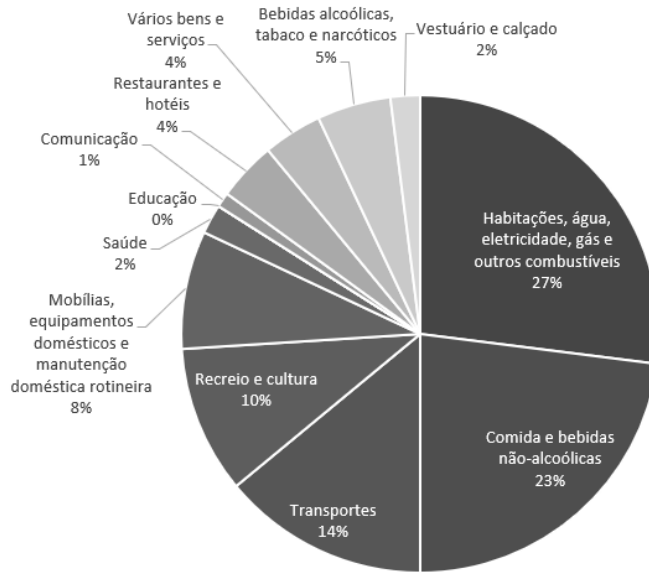


Figura 11 - Separação da pegada ecológica segundo categorias de consumo (Roaf, Fuentes, & Thomas, 2007, p. 321)



2050 = 1 planeta e meio para edifícios

Figura 12 - Pegada ecológica dos edifícios no futuro de 2050 (adaptado pelo autor a partir de Lacy & Rutqvist, 2015, p. 15)

Segundo Lacy & Rutqvist (2015), em 2020 ultrapassaria o nosso planeta ameaçando gravemente a capacidade regenerativa do planeta, em 2050 serão consumidos cerca de 3 planetas por ano, como referido no ponto anterior deste capítulo. Neste momento a pegada ecológica resume-se ao futuro de toda a superfície terrestre.

Quando se cruza a informação de Edwards (2005), percebe-se que 1,5 planetas estão destinados à construção, manutenção e demolição de edifícios como demonstrado na *Figura 12*.

Os gastos de recursos são na sua maioria geridos por arquitetos e engenheiros civis, que são obrigados a pensar sobre como as escolhas que fazem no projeto afetam a população mundial (Papanek, 1995). Seguindo esta lógica, através dos cálculos realizados para o consumo de recursos e energia em edifícios que revelam valores muito elevados, percebe-se que é um dever do arquiteto reduzir estes valores ao máximo e potenciar a sustentabilidade nos seus projetos e obras.

A Pegada Ecológica surge com a questão das quantidades reais do consumo de um produto, então a ACV oferece os dados necessários para atingir valores viáveis.

*Será praticamente impossível, na atualidade, desenvolver arquitetura 100% sustentável, pois implicaria que não haveria nenhum gasto energético na edificação e respetiva ocupação e utilização do edifício pelo utente. Significaria, que o edifício deveria ser totalmente autossuficiente nas duas distintas componentes energéticas, impacte ambiental, integração de recursos ambientais, etc.*

*(Correia M. , 2009, p. 72)*

Esta citação de Correia (2009) acerta no ponto frágil da **arquitetura idealista da sustentabilidade**. Mesmo que se proponha fazer um edifício 100 % sustentável, nunca será possível, pois como referido implica a autossuficiência e a rejeição de energia na construção do edifício. Para compreender como funcionam os cálculos na globalidade é necessário desmembrar todos os apartados que fazem parte de um simples produto, esse estudo é realizado através da Análise do Ciclo de Vida e, permite compreender como o arquiteto é responsável pelo desgaste do meio ambiente desde o momento em que começa a planificar os futuros edifícios a serem elevados.

Um simples exercício a seguir seria **calcular quanto consome um edifício num ano**, para isso seriam necessários dados como a quantidade em peso dos materiais usados, a quantidade de energia empregada, a quantidade de solo ocupado, mar e construção e, o uso do edifício. A soma dessas quantidades, deverá ser calculada em **kg/edifício/ano**.



*Figura 13 - valores necessários para cálculo de pegada ecológica de um edifício e de grupos de edifícios (do autor)*

Para que o cálculo da PE seja realista, é necessário recorrer à ACV.

A **análise do ciclo de vida dos materiais** baseia-se na aplicação dos conceitos estudados no ponto anterior deste capítulo referente ao cálculo da pegada ecológica. Desta forma consegue-se manter uma relação direta entre o material em questão e dados que se pretendem extrair para os estudos de **impacte do plástico no ambiente** e a **reutilização** do material do próximo capítulo.

Neste apartado da investigação será apresentada a Análise do Ciclo de Vida dos materiais (ACV) assinalada como ferramenta de cálculo anteriormente. Esta análise é importante na medida em que apenas através do seu estudo se conhecem as verdadeiras dimensões do **esforço, energia e matérias-primas** que se utilizam para produzir um objeto do quotidiano.

A pertinência deste tópico revela-se através da sua relação direta com os 4R's e com a Economia Circular. Sem estes fatores, o equilíbrio entre a sociedade e o ambiente vê-se comprometido.

Sendo este tema de grande complexidade, ao longo do tempo tem-se vindo a corrigir e melhorar as normas que constroem a estabilidade do desenvolvimento sustentável, tendo a primeira surgido em 1997, quando a International Organization of Standardization (ISO) publicou a norma ISO 14040:1997 (E), que se refere à manutenção ambiental em empresas através da análise do ciclo de vida e estabelece os princípios e a estrutura dos cálculos.

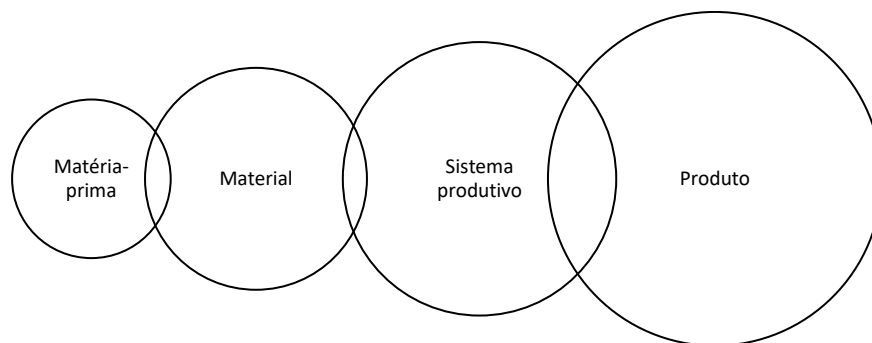
*A levantada consciência da importância da proteção ambiental e os possíveis impactos associados aos produtos manufaturados e consumidos, aumentou o interesse nos métodos de desenvolvimento, para melhor compreender e reduzir tais impactos. Uma das técnicas a ser desenvolvidas para este propósito é a Análise do Ciclo de Vida (ACV).*

*(ISO, 1997, p. iii)*

Autores como Edwards (2005), McDonough e Braungart (2005), Lacy e Rutqvist (2008) e Rogers, Jalal & Boyd (2014) apresentam as vantagens de um estudo como este para atingir o desenvolvimento sustentável da economia, sociedade e meio ambiente.

*Grande parte de um projeto sustentável envolve a redução do aquecimento global por meio da economia energética e o uso de certas técnicas, como a análise do ciclo de vida, com o objetivo de manter o equilíbrio entre o capital inicial investido e os ativos fixos a longo prazo.*

*(Edwards, 2005, p. x)*



*Figura 14 - Relacionamento hierárquico entre diferentes matérias de análise (do autor)*

De forma a compreender como se dá a relação entre um ciclo de vida biológico e o ciclo de vida de um objeto ou edifício, a *Figura 14* permite compreender a hierarquia da ACV. Deve-se estudar toda e qualquer etapa que sofra a obtenção da matéria-prima, a formulação de um determinado material, o sistema de compilação e o consumo do objeto ou edifício

Os esquemas variam conforme o que se esteja a investigar, mas no final são todos semelhantes na medida em que se é capaz de observar uma coincidência na existência de sistemas lineares ou circulares. Um **sistema linear** baseia-se no uso e descarte do produto (cradle-to-grave: berço-à-campa), enquanto que um **sistema circular** implica a reutilização, renovação e reciclagem do produto (cradle-to-cradle: berço-ao-berço) (McDonough & Braungart, 2005; Rogers, Jalal, & Boyd, 2008; Lacy & Rutqvist, 2015).

Desta forma, como se pode observar na *Figura 15* existem diferentes sistemas de ACV, uns apoiam **sistemas de criação e descarte contínuo (a)** e outros apoiam sistemas económicos e desenvolvimento contínuos (*b*), o primeiro sistema é vulnerável, uma vez que um dia será findável porque os recursos a que recorre também o são.

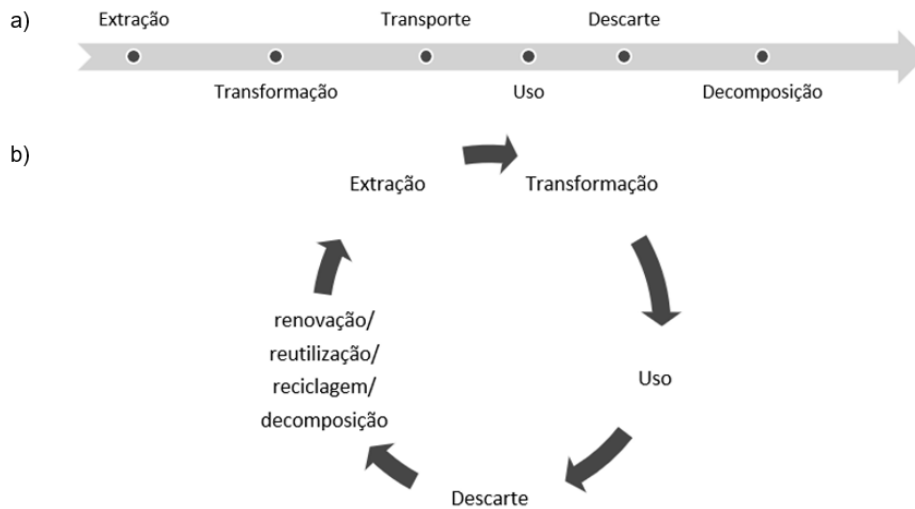


Figura 15 - Sistema Linear (a) e Sistema Circular (b) (do autor)

Explicadas as diferenças entre um sistema de análise circular e um sistema linear, é mais inteligível a leitura de sistemas de análise dos ciclos de vida de um material ou produto, tenha-se em conta o exemplo de uma barra de pão, que contém uma série de sistemas que não se vêm, mas pelos quais se paga monetariamente.

De acordo com o disposto na seguinte *Figura 16*), existem vários princípios a seguir para a ACV de um material ou produto, de forma a que este seja sustentável. Sendo o primeiro referente ao uso correto do capital natural e à sua preservação e manutenção. O segundo princípio centra-se na utilização do mesmo produto o máximo de vezes possível até que a sua vida termine, de forma a evitar perdas energéticas e valorizando as trocas comerciais. O terceiro princípio potencia as decisões corretas desde o primeiro passo, isto é, exclui os aspetos negativos e apoia a implementação de medidas corretas para o meio ambiente, social e económico.

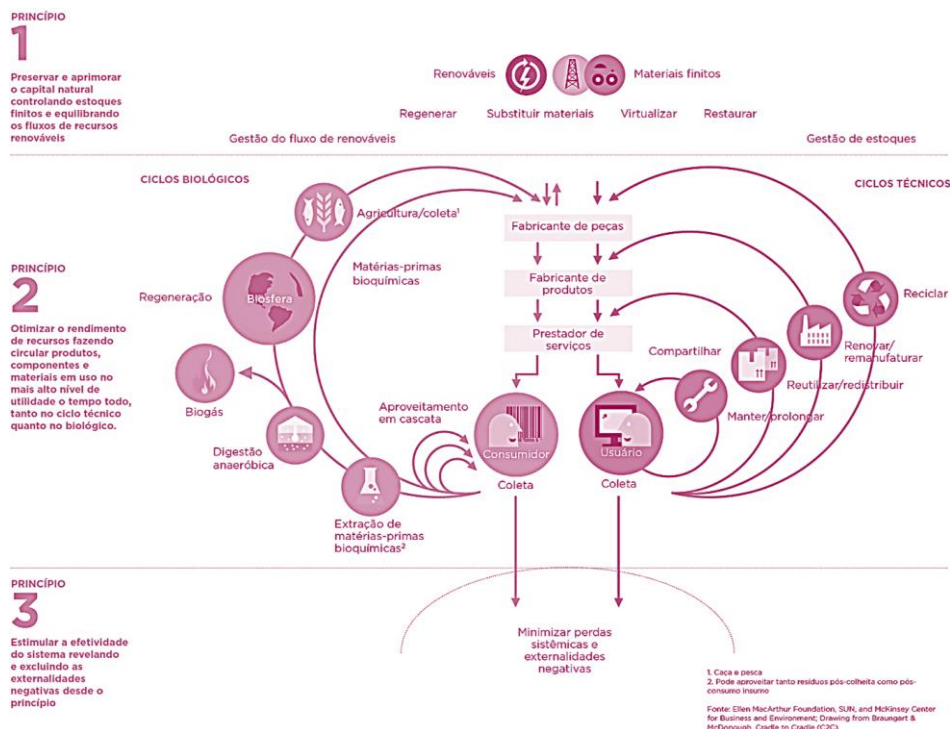
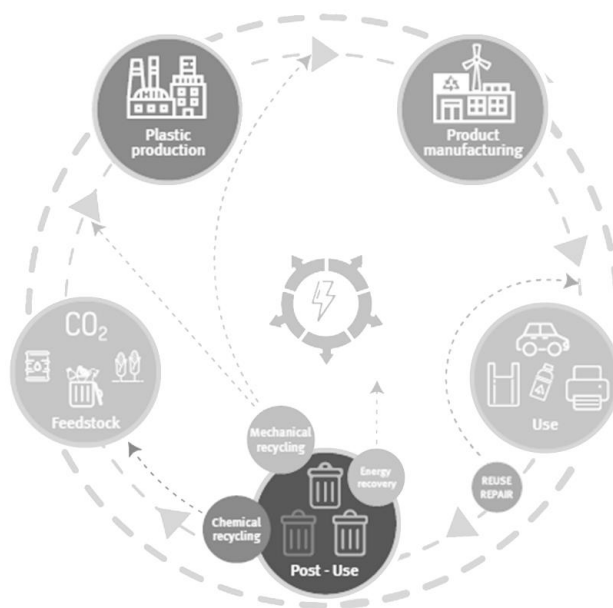


Figura 16 - Análise do ciclo de vida dos materiais (McArthur, 2020)

Este esquema de ACV (*Figura 16*), proposto pela *Fundação McArthur (2020)*, apresenta características circulares isto significa que retorna a algum ponto do ACV e recupera funções. Este sistema baseia-se numa Economia circular e na aplicação dos 4 R's adiante discutido.



*Figura 17 - Esquema representativo de ACV (Open Editions, 2020)*

Os esquemas podem variar como se pode observar na sequência de figuras (15, 16 e 17) apresentadas, mas a ordem dos acontecimentos é repetida, apenas se altera o design e a comunicação de informação em cada um deles.

Exemplo de um produto que se consome diariamente por milhões de pessoas no mundo, é uma barra de pão, a ACV de uma barra de pão vai desde a germinação da semente de trigo, à lavra da terra, regadios, maquinaria agrícola, mão-de-obra, colheita, seleção, trituração, confeção da massa e cozedura, até aos vários momentos de transporte, essa barra de pão contém sistemas invisíveis no momento da sua compra, mas existem e devem ser analisados.

Dentro da mesma análise do ciclo de vida, são contabilizados fatores como o uso de **combustíveis fósseis** para os **meios de transporte**, o uso de **pesticidas** e **herbicidas**, o uso de sementes geneticamente modificadas e a aplicação de **técnicas de produção tradicionais**.

Estes fatores acabam por ser indicadores de análise sustentável, porque se sabe que a sua existência uso pode provocar alterações na qualidade ambiental e, porque permitem avaliar se a barra de pão que se come diariamente é de fato um produto sustentável ou não.

Grande exemplo de um problema, que justifique o emprego da ACV no estudo de impacte ambiental e valores económicos, é a **desertificação** do planeta.

Este exemplo é estudado nas teorias do biólogo africano Allan Savory, sobre a **reversão de desertos para áreas verdes**. Estas teorias suportam-se na observação a longo prazo, da evolução da paisagem através da inserção de manadas de animais herbívoros no pastoreio. Savory & Butterfield (1998) testaram a teoria várias vezes e provaram que esta ação obtém resultados rápidos e eficazes.

A sua teoria explica como a aplicação correta de capital económico pode mudar a qualidade do meio ambiente e social numa região. Um exemplo que o autor oferece é no Zimbabué, onde o aumento exponencial de gado vivo em 400% dizimou a desertificação (*Figura 18 e Figura 19*).



Figura 18 - Antes e depois da aplicação prática da teoria de Savory no Zimbabwe (Savory & Butterfield, 1998).

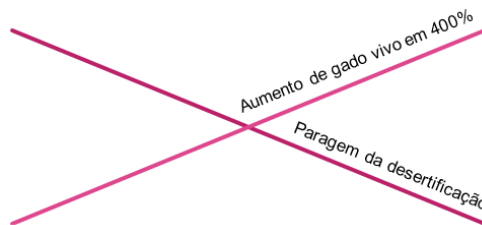


Figura 19 - Representação em linhas exponenciais da relação entre o aumento de gado vivo e a paragem da desertificação (do autor através de (Savory & Butterfield, 1998))

Esta comparação entre sistemas permite observar que a desertificação não sendo produtiva é algo que se pode combater com a ajuda de outras espécies e do investimento económico dirigido à manutenção dos habitats. Estudos como o **ciclo do nitrogénio** (Figura 20), **do carbono**, **do enxofre** e **do hidrogénio** permitem compreender a escala da análise de um ciclo de vida. Assim mostra-se como a análise de um ciclo de vida, tão simples como o da natureza, permite focalizar todas as energias em resolver os problemas que nele existem.

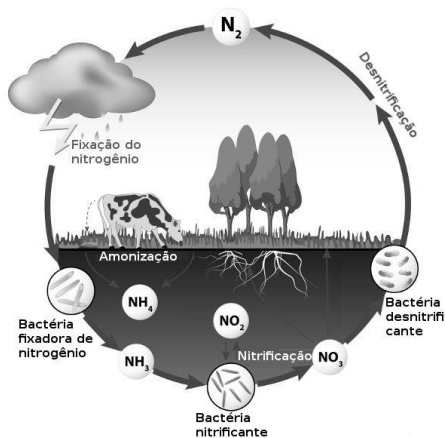


Figura 20 - ciclo natural do nitrogénio (tutorialspoint, s.d.)

O investimento económico em gado resolve dois grandes problemas ambientais e sociais, a seca e a pobreza (Savory & Butterfield, 1998). Isto, é o que

representa o desenvolvimento sustentável, um equilíbrio entre economia, sociedade e ambiente, por isso a economia é tão importante de debater lado-a-lado com a ACV e a PE.

Os autores de Holistic Management em 1998, mostram como através de ferramentas como a Análise do ciclo de vida, a Economia Verde, Planeamento e uma visão globalista da sustentabilidade, se conseguem extrair resultados excepcionais. Defendem o uso da ACV para o combate à desertificação e os arquitetos, designers e engenheiros defendem a mesma análise para o combate ao consumo de recursos desproporcional. Se a investigação for correta, a arquitetura pode dar muitas soluções para este e outros problemas mundiais.

A escala é tão grande, que é praticamente impossível rever tudo, mas pode-se analisar um sujeito de cada vez.

No que compete à arquitetura, a análise do ciclo de vida dos materiais é o primeiro ponto que se deve calcular, em seguida o ciclo de vida de um sistema construtivo e por último o ciclo de vida do edifício completo. Isto é deveras importante uma vez que sem se compreender a base de um edifício, que é a sua materialização, não se podem realizar estudos a longo prazo do comportamento do edifício em si. Para o arquiteto, a ACV é de alta relevância pois sem ela não se consegue alcançar a sustentabilidade.

Assim, o ciclo de vida de um edifício consta para o cálculo da pegada ecológica de cidades e países. A matemática baseia-se na soma da energia e recursos, independente de cada material, que se usa na construção. Contabilizando energia humana e sacrifícios ambientais.

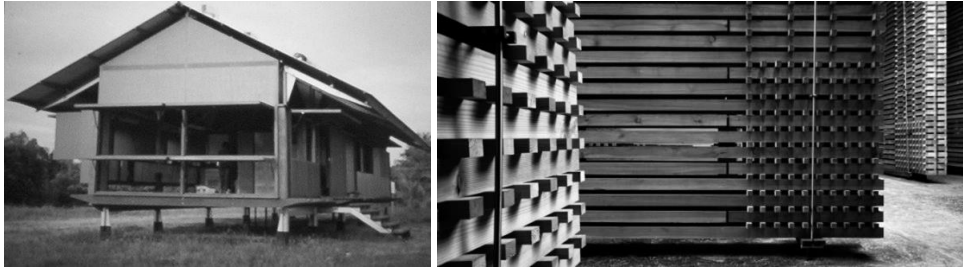
Um edifício necessitaria para sua conceção: ferramentas, maquinaria, energia, recursos básicos, materiais e mão-de-obra especializada. Desta forma, estes são os pontos que se devem estudar na ACV de um edifício de forma a calcular efetivamente a PE.

A redução da PE de um edifício consiste na aplicação de tecnologias que permitem a redução dos gastos de energia, matéria-prima e esforços, ajudando a reduzir a poluição do ambiente e garantindo evolução social e económica.

A ACV permite saber em que fases da vida de um edifício e de todos os componentes que permitem a sua formação, se devem inserir as tecnologias adequadas. Como exemplo da arquitetura, está a arquitetura contemporânea baseada na arquitetura vernácula, estudada por (Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, & Sevillano Gutiérrez, 2014), que percebem a complexidade da vida social contemporânea e as vantagens de edifícios que usam os recursos, energia e esforços adequados para a qualidade de vida e ambiental que se pretendem obter.

Exemplos viáveis da arquitetura consciente da necessidade de desenvolvimento sustentável, são a Casa Marika de Glenn Murcutt em 1994, as casas Earthship de Michael Reynolds, o pavilhão da Suíça em Hannover de Peter Zumthor e os pavilhões de Shigeru Ban. Estas obras arquitetónicas são referentes da arquitetura sustentável, uma vez que contam com o apoio do desenho bioclimático, com o recurso a tecnologias de reserva e recolha de água e energias renováveis e, usam materiais e métodos de construção responsáveis com o meio ambiente (Mostaedi, 2002) (Vale & Vale, 1991).

Com estes exemplos apresentados, prova-se que os arquitetos conseguem reduzir o impacto da arquitetura no ambiente e doravante na sociedade e economia. As vantagens supramencionadas, são inúmeras, por isso, são cada vez mais, referentes simbólicos da arquitetura.



*Figura 21 - Casa Marika de Glenn Murcutt, 1994 e Pavilhão Suiço em Hannover de Peter Zumthor, 2000 (Archdaily, 2020)*

Reduzindo os gastos no planeamento, construção e manutenção do edifício, reduz-se a pegada ecológica em diversos níveis. Neste contexto, percebe-se a necessidade de avaliar todas as etapas do ciclo de vida de um edifício.



*Figura 22 - Esquema de ACV de um edifício (ARQHYS, 2012)*

Procurar reduzir a especulação em torno do mercado dos recursos e energia, procurar fazer uso de tecnologias responsáveis com o meio ambiente, escolher uma boa localização e implantação do edifício, reduzir os gastos energéticos e de esforços, decidir se os materiais terão um fim de vida saudável e rentável para a sociedade, meio ambiente e economia, são muitas das funções de um arquiteto e a ACV é a ferramenta de análise primária para que a materialização de um projeto se classifique como sustentável.

Sem observar dados como o momento da plantação de uma árvore, o seu corte, transporte, corte, montagem em obra, posterior substituição e devolução ao ambiente (ou revalorização), o arquiteto não é capaz de resolver situações onde se pode marcar a diferença e reduzir o impacto ecológico.

Em suma, o dispêndio a nível mundial de recursos e energia por parte da arquitetura e engenharia representa uma grande parte da matéria existente, que se poderia aplicar em outras atividades humanas melhorando a qualidade de vida de milhões de pessoas e outros seres vivos. A análise do ciclo de vida de um edifício envolve todas as áreas do cálculo da pegada ecológica e assim influencia o cálculo da gestão de recursos a nível local, nacional e mundial. A observação global dos componentes da arquitetura permitirá o desenvolvimento sustentável.

Calculando as diferentes etapas no decorrer do tempo de vida dos edifícios, pode-se atingir o desenvolvimento sustentável.

### 2.1.3. 4 R's e 3 E's

Como grandes ferramentas no apoio à implementação deste sistema económico, serão debatidos os 4 R's e porque se escolhe a reutilização como meio de eliminação do plástico do ambiente e meio de materialização de edifícios. Aqui nota-se a importância de estudar o ciclo de vida dos materiais do ponto de vista do arquiteto.

A formação dos conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável apoiam-se em conceitos como os 3E's e os 4R's. Os 3E's são: **Ecologia, Energia e Economia**; e os 4R's são: **Recuperar, Reduzir, Reutilizar e Reciclar** (Edwards, 2005).

Os 4 R's marcam a diferença na Análise do ciclo de vida de um produto, assim sendo, influenciam diretamente na estabilidade dos 3E's, que por sua vez afetam a ACV. Nota-se a cada passo da investigação que os conceitos envolvidos na análise do desenvolvimento sustentável se interrelacionam constantemente.

Estes 5 elementos representam uma parte significativa na memória da população, que se tem vindo a educar em função deles – são de fácil memorização e dessa forma são mais claros de colocar em prática.

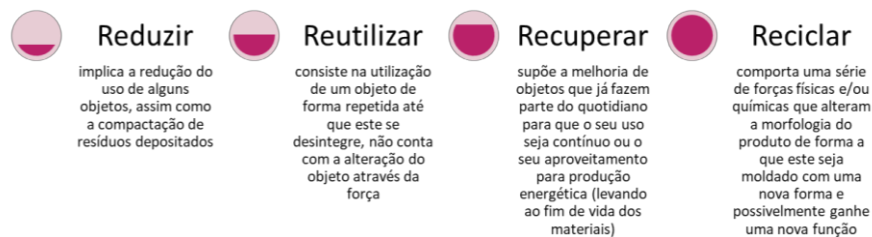


Figura 23 - Esquema representativo da quantidade de energia que supõe cada R (do autor)

De acordo com o exposto na figura anterior, o dispêndio de energia em cada R é maior quanto maior for o seu significado, isto é, quanto maior for a atividade necessária para dar um novo uso a um objeto, assim sendo, **reduzir** é o R que menos energia consome e **reciclar** o que mais energia desgasta (Edwards, 2005).

Neste contexto é importante entender a importância da aplicação dos 4 R's para que se dê o desenvolvimento de um sistema económico-social-ambiental funcional (Rogers, Jalal, & Boyd, 2008).

#### ◆ Reduzir (R1, Figura 30)

Segundo a Infopédia (2019), reduzir significa diminuir; limitar; transformar em equivalentes; converter. Na medida em que diminuir o conteúdo de algo, ou recorrer à substituição por algo melhor, reduzir se mostra o R principal.

Na arquitetura supõe o consumo de menos materiais, materiais responsáveis com o meio ambiente e a economia local e, materiais que suponham um fim de vida sustentável. Reduzir, como mostram Rogers, Jalal & Boyd (2008), é uma solução prática para a construção. Em muitos casos que os autores apresentam, a negação do permitido para construir estruturas em detrimento da salvaguarda de espaços naturais e da sobrevivência de outras espécies que não a humana, foi a melhor solução, pois edifícios e infraestruturas podem existir em qualquer lado, mas espécies animais e vegetais nem sempre resistem a outras condições de vida.

Como mostrado na anterior *Figura 21*, o projeto de Peter Zumthor é um bom exemplo de redução. O pensamento do arquiteto partiu de uma análise da cultura construtiva da Suíça e da ACV da madeira. Uma vez que o programa do edifício se tratava de um Pavilhão temporário de exposição, o sistema construtivo cria espaços em função da sobreposição de toras de madeira. A repetição do mesmo objeto modular (tora) e de pequenos sistemas metálicos de apoio estrutural, permite ao arquiteto manter a funcionalidade do material na demolição do pavilhão.

Aquando do descarte dos elementos do sistema construtivo (toras e apoios metálicos), a função desses produtos mantém-se intacta, então a sua reutilização ou continuação do processo madeireiro são possíveis. Todos os passos da ACV do edifício estão pensados para garantir um equilíbrio entre arquitetura e desenvolvimento sustentável.

Segundo Lacy & Rutqvist (2015), prevenir resíduos em primeiro lugar, através de recuperar ou reutilizar produtos e componentes, em vez de reciclar, tem um maior sentido económico e ambiental porque não supõe mais gastos energéticos de transporte e de modificação do produto. Preventing waste in the first place by refurbishing and reusing products and components instead of recycling makes much more economic sense (Lacy & Rutqvist, 2015, p. 9).

O projeto suprarreferido de Peter Zumthor é um bom exemplar de redução de consumo e redução de produção de resíduos. O consumo calculado no início do projeto é facilmente debitado pela devolução dos materiais à empresa de produção de produtos em madeira e, a produção de resíduos é nula, porque os produtos retornam a sistemas de produção ativos. Reduzir é portanto uma solução que implementa a Economia, a redução de gastos de Energia e a melhoria da Ecologia.

#### ◆ Reutilizar (R2, Figura 30)

É, segundo a Infopédia (2019), tornar a utilizar; aproveitar (materiais que já foram utilizados, tais como vidro, papel, etc.) para nova utilização. O ato de aproveitar materiais e/ou objetos que ainda conservem as propriedades originais, de forma a que se possam aplicar na mesma função, ou numa nova função. É também este o R que menor consumo energético supõe em seguida da redução, desta forma é uma opção mais viável do que recuperar e reciclar, que serão debatidos e seguida.

De fato a reutilização é a ação mais primária que pode existir, pois só se partia para a recuperação ou para a reciclagem quando um utensílio ou ferramenta deixava de cumprir a sua utilidade, ou se tornava obsoleto.

Reutilizar é um conceito que abrange diferentes componentes, como a qualidade do produto, a sua textura, forma, materiais e disponibilidade, uma vez que para a arquitetura se depende de grandes áreas de cobertura para os sistemas construtivos.

Para o arquiteto reutilizar supõe conservar os materiais e recursos de forma a que se possam reaplicar no mesmo edifício, em outros edifícios e até em diferentes indústrias de produção.



*Figura 24 - Casa Manifesto, Chile, por Arquitetos James&Mau (2008)*



*Figura 25 - Reforma de fachada pelo artista Sul-Coreano Jeong-Hwa, intitulada como The 1000 Door (Feel Desain, 2011)*

Ambas figuras representadas acima (*Figura 24 e Figura 25*) caracterizam duas opções que oferecem soluções arquitetônicas diferentes, mas que recorrem à reutilização como concretização da materialização dos edifícios. A *Figura 24*, uma obra realizada por arquitetos, mostra a escolha clara de paletes de madeira para a materialização da fachada, a *Figura 25*, mostra o desejo de um artista que remodela a fachada de um edifício recorrendo à reutilização de portas com diferentes aparências.

Em nenhum dos casos, se rejeita o objeto, aproveitam-se antes as suas características para produzir edifícios responsáveis com o Ambiente, a Economia e a Sociedade.

O decreto-lei 152-D/2017, que unifica o regime da gestão de fluxos específicos de resíduos, explica como se deve proceder nas diversas etapas da separação de resíduos coletados. Esta separação, explica-se perfeitamente no Art. 9º que mostra que é responsabilidade do embalador e do importador a gestão de produtos que não podem ser reutilizados ou reciclados.

Isto significa que as empresas que promovam o uso e descarte de materiais que não têm um ciclo de vida mais extenso, se tornam responsáveis pela recolha e tratamento desses materiais.

A reutilização é portanto um fator a ter em conta na gestão de resíduos, encontrando os produtos uma segunda oportunidade após o seu descarte. É assim um R que tem dois momentos muito próximos, mas divididos pelo processo de descarte. Na ACV este R localiza-se entre o final de vida e o início de uma nova vida

#### ◆ Recuperar (R3, Figura 30)

É, reaver (o perdido); readquirir; restaurar, consertar; fazer melhorar, segundo a Infopédia (2019). Implica a modificação do objeto ou material, de forma a que este possa dar continuidade à sua função, ininterrompendo a sua atividade.

Recuperar pode ser sinónimo de **manter**, na medida em que ambos conceitos apresentam semelhanças no ato de manter a funcionalidade do produto. Manutenção é pelo seu lado uma palavra muito utilizada em arquitetura e engenharia, uma vez que se manuseiam objetos de grande escala (muito distinta dos produtos de design).

Outro sinónimo de recuperar, seria **restaurar**, visto que o restauro de um produto implica a aplicação de ferramentas, técnicas e materiais que entrem em concordância com o produto. No caso da arquitetura o restauro é muito comum, como exemplos encontram-se os edifícios dos centros históricos, protegidos pela Carta de Atenas (1931) e por, outros documentos de carácter internacional desde a data.



*Figura 26 - Arte Kintsugi, Japão (Wonderingmind Studio, 2015)*

Para civilizações antigas, como a *Jomon*, no atual Japão, a arte do restauro atribuía valor aos objetos porque o fato de estar partido atribuía-lhes maior beleza. Na arquitetura, restaurar atribui o mesmo valor aos edifícios uma vez que, a vida lhes é recobrada e se despende o mínimo de energia e recursos possível – em comparação com uma nova construção, por exemplo.



*Figura 27 - ruínas do Carmo, Lisboa (Lisbon Lux, s.d.)*

As Ruínas do convento do Carmo em Lisboa, são um bom exemplo de recuperação, pois em determinadas ocasiões acontecem eventos de restauro e conservação do monumento, como recuperar janelas, recorrer ao preenchimento de lacunas, correções estruturais, etc.

#### ◆ **Reciclar (R4, Figura 30)**

Segundo a Infopédia (2019), reciclar é tratar resíduos ou materiais usados, de forma a poderem ser reutilizados ou transformados em novas matérias-primas e novos produtos. Um ato que acompanhou a evolução do ser humano, moldar novamente ferramentas e utensílios de ferro, recuperar a argila de vasos partidos e moldá-la novamente, fazer papel a partir de tecidos, etc.

A reciclagem está então associada ao reaproveitamento de um determinado material para conseguir novos produtos.

A reciclagem pode ser considerada, em arquitetura, a **adaptação** de edifícios, uma vez que a sua função sofre uma alteração, possivelmente mudará o programa do edifício e a materialização do mesmo, assim como a aplicação do termo em geral, atingir a materialização de um edifício através de materiais reciclados.

Os arquitetos são então responsáveis por controlar a origem dos materiais com que trabalha, desde o escritório ao edifício em construção. É imperativo para esta personagem da sociedade entender que se devem reduzir as áreas de edificação e as distâncias de transporte dos materiais, reutilizar edifícios, objetos e materiais da indústria da construção, assim como de outras indústrias, recuperar edifícios em vias de decesso e reciclar edifícios, materiais e objetos, de forma a estabelecer um equilíbrio.

Para a **indústria da construção**, Lacy & Rutqvist (2015) defendem a **reciclagem de materiais** da própria indústria e até de outras indústrias, potenciando a criação de novos materiais, o uso de espaços obsoletos, o uso de sistemas de poupança de energia e água e a partilha de ferramentas e maquinaria.

Recycling building materials such as asphalt, concrete, and plasterboard; reusing waste from construction and demolition, as well as from other industries, to create new building materials; modular building designs; renting out unused space; integrating harvesting of energy and water; enabling co-use of equipment, for example, for facility management and transportation.

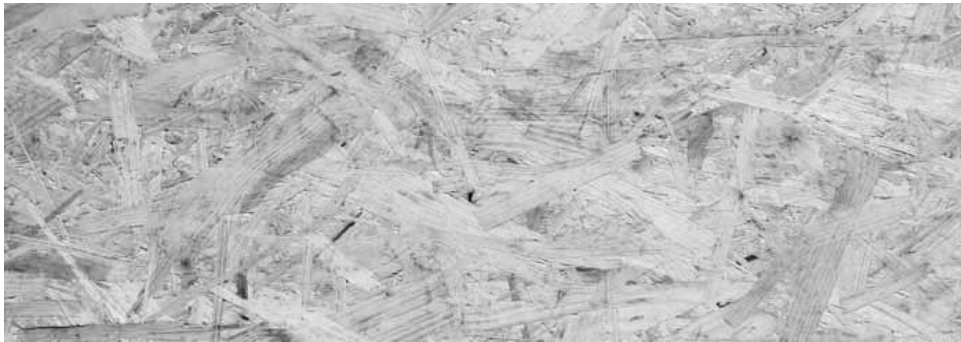
*(Lacy & Rutqvist, 2015, p. 31)*

Arquitetos como Eduardo Souto de Moura, Carrilho da Graça, Gonçalo Byrne, são responsáveis por aplicar novas funções em edifícios, como o caso da mais recente obra da Casa da arquitetura em Matosinhos, o Castelo de S. Jorge em Lisboa e o Teatro Thalia em Lisboa (Archdaily, 2019).



*Figura 28 - Casa da Arquitetura em Matosinhos, Porto por Eduardo Souto de Moura (Archdaily, 2019)*

Um bom exemplo de materiais de origem reciclada, são os painéis MDF e OSB. Estes painéis são conseguidos através da trituração e posterior colagem de fragmentos de madeira, oferecem leveza às estruturas, rigidez e conforto térmico e acústico, são muito utilizadas na arquitetura nórdica.



*Figura 29 - Painel de OSB (Archdaily, 2019)*

A solução de aplicação de materiais criados a partir de outros materiais, e a adaptação de edifícios, são opções para quando já não existem outras hipóteses de gestão de resíduos.

De acordo com a APA (2019), reciclar materiais, comporta uma série de regras que devem ser seguidas. Tais regras são submetidas através de uma classificação de características aos materiais, a atribuição de um código e a estipulação de regras para a reciclagem correta. Atividades como a reciclagem e a recuperação são preferidas para retirar o estatuto de resíduo a materiais descartados, assim surge a atribuição do Fim do estatuto de Resíduo (FER).

Este FER aplica-se quando o produto em causa se encontra com possibilidades de ser reutilizado ou reciclado, assim perde o estatuto do Resíduo e retorna ao mercado como produto funcional.

Apesar de ser uma solução melhor do que libertar os resíduos em aterros, autores como McDonough & Braungart (2005) e Lacy & Rutqvist (2015), consideram que a reciclagem nem sempre é a melhor decisão, elucidando que reciclar “desmonta” produtos complexos em partes que se podem moldar outra vez em novos produtos, mas que o valor do trabalho investido na sua formação se perde.

What about recycling? As we have noted, most recycling is actually downcycling; it reduces the quality of a material over time (...) Since downcycled

materials of all kinds are materially less rigorous than their predecessor, more chemicals are often added to make the materials useful again.

*(...) Just because a material is recycled does not automatically make it ecologically benign, especially if it was not designed specifically for recycling. Blindly adopting superficial environmental approaches without fully understanding their effects can be no better – and perhaps even worse – than doing nothing.*

*(McDonough & Braungart, 2005, pp. 56 - 59)*

Higher recycling rates will mean less waste going into landfills, and that's a good thing. But recycling doesn't prevent waste from being generated in the first place, nor does it allow a company to preserve the value embedded in products. It also consumes resources in breaking down product waste and building it up again into new goods.

*(...) Recycling strips complex products down to their base materials to recover them, but destroys most of the invested labor in product design and development in the process. It ameliorates the buildup of waste, but is still a rather basic process that will not alone solve the resource problem.*

*(Lacy & Rutqvist, 2015, p. 9)*

A reciclagem é, para os autores, um sistema de desvalorização (**downcycling**) e, a reutilização e a recuperação sistemas de valorização (**upcycling**).

Deve-se recomendar a reutilização, a renovação e a redução do uso destes produtos antes de ser realizar a reciclagem. Assim, entende-se que é primordial recorrer à separação de resíduos de forma a impedir o seu contato equivocado com o meio ambiente. Se a separação e a gestão dos resíduos for correta e, seguir as leis supracitadas, em teoria, os problemas ambientais, económicos e sociais serão resolvidos rapidamente.

A separação de resíduos é então responsabilidade do consumidor e em alguns casos dos fornecedores, e o ambiente e a sociedade dependem dessa ação do quotidiano. Reduzir os resíduos, seguir um estilo de vida de "Consumo Zero", reutilizar objetos continuamente, recuperar os objetos que perderam alguma qualidade e, encaminhá-los para uma segunda vida através da reciclagem é o trilho que todos devemos seguir. A origem está longe do consumidor, mas o final não.

As long as human beings are regarded as "bad", zero is a good goal. But to be less bad is to accept things as they are, to believe that poorly designed, dishonorable, destructive systems are the best humans can do. This is the ultimate failure of the "be less bad" approach: a failure of the imagination. From our perspective, this is a depressing vision of our species' role in the world.

*(McDonough & Braungart, 2005, p. 67)*

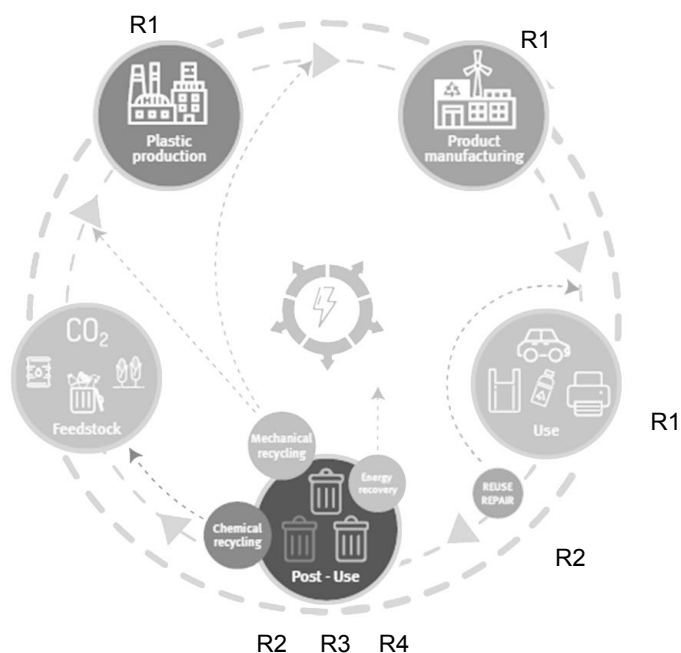


Figura 30 – Esquema representativo de ACV (adaptado pelo autor a partir de (Open Editions, 2020))

O esquema de ACV representado na *Figura 30*, localiza em vários momentos os 4R's, mostrando quando se podem aplicar, melhorando assim o controlo de gastos de recursos, energia e economia. Pode-se observar, que a redução (R1) se pode repetir em diversas etapas, assim como a reutilização (R2), que se encontra tanto no momento anterior ao descarte como após – como referido anteriormente.

O facto de se usarem os 4R's para oferecer um final de vida digno e útil aos materiais aplicados num edifício, interfere diretamente com a Economia, assim como com a Sociedade e a Ecologia, para tal serão analisados os 3E's.

Os 3 E's em sua defesa, estão presentes em todos os pontos da ACV de um produto. Repetem-se e devem ser analisados de forma independente, mas de forma holística. Como apresentado no início deste ponto do capítulo, os 3 E's são: Ecologia, Energia e Economia.

#### ◆ Ecologia (Figura 34)

Segundo a Infopédia (2019), a Ecologia é o ramo da Biologia que estuda a relação dos seres vivos entre si e com o meio em que vivem, como estudado no início do capítulo. Tem-se vindo a demonstrar que o respeito do meio ambiente por parte da humanidade é necessário para a subsistência de todos, mas se não se verificar uma redução do consumo de recursos e energia, a sobrevivência vê-se comprometida, assim como um desenvolvimento sustentável.

Para a arquitetura, respeitar a Ecologia significa que se devem ter em conta os materiais e utilizar, o lugar de implantação, o consumo de energias não-renováveis, a gestão de resíduos, entre outros temas.

Exemplos de arquitetura que celebrem a Ecologia e o ambiente em que se implantam os edifícios, assim como as necessidades da vida contemporânea, são aqueles que utilizam materiais do lugar, pouco transformados, categorizados como sustentáveis (através de selos de certificação de empresas), reutilizam materiais de outras indústrias, contêm sistemas de gestão de resíduos e minimizam o consumo de energias não-renováveis. São edifícios que têm atenção à existência de outras espécies, como animais voadores, terrestres e aquáticos, que geralmente são

afetados pelas fundações dos edifícios, pelo isolamento dos edifícios com a natureza e por escolhas erradas na hora de implantar o edifício.

A arquitetura *Low Tech* é muito conhecida por cumprir muitos dos exemplos supracitados. Michael Reynolds, Flemming Skude, entre outros (Mostaedi, 2002), são alguns dos arquitetos que fazem uso de materiais do lugar e terminam por inserir sistemas de gestão de energia e água completamente saudáveis e autossuficientes, com capacidade de manter os edifícios por completo.

#### ♦ Energia (Figura 34)

Ter energia atualmente significa estar ativo, ou conectado à corrente elétrica. De tal forma compreende-se que existem dois tipos de energia, a renovável e a não-renovável, que dependem inteiramente dos tipos de tecnologia que se utilizam para a sua extração e contenção.

Atualmente a energia que se pretende obter é a elétrica, que surge através de motores movidos a combustíveis fósseis, eólicas, barragens, barreiras de marés, etc. Encontramo-nos num momento da história em que qualquer tecnologia pode surgir a qualquer momento e resolver os problemas de gestão energética mundial.

As energias renováveis, têm sido usadas ao longo dos anos, obter força para manipular objetos, como era o caso dos moinhos de água (para moer farinhas, manipular metais, tecer, etc.) e os moinhos de vento (com os mesmos propósitos). Este tipo de energias são consideradas limpas, pois não se comete nenhum ato de poluição para as obter (à parte da construção das tecnologias que produzem a energia), o seu consumo é infinito, uma vez que se obtêm a partir de recursos que não terminam.

As energias não-renováveis, por outro lado, são energias obtidas a partir da combustão de combustíveis fósseis, altamente poluentes. Este tipo de energias, não é viável, porque se consomem recursos que têm uma data limite, isto é, um dia as reservas destes combustíveis atingirão o final. Por isto a procura por soluções limpas de extração de energia são tão importantes.

Exemplos de arquitetura que faça uso de tecnologias adequadas à extração limpa de energia, são os edifícios que utilizam painéis solares, eólicas, se encontram a distâncias mais curtas de meios de transporte público, têm sistemas de captação de energia geotérmica, usam sistemas de aquecimento como a bomba de calor ou o recuperador de calor de lareiras, aproveitam a existência de cursos de água para produzir energia hidráulica, entre outros gadgets que um edifício pode conter. Existem inclusive edifícios que fazem uso de sistemas de elevação e rotação hidráulicos, que permitem um maior aproveitamento da energia produzida pelo Sol, mas o simples desenho bioclimático adequado pode resolver o problema facilmente.

A arquitetura High Tech é um grande exemplo disso, e arquitetos como Renzo Piano, Norman Foster calculam a melhor forma de aproveitar ou rejeitar a energia solar nos seus edifícios, usam sistemas de fachadas altamente avançadas tecnologicamente e reduzem assim a pegada ecológica dos seus edifícios.

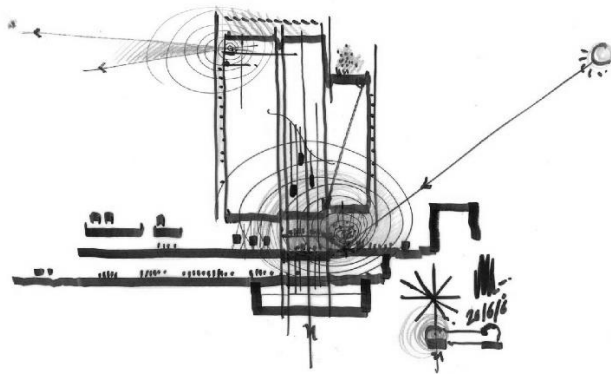


Figura 31 - Desenho com estudo bioclimático por Arq. Renzo Piano (Archdaily, 2019)

#### ◆ Economia (Figura 34)

A Economia representa a ciência que gere, através de ferramentas de cálculo, o uso e distribuição de recursos e energia pela sociedade. Sendo que os sistemas económicos do passado se têm mostrado obsoletos – dada a elevada taxa de crescimento populacional – e a distribuição de recursos e energia se tem mostrado desigual, como resposta aos problemas, surge a economia circular. Aqui explicar-se-á o que é a **economia circular** e o porquê da preferência deste tipo de sistema económico em relação a outros.

Quando se depara com o estudo de multicaseos, conseguir-se-á identificar se os recursos utilizados ainda podem formar parte de uma economia circular, ou se chegou o fim da linha para os mesmos e não voltarão a fazer parte da economia. Esta parte do trabalho consiste então em entender em que momentos, da economia da indústria da construção, a arquitetura pode fazer a diferença.

O conceito economia circular vem dos anos 90, quando pela primeira vez se falou pelos autores de *Economia dos recursos naturais e ambiente*, David Pearce e Kerry Turner, que foram seguidos por McDonough & Braungart (2005), Rogers, Jalal & Boyd (2007) e Lacy & Rutqvist (2015), referindo sempre como funcionam os sistemas circulares de economia e os **benefícios destes sistemas para a indústria, economia, potencial social e ambiental**.

A visão de um século passado, mostra um planeta em evolução científica, constantes mudanças nos gostos pela arte, arquitetura e em crescimento industrial e populacional. Segundo os autores apresentados neste capítulo, a sustentabilidade é a nova moda. **Porquê mais tarde e porquê agora?** As mudanças previstas no século XVIII, por Malthus, Ruskin e Clare, aconteceram, a população septuplicou, e sem poder económico, não se pode sobreviver na sociedade contemporânea.

A economia, pode ser a solução dos problemas mundiais, então estudando a economia poder-se-á distinguir a melhor solução para a arquitetura e para a resolução de um problema que se mostra de grande escala e de forma escalada. Em 300 anos, passou-se a gerir uma população de 7 000 000 000 pessoas e a resolução de problemas é realizada através da gestão da **produção, distribuição e consumo** de bens e serviços.

É uma variação enorme na gestão de vidas humanas. A pegada ecológica da raça humana ascendeu de tal forma que inclusive alguns acontecimentos já provocam desastres naturais por todo o planeta. A poluição do ar provocada por indústrias e transportes é global (BBC, 2020).

Para compreender o que este conceito significa, é necessário ter em conta que este sistema não funciona de forma independente, isto é, ele relaciona-se com outras áreas da sustentabilidade, como são a análise do ciclo de vida dos materiais e dos produtos, assim como da aplicação dos 4 R's.

Esta análise económica baseia-se no estudo do ciclo de vida de um produto, sendo que sem compreender o ciclo de um determinado produto, é impossível extrair informação para o estudo económico do mesmo. É um sistema que se repete e pode muito bem abranger diferentes áreas da economia e indústria (Lacy & Rutqvist, 2015, p. 33)

A **análise do ciclo de vida dos materiais e produtos** influencia a economia circular na medida em que o final de vida de um determinado objeto, edifício ou material pode ser decisivo para originar continuidade no processo ou findar esse mesmo processo. Para que um ciclo de vida de um material seja completo é necessário que a escolha de materiais em produtos que estejam devidamente desenhados – com materiais biodegradáveis ou técnicos, nunca misturados – é imperativa para que a separação dos produtos na hora do seu **descarte** seja a correta e a indústria possa prosseguir o seu caminho sem interferir negativamente no meio ambiente (McDonough & Braungart, 2005).

Products can be composed either of materials that biodegrade and become food for biological cycles, or technical materials that stay in closed-loop cycles, in which they continually circulate as valuable nutrients for industry.

*(McDonough & Braungart, 2005, p. 104)*

A racionalização de todas as fontes mundiais de recursos ocorre através da aplicação do conceito capital, baseando-se nas principais dimensões da sustentabilidade, diferenciadas no capítulo seguinte. O capital divide-se em capital social, capital económico e capital ambiental. Estes conceitos estão diretamente relacionados com a população e os recursos existentes no ambiente.

Através desta assimilação do conceito capital a áreas que não se calculavam através de valores matemáticos, permite-se ajustar de forma equitativa valores reais do desenvolvimento sustentável. O uso excessivo de recursos por parte do homem torna-se insuportável para o planeta e a aplicação de medidas eficazes é urgente.

*Tabela 3 – Tipos de Capital segundo Edwards (2005) (adaptado pelo autor)*

Capital Social	Capital Económico	Capital Ambiental
Relaciona o conhecimento e a educação com o uso de recursos ambientais	É para as empresas a medida de prosperidade, depende da exploração de recursos ambientais e humanos	Quantifica os recursos do planeta e também comporta valores negativos como a poluição e a desertificação

Conforme o estudado anteriormente, os materiais e recursos que utilizamos para criar produtos têm diversas formas de se modificar, podem ser modificados em novos objetos ou, podem-se modificar até à sua decomposição em pequenas partículas poluidoras.

De acordo com McDonough & Braungart (2005) e Papanek (1998) os produtos devem ser pensados antes de ser fabricados, a escolha dos materiais, os processos de fabrico, a embalagem do produto, o produto em si, o transporte do produto e o seu descarte devem ser os pontos mais pensados por arquitetos,

designers, engenheiros, cientistas, etc., assim compreende-se como o ciclo de vida é importante. Dois exemplos são oferecidos pelos autores, o primeiro de Michael Braungart, sobre pneus e, o segundo, de Papanek (1998) sobre a embalagem de uma câmara fotográfica.

Tires today last far longer than they used to, which means consumers have to replace them less frequently – which, in turn, means fewer end up being discarded (...) However, the substances that have made such durability possible can be toxic and create health problems for people who are coming into contact with them.

*Michael Braungart citado em Lacy & Rutqvist (2015, pp. 36 - 37)*

Acabámos por criar um pequeno acolchoado, quadrado, com cerca de 15 polegadas (37 cm). O acolchoado era feito com papel-arroz, preenchido com fibras vegetais macias e depois cozido em quadrados com linha derivada do cânhamo. (...) São óbvias as grandes vantagens desta embalagem. Assim, elimina-se totalmente a dependência dos plásticos derivados do petróleo e os perigos do seu fabrico. A nova embalagem é completamente orgânica e regressará ao solo.

*(Papanek, 1995, p. 38)*

No que compete à arquitetura, a reutilização ou reciclagem de materiais provenientes de outras atividades produtivas, a otimização do uso de recursos e a reutilização dos mesmos são os pontos mais importantes na análise de um sistema económico circular.

Could the circular economy actually realize this value? To find out, we analyzed how seven major industries can operate in a circular economy and estimated the resource productivity improvements that would follow. Through this analysis, we concluded that by applying various combinations of circular principles, resource productivity for each industry can increase by many multiples and can surpass what's required to relieve the global economy of threatened resource supplies.

*(Lacy & Rutqvist, 2015, pp. 30 - 31)*

Esta citação mostra como os estudos que se realizam a nível económico em várias indústrias, nomeadamente a da construção, podem apresentar soluções exequíveis para a redução de resíduos no meio ambiente e ao mesmo tempo gerar benefícios económicos a grande escala.

Lacy & Rutqvist (2015) referem que existem quatro tipos de desperdícios numa economia circular das quais todas as indústrias podem beneficiar: **recursos desperdiçados** são materiais e energia que não se podem regenerar continuamente, mas **são consumidos e desaparecem** para sempre quando usados; **produtos com vidas desperdiçadas** têm **vidas artificialmente curtas**, ou são descartados mesmo que exista demanda por outros utilizadores; produtos com **capacidade subaproveitada** estão parados sem uso, por exemplo, os **carros ficam parados 90% do seu tempo de vida**; desperdício de valores intrínsecos, tais como **componentes, materiais e energia**, que não são recuperados de produtos descartados e postos de novo em uso.

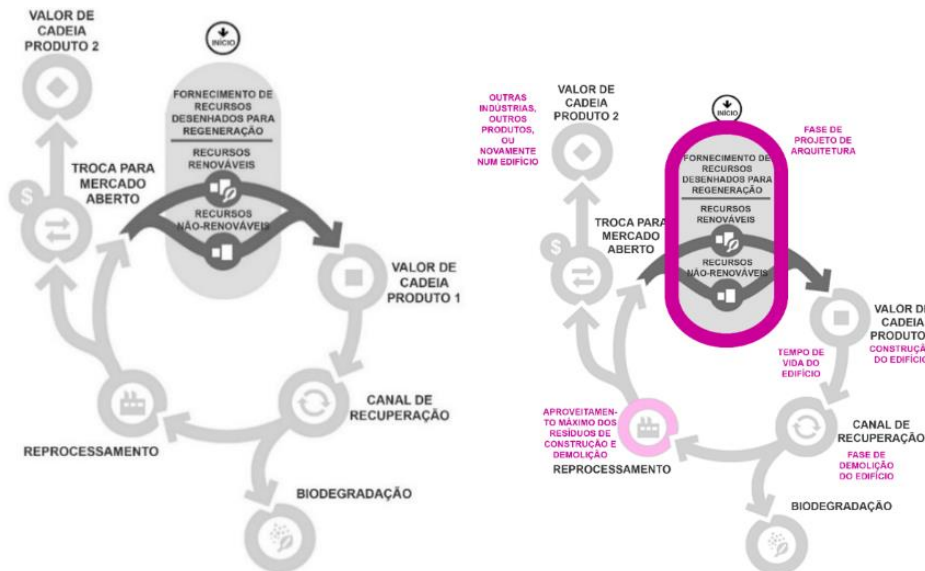
Sendo esta perspetiva positiva, a relação que a indústria da construção apresenta com a reutilização de materiais, componentes e recursos (ainda que de

outras indústrias), é cada vez mais realizável e será discutida através do exemplo do plástico nas suas variadas formas físicas no próximo apartado deste capítulo. A *Figura 32* em seguida apresentada, mostra a eficiência de um modelo circular, onde a recuperação e reprocessamento permitem dar continuidade ao mesmo produto dentro de outros sistemas de mercado.

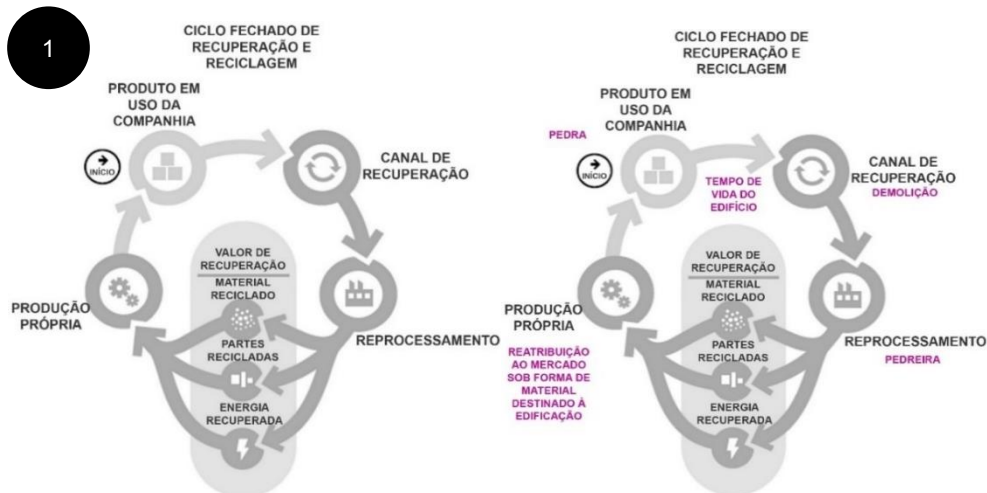
Um esquema generalizado que explica o funcionamento da arquitetura circular e, que se baseia na ACV, *Figura 32*, mostra como desde o primeiro momento, a escolha dos materiais é importante, pois através dessa escolha, permite-se calcular o futuro do edifício e dos recursos que foram usados na sua vida, desde o simples desenho e tomada de decisões em projeto, na construção e vida do edifício, na sua demolição e na separação dos materiais sobrantes.

Em seguida são apresentados três esquemas,

*Figura 33*, dos autores de Waste to Wealth (Lacy & Rutqvist, 2015), que mostram como podem funcionar ciclos que gerem rendimento económico praticamente infundável, durante a vida de um determinado material ou materiais – para que este estudo estivesse relacionado com a arquitetura, foi inserido o contexto de um material de pedra num edifício (a rosa nas próximas figuras).



*Figura 32 - Modelo da cadeia de negócio circular de fornecimento de recursos (traduzido pelo autor a partir de Lacy & Rutqvist (2015))*



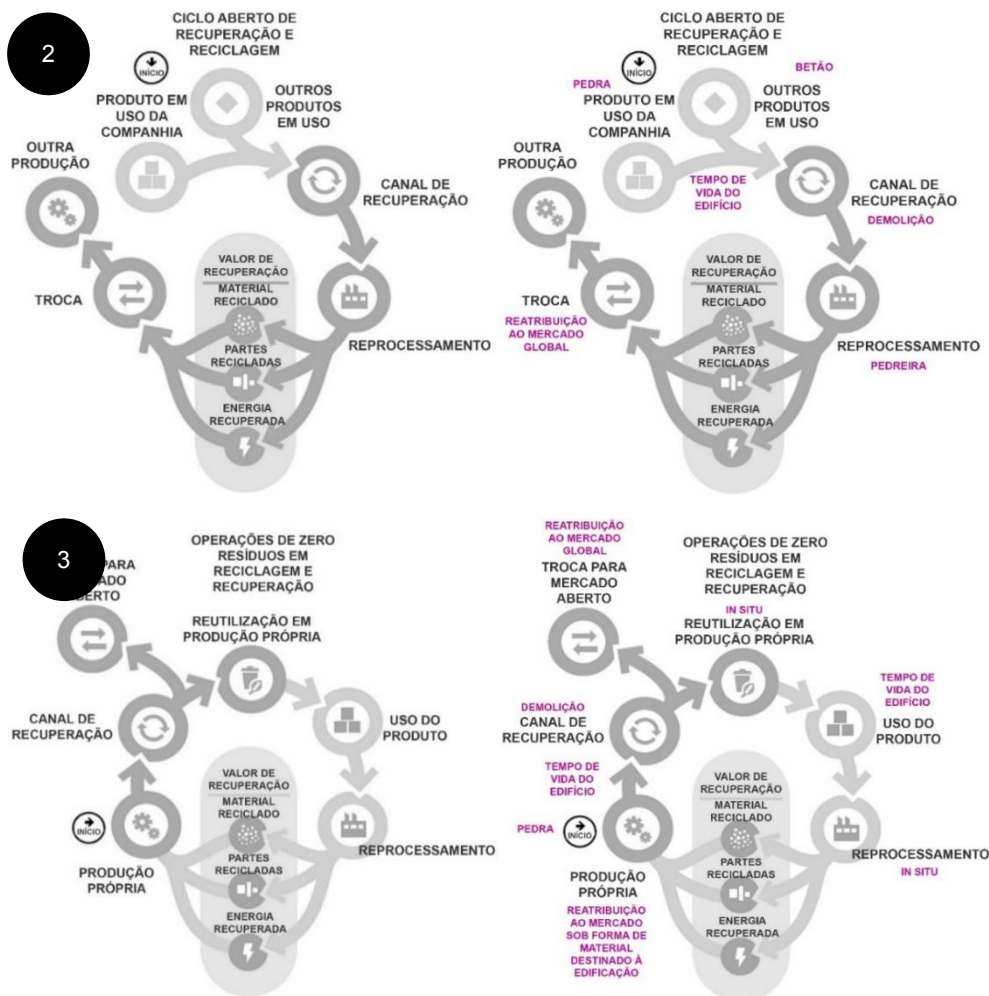
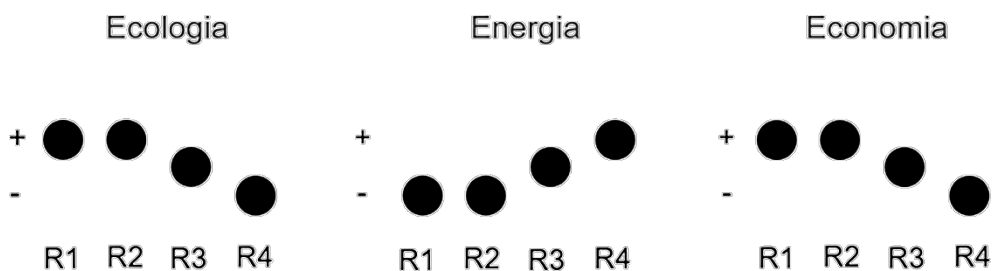


Figura 33 - 3 modelos de economia circular (traduzidos e adaptados pelo autor através de Lacy & Rutqvist, 2014, pp. 54 – 55)

Esta parte da investigação **fundamenta a aplicação da reutilização na análise de indicadores da sustentabilidade e a análise de custos iniciais, de uso e revalorização dos edifícios**. Como referido pelos autores de *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*, Peter Lacy e Jakob Rutqvist (2008), a reciclagem é um bom meio de resolver problemas ambientais, mas implica muitos outros, então a reutilização é a solução de muitos problemas e pode ainda ser uma solução viável para o futuro económico.

A relação que se verifica na figura abaixo representada, entre cada R, desde a redução (R1), a reutilização (R2), a recuperação (R3) e a reciclagem (R4), os níveis de cooperação com cada um dos 3E's é favorecedora sempre à redução e à reutilização, pois uma vez que se necessita recorrer a recursos do meio ambiente, à utilização de energia e de recursos financeiros, a situação piora.

A *Figura 34* mostra que é possível manter o equilíbrio e que depende de conceitos tão básicos como a gestão de recursos e energia e uma boa aplicação de conhecimentos científicos da Economia.



*Figura 34 - Representação da relação entre os 4R's e os 3E's (do autor)*

Em conclusão a este ponto de estudo, as mais-valias destes sistemas já se discutiram em conferências mundiais organizadas pela ONU, como as já referidas Eco-92, Rio+10 e Rio+20. Pela persistência, talvez, de terceiras partes, este sistema não é aplicado em todas as dimensões da sustentabilidade e a diferença de distribuição de capital económico mantém-se, ignorando as vantagens da circulação contínua de um recurso.

## 2.2. Indicadores da arquitetura sustentável

Em seguimento da definição do conceito de desenvolvimento sustentável na arquitetura, chega-se à análise dos indicadores da arquitetura sustentável, uma vez que todas as características intrínsecas de um edifício ou obra urbanística se podem quantificar através da análise de dimensões, categorias, indicadores e parâmetros, o que irá ser pertinente para a seleção de indicadores que permitam realizar a avaliação correta dos casos de estudo analisados no capítulo sobre fundamentação metodológica.

**Indicador** é, segundo a Infopédia (2019), oriundo do latim *indicatōre* e significa, aquele que indica, ou dá indicações, vindo do verbo indicar que por sua vez é sinónimo de assinalar, destacar, revelar e sugerir. É também o nome comum atribuído a um dos dedos da mão humana. Esta palavra forma assim parte de uma hierarquia de acontecimentos que se devem dar quando se realiza um estudo. Provém de perguntas como seriam: quanta energia proveniente de combustíveis fósseis consome?, quantos materiais são de origem 100% natural?; qual é a distância de transporte dos materiais?; entre outras.

**Um indicador de arquitetura sustentável é, então, um meio de análise da sustentabilidade em edifícios e, sugere elementos (parte de uma obra arquitetónica, objeto, estilo de vida, etc.) que são pertinentes para garantir o desenvolvimento sustentável. É através de indicadores que se parametrizam os valores ideais de sustentabilidade.**

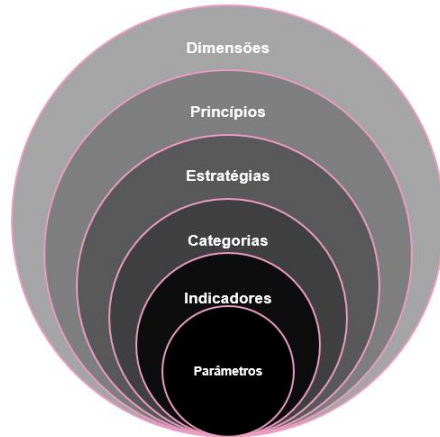
Os autores que se destacam na análise dos indicadores da arquitetura sustentável são: OA (2001); Edwards (2005); Yuba (2005); Tirone & Nunes (2007); Mateus (2009); Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, & Sevillano Gutiérrez (2014) e Santos (2016). Através do estudo das suas compreensões de indicadores ir-se-á realizar uma compilação de forma a que todos eles se complementem neste estudo. Algumas categorias serão estudadas de forma separada, não como meio de análise da sustentabilidade através do conforto, mas sim, através de análise de características espaciais próprias da arquitetura.

Segundo Mateus (2009), a estrutura de avaliação de sustentabilidade em arquitetura – na sua tese de doutoramento debatido como MARS-H (Metodologia de Avaliação Relativa da Sustentabilidade) – baseia-se em seguir uma hierarquia que se inicia em **dimensões, categorias, indicadores e parâmetros** (*Figura 13*), que se for adicionada a informação oferecida em OA (2001) e Yuba (2005), Tirone & Nunes (2007), Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, & Sevillano Gutiérrez (2014), parece que antes de definir as categorias, devem ser avaliados os princípios e as estratégias de ação de um projeto de arquitetura.

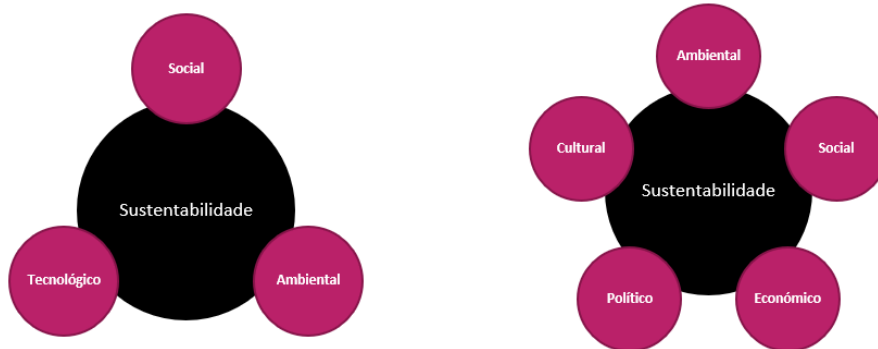
A organização de **dimensões** representadas nas *figuras 14, 15, 16 e 17*, dentro da sustentabilidade, segundo os autores Edwards (2005); Yuba (2005); Mateus (2009) e Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, & Sevillano Gutiérrez (2014), é semelhante em muitos deles embora alguns usem conceitos diferentes e/ou interligados. Elas variam entre Cultura, Política, Economia, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

Edwards (2005), identifica a Sociedade, a Tecnologia e o Ambiente como dimensões da sustentabilidade, *Figura 36*, visto que a sociedade é uma componente muito importante que durante o modernismo se rejeitou e apenas as obras de carácter socialista inseriam esta dimensão no desenvolvimento dos projetos, a tecnologia porque é através do avanço dela que se podem encontrar soluções que facilitem o desenvolvimento mais equilibrado da sociedade no meio ambiente, e o ambiente porque é dele que tudo depende e é por ele que se luta constantemente.

Yuba (2005), sendo autora num país em desenvolvimento e de grandes dimensões (Brasil), identifica a Política, a Cultura e a Economia como partes integrantes da sustentabilidade, *Figura 37*, porque sem compreender a cultura de um povo não se pode agir de forma correta, nem se pode controlar as ações de desgaste de florestas tão importantes como é a Amazônia, a política, porque as medidas que se tomam em defesa de uma sociedade equitativa e respeitosa dependem de uma boa fé por parte dos políticos integrantes de um país e a Economia porque dela se depende para colocar em prática atividades que se submetem à necessidade de dinheiro para acontecerem.



*Figura 35 - Diferenciação dos elementos de avaliação de construção sustentável segundo Mateus (2009) e ESG (2014)*



*Figura 36 - Dimensões da sustentabilidade segundo Edwards (2005) (adaptado pelo autor)*

*Figura 37 - Princípios da sustentabilidade segundo Yuba (2005) (adaptado pelo autor)*



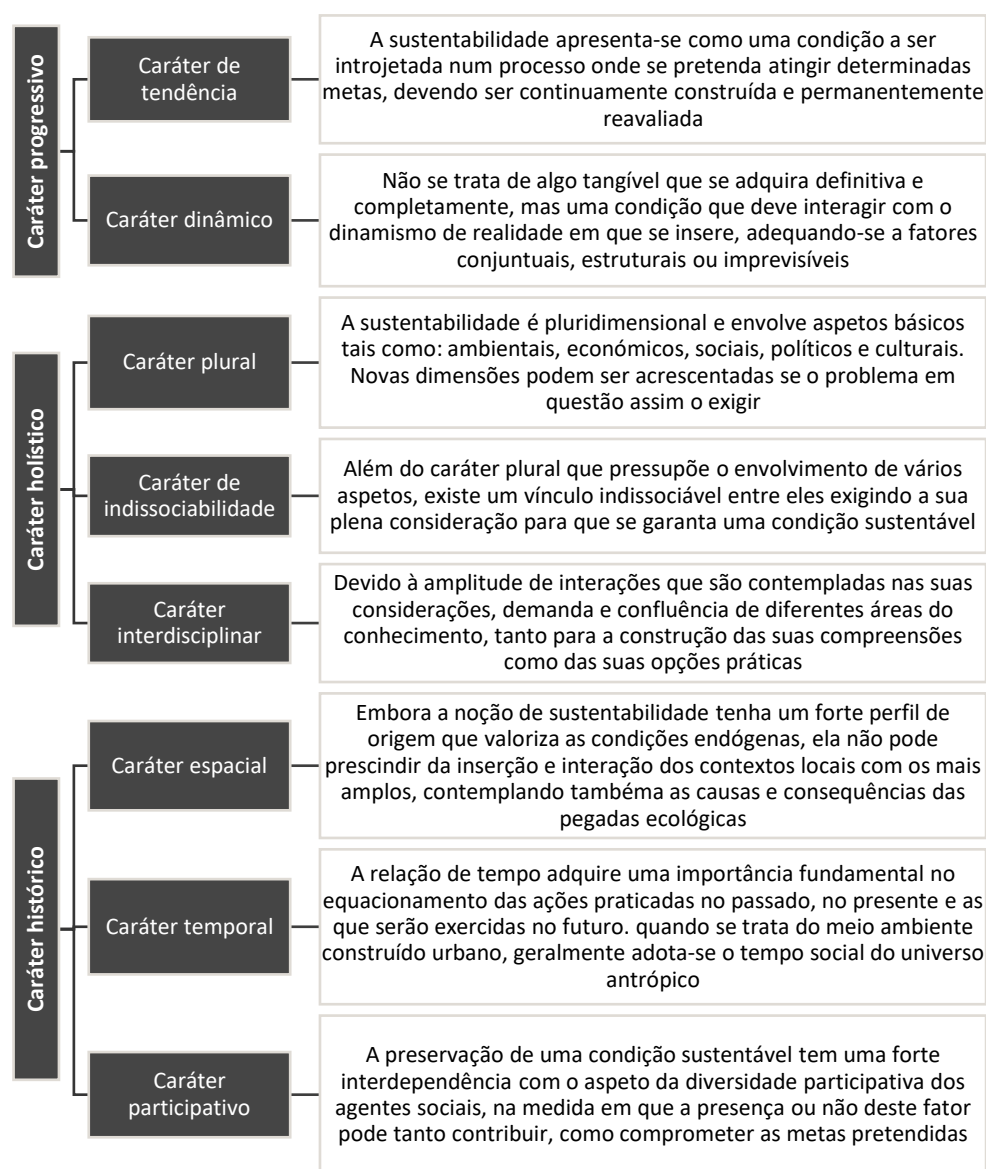
*Figura 38 - Princípios da sustentabilidade segundo Mateus (2009) (adaptado pelo autor)*

*Figura 39 - Princípios da sustentabilidade segundo Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, & Sevillano Gutiérrez (2014) (adaptado pelo autor)*

Mateus (2009) classifica o Ambiente, a Sociedade e a Economia como dimensões principais, *Figura 38*, uma vez que o ambiente é a base dos trabalhos sobre a sustentabilidade, a sociedade por ser ela o agente ativo e consumidor e a economia por se depender da gestão financeira de recursos e energia para a construção, manutenção e demolição de edifícios.

Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, & Sevillano Gutiérrez (2014) baseiam-se num estudo de absorção de conceitos a partir da observação da arquitetura vernácula em países europeus, como Itália, França, Espanha e Portugal, *Figura 39*, que tanto se integra e respeita o meio ambiente que a envolve. Este estudo parece ser o mais correto, uma vez que associa Cultura e Economia ao âmbito social, pois sem sociedade não existiriam estas duas dimensões.

A sustentabilidade apresenta características distintas, que segundo Yuba (2005) são o **carácter histórico, holístico e progressivo**. Cada característica está diretamente relacionada entre si e apresenta particularidades que formam os princípios básicos da sustentabilidade, tal como se conhece. Estas características levam a princípios dentro de cada dimensão da sustentabilidade como se mostra na *Figura 40*, abaixo representada.



*Figura 40 - Características da sustentabilidade segundo Yuba (2009)*

Tirone & Nunes (2007), apresentam as mesmas dimensões que Mateus (2009) e exibem os princípios que devem seguir cada uma delas, como exposto na *Figura 41*.

Os autores de *Construção sustentável em 2007*, mostram como se podem respeitar os princípios de cada dimensão, calculando igualmente as estratégias de ação. A referência a obras arquitetônicas que desenvolvem espaços responsáveis com o ambiente, a cultura e a economia, formam um guia pelas soluções construtivas, desde a qualidade espacial à definição de sistemas construtivos funcionais.

Ambiental	Aumento da saúde e conforto ambiental	Prudência na utilização de recursos naturais	
	Cidades compactas e multifuncionais	Conforto, identidade e durabilidade do contexto urbano	Diversidade de cor, textura, forma, uso, propriedade, tipologia e flexibilidade temporal
	Integração do custo real da dimensão ambiental	Investimento socialmente responsável	Incentivos à construção sustentável
Sócio-Cultural			
Sócio-Econômico			

*Figura 41 – Princípios das dimensões sugeridas por Tirone & Nunes (2007) (adaptado pelo autor)*

Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, & Sevillano Gutiérrez (2014), determinam 5 princípios base para cada uma das três dimensões que identificam, como se pode reparar na *Figura 42*, seguindo modelos da arquitetura vernácula pela Europa.

Vernacular heritage represents a great resource that has significant potential to define principles for sustainable design and contemporary architecture. The fact is that vernacular architecture and its methods and strategies are undervalued and seldom applied in recente building trends in the West.

(...) Very important ecological and sustainable lessons can be learned which have na enormous potential to be applied nowadays.

*(Correia, Dipasquale, & Mecca, 2014, p. 17)*

Os exemplos que se encontram no guia VerSus (Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, & Sevillano Gutiérrez, 2014), são igualmente referentes na arquitetura sustentável, sendo que neste manual se mostram as mais-valias e fraquezas de cada edifício analisado. As soluções espaciais, territoriais e construtivas são de elevada importância para os autores.

Ambiental	Integração do habitat no meio ambiente não prejudicando os restantes elementos do ecossistema	o habitat localiza-se adequadamente, recorrendo aos recursos bioclimáticos do lugar	Otimiza recursos, a fim de evitar a poluição e outros impactos negativos	Possibilita aos seus habitantes viver num ambiente saudável	Oferece um ambiente de segurança e proteção aos seus habitantes
Sócio-Cultural	A paisagem do habitat é modelada e conservada pelos habitantes ao longo dos séculos	Expressa competências e conhecimentos tradicionais transmitindo a cultura construtiva	Encoraja a criatividade, estimulando soluções inovadoras e expressões criativas	Reconhece valores imateriais, expressando as identidades territoriais como resultado de uma experiência acumulada	Favorece a coesão social, proporcionando o intercâmbio entre vizinhos como estímulo à inteligência coletiva
Sócio-Económico	Encoraja a autonomia, reforçando a autossuficiência da comunidade	Promove as atividades locais, desenvolvendo a produção local, o processamento e o comércio	Reduz os esforços de construção, otimizando a energia necessária à construção	Prolonga a vida do edifício, aumenta a resistência e o uso a longo prazo	Economiza recursos, preservando os recursos locais, evitando perdas e desperdícios

Figura 42 – Princípios das dimensões da sustentabilidade sugeridas por Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, & Sevillano Gutiérrez (2014) (adaptado pelo autor)

Após o reconhecimento das dimensões são descritas as categorias de análise da sustentabilidade, as quais se seguem através do trabalho apresentado por Mateus (2009), como mostrado na tabela seguinte.

Esta tabela leva a que se faça a identificação das categorias, que advêm dos princípios e estratégias de ação sustentáveis, representadas no sistema MARS-H de Mateus (2009), que se encontra ligado a uma visão holística da sustentabilidade na arquitetura.

Tabela 4 - categorias segundo as dimensões propostas por Mateus (2009) (adaptado pelo autor)

Dimensão	Ambiental	Social	Económica
Categoria (C)	C1 – Alterações climáticas e qualidade do ar exterior C2 – Biodiversidade e uso do solo C3 – Energia C4 – Materiais e resíduos sólidos C5 – Água	C6 – Conforto e saúde dos utilizadores C7 – Acessibilidade C8 – Sensibilização e educação para a sustentabilidade	C9 – Custos do ciclo de vida

Dependendo de subcategorias dentro das categorias supracitadas, a sustentabilidade procura por indicadores que mostrem que um edifício cumpre as necessidades ambientais, sociais e económicas para atingir o desenvolvimento.

Rogers, Jalal, & Boyd (2008) definem que é imperativa a necessidade de recorrer aos indicadores da arquitetura sustentável para se construir com responsabilidade ambiental. McDonough & Braungart (2005) e Lacy & Rutqvist

(2015) referem igualmente que sem os fatores de análise do meio ambiente e da sociedade, não se pode atingir a sustentabilidade.

A concerted effort to enhance habitability of our planet is unlikely to succeed unless we know “where we are” and “where we want to go.” To answer these questions, we must first consider exactly what we include in the term “environment.” If we restrict our definition to overly simplified definitions, such as the amount of a specified pollutant in the air, we have very little difficulty in measuring the environment. However, as we broaden our definition to include all physical components, or all the physical and biological, or all the physical, biological and cultural ones, environment becomes exponentially more difficult to describe.

*William A. Thomas, 1972 citado em Rogers, Jalal, & Boyd (2008, p. 106)*

Esta citação de Thomas no livro de Rogers, Jalal, & Boyd (2008), é completamente verdadeira, pois, sem adicionar conceitos e parâmetros à sustentabilidade não se pode fazer uma análise correta do ambiente. Por isso, através da informação dos vários autores destacados neste trabalho foi definida uma tabela de classificação de dimensões, princípios, categorias e indicadores, que mais tarde servirão para analisar as obras arquitetônicas em estudo.

São adicionados à lista MARS-H de Mateus (2009), indicadores como:

- ◆ impacte ambiental associado à integração na topografia;
- ◆ a partilha de infraestruturas;
- ◆ a conservação de recursos naturais;
- ◆ áreas verdes e florestais disponíveis;
- ◆ áreas de produção agrícola local;
- ◆ o aproveitamento da inércia térmica do solo;
- ◆ a baixa utilização de maquinaria;
- ◆ a certificação energética do edifício;
- ◆ o uso de sistemas solares passivos;
- ◆ escolha adequada da orientação solar;
- ◆ redução de perdas energéticas;
- ◆ redução de energia incorporada (autonomia energética);
- ◆ a baixa transformação dos materiais;
- ◆ o uso de materiais locais e a redução do seu transporte;
- ◆ consideração do nível freático;
- ◆ o uso de sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais;
- ◆ proximidade a zonas pedonais;
- ◆ dimensão e escala adequadas;
- ◆ a promoção e sensibilização à memória e inteligência coletiva;
- ◆ continuidade do saber-fazer;
- ◆ educação associada a situações de risco e segurança;
- ◆ preservação da cultura local;
- ◆ custo de manutenção e a previsão de ampliações e alterações programáticas.

O estudo das dimensões, princípios, categorias e indicadores, baseado nos autores já referidos, determinou a formação de uma tabela (que segue a estrutura da tabela de Mateus (2009)), assim, a tabela 3, apresentada no final deste ponto é o resumo dos indicadores que se revelam importantes para a análise completa da sustentabilidade na arquitetura contemporânea e tradicional.

Muitos dos indicadores referidos por Mateus (2009), são de carácter quantitativo, enquanto que os indicadores referidos por (Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, & Sevillano Gutiérrez, 2014) são de carácter (maioritariamente) qualitativo. Isto significa que os parâmetros de análise da sustentabilidade podem ser de carácter físico e virtual, pois à cultura não se podem atribuir valores numéricos.

Todos estes indicadores podem marcar a diferença no estudo do impacto geral de um edifício no ambiente. Desta forma, mais tarde poder-se-á realizar a seleção adequada aos casos de estudo e à problemática exposta neste trabalho.

O estudo de indicadores da arquitetura sustentável permite calcular os dados que indicam a existência de sustentabilidade num edifício.

Em suma, este estudo revela que existem diversos indicadores que são de elevada importância na análise de um edifício, sendo eles derivados das categorias apresentadas. Algumas dessas categorias são essenciais para o estudo correto dos edifícios em geral, tais como a C1, C4, C6 e a C9. Estas categorias foram expostas em partes deste subcapítulo, resumindo-se à Economia circular (C1 e C9), à Análise do ciclo de vida dos materiais (C1 e C6), e aos 4 R's (C4 e C6).

Tabela 5 - Reconhecimento das dimensões, princípios, categorias e indicadores através de diversos autores de referência (do autor)

Dimensões	Princípios	Categorias		Indicadores	
Ambientais: o habitat é resultado da sua integração no ambiente natural	❖ <b>Respeitar a natureza:</b> é integrado no ambiente não prejudicando os restantes elementos do ecossistema	C1	Alterações climáticas e qualidade do ar exterior	I1 I2 Impacte ambiental associado ao Ciclo de Vida dos edifícios Impacte ambiental associado à integração na topografia	
	❖ <b>Localizar-se adequadamente:</b> recorre aos recursos bioclimáticos no lugar	C2	Biodiversidade e uso do solo	I3 I4 I5 I6 I7 I8 Densidade urbana Partilha de infraestruturas Conservação de recursos naturais Espaços verdes disponíveis Áreas florestais existentes Áreas de produção agrícola local	
	❖ <b>Reduzir a poluição e os resíduos:</b> otimiza recursos, a fim de evitar a poluição e outros impactos negativos				
	❖ <b>Preservar a qualidade da saúde:</b> possibilita aos seus habitantes viver num ambiente saudável	C3	Energia	I9 I10 I11 I12 I13 I14 I15 I16 I17 Energia primária não renovável Energia produzida localmente a partir de fontes renováveis Aproveitamento da inércia térmica do solo Baixa utilização de maquinaria Certificação energética do edifício Uso de sistemas solares passivos Escolha adequada da orientação solar Redução de perdas energéticas Redução de energia incorporada	
	❖ <b>Minimizar os efeitos dos riscos naturais:</b> oferece um ambiente de segurança e proteção aos seus habitantes				
	❖ <b>Proteger a paisagem cultural:</b> a paisagem do habitat é modelada e conservada pelos habitantes ao longo dos séculos				
	Socioculturais: o habitat ajuda a preservar e transmitir os valores herdados	❖ <b>Transmitir a cultura construtiva:</b> expressa competências e conhecimentos tradicionais	C4	Materiais e resíduos sólidos	I18 I19 I20 I21 I22 I23 I24 Reutilização de materiais Uso de materiais reciclados Uso de materiais certificados Existência de sistemas de separação de resíduos sólidos Materiais pouco transformados Materiais locais e transformação local Redução das distâncias de transporte
		❖ <b>Encorajar a criatividade:</b> estimula soluções inovadoras e expressões criativas			
		❖ <b>Reconhecer valores imateriais:</b> expressa as identidades territoriais como resultado de uma experiência acumulada	C5	Água	I25 I26 I27 I28 Consumo de água Reutilização e consumo de água não-potável Consideração do nível freático Uso de estruturas de captação e armazenamento de águas pluviais
	Socioeconómicos: o habitat capacita as comunidades e otimiza os recursos locais	❖ <b>Favorecer a coesão social:</b> proporciona o intercâmbio entre vizinhos como estímulo à inteligência coletiva	C6	Conforto e saúde dos utilizadores	I29 I30 I31 I32 I33 Conforto térmico Conforto acústico Conforto visual/sensorial Toxicidade dos materiais (COV) Ventilação natural
❖ <b>Encorajar a autonomia:</b> reforça a autossuficiência da comunidade					
❖ <b>Promover as atividades locais:</b> desenvolve a produção local, o processamento e o comércio		C7	Acessibilidade	I34 I35 I36 I37 Acessibilidade a transportes públicos Acessibilidade a amenidades Zonas pedonais Escala adequada	
❖ <b>Otimizar os esforços de construção:</b> otimiza a energia necessária à construção					
❖ <b>Prolongar a vida do edifício:</b> aumenta a resistência e o uso a longo prazo		C8	Sensibilização e educação para a sustentabilidade	I38 I39 I40 I41 I42 Formação dos ocupantes Promoção da inteligência e memória coletiva Dar continuidade ao saber-fazer e à maestria Educação associada a situações de risco e segurança Preservação da cultura local	
❖ <b>Economizar recursos:</b> preserva os recursos locais, evitando perdas e desperdícios					
		C9	Custos do ciclo de vida	I43 I44 I45 I46 Custo do investimento inicial Custo de utilização Custo de manutenção Previsão de ampliações e alterações programáticas	



*Figura 43 - Pilha de pneus usados (Roadkill Customs, 2019)*

### 2.3. O plástico

O estudo do plástico ir-se-á centrar na análise do material através dos vários tipos que existem, das suas aplicações gerais, a análise do ciclo de vida geral do material e dos valores reais do depósito de plástico como resíduo. Todos estes tópicos são de elevada importância para o estudo a levar a cabo como resposta a ambos objetivos desta dissertação.

Segundo a Plastics Europe (PEAPM) (2020), plástico é uma palavra que classifica materiais, derivada do grego *plastikos*, que significa apto para moldar. Como era a argila em reação com a água e como são atualmente os plásticos (PEAPM, 2020). A palavra passou a caracterizar um grupo de materiais que têm características diferentes da cerâmica, dos metais, do vidro e da madeira. Se se tiver atenção, todos os materiais são aptos para moldar, mas apenas certos materiais são denominados por esta palavra.

Plástico é uma palavra adotada para caracterizar um produto criado pelo homem e os materiais (mais ou menos) naturais tornaram-se moldáveis e de talha ao invés de plásticos. A argila e o cimento são moldáveis, os metais e o vidro também, já a pedra e a madeira são talháveis.

O plástico entra na história como resultado da evolução da química industrial, quando em 1860 Christian Schönbein adicionou ácido sulfúrico e ácido nítrico ao algodão, originando a trinitrocelulose, que veio a resolver problemas de escassez de marfim nos EUA em 1870 (Guedes & Filkauskas, 1986). Este novo material foi classificado como sintético (resinas sintéticas) ou que resulta da modificação de compostos naturais (celulose e prótidos), com caráter macromolecular e, dá origem a diversos grupos de plásticos conhecidos hoje pela sua versatilidade.

What makes plastics the most versatile of all materials is the ease with which they can be given any desired shape and form.

*(Chanda & Roy, 2008)*

A produção em cadeia de elementos obtidos a partir de plástico tem a sua origem em 1916, através da génese da baquelite por L. H. Baekeland, que potenciou a produção de elementos industriais que vieram substituir materiais como a madeira, os metais e o vidro (Correia et. al., 1998; Albuquerque, 1990). Mas, é com a Segunda Guerra Mundial que se encontra o expoente industrial da produção de plásticos, que ganham protagonismo na indústria têxtil, militar e automóvel, sendo o nylon e a baquelite as matérias de eleição (Guedes & Filkauskas, 1986).

Através da classificação de Fisher os plásticos dividem-se em elastómeros e plastómeros, que por si dão lugar a termoplásticos e termorreativos, a elastoprenos, elastolenos, elastotiómeros e elastoplásticos, respetivamente e subdividem-se em várias matérias-primas essenciais para a produção de múltiplos objetos do quotidiano (Correia et. al., 1998; Torgal & Jalali, 2010).

Os plásticos industriais foram e são desenvolvidos para substituir os materiais tradicionais (metal, madeira, cerâmica, borracha, papel, etc.). Apresentam vantagens, tanto em relação ao baixo custo, motivado pelo seu baixo peso específico e ganho na usinagem, como pelas inúmeras vantagens técnicas.

*(Albuquerque, 1990, p. 41)*

Vantagens	Desvantagens
<b>Infinitas possibilidades de utilização</b>	Fraca resistência ao calor
<b>Higiénico e asséptico</b>	Fraca resistência mecânica (alterações físicas da forma: molda-se ou parte)
<b>Ótimo isolante térmico</b>	Tempo de degradação no meio ambiente elevado (entre 8 e 1 000 de anos)
<b>Leve</b>	Libertação de gases nocivos no seu fabrico e degradação
<b>Flexível e maleável</b>	
<b>Resistente e durável</b>	
<b>Reutilizável e reciclável</b>	
<b>Inoxidável</b>	
<b>Alta resistência à humidade</b>	Coeficiente térmico elevado

*Figura 45 - Divisão de propriedades do plástico (Guedes & Filkauskas, 1986) (adaptado pelo autor)*

De facto, quando se imagina a vida sem plástico, alguns feitos tecnológicos e científicos, não seriam possíveis. A indústria do plástico é vasta e influencia a vida de milhões de pessoas todos os dias. Existe uma variedade tão grande de objetos que se podem produzir com plásticos, que é impensável assignar um utensílio sem pensar em plástico.

Segundo a APA (2020), a nível Europeu a indústria do plástico encontra-se em 7º lugar na lista de contribuidores ao desenvolvimento industrial, na mesma classificação que a indústria farmacêutica.

As diversas vantagens que permitem que este seja um material muito selecionado na hora de desenhar um objeto ou edifício são muito atraentes, embora também tenha desvantagens que o tornem alvo de mira.

O consumo mundial de plásticos vem aumentando vertiginosamente, principalmente pelas seguintes razões:

Aumento de produção da indústria automobilística, com quantidade de peças plásticas por veículo, aumentando cada vez mais.

Necessidade de moradias, levando à construção de grande número de novas residências e reformas de residências antigas, o que aumenta dramaticamente a procura de materiais para os sectores de canalização de água e esgotos, dutos para fios elétricos, chaves elétricas, materiais de acabamento, aparelhos indicadores de consumo de água e eletricidade, aparelhos telefónicos, etc.

Consumo de aparelhos eletrónicos, principalmente aparelhos eletrodomésticos, áudio e vídeo e mais recentemente computadores pessoais.

Intensificação do uso de plásticos de engenharia em artigos esportivos, não apenas devido às propriedades estruturais intrínsecas aos mesmos, mas, principalmente porque eles não enferrujam, apresentam eficiência maior que os equipamentos antigos de metal e madeira, e têm melhores características de aparência e "status".

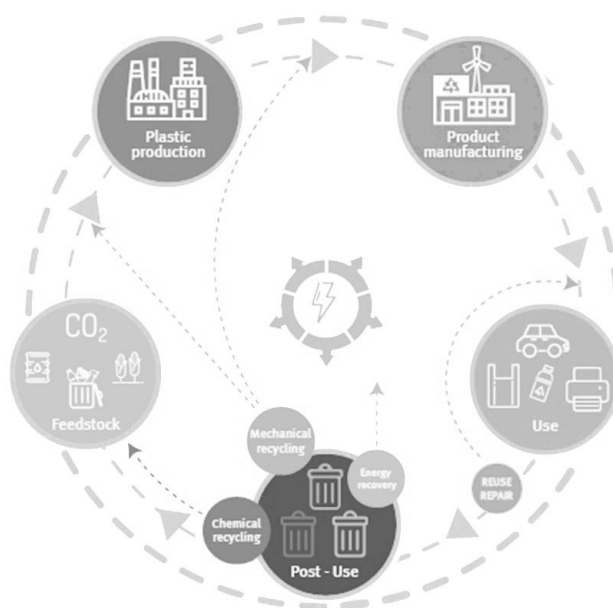
Avanço da tecnologia, com emprego cada vez mais difundido do computador nos setores de pesquisa e desenvolvimento, que tem possibilitado a substituição sistemática de peças metálicas por peças plásticas, com vantagens de custo.

Avanço da tecnologia de materiais, com a criação de plásticos com propriedades físicas cada vez melhores, principalmente quanto à resistência mecânica, resistência ao calor e a resistência aos agentes químicos e atmosféricos, o que viabiliza seu emprego em número cada vez maior de aplicações.

(...) Tudo indica que os maiores avanços tecnológicos se concentram hoje nos campos da eletrônica (informática, robótica, etc.) e dos novos materiais, entre os quais, sem sombra de dúvida se destacam os plásticos.

*(Guedes & Filkauskas, 1986, pp. 15 - 16)*

A definição de cada tipo de plástico interfere no seu ciclo de vida, uma vez que para um plástico termofixo o sistema será de produção, consumo e descarte, por outras palavras, linear, enquanto que para um termoplástico será possível a aplicação de um sistema circular de produção, consumo, descarte e revalorização.



*Figura 46 - Ciclo de vida do plástico (Open Editions, 2020)*

A **análise do ciclo de vida do plástico** baseia-se na aplicação dos conceitos estudados no capítulo anterior. Desta forma consegue-se manter uma relação direta entre o **material** em questão e dados que se pretendem extrair para os estudos de **impacte do plástico no ambiente** e a **reutilização** do material do próximo capítulo.

O ciclo de vida do plástico, em geral inicia-se na extração de recursos, sejam eles naturais ou de origem sintética – na sua maioria são derivados de combustíveis fósseis – e assim na sua produção, posteriormente será moldado para dar vida a um objeto. O uso do objeto dependerá assim das primeiras etapas da sua formação, assim como a sua reutilização. O descarte acontece quando o objeto perde utilidade

ou sofre alterações nas suas propriedades e a sua revalorização e decomposição dependem da origem dos recursos.

Resumindo, os plásticos além de apresentarem diversas vantagens e desvantagens, não podem ser utilizados somente com base nesses critérios, a origem dos produtos e a possibilidade de que exista a sua revalorização são momentos críticos que o arquiteto deve ter em conta, neste ponto do capítulo serão analisadas a diferentes fases da ACV dos materiais plásticos, ressaltando a importância de definir o tipo de plástico que se aplica num projeto.

### 2.3.1. Produção e tipos de plástico

Este apartado da análise do plástico tem como função mostrar que a produção de diversos tipos de plástico, pode interferir na sua reutilização ou reciclagem e conseqüentemente na economia e ambiente.

Os plásticos variam em tipologias, estes podem ser analisados conforme a sua formação física – através de calor e pressão – ou química – através de matérias-primas naturais e de origem sintética. Segundo Albuquerque (1990) os plásticos variam em **termoplásticos (TP)** e em **termofixos (TS)**, sendo que um termoplástico é formado através do

aquecimento [que] permite que as moléculas deslizem livres uma sobre as outras durante o processo de moldagem. Através de um arrefecimento, as forças tornam-se outra vez intensas, para congelar as moléculas entre si, comparando-se à moldagem de uma cera de vela reprocessável.

*(Albuquerque, 1990, p. 16)*

Termofixos são materiais que adquirem plasticidade por meio de calor (termo), são moldados, e ao se resfriarem retêm permanentemente a forma na qual foram moldados (fixos). Se forem aquecidos novamente, não mais amolecerão, e se a temperatura de aquecimento for suficientemente alta serão destruídos, sem contudo voltar a adquirir plasticidade.

*(Guedes & Filkauskas, 1986, p. 20)*

Assim sendo, através do que os autores explicam, percebe-se que um termoplástico é reciclável e um termofixo não.

Os termoplásticos mais conhecidos são o PET, PVC, PP, PE e o PS, pelo outro lado, os termofixos mais comerciais são o PU, a resina epóxi, os painéis fenólicos e o silicone (*Tabela 6*). Estes materiais têm vastas aplicações e fazem parte de um enorme sistema económico que envolve todas as indústrias existentes.

Todos os plásticos que estejam classificados como termoplásticos são facilmente recuperáveis e apoiam o sistema económico circular, mas os termofixos são produzidos e não podem entrar num sistema circular (Albuquerque, 1990) (Guedes & Filkauskas, 1986)).

Tabela 6 - Tipos de plástico segundo a reação física com que são fabricados (do autor, a partir de SSSS)

(TP)	Termoplásticos	(TS)	Termofixos
PEAD / PEBD	Polietileno (alta ou baixa densidade)	PU ou PUR	Poliuretano
PP	Polipropileno	UP	Poliéster insaturado
PVC	Polivinil-clorídrico	EP	Resina epóxi
PET	Tereftalato de Polietileno	MF	Resina melamina
PS	Poliestireno	PVAC	Éster de vinilo
ABS	Acrilonitrila butadieno estireno	SI	Silicone
SAN	Estireno Acrilonitrilo	PF	Formaldeído fenólico
PC	Policarbonato	UF	Formaldeído ureico
PMMA	Polimetil metacrilato	PF	Resinas fenólicas
TPE	Elastómeros termoplásticos	RAAQ	Resinas acrílicas
PSU	Poliarilsulfato		
PFA	Fluoropolímeros		
PEEK	Poliéter-étercetona		
POM	Polioximetileno ou Acetal		
PBT	Tereftalato de polibutileno		
HFTE	Politetrafluoroetileno		

Na *Figura 47*, nota-se que as maiores percentagens de recorrência a certos tipos de plásticos pertencem ao Polipropileno (PP) e ao Polietileno (PE) de alta e baixa densidade, o que significa que a maioria de objetos que se produzem são destes materiais. No entanto, isto não significa que sejam os maiores agentes poluentes.



Figura 47 - Percentagens de uso dos diversos tipos de plástico, (PEAPM, 2020)

Neste momento o maior produtor mundial de plásticos é a República Popular da China, onde coincidentemente se encontram os maiores níveis de poluição atmosférica do mundo (PEAPM, 2020).



*Figura 48 - Mapa mundi de produção de plásticos no mundo, com a China representada a mais escuro (PEAPM, 2020)*

A toxicidade dos diferentes tipos de plásticos é o principal fator de preocupação pela parte da população, uma vez que o uso incorreto destes materiais pode provocar danos na saúde humana e do ambiente, pois são libertados agentes químicos nocivos à qualidade ambiental.

Como exemplo de plástico com altos níveis de toxicidade está o PVC e o PC, que são muito utilizados pela indústria, nomeadamente a da construção, como se observará nos dados recolhidos para o estudo do consumo e manutenção de plásticos. Estes tipos de plásticos são nocivos, pela existência de um composto que se denomina de BPA (bisfenol-A), que segundo Papanek (1998), se registou altamente cancerígeno e associado a cânceres renais nos operadores de produção deste tipo de plástico.

O PVC também é considerado nocivo por conter elementos químicos como o chumbo, o mercúrio e cádmio, previstos como elementos altamente letais e cancerígenos.

Os produtos obtidos a partir de PET, PEAD, PEBD e PP, não se registam como perigosos para a saúde, apesar de se verificar a libertação de alguns compostos químicos nocivos, mas devido às baixas doses não se consideram de elevado risco. Apesar de se tratar de plásticos nocivos à saúde e ao ambiente, a indústria de produção revela-se economicamente favorecida, uma vez que são materiais baratos e fáceis de produzir, no entanto a sua reciclagem é de difícil gestão.

Pode-se observar na *Tabela 7* que a aplicação prática de plástico, vai desde as abraçadeiras aos pavimentos e desde as ventoinhas aos óculos e aos sapatos, é muito ampla. Ocupa parte em praticamente todos os objetos que o homem criou até hoje.

Estudando os tipos de plástico a usar na arquitetura pode-se fazer a diferença, pois a decisão de usar termoplásticos e de usar plásticos nocivos à saúde depende dos arquitetos

Tabela 7 - Variedade de produtos segundo o tipo de plástico a utilizar (adaptado pelo autor a partir de (Albuquerque, 1990, pp. 238 - 239))

Peça e/ou forma		Tipo de plástico
<b>Estrutural/Mecânica</b>	Engrenagens, pistões, cilindros, <b>válvulas</b> , pás de ventiladores, propulsores de bombas, agitadores de máquinas de lavar ...	Acetal, nylon, fenólico, policarbonato, poliéster
<b>Serviço mecânico leve e decorativo</b>	Puxadores, punhos, abraçadeiras, ornamentos decorativos, carcaças de máquinas fotográficas, armações de óculos, volantes de automóveis, <b>revestimento de pavimentos ...</b>	ABS, Acrílico, Fenólico, Polietileno, Polipropileno, Poliestireno, PVC
<b>Pequenas utilidades domésticas e formas ocas</b>	Carcaças de telefones, lanternas, capacetes de desporto, lâmpadas de cabeceira, ferramentas elétricas, pequenos aparelhos domésticos ...	ABS, Fenólico, Policarbonato, Poliéster, Polietileno, Polipropileno, Poliestireno, PVC
<b>Grandes carcaças ou cavidades ocas</b>	Cascos de botes, abrigos para motocicletas, equipamentos agrícolas, carcaças de grandes aparelhos domésticos, tanques, barris, <b>forro de canalizações e canalizações, isolamento de paredes ...</b>	ABS, Polietileno de alta densidade, Policarbonato, Poliéster/ Fibra de vidro (TS), Polipropileno, Poliuretano, Poliestireno, PVC
<b>Peças óticas ou transparentes</b>	Óculos de proteção, lentes e fibras óticas, <b>vidros de segurança e à prova de choques</b> , artigos de laboratório, sinalizadores e para-brisas para a neve ...	Acrílico, Policarbonato, Poliestireno, PVC
<b>Peças para aplicações com desgaste</b>	Rodas, rolamentos, lâminas descartáveis, descarregadores, pneumáticos industriais, <b>revestimentos, trilhos anti desgaste ...</b>	Poliacetal, Nylon, Fenólico, Poliéster (TP), Poliuretano, Polietileno de peso ultraelevado (UHMW-PE)

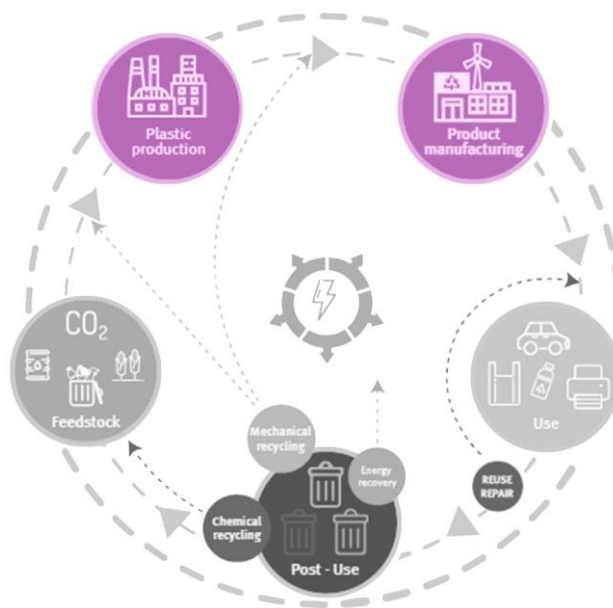


Figura 49 - Ciclo de vida do plástico (adaptado pelo autor a partir de (Open Editions, 2020))

Tomem-se em conta os dados fornecidos por Rogers, Jalal e Boyd (2008), (Tabela 8), que mostram a quantidade de matéria-prima necessária para se poder produzir um copo de papel e um copo de espuma plástica. Provam que a quantidade de recursos é menor no segundo caso (plástico) que no primeiro (papel).

Tabela 8 - Comparação entre gastos energéticos e de recursos entre um copo de papel e um de plástico (adaptado e traduzido pelo autor a partir de Rogers, Jalal, & Boyd, 2008)

Item	Copo em papel	Gramas (g) por copo	Copo em espuma plástica
<b>Matérias-primas</b>			
Madeira e serrim	33 (28 a 37)		0
Frações de petróleo	4,1 (2,8 a 5,5)		3,2
Outros químicos	1,8		0,05
<b>Peso final</b>	10,1		1,5
<b>Custo geral</b>	2,5 x		x

Este exemplo é uma demonstração de como utilizar o plástico pode sair mais rentável do que produzir um copo de papel, tanto a nível de matérias primas como de recursos energéticos. Apesar da opinião generalizada sobre os plásticos ser a de se tratar de um material de origem fóssil, e conseqüentemente poluidor, as suas vantagens são, por outro lado, esmagadoras.

Isto significa que a formação de objetos em plástico pode ser benéfica em alguns casos, o que não implica que o seu consumo, manutenção, descarte e revalorização não devam ser igualmente avaliados. Estes aspetos do ciclo de vida do plástico são essenciais para o estudo de indicadores de análise sustentável.

Estes dois objetos que podem resultar da reciclagem de outros objetos do quotidiano, que o autor considera amorfos, são uma das soluções que existem no momento para eliminar os empilhamentos do plástico e, não devem ser descartadas, mas sim repensadas e usadas com precaução. Portanto, de forma a

tornar a produção autossuficiente, é necessária uma mudança de hábitos na hora do descarte de um objeto de plástico. Se os objetos forem devidamente encaminhados para reciclagem, os seus valores intrínsecos não estarão totalmente perdidos.

Resumidamente, a produção de certos tipos de plásticos, o primeiro passo na ACV, é um momento crucial para o desencadeamento de um futuro saudável. A escolha da fórmula química e física de um tipo de plástico é muito importante, pois delas dependem os valores de pegada ecológica do material.

Conclui-se assim que a etapa de produção e fabricação, de diferentes objetos em diferentes tipos de plásticos, interfere nas etapas seguintes da ACV do plástico. Assim determina-se com a ajuda de diversos autores quais são as soluções que existem para diminuir o consumo deste material.

### 2.3.2. Consumo e manutenção

Dada a diversidade de objetos que se podem produzir a partir de diferentes tipos de plásticos, é importante referir que este ponto da investigação se concentra na identificação dos métodos de consumo e manutenção. As vantagens que o material em estudo apresenta são atraentes, na medida em que possibilitam a formação de objetos ideais por exemplo para a medicina, a engenharia, a educação, etc, mas, as desvantagens como o tempo de degradação no meio ambiente são desanimadoras.

É de igual importância referir que apesar de ser um material extensamente usado em diversas indústrias, o seu consumo deve ser controlado e gerido de forma eficaz. A redução do seu consumo, a reutilização e a recuperação do material, são pontos exclusivamente necessários.

Will McCallum (2019), participante ativo da ONG Greenpeace, escreveu um pequeno manual de rituais que se devem seguir de forma a eliminar o plástico da rotina. Sem ler este referente da Green Peace, não se alcança a realidade. Não se percebe a quantidade de objetos que tocamos por dia que contenham plásticos, nem a dimensão da rede de poluição mundial. McCallum (2018), distribui os objetos pelos espaços que uma habitação contém e mostra soluções plausíveis para substituir o plástico no dia-a-dia. Este autor é apoiante firme da redução imediata de consumo de plásticos, através da sua substituição.

Quando a sua substituição é de difícil acesso, deve-se ter em conta que tipo de plástico se está a consumir. Como aparentemente, os plásticos são muito semelhantes e, um mesmo tipo de plástico pode ser ligeiramente modificado de forma a ter diversas aplicações, deve-se aplicar o tipo correto de plástico ao produto de consumo. Uma vez que para a mesma aplicação podem ser utilizados plásticos diferentes, por vezes, encontram-se identificados nos produtos os tipos de plástico.

A marcação dos diversos tipos de plásticos, deu-se em 1988 pela Sociedade da Indústria de Plásticos nos E.U.A. Em Portugal não existe obrigatoriedade legal de marcação das embalagens, segundo a Plastval (2008), a marcação é voluntária e a sua prática auxilia o consumidor e particularmente o operador de triagem (de resíduos) a identificar o tipo de plástico.

A numeração e as abreviaturas a adotar para identificar os diferentes tipos de plástico estão descritas na Decisão 97/129/CE e normalmente a indústria utiliza-a em associação com os símbolos sugeridos pela Society of Plastics Industry (SPI).

Símbolo	Tipo de Plástico	Exemplo de Aplicação
	PET (Politereftalato de Etileno)	Garrafas de água, refrigerantes
	PEAD (Polietileno de Alta Densidade)	Higiene, detergentes
	PVC (Policloreto de Vinilo)	Tubos, detergentes
	PEBD (Polietileno de Baixa Densidade)	Sacos, filme de paletes
	PP (Polipropileno)	Caixas de CD's
	PS (Poliestireno)	Iogurte, caixa de ovos
	Outros	

Figura 50 - Marcação numerada conforme o tipo de plástico (Plastval, 2008)

A marcação do tipo de plástico que se usa no dia-a-dia é importante para a educação da população, face ao problema de que tipo de plástico que se irá manter numa economia circular.

Nesta figura apresentada acima, pode-se observar que todos os plásticos identificados até ao número 6 são termoplásticos, excluindo os termofixos da lista. Será de calcular que os termofixos se marcam com o número 7, e dada a sua utilização abundante na arquitetura, plásticos como o vinilo (PVAC), as resinas epóxi (EP), o silicone (SI) e as espumas de poliuretano projetadas (PU), que são termofixos, não se encontram classificados pela impossibilidade de serem reciclados pós-uso.

O seu consumo deve ser assim repensado e talvez deva ocorrer uma substituição destes materiais por outros menos poluentes e mais viáveis economicamente.

Frente às desvantagens que este material apresenta para o meio ambiente, o cálculo do seu consumo deve ser realizado com precaução, pois, apesar de um plástico como o PET ter a capacidade de durar 450 anos a se degradar completamente, os utensílios do quotidiano que podemos usar em plástico duram menos de uma semana nas mãos dos consumidores.

Uma garrafa de água em plástico PET é utilizada em supermercados, cafeterias, postos de serviço, habitações, escritórios, ginásios, escolas, partições públicas, em praticamente todos os edifícios que podem existir, mas é utilizada por curtos momentos. O ciclo de vida do plástico desde o lugar de obtenção até ao seu lugar de descarte, por vezes é tão curto como sair de comprar, usar e descartar. Este é o grande problema que o ambiente enfrenta.

O consumo de objetos em plástico é tão veloz que pode causar problemas de gestão de resíduos, sejam eles uma elevada taxa de acumulação de resíduos pelas empresas gestoras ou a incorreta separação dos produtos, mas estes problemas não são os únicos a ter em conta durante o consumo de plásticos.

De forma a evitar que o seu consumo seja erróneo e que o seu descarte e revalorização sejam os apropriados, deve-se entender que quando um objeto em plástico está nas nossas mãos, se deve cuidar e manter, porque a sua vida pode ser bastante mais extensa do que se pensa.

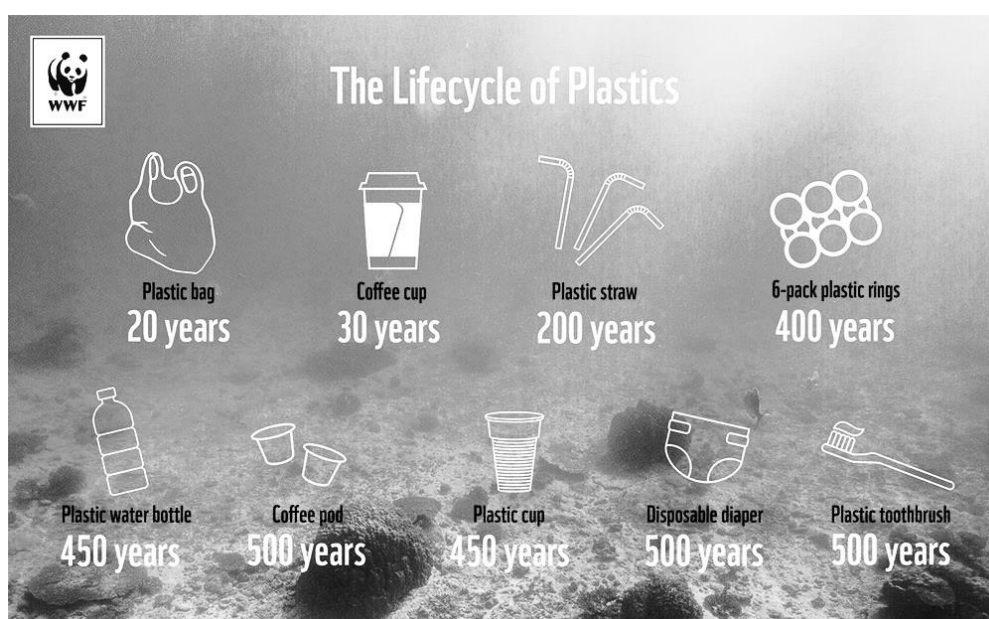


Figura 51 - Duração de objetos em plástico em anos (WWF, 2020)

Um saco de plástico, pode manter a sua integridade até ao momento em que se suja. Alguns consumidores, constataam que o saco perdeu a utilidade porque tem manchas, mas a sua manutenção, consiste em manter esse saco limpo e sem rugas ou deformações. Quando o mesmo saco se romper, será o seu fim de utilidade, não quando este está com fraca aparência. O saco não é considerado um produto descartável, como é o caso das fraldas e das cápsulas de café que sim são consideradas descartáveis.

Esses produtos descartáveis, são os piores para o meio ambiente e para as empresas gestoras de resíduos, pois uma fralda não se encontra na lista de recicláveis, mas sim na lista dos resíduos para revalorização energética (que se discutirá adiante), o que reproduz níveis de poluição atmosférica altos.

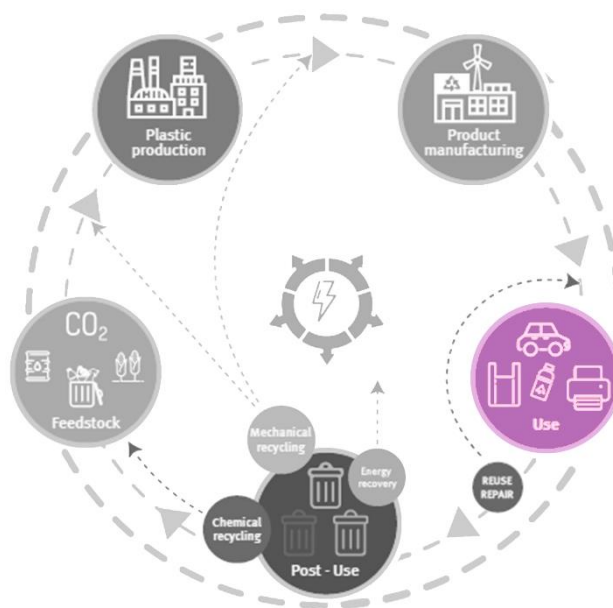


Figura 52 - Ciclo de vida do plástico (adaptado pelo autor a partir de (Open Editions, 2020))

O consumo de plásticos deve então ser repensado. Quanto tempo pode durar uma garrafa de água sem que se rompa? Quanto tempo pode durar uma embalagem de detergente líquido? É necessário comprar vários objetos destes ao longo de um ano?

Not only could it end up in the ocean, but it can take hundreds of years to break down – if at all.

(WWF, 2020)

Questões como estas são necessárias para um melhor funcionamento da economia e da sociedade, sem elas, não se pode atingir um equilíbrio com o ambiente e o bom uso, recorrer à reutilização e à reparação do material em estudo, podem ser as melhores soluções.

Substituir uma escova de dentes em plástico, por uma escova em madeira, é muito mais saudável do que manter um sistema consumista rápido e ineficaz. **O tempo de vida do objeto deve ser prolongado ao máximo, para que o desenvolvimento industrial seja equitativo com o equilíbrio natural do planeta.**

### 2.3.3. Descarte e revalorização

Este apartado, da concetualização sobre o plástico levanta a questão, sobre as quantidades específicas de resíduos plásticos recuperáveis e, se a reutilização deste material oferece alguma regalia ao desenvolvimento sustentável.

Para responder a esta questão, serão analisados dados quantitativos cedidos por empresas, como a Lipor (2019) e a Sociedade Ponto Verde (2017), assim como pela APA (2019), constatando uma média entre esses valores, para efetuar um cálculo não realista mas, mais preciso.

Tendo em conta que o ciclo de vida dos materiais plásticos pode ser, de fato extenso, é importantes estudar como o consumo de curta duração interfere nos dados de descarte e revalorização, tal como o impacte no ambiente que se pode produzir.

Por ano, a Europa produz cerca de 58 milhões de toneladas de plástico e Portugal contribuiu com quase 370 toneladas, uma média de 31kg por pessoa, valor superior à média europeia (APA, 2019).

Segundo a APA (2019), em Portugal são 23, as empresas responsáveis pela recolha e transporte de resíduos sólidos urbanos. De entre elas a Lipor que será uma empresa de referência nesta análise sobre os dados quantitativos de resíduos plásticos. A Sociedade Ponto Verde (SPV), através da qual se analisarão dados dos Serviços de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU) é outro autor de referência. Um Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU) é uma estrutura de meios humanos, logísticos, equipamentos e infraestruturas, estabelecida para levar a cabo as operações inerentes à gestão dos Resíduos Urbanos (RU).

- |              |                        |              |                |
|--------------|------------------------|--------------|----------------|
| ◆ Valorminho | ◆ Suldouro             | ◆ Valnor     | ◆ Gesamb       |
| ◆ Resulima   | ◆ Resíduos do Nordeste | ◆ Valorsul   | ◆ Amcal        |
| ◆ Braval     | ◆ Valorlis             | ◆ Ecoléziria | ◆ Ambilital    |
| ◆ Resinorte  | ◆ Ersuc                | ◆ Resitejo   | ◆ Resialentejo |
| ◆ Lipor      | ◆ AMR Planalto Beirão  | ◆ Tratolixo  | ◆ Alagar       |
| ◆ Ambisousa  | ◆ Resiestrela          | ◆ Amarsul    |                |

Em 2012, segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE), foram recuperadas **211 437 toneladas** de resíduos plásticos em Portugal, uma percentagem de 4,48% dos resíduos urbanos produzidos num ano. A Agência Portuguesa do Ambiente (APA), no **Relatório Anual de Resíduos Urbanos (RARU)** de 2012, discrimina que a separação de materiais resíduos plásticos representa 41 358 toneladas, em 2014 foram 52 435 toneladas, em 2016 foram 77 860 toneladas e em **2018** foram **71 112** toneladas, estes valores são de percentagens tão baixas como **1%**.

Segundo a Sociedade Ponto Verde (2020), através dos documentos apresentados na sua página web, desde Dezembro de 2018 e Novembro de **2019**, sinaliza valores cuja soma mostra que foram recuperadas **285 601,4** toneladas de plásticos, em Portugal, tal valor representa **5,47%** dos resíduos produzidos num ano.

Tabela 9 - Estimativa percentual de resíduos plásticos e meta da Comissão Europeia para 2020 (do autor a partir de APA (2019))

	2012	2014	2016	2018	Meta 2020
Toneladas de RSU	4 712 000	4 719 000	4 891 000	5 213 000	10%
Toneladas de RSU plásticos	41 358	52 435	77 860	71 112	
%	0,87%	1,11%	1,59%	1,36%	

Tabela 10 - Estimativa percentual de resíduos plásticos, no ano 2012 através de INE (2020) e no ano 2018 através de SPV (2020) e meta da Comissão Europeia para 2020 (do autor)

	2012	2018	Meta 2020
Toneladas de RSU	4 712 000	5 213 000	10%
Toneladas de RSU plásticos	211 437	285 601	
%	4,48%	5,47%	

A Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2019), no Relatório Anual de Resíduos Urbanos (RARU) de 2018, discrimina que a separação de materiais resíduos plásticos, apenas representa 11%, apesar de os cálculos a nível Europeu se encontrarem numa média de 30%, o que indica que existem países que têm maior capacidade de gestão de resíduos plásticos.

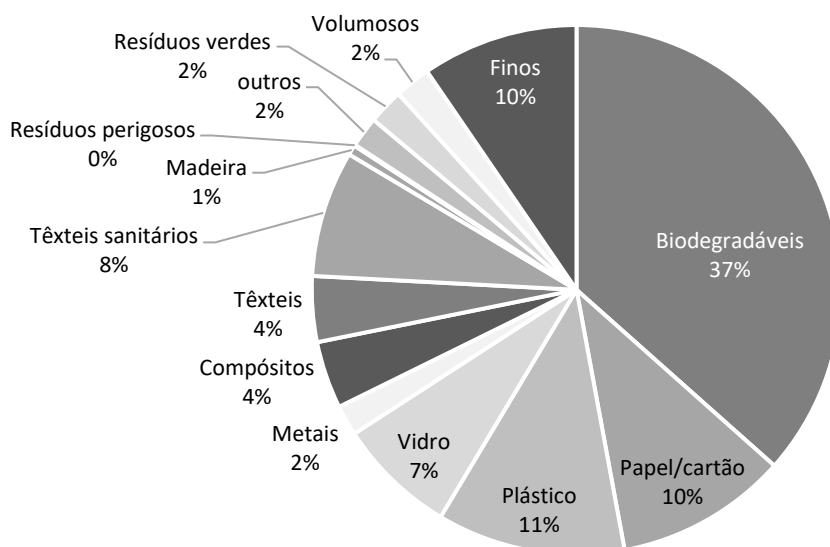


Gráfico 1 - Distribuição de resíduos urbanos (adaptado pelo autor a partir de APA (2019, p.14))

Esta informação supramencionada não se mostra revelante, porque se percebe que uma mesma entidade oferece dados entre 1% e 11%, assim como que entre diversas fontes de informação existem disparidades, no entanto, de forma a garantir que a informação seja útil ao estudo que se realiza, tomar-se-ão os dados sob a forma de uma média. Garante também que se compreenda que quaisquer das hipóteses de 1% ou 5% se encontram longe da meta proposta pela Comissão Europeia de 10% até 2020, mas que têm alguma importância para os cálculos de eficácia na Economia Circular do país.

A primeira grande **Estratégia Europeia sobre Plásticos** foi adotada a 16 de janeiro de **2018 pela Comissão Europeia**. Faz parte da transição da Europa para

uma ampla economia circular e contribuiu para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, os compromissos climáticos globais e os objetivos da política industrial da União Europeia.

Esta estratégia ajuda a proteger o Ambiente, a reduzir o lixo marinho, as emissões de gases com efeito de estufa e a dependência em combustíveis fósseis. Espera-se que se possa fomentar a inovação na forma como são projetados os produtos de plástico e transformar a forma como são usados, produzidos e reciclados pelos cidadãos da União Europeia.

Os plásticos são um material importante na nossa economia e a vida quotidiana moderna seria impensável sem eles, mas são nocivos ao ambiente e à saúde. Seguindo-se o rumo desta estratégia, todas as embalagens plásticas no mercado da União Europeia serão recicláveis até 2030, o consumo de plásticos de uso único será reduzido e o uso de microplásticos será restrito.

Contando com a ACV anteriormente estudada, o descarte é um grande momento para um produto. O meio ambiente depende de tal momento e a sociedade também. Apesar da revalorização pós-descarte não se verificar possível para os termofixos, a sua reutilização é possível, desde que não necessitem de uma recuperação, então, há de certa forma, alguma possibilidade de aplicar um curto sistema de vida circular para os termofixos. Sendo a reutilização um dos R's que surgem antes e depois do descarte, os termofixos têm alguma salvação.

A análise realizada com o apoio da *Tabela 8*, fornecida pelos autores Rogers, Jalal & Boyd (2008), serve também para descrever o futuro de ambos, copo de papel e copo de plástico, assim como de uma garrafa de plástico de uso único.

A lot of people seem to think that the litter of polyfoam on the beaches of the world is much worse than all of those other environmental insults produced by paper cups. If polyfoam cups were collected and disposed of properly by incineration, there would be no question about which would be preferred.

*(Rogers, Jalal, & Boyd, 2008, p. 35)*

O futuro do produto que se pretender desprender, depende dos momentos de produção, dos momentos de consumo e reutilização e do momento de descarte.

Várias precauções devem existir neste caminho, o descarte, no entanto, se for mal realizado, interfere na qualidade ambiental e conseqüentemente na qualidade de vida dos seres humanos, na medida em que se perderá o valor do produto e ter-se-á de recorrer a outras soluções para a poluição ambiental. Se o depósito for correto e o copo for entregue num Ecoponto Amarelo (Pinto, 2002), ele será transportado para uma central de triagem e **reciclagem**, se for incorretamente depositado, acabará a ocupar espaço num **terreno de depósito** de bioresíduos a poluir o ambiente (Rogers, Jalal, & Boyd, 2008).

A primeira solução fará parte de um **sistema económico circular**, onde o objeto ganha um segundo, terceiro ou quarto valor e a segunda solução faz parte de um **sistema económico linear**, onde o objeto apenas tem valor uma vez e todo o trabalho, energia e matérias se dão por perdidas. O **uso único dos materiais** é a falha do sistema, que se discutiu anteriormente, sobre o favorecimento da **economia circular**.

When plastics other than those found in soda and water bottles are recycled, they are mixed with diferente plastics to produce a hybrid of lower quality, which is then molded into something amorphous and cheap, such as a park bench or a speed bump.

(McDonough & Braungart, 2005, p. 56)

For exemple, when some plastics are melted and combined, the polymers in the plastic – the chains that make it strong and flexible – shorten. Since the material properties of this recycled plastic are altered (its elasticity, clarity, and tensile strength are diminished), chemical or mineral additives may be added to attain the desired performance quality. As a result, downcycled plastic may have more additives than “virgin” plastic.

(McDonough & Braungart, 2005, p. 58)

Sendo a reciclagem um processo de downcycling como referido anteriormente no ponto 2.1.1. c. sobre os 4R's e os 3E's, neste estudo preferir-se à a reutilização como processo, pois não empreende nenhum tipo de gasto energético, mas reatribui valor a um objeto banal.

Lost value and lost materials are not the only concerns. Downcycling can actually increase contamination of the biosphere.

(...) Downcycling has one more disadvantage. It can be more expensive for businesses, partly because it tries to force materials into more lifetimes than they were originally designed for, a complicated and messy conversion and one that itself expends energy and resources.

(McDonough & Braungart, 2005, pp. 57 - 59)

Esta solução não parece ser saudável, nem rentável, pelo que a reutilização será a solução para uma ACV do plástico circular.

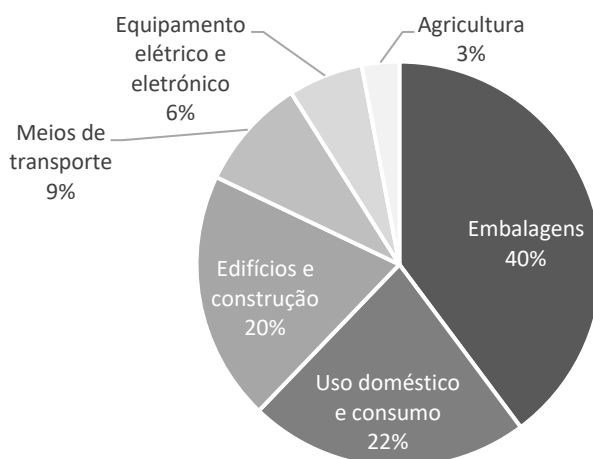


Gráfico 2 - representação percentual da distribuição de resíduos conforme o uso que têm no quotidiano (adaptado pelo autor a partir de APA (2019))

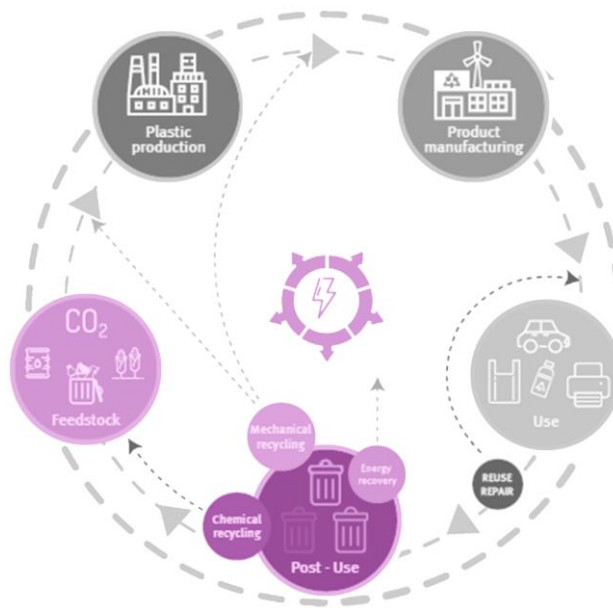


Figura 53 - Ciclo de vida do plástico (adaptado pelo autor a partir de (Open Editions, 2020))

Para que a reutilização seja propícia e que a reciclagem de determinados tipos de plástico se possa dar, são necessárias regras que apoiem o trabalho das centenas de pessoas responsáveis pela Gestão de Resíduos Urbanos. O plástico é assim controlado na sua recuperação pelos SGRU's, que se apoiam na Portaria 245/2017 de 2 de Agosto, que estabelece os critérios da atribuição do Fim do Estatuto de Resíduo (FER) ao plástico recuperado.

O Artigo 3.º apresenta os critérios que se aplicam ao FER de materiais plásticos, de entre os quais o processo que atribuição do final de estatuto de resíduo e quais os processos seguintes que o plástico deve seguir, é ainda de observar, que a finalidade do produto, nunca deve ser a incineração, o abandono e o uso para tratamentos agrícolas, entre outros .

O plástico recuperado beneficia do fim de estatuto de resíduo se, no momento da transferência do produtor para outro detentor, estiverem cumulativamente preenchidas as seguintes condições:

O material resultante da valorização por tratamento mecânico cumpra os **critérios de qualidade do plástico**; os resíduos utilizados como matéria-prima na operação de valorização por tratamento mecânico, **não devem ser biodegradáveis**, classificados como **perigosos, plásticos** termoendurecíveis ou **termorrígidos**, entre outros; os resíduos utilizados como matéria-prima na operação de valorização por tratamento mecânico sejam previamente **tratados, separados** por tipologia; o transporte da remessa, deve ser acompanhado de uma declaração de conformidade com a presente portaria, o plástico recuperado, **deve ser rotulado** de acordo com o estabelecido na legislação aplicável a produtos, deve incluir a descrição detalhada do processo de valorização dos resíduos de plásticos e, todos os anos, o produtor deve entregar o Relatório de dados FER dos produtos plásticos que geriu; **o plástico recuperado tenha como destino a indústria de produção de produtos que contêm plástico**; o material resultante da valorização por tratamento mecânico **não tenha como destino** as seguintes aplicações:

- i) **Combustão**, com ou sem recuperação energética;
- ii) Pirólise, plasmólise, gaseificação e tecnologias afins;
- iii) **Deposição em aterro** e outras operações de eliminação;
- iv) Utilização como tratamento do solo para benefício agrícola;
- v) Reprocessamento em materiais que possam ser utilizados como combustível;
- vi) Abandono.

*(Portaria n.º 245/2017, de 2 de Agosto, 2017)*

Os critérios supracitados, têm o bom senso comum como base, gerir os plásticos de uma maneira organizada e higiénica, respeitar a lei e a ordem dos transportes e comercialização, a utilização correta dos materiais disponíveis no futuro. **A gestão ambiental através do controle do fim de vida de um material, é uma das ferramentas utilizadas para reduzir a pegada ecológica.**

Em suma, os valores apresentados pelas diversas fontes mostram que ainda existem grandes quantidades de plásticos que são encaminhados para outros finais que não a reciclagem (Ecopontos) e, que existe a possibilidade de que representem uma mais-valia para a Economia Circular, assim como para o desenvolvimento sustentável em si.



*Figura 54 - divisão entre situações sociais e económicas opostas (Baker Institute, 2017)*

## III. Contextualização

3.1. Impacte do plástico no ambiente

3.2. Condicionantes sociais-económicas-culturais

3.2.1. Países desenvolvidos

3.2.3. Países em desenvolvimento

3.3. Reutilização de plástico em obras arquitetónicas

3.3.1. Paredes

3.3.2. Fundações e pavimentos

3.3.3. Coberturas

3.3.4. Vãos

3.3.5. Acabamentos

### 3.1. Impacte do plástico no ambiente

De forma a desenvolver uma relação entre os conceitos estudados, sobre o desenvolvimento sustentável, o plástico e os indicadores da arquitetura sustentável, realizar-se-á uma pesquisa sobre o impacte do plástico no meio ambiente, as condicionantes sociais, económicas e culturais que existem atualmente e a reutilização do plástico como solução a problemas ambientais, sociais, económicos e culturais.

A observação de imagens reveladas por canais de informação, como a British Broadcasting Corporation (BBC) (2019); National Geographic (2019); Oceans Cleanup (2019) e de dados oferecidos pela WWF (2020), comporta a informação necessária para avaliar os aspetos negativos da libertação de produtos em plástico no meio ambiente. Sem analisar o trabalho destes autores, não se percebe a realidade que o planeta enfrenta nem a necessidade de reavaliar a aplicação dos indicadores da arquitetura sustentável em toda a arquitetura do futuro.

*Quase todos os plásticos usados hoje em dia têm por base combustíveis fósseis. Por conseguinte, o seu fabrico contribui para o efeito de estufa, ao mesmo tempo que utiliza recursos insubstituíveis.*

*(Papanek, 1995)*

Esta realidade sobre o fabrico e uso dos plásticos é o ponto de partida para a resolução do problema. Os plásticos são origem de muitos produtos do dia-a-dia, que simplesmente são nocivos para o meio ambiente e consequentemente para a vida.

O plástico é suposto ser menos poluente, porque utiliza menos energia, recursos e água na sua produção, tem a capacidade de ser reciclado e pode ter ciclos de vida muito extensos quando mantido da forma correta. Também é suposto ser diretamente encaminhado por SGRU's para centrais de depósito, triagem e tratamento e, assim, nunca interromper os sistemas de desenvolvimento naturais.

No entanto, o que acontece em lugares onde as pessoas não se preocupam com os resíduos que produzem, os SGRU's não existem ou são incapazes de gerir corretamente os resíduos produzidos pela população, é a poluição em massa do meio ambiente.

Revistas e programas televisivos como a *National Geographic* e a *BBC* (2019) mostram como o planeta é afetado pela presença de plásticos no meio ambiente. Lugares como o Rio Yamuna e o Ganges na Índia, o Rio Citarum na Indonésia e a mais recente Ilha de Plástico no Pacífico, as lixeiras a céu aberto no México, Angola, Gana, China, Malásia, são retratados através de fotografias e vídeos, onde se pode observar a decadência de habitats naturais.



*Figura 55 - Lixeira dentro de edifício que contém diversos utensílios do quotidiano em vários tipos de plástico (National Geographic, 2019)*

A imagem acima não mostra o poder do plástico no meio ambiente, uma vez que o expõe contido no interior de uma nave industrial, pode-se ver sim, uma pessoa a vasculhar por entre a pilha de resíduos e a separação incorreta de diferentes tipos de plástico, alguns recicláveis, outros não. Num lugar como este a contaminação é muito elevada e, leva a imaginar os lugares onde os resíduos poderiam ir parar no caso de um desastre natural.

Por isso é importante compreender qual destes tipos de plástico apresentados anteriormente é o menos nocivo para o meio ambiente.

O ambiente poluído substitui o desenvolvimento natural, a libertação de gases nocivos e a atrofia de sistemas aquáticos são exemplos básicos dos problemas que o depósito incorreto de resíduos urbanos podem originar.

*A poluição através do plástico é cada vez mais entendida como uma crise global genuína por causa da sua dispersão e persistência no ambiente por todo o planeta e pelo impacto destrutivo que pode ter nos ecossistemas marinhos – e até potencialmente na saúde humana.*

*(ISWA, 2019)*

Se não mudarmos a forma como produzimos e usamos os plásticos, haverá mais plásticos do que peixes nos nossos oceanos até 2050. Temos de impedir que os plásticos entrem na nossa água, na nossa comida e até os nossos corpos.

*Frans Timmermans responsável pela área do desenvolvimento sustentável da Comissão Europeia*

A atual fatura da humanidade com o meio ambiente é a da poluição dos meios aquáticos, o já referido rio Yamuna, e a grande Ilha de plástico do Pacífico, são exemplos constantemente referidos pelos canais de informação públicos. Ter noção do perigo que o plástico provoca ao meio ambiente e às espécies que dele dependem, serve para a consciencialização sobre o problema.

Segundo Plastval (2008), os plásticos podem-se classificar segundo a sua densidade e mostram através de uma imagem o comportamento dos diferentes tipos no meio aquático (a água é a molécula que mais se aproxima a uma densidade igual a 1 g/cm<sup>3</sup>, então é a que se usa como valor de referência). Este estudo apresentado na *Figura 56*, permite saber que o PP, PEB e o PEAD têm a capacidade de flutuar e o PS, PVC e PET circulam na epiderme da camada aquática ou acabam por afundar no leito. É uma forma prática de saber que tipo de plástico se encontrará, ou se deve procurar, no fundo aquático.

No entanto, é comum encontrar uma garrafa de plástico PET a circular nas águas de um rio, sendo possível encontrá-la à superfície.

Tipo de Plástico	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
PP	0.85 – 0.92
PEBD	0.89 – 0.93
PEAD	0.94 – 0.98
Linha de água	
PS	1.04 – 1.08
PVC	1.38 – 1.41
PET	1.8 – 2.3

Figura 56 - Comparação da densidade de diversos tipos de plástico (Plastval, 2008)

Pela classificação anterior verificada no ponto a. sobre a produção e tipos de plástico do ponto anterior deste capítulo, os termofixos seriam plásticos a eliminar da lista, uma vez que não são recuperáveis depois do seu descarte; os termoplásticos seriam os menos nocivos nesse aspeto. Mas a escolha não se pode definir somente através desta categoria, estudos científicos levados a cabo por ONG's como a GreenPeace e por canais de informação como a BBC e National Geographic, assim como por agências como a Organização Mundial de Saúde (OMS), a contaminação produzida na formação e no uso de certos termoplásticos é muito elevada, assim alguns países proibem o seu uso. O PVC é um destes Termoplásticos.

O chumbo, o mercúrio, o crómio, o cádmio, o berílio e o vanádio são todos eles cancerígenos e neurotóxicos. São frequentemente usados na composição das tintas de impressão nas embalagens, e causam uma grave ameaça quando, vindos de aterros sanitários, passam para o abastecimento de água. (...) existem outras matérias que são extremamente venenosas para os seres humanos e para o meio ambiente. Alguns países restringiram já o cloreto de polivinilo (PVC) pois, a menos que seja queimado em fornos especiais, liberta dioxinas e ácidos hidroclorídricos na atmosfera. Apurou-se também que o fabrico de PVC se encontra diretamente associado a cancros renais nos operários.

(Papanek, 1995, p. 40)

O impacte provocado ambientalmente pelo plástico, verificado neste capítulo, mostra que não só é prejudicial à saúde humana, como à vida de ecossistemas complexos. Desta forma, o problema deve ser resolvido com novas soluções, de entre as quais, as observadas anteriormente no estudo sobre os 4R's.

Favorecer a redução do consumo de produtos em plástico, instruir a população sobre os seus perigos, como acontece com as campanhas de verão contra a propagação de insetos, reutilizar produtos em plástico de forma a evitar o seu descarte precoce, encaminhar os resíduos para SGRU's adequados e aplicar formas eficazes de reciclagem dos plásticos são etapas básicas para conseguir erradicar o material do meio ambiente.

*Figura 57 - Poluição aquática em Makoko, Nigéria (Né, 2019)*



### 3.2. Condicionantes sociais-económicas-culturais

O estudo da relação entre espaço, cultura, necessidades, exclusão/favorecimento social e valores económicos, permite que se realize uma análise do desenvolvimento da arquitetura realizada com plásticos, desde as estruturas desenvolvidas nos anos 50 do século passado, até à atualidade, a arquitetura num contexto social industrialmente desenvolvido, tem experimentado com o plástico incansavelmente, permitindo inovações e desenvolvimento tecnológico, originando novos sistemas construtivos.

Apesar de tal desenvolvimento ser favorável em contextos economicamente e industrialmente desenvolvidos, em contextos de desfavorecimento social, a arquitetura depende de sistemas repetitivos (muito semelhantes aos tradicionais) aprendidos de geração em geração e da adaptação do ser humano a novos materiais. Numa cidade de grande escala, como será analisada Lagos, na Nigéria ou Nova Deli na Índia, as condições de vida são de fato precárias, como mostram autores como Nlé (2018) e National Geographic (2019) e a construção de abrigos e estruturas viárias depende da apropriação de materiais disponíveis no meio ambiente.

Desta forma, consegue-se compreender como a reutilização de materiais e objetos plásticos do quotidiano é imperativa como meio de gestão de resíduos produzidos. Embora esta investigação se centre no estudo do plástico, outros materiais devem ser considerados para a reutilização.

A contextualização de lugares que sofrem diariamente com as desvantagens do plástico, de obras de arquitetura que apresentem sistemas de construção inovadores e favorecedores do ambiente, economia e sociedade, permite que se obtenham respostas claras para a análise posterior dos estudos de caso.

O ano 2000 marcou o momento em que pela primeira vez na história da humanidade a população urbana superou a rural. Dos 6,2 milhões de habitantes do planeta, a grande maioria vive nos centros urbanos. Esse fenómeno não só intensifica os problemas urbanos, como a poluição, falta de espaço, densificação populacional e pressão sobre os recursos, mas também gera expectativas sobre uma melhoria do nível de vida.

*(Edwards, 2005, p. 9)*

Ambientes poluídos estão geralmente associados a ambientes onde a exclusão social, a decadência económica e a má gestão política são os fatores categóricos. Onde não existe um programa político de gestão de resíduos, existe a falta de infraestruturas básicas de saneamento, tratamento de águas e, a pobreza é dominante, as lixeiras são a paisagem mais comum e parecem não afetar a vida daqueles que nelas habitam (Hogan, Marandola, & Ojima, 2010).

Em oposto, os países desenvolvidos são aqueles que menores índices de poluição ambiental apresentam, apesar de em certos lugares, geralmente periféricos às grandes cidades, a poluição é visível em menor escala. As pequenas slums desenvolvidas em torno na exclusão social, seja por diferenças étnicas, económicas ou políticas, são o retrato da sociedade pobre que reutiliza materiais que outros desperdiçam.

O provérbio inglês “o lixo de um homem é o tesouro de outro”, embora seja uma representação de conhecimento popular, justifica bem aquilo que é a reutilização à escala global. Enquanto uns desperdiçam, outros vêm valor e têm capacidade para encontrar novos usos para produtos descartados.

Produtos considerados obsoletos por uma sociedade privilegiada a nível industrial, social, tecnológico, económico e político – desenvolvida com bases capitalistas e consumistas –, são na maioria das vezes depositados em países de desenvolvimento baixo ou nulo. É, portanto, nestes contextos que surgem as necessidades e, estas levam à geração da criatividade que resolve inúmeros problemas.

A arquitetura destes lugares é o retrato de uma sociedade que não se importa com o seu semelhante, mais, é o retrato de uma sociedade que mostra que se importa porque deposita o seu lixo para que os mais desfavorecidos o aproveitem de alguma forma.

Cidades como Lagos na Nigéria, Rio de Janeiro no Brasil, Buenos Aires na Argentina têm grandes favelas, Makoko, Rocinha e Villa 31 respetivamente, onde centenas de milhares de pessoas vivem em incógnito e as suas residências são construídas com restos de obras e materiais que encontram em grandes lixeiras.

Quanto mais a espécie humana se urbaniza, mais consome, desperdiça e polui.

*(Edwards, 2005)*

Ross Langdon, arquiteto australiano, mostra com os seus projetos o que pode ser um resultado positivo do aproveitamento de resíduos de construção, a sua arquitetura é chamada de arquitetura camaleão, porque se difunde na paisagem e na cultura consumista residual contemporânea (Langdon, 2012).

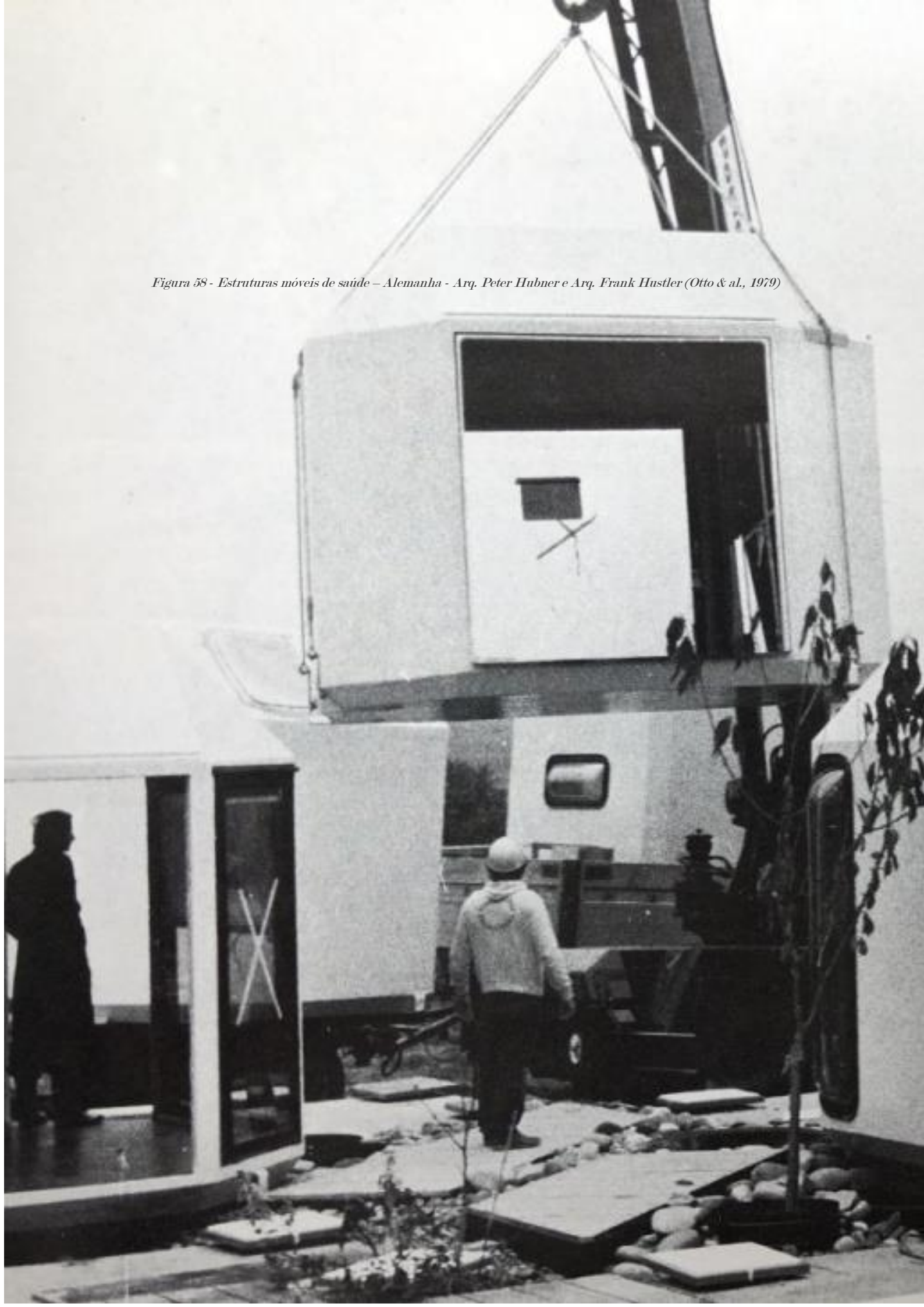
O contexto social, económico e cultural é assim importante, na medida em que, apenas quando existe a necessidade de melhorar espaços poluídos e ajudar populações em carência de recursos, é que surgem soluções plausíveis. A reutilização é um conceito inventado por pessoas em situações precárias e que começa a ter repercussão na vida dos mais favorecidos. Enquanto uns passaram a vida a procurar recursos onde eles nem sempre existiam, outros foram responsáveis pela destruição e consumo de ambientes funcionais.

Um exemplo de apropriação de ideias é o projeto que o arquiteto japonês Tadao Ando insere em Nova Iorque, num restaurante de luxo, uma parede feita com garrafas de plástico é o hit do momento. A consciência ambiental (por vezes camuflada como moda) ganha terreno a cada passo que se dá em países subdesenvolvidos e os mais desenvolvidos acham as soluções interessantes.

Esta situação leva a que se possa dar um desenvolvimento sustentável, na medida em que situações de poluição ambiental são corrigidas, mas pode piorar a situação económica e social em diversas partes do planeta, uma vez que pode gerar uma especulação nos preços de determinados objetos – banais- do quotidiano simplesmente porque os arquitetos os tornam em modas da construção.

As diferenças geográficas, contextos urbanos, sociais, económicos e tecnológicos são fatores de grande importância neste estudo e tornam-se parte da análise sobre as dimensões ambientais e sociais da sustentabilidade.

*Figura 58 - Estruturas móveis de saúde – Alemanha - Arq. Peter Hubner e Arq. Frank Hustler (Otto & al., 1979)*



### 3.2.1. Países desenvolvidos

A inovação chega aos países hoje classificados como desenvolvidos através de uma indústria potente e bem estabelecida, com base no trabalho árduo de milhares de produtores fabris. Com a evolução constante de novas tecnologias, a arquitetura e a engenharia encontram novas oportunidades de materializar e formalizar os projetos utópicos que se encontravam em papel.

Os novos conhecimentos de medicina também ofereceram aos arquitetos uma nova visão comparativa entre o corpo humano, composto por complexos sistemas de órgãos e ramificações e, o edifício, composto por diferentes espaços com diferentes funções vitais. Um exemplo dos primeiros edifícios contruídos a pensar em funções separadas, mas unidas, é a *Wichita House*, de Buckminster Fuller (Liéo, 1998), construída em 1945, totalmente fabricada a partir de alumínio e aço inoxidável, posteriormente, foi concebida em plástico e até em cartão prensado, mostrando ao mundo científico que as possibilidades da arquitetura se podem ampliar.

Apesar de grandes evoluções terem acontecido nos anos 50 e 60, os anos 70 são os mais conhecidos pelo uso de plásticos na procura de estruturas inovadoras e no estudo de fluxos e correntes térmicas na arquitetura (Otto & al., 1979) e desde então a evolução tecnocientífica tem permitido aos arquitetos inovar em estruturas, camadas protetoras e em aspetos estéticos que permitem novos edifícios e cada vez mais chamativos. A novidade chega através das grandes estruturas pneumáticas inspiradas nas tendas dos circos e dos feirantes.

Em 1974, Peter Hübner e Frank Huster desenham uma série de unidades móveis cujo material protetor é uma camada de pó de resina epóxi e, em 1975 Kolb Klöss e sócios desenham uma estrutura leve com uma tela conhecida por Diolen, composta por algodão e coberta com uma camada de PVC para cobrir uma rua em Marl, Alemanha (Ponti, 1975).

O início do pós-modernismo marca-se pela inovação e pela aplicação prática de estruturas leves e com novas propriedades espaciais (Otto & al., 1979).

O desenvolvimento continuado de novas tecnologias permitiu aos designers, arquitetos e engenheiros desenvolver estruturas às quais se passou a chamar New Tech, High Tech, casas domóticas, etc. (Liéo, 1998), Jean Nouvel é um dos arquitetos responsáveis por impulsionar a arquitetura transparente e funcionalmente semelhante a uma máquina que satisfaz as necessidades dos tempos e do homem.

Em obras contemporâneas como o Centro de Congressos e Auditório de Plasencia e o Pavilhão Martel em Cognac de Selgas Cano, o Water Cube em Pequim de PTW Architects, o SSE Hydro em Glasgow de Norman Foster e, a Villa Dall'Ava de Rem Koolhaas (Archdaily, 2019), o plástico é uma peça importante na conceção dos edifícios, os materiais mais procurados são o EFTE (etileno tetrafluoroetileno) e os painéis de policarbonato (PE) que substituem o vidro pelas suas capacidades de absorção e retenção de calor, pela leveza e pela aparência, são materiais que se adaptam facilmente aos desejos dos arquitetos e permitem novos jogos metamórficos.



*Figura 59 - Pavilhão dos Arquitetos Selgas Cano em Bruxelas (2018)*

Nestes exemplos nota-se que o plástico é concebido propositadamente para uma arquitetura específica que é desenhada para surpreender os usuários. Pode-se observar que existe uma aplicação com rigor científico e que a arquitetura destes edifícios é complexa, em todos os níveis.

Apesar de se verificarem aplicações muito avançadas em relação a contextos de países em desenvolvimento, os edifícios da arquitetura desenvolvida, nem sempre respeitam as necessidades do meio ambiente nem as necessidades económicas dos países em que se encontram. A aplicação deste material em grande escala oferece espaços com qualidades únicas e de aparência futurista, mas que têm um grande custo ambiental associado. Em Portugal, não se verificam aplicações do material em grande escala, a não ser em estufas de produção agrícola, coberturas temporárias.

Nas figuras seguintes, mostram-se diversas obras relevantes para o campo da arquitetura em plástico. Estas obras, justificam tempos de inovação científica e tecnológica, justificam investigações complexas sobre os recursos energéticos e essencialmente sobre térmica. É através de obras como as apresentadas, desde os anos 50 à atualidade, que os arquitetos se apercebem das vantagens de recorrer ao plástico como material de construção, mas também é através delas que se avistam as desvantagens.

Construir com plástico oferece ao arquiteto a oportunidade de criar espaços com transparências, texturas, formas e cores diferentes, permite garantir eficiência energética no interior do edifício e permite que o arquiteto leve ao máximo os seus níveis de criatividade.

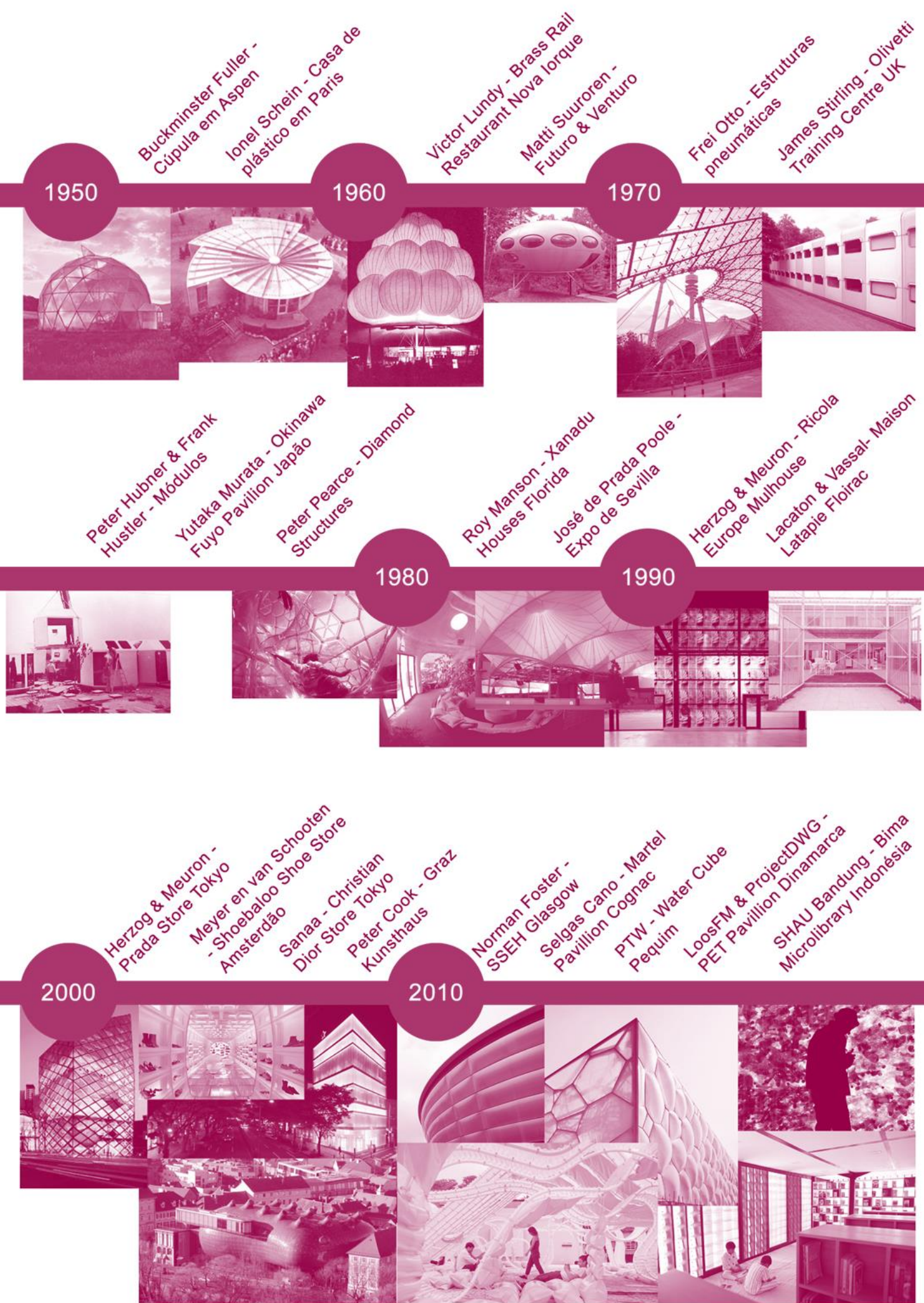


Figura 60 - Linha do tempo de arquitetura que utiliza materiais plásticos (do autor)

### 3.2.2. Países em desenvolvimento

As history shows, acute resource shortages have consistently been a factor in inciting, sustaining, and prolonging social unrest. As recently as 2010, the worst drought in a century impacted food producers and exporters such as China, Russia, Australia, and Canada; subsequent price increases played a role in triggering and spreading the Arab Spring. In the past 20 years, at least 18 civil wars have been fought over natural resources such as diamonds, timber, and cocoa. Resource conflicts, like the fight for diamond mines in Sierra Leone, have been responsible for derailing peace agreements in regions with fragile governance.

*Lacy & Rutqvist (2015, pp. 12 - 13)*

Este ponto das condicionantes sociais-económicas-culturais mostra em que aspetos deve incidir a arquitetura para melhor gerir os resíduos plásticos, sendo que uma das questões levantadas nesta investigação é a da falta de recursos e espaços salubres para a crescente população mundial.

A Terra é uma, mas o mundo não é. Todos nós dependemos de uma biosfera para sustentar as nossas vidas. Mas cada comunidade, cada país, luta pela sobrevivência e prosperidade com pouca consideração do seu impacte nos outros. Alguns consomem os recursos da Terra a uma velocidade que deixaria pouco para as gerações futuras. Outros, muitos outros em número, consomem muito pouco e vivem na prospeção da fome, miséria, doença e morte abaixo da média.

*World Commission on Environment and Development (1987, p. 27)*

O Rio Yamuna na Índia, é segundo a National Geographic (2020), o rio mais poluído do mundo. Este rio transporta as águas desperdiçadas e contaminadas de Nova Deli até ao Rio Ganges (o rio mais importante da Índia), trata-se dos resíduos descartados por 21 milhões de pessoas a viver na mesma cidade.

Esta situação repete-se em muitos outros rios do mundo, mas este caso é o pior. A poluição provocada pela falta de serviços e infraestruturas de GRSU, leva à atrofia de um ecossistema vital para milhões de pessoas e outras espécies. Em imagens captadas pela National Geographic (2020), as margens do rio estão completamente invadidas por objetos do quotidiano, descartados, sem uso e em más condições, tornando praticamente impossível a sua reutilização e recuperação.

Latas, garrafas de plástico e vidro, tábuas de madeira, ferros, papéis, pontas de cigarros, sacos e cuvetes, são os objetos mais populares nas margens dos rios e oceanos, inibindo os ciclos naturais e impedindo o desenvolvimento da vida. Por este motivo, a poluição em geral é considerada um tema da mais elevada importância em alguns países e, é um motivo para se entrar em atividade.

Terra é um prémio em e ao redor de Lagos, o que há muito foi uma pequena aldeia pescadora é agora um esgoto a céu aberto com uma favela sobre palafitas, para onde os mais pobres dos pobres foram empurrados desde terra.

*Chris Osburn citado em Né (2019)*

O mesmo acontece em espaços de exclusão social dentro de países denominados de desenvolvidos, onde a habitação é conseguida através de regras básicas de sobrevivência, conseguir terreno para construir, conseguir materiais e ter capacidade para construir – o que implica algum conhecimento, mesmo que seja erudito.

Em países em desenvolvimento, a população, por vezes, é limitada a viver em condições precárias, sem redes de saneamento, sem estações de coleta de resíduos, sem hospitais, sem sequer acesso a água potável. Nestes lugares, a luta pela sobrevivência ultrapassa os limites do planeta, por uma má gestão económica, ambiental e social.

A cultura é outro ponto que deve ser debatido com precaução, pois em países em desenvolvimento, também a educação da população se encontra em evolução. Sem mudar hábitos culturais, não se atingem os valores positivos de ambientes salubres. Assim a aplicação do plástico na vida de milhões de pessoas resolve diversos problemas, de entre os quais a sobrevivência.

Em **1991**, Mohan Munasinghe e Ernst Lutz do Banco Mundial, definem que “desenvolvimento sustentável é uma abordagem que permitirá a continuidade de melhorias na qualidade de vida com uma menor intensidade no uso de recursos, deixando assim para trás ou até melhorar, um stock de recursos naturais e outros produtos para as gerações futuras”, esta citação não é mais do que a máxima de Brundtland, mas no momento ganhou sentido para os bancos que apoiam países em desenvolvimento, fomentando a discussão sobre **apoio social** (Rogers, Jalal, & Boyd, 2008) e fortalecendo que existem países onde a pobreza é tão alta, que apenas a sobrevivência importa e as questões ambientais são postas em segundo plano.

Viver simplesmente pode depender de poder ter acesso a um balde para transportar água. Dependemos da água para sobreviver e de um utensílio para a transportar. Se não se comprar este objeto, facilmente se encontra uma garrafa de plástico em boas condições, ou uma embalagem de gelado ou detergente. São objetos que no quotidiano de quem tem posses económicas, não fazem sentido guardar e acabam no meio ambiente.

Quando as condições de criação de espaços são desfavoráveis, os construtores, obrigados a procurar soluções inconvencionais. Pode-se observar em várias localidades que existe construção sem rigor científico, apenas um conhecimento empírico de como se pode construir.

A *figura 61*, mostra como se dá a divisão entre mundos desenvolvidos, perfeitos, alinhados, asseados e controlados e, mundos insalubres, sem água, esgotos e eletricidade. A cultura da seletividade por um lado e pelo outro a cultura da sobrevivência. A figura é poderosa, porque mostra a capacidade de civis construírem as suas habitações e o cuidado de arquitetos em tapar as suas casas. Nunca se quer ver um lugar sujo, desordenado e caótico, onde um simples pneu pode contribuir para a criação de mosquitos e para a propagação de doenças como a *Dengue*.

O sofrimento causado pela falta de recursos, naturais, sociais, económicos e culturais, leva a que as pessoas tenham de recorrer a produtos desperdiçados, e assim criar uma arquitetura originada pela **apropriação**.

A apropriação de recursos é assim a solução que as pessoas com dificuldades económicas e de inserção social encontram no seu dia-a-dia, influenciando nos espaços habitacionais que desenvolvem. Aqui nota-se uma clara diferença entre o apetite voraz dos arquitetos por desenvolver edifícios criativos e inspirados nas formas sensuais da natureza, assim como nas peculiaridades da tecnologia que acompanha o desenvolvimento da humanidade.

As linhas do tempo que se apresentam, uma para países desenvolvidos e outras para países em desenvolvimento são, de fato, dispares e, a sua comparação leva a que se compreenda como se deu a distribuição e o consumo de recursos ao longo da história, deixando uma grande parte da população em situações desfavoráveis.

Por muito longa que seja a história da arquitetura que utiliza plástico na sua materialização em países – supostamente – desenvolvidos, e muito curta que seja a história da aplicação de plástico em países subdesenvolvidos, o presente é que dita o futuro e, a visualização de um planeta equilibrado em todas as suas dimensões físicas e transcendentais, deixa de ser utópica e torna-se realidade com a aplicação correta de conhecimentos por parte dos arquitetos.

Este ponto do capítulo mostra como a contextualização em diferentes situações sociais, económicas e culturais, influencia na forma de pensar da população e na necessidade de agir por parte dos arquitetos, como pede Papanek desde 1998.

*Figura 61 - Makoko na Nigéria (Daily Sabah, 2018)*



### 3.3. Reutilização de plástico em obras arquitetónicas

While many designers are focusing on passive and active energy systems, the reuse of recycled materials is beginning to stand out as an innovative, highly effective, and artistic expression of sustainable design. Reusing materials from existing on site and nearby site elements such as trees, structures, and paving is becoming a trend in the built environment, however more unorthodox materials such as soda cans and tires are being discovered as recyclable building materials.

*Michael Reynolds citado em Bastos, 2009*

Para o estudo que se realiza sobre a materialização de obras arquitetónicas através da reutilização de plástico, serão analisadas de forma breve 17 obras, desenhadas por arquitetos e artistas, de forma a compreender como a formação de espaços habitáveis e/ou transitáveis pode variar conforme o material a que se recorre.

A procura de obras arquitetónicas e artísticas que reutilizem plástico foi, de certa forma, complexa, na medida em que obras com esta característica como base são muito recentes ou não são reconhecidas nos campos científicos contemporâneos. Como observado ao longo desta investigação, o plástico tem a possibilidade de oferecer ao arquiteto criatividade e, os projetos que se apresentam na figura seguinte são exemplos disso.

No total foram encontradas informações relativamente a dezenas de projetos e obras que reutilizam plástico, sendo a investigação da contextualização, praticamente descritivas, 20 projetos, tanto artísticos como arquitetónicos, tornar-se-ão exemplos, não limitativos, mas sim parte de uma comunidade credenciada por instituições de educação.

O estudo divide-se conforme o objeto que se pretende estudar, mostrando como se podem aplicar sob diversos sistemas construtivos, apesar de ser relevante compreender as diferentes soluções, não se mostra totalmente necessário o estudo exaustivo de cada objeto reutilizável, uma vez que tornaria a investigação demasiadamente extensa e genérica, ao invés, pretende-se mostrar como em algumas situações, a reutilização de objetos em plástico, tem a capacidade de facilitar espaços interessantes e/ou funcionais.

Entre os casos de referência encontram-se:

- ◆ **Makoko Floating School I (MFS I), Nigéria**
- ◆ **Great Crate, Austrália**
- ◆ **Bima Microlibrary, Indonésia**
- ◆ **Earthship, New México, E.U.A.**
- ◆ **Log Houses, Japão**
- ◆ **Open Air Library, Alemanha**
- ◆ **Pavilhão temporário, Filipinas**
- ◆ **Museu de arte contemporânea, Coreia do Sul**
- ◆ **Bonheur Provisoire, Bélgica**



Vãos, coberturas, proteções solares, revestimentos e acabamentos são exemplos de partes de um edifício que podem ser constituídas em plástico, mas habitualmente estas partes são produzidas para sistemas construtivos específicos (Thomson, 2013), não para outras indústrias. Tendo em conta os valores muito elevados de descarte de plástico e a poluição que este provoca nos vários sistemas ecológicos, justifica-se que a reutilização deste material seja necessária para descontaminação e para a sobrevivência de ecossistemas.

Um bom exemplar da arquitetura contemporânea, para poder realizar um cálculo de plástico utilizado num edifício, é o projeto MFS do Studio Nlé. Este projeto baseia-se na aplicação de um sistema de bidons de plástico (de **15 kg cada**), que possibilita ao edifício flutuar, resolvendo problemas de inundações provocadas pela **subida dos níveis da água do mar**.



*Figura 63 - MFS III, projeto Makoko Floating School do studio Nlé, na China (World Architecture, 2018)*

Outro exemplo merecedor de todos os créditos, é um conjunto habitacional temporário no Japão, pelo arquiteto Shigeru Ban. Onde se utilizam grades de transporte de bebidas para formalizar as fundações dos edifícios. O projeto é conhecido por Log Houses, foram concebidas em cartão e, eram abrigos temporários pós-catástrofe em Kobe. Este projeto envolveu toda a comunidade desalojada na busca por materiais que tornassem possível a construção de abrigos. Nessa procura surgiram objetos de outras indústrias, como tubos de cartão, telas e grades de bebidas.



*Figura 64 - Casas temporárias em cartão, bambu, caixas de plástico e telas (Shigeru Ban, 1995)*

O arquiteto teve a audácia de compreender a arquitetura tradicional, os espaços que se desenvolvem na habitação japonesa, a relação com o espaço natural, a demanda urgente de materiais para construção de abrigos e a temporalidade da arquitetura que estava a desenvolver. Este projeto recebe o albardão por reutilizar materiais de diversas fontes, de entre eles, as grades de bebidas, que oferecem estabilidade estrutural ao sistema construtivo.

Michael Reynolds, um arquiteto estado-unidense, é reconhecido a nível mundial pelas suas escolhas de materialidade inconventionais. Pneus usados, latas metálicas, garrafas de vidro e de plástico, entre outros, são recursos que o arquiteto consegue de doações, ou reclama do meio ambiente, conquistando materialização dos seus edifícios, os problemas de poluição e a escassez de recursos.

Conhecido como o Garbage Warrior, Reynolds (1999), lutou durante anos para conseguir garantir a qualidade estrutural que as instituições de regulamentação de edifícios aceitassem os seus métodos irreverentes. Construir com materiais fora do comum pode resultar numa disputa social e económica por produtos dedicados à construção e, quando edifícios como os que são aqui identificados surgem, a novidade é posta em causa.



*Figura 65 - Construção de Earthship desenhada por Michael Reynolds (My San Antonio, 2018)*

As construções deste arquiteto, são conhecidas como Earthship (Nave de terra), pela sua aparência futurista e quase extraterrestre, mas que acaba por apelar a conceitos característicos dos lugares onde se inserem. O desenho bioclimático, a reutilização de pneus e outros produtos em muros de grande inércia térmica e contenção, a implementação de sistemas de captação de águas pluviais, captação de energia solar, etc., são ações que podem mudar o ambiente em que se insere a arquitetura, como revisto no ponto sobre os indicadores da arquitetura sustentável.

Uma obra de arquitetura que consiga cumprir todos os parâmetros pré-estabelecidos para a análise da sustentabilidade, é um projeto sustentável e que deve ser exemplo para muitos outros. Pode-se verificar, nas obras analisadas até este ponto que a reutilização do plástico se dá maioritariamente em obras de pequeno porte, como habitações e pequenos edifícios comunitários, apesar de tal ocorrência, como mostrado por Tadao Ando em Nova Iorque, sistemas construtivos de plástico reutilizável são possíveis, e a altura é concebível.

Assim levanta-se a questão sobre a vontade dos arquitetos em se unirem e batalharem na mesma direção que o meio ambiente, as indústrias e comércios locais, assim como com as instituições de caráter social e cultural que existam. Porque alguns arquitetos preferem reutilizar plástico e outros preferem encomendar peças em plástico, produzidas especialmente para um projeto? A procura por esta

resposta seria outro tema de investigação, assim a questão será colocada de outra forma. Quais são as características do plástico reutilizável que mais atraem os arquitetos?

O uso de certos materiais, pode oferecer vantagens arquitetónicas a um espaço, tais como o bom comportamento estrutural, a transparência, a leveza, a impermeabilidade, o isolamento térmico e acústico e a quantidade disponível. Tais características serão discutidas durante a análise dos multicasos apresentados neste trabalho.

*Tabela II - características globais do plástico utilizado (do autor)*

		Parâmetro comum	Autores (ano)
Qualidades lumíneas	Transparência	positiva/negativa	Observação indireta
	Padrão lumíneo	positiva/negativa	Observação indireta
Qualidades visuais	Cor	positiva/negativa	Observação indireta
	Textura	positiva/negativa	Observação indireta
	Padrão	positiva/negativa	Observação indireta
	Brilho	positiva/negativa	Observação indireta
Qualidades mecânicas	Tempo de vida	+ 500 anos	WWF (2020)
	Resistência mecânica (LTR)	N/m <sup>2</sup> ou Pascal	
	Peso	kg	
	Impermeabilidade	Positiva/negativa	Observação indireta
	Elasticidade	kgf/mm <sup>2</sup>	
Qualidades térmicas	Transmitância (U)	W/m <sup>2</sup> ·K	
	Inércia	Positiva/negativa	Observação indireta
	Retenção de calor	cal/g.°C	
	Isolante	(maior ou menor conforme o valor de U)	Observação direta
	Sombreamento	positiva/negativa	cada autor de projeto / Observação indireta
	Orientação solar	positiva/negativa	cada autor de projeto / Observação indireta
Qualidades acústicas	Rigidez do material	Positiva/negativa	Observação indireta
	Densidade em relação à água	g/m <sup>3</sup>	Plastval (2008)
	Textura	positiva/negativa	Observação indireta
	Densidade do sistema	positiva/negativa	Observação indireta
Capacidade de agregação	Formação de grandes áreas	positiva/negativa	Observação indireta
Valores socioeconómicos	Preço (Portugal)	€ / m <sup>2</sup>	Leroy Merlin (2020)
	Facilidade de acesso (fácil/difícil)	Alta/baixa	cada autor de projeto / Observação indireta
Valores socioculturais	Interferência na qualidade de vida dos habitantes	positiva/negativa	cada autor de projeto / Observação indireta

Esta seção do capítulo sobre a fundamentação teórica ir-se-á dividir em quatro apartados, que justificam o emprego de plástico nas diversas partes de um edifício, desde os elementos verticais de apoio ou separação, aos elementos mais pequenos como os vãos.

## *Bidons*

### *MFS I*

*Makoko, Lagos, Nigéria*  
*Nlé Studio*

*256 unidades*

*2013*

*Caráter permanente*  
*220 m<sup>2</sup>*

Como referido anteriormente esta obra arquitetónica é conhecida pela sua tentativa de melhorar o ambiente educativo, cultural, social e produtivo da região. O arquiteto consegue propor uma estrutura flutuante que carrega uma escola.

O arquiteto decidiu seguir as “regras” dos edifícios que os nativos constroem, conseguindo estabelecendo um edifício de grande porte num meio de exclusão social. A cobertura em painéis de plástico imita as construções domésticas, assim como a estrutura de madeira.



*Figura 66 - Escola Flutuante (Nlé, 2012)*

Esta estrutura é um estudo que se mostrou útil para o futuro da arquitetura das cidades afetadas pela subida dos níveis da água do mar e para lugares que são fortemente afetados por maus SGRU's.

## *Paletes*

### *Great Crate*

*Alexandria, Sydney, Austrália*  
*Art Studio Plus One*

*256 unidades*

*2012*

*Caráter temporário*  
*100 m<sup>2</sup>*

Conhecida como Great Crate, esta estrutura é na realidade uma obra de arte produzida pela equipa Plus One, conseguindo reutilizar paletes de plástico e preencher as lacunas com vegetação para consumo.

É uma obra que consegue apelar à necessidade de alimentos, à utilidade que os novos espaços urbanos podem conseguir e à apropriação de novos materiais por parte de designers, artistas, engenheiros e arquitetos.



*Figura 67 - Great Crate (Gonzalez, 2019)*

As características do plástico que se podem identificar para este volume, são a firmeza, a leveza e a durabilidade, talvez a cor ajude a provocar impacto visual positivo, mas as primeiras três qualidades seriam as mais concretas a avaliar.

## Baldes e outros

*Bima Microlibrary  
Bandung, Indonésia  
Shau Bandung*

*2000 unidades  
2013  
Caráter permanente  
220 m<sup>2</sup>*

Para este projeto, a equipa de arquitetura encontrou dois desafios, o problema com inundações, como as anteriores provocadas por tsunamis, a falta de espaços de reunião de crianças e a inexistência de um espaço de promoção cultural e educacional.

Além destes fatores estarem presentes, o desenho deste edifício responde a questões mais profundas, como a procura de materiais que não tivessem custos muito elevados e estivessem disponíveis em grandes quantidades.

Este projeto capta a necessidade de um espaço com uma iluminação suave e diáfana, que inspire a tranquilidade e o conforto durante a leitura. Portanto a leveza, impermeabilidade, volumetria e translucidez foram as características aproveitadas para este projeto.



*Figura 68 - Bima Microlibrary (Business Insider, 2016)*

## Pneus

*Earthship  
New México, E.U.A.  
Michael Reynolds*

*± 900 unidades  
2013  
Caráter permanente  
220 m<sup>2</sup>*

Já referido em diversas ocasiões deste trabalho, o arquiteto desta obra, escolhe materiais pouco convencionais desde a primeira fase dos seus projetos. Encoraja a população a recolher o máximo possível de objetos como pneus, latas e garrafas de vidro.

O seu sistema de pneus é conhecido por oferecer grande estabilidade aos edifícios e inércia térmica, assim as principais propriedades que o arquiteto pretende conseguir do plástico são cumpridas em determinados sistemas construtivos.

A beleza das estruturas que o arquiteto projeta não são discutíveis nesta investigação, apenas se observam as vantagens de utilização de plásticos que caso não fossem aplicados num sistema útil, estariam a contaminar o ambiente algures.



*Figura 69 - Earthship (Reynolds, 1990)*

*Log Houses*  
*Kobe, Japão*  
*Shigeru Ban*

*Aprox. 37 por habitação*  
*2009*  
*Caráter temporário*  
*488 m<sup>2</sup>*

Aquando de um desastre natural na cidade de Kobe, no Japão, o arquiteto Shigeru Ban surgiu com a ideia de fazer uso de objetos do quotidiano doados por empresas que os tinham disponíveis. Tubos de cartão, de grandes dimensões, grades de plástico e telas de campanhas publicitárias são reutilizados em toda a construção destes abrigos.



*Figura 70 - Log houses (Shigeru Ban, 1995)*

Apesar do seu caráter temporário pós-desastre, estas habitações serviram de refúgio a várias famílias durante anos.

A característica do plástico que melhor se aproveitou foi a sua resistência estrutural, seguida da impermeabilidade.

*Biblioteca*  
*Magdeburg, Alemanha*  
*KARO Architekten*

*± 1000 unidades*  
*2009*  
*Caráter permanente*  
*488 m<sup>2</sup>*

A procura por uma estrutura que promova a propagação da cultura, de novas ideias, de novos espaços, levou os arquitetos a escolher um programa funcional com a vida da comunidade local.



*Figura 71 - Protótipo de grades da biblioteca ((Melero, 2019))*

Para desenvolver uma construção que fosse responsável com a comunidade e facilitasse a relação entre consumidores e produtores, foi escolhida uma grade de transporte de bebidas como unidade de formalização das fachadas do edifício. O fato de se usarem as dimensões do bloco de plástico como unidade de medida, mostra que o projeto foi concebido em torno de preocupações, não só sociais e económicas, como ambientais.

Esta foi a primeira etapa da definição do projeto, que posteriormente foi construído com um modelo repetitivo em metal.

A leveza, a oportunidade de recuperar um objeto e a funcionalidade métrica, foram as qualidades mais procuradas nesta obra.

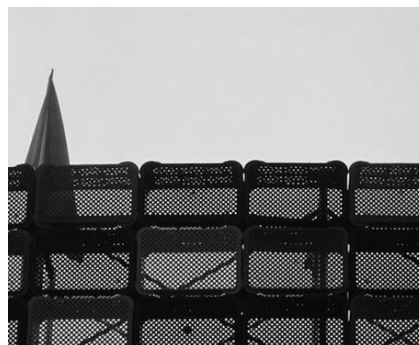
*Pavilhão de exposição  
Maila, Filipinas  
Íllac Díaz + Stephen Lamb*

*1600 unidades  
2013  
Caráter temporário  
200 m<sup>2</sup>*

Este projeto tem como objetivo a sensibilização da população para as capacidades da reutilização, da agricultura hidropónica e da possibilidade das estruturas leves.

Para conceber esta obra, o arquiteto consegue reutilizar uma grande quantidade de objetos plásticos e recorre a estruturas metálicas de apoio estrutural.

Com estes dados consegue-se perceber que os objetivos da equipa que forma este projeto tem, são claros e concisos. A leveza, a facilidade de acesso e a quantidade disponível deste recurso material e a translucidez do material mostraram-se adequadas ao caráter e à utilidade do edifício.



*Figura 72 - vista das grades ( (Lucas, 2020))*

*Museu de Arte Naju  
Coreia do sul  
Hyunje Joo + Baukunst*

*1500 unidades  
2017  
Caráter temporário*

A reutilização de plástico é para esta obra uma preocupação primária, em conjunto com a eminente demolição do edifício cuja fachada cobre.

A futura distribuição dos resíduos da fachada desenhada como obra de arte, é pensada antes de recorrer ao uso de 1500 unidades de caixas de plástico. Poder reutilizar as caixas, no futuro próximo de 2 anos é o objetivo da equipa encarregue do desenho e montagem da estrutura.

A leveza, a facilidade de acesso e a quantidade disponível deste recurso material, assim como a translucidez do material proporcionam aos artistas a facilidade de montagem/desmontagem do sistema e de transporte do material.



*Figura 73 - Museu de arte Coreia do Sul  
(designboom, 2017)*

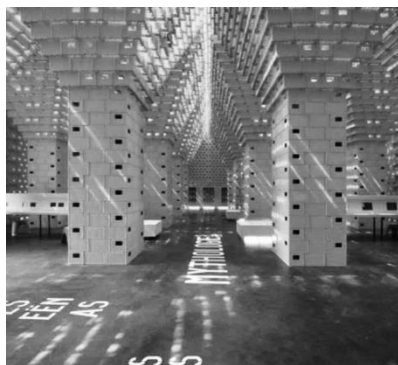
*Bohneur Provisoire  
Bruxelas, Bélgica  
SHSH*

*33 000 unidades  
2017  
Caráter temporário*

De forma a registar o 50º aniversário da Exposição Mundial de Bruxelas, o grupo de arquiteta SHSH desenvolveu uma estrutura em grades de cerveja amarelas.

A possibilidade da reutilização é real, mas desconhece-se se a origem das grades interferiu na economia como um aditivo ou a gestão de um ativo existente.

A capacidade de encaixe e a fácil adaptação a um sistema estrutural de apoio em abóbadas, são as principais causas da procura deste objeto em plástico em particular.



*Figura 74 - interior do pavilhão (SHSH, 2020)*

A cor das caixas oferece ao espaço uma iluminação quente e acolhedora, em adição com a altura do sistema, o espaço relembra uma catedral, que é como se conhece o pavilhão, a Catedral de grades.

#### *Garrafas e garrafões*

*PET Pavillion  
Enschede, Dinamarca  
Loos.Fm + DWGproject*

*40 000 unidades  
2014  
Caráter temporário  
227 m²*

Este projeto, estudado como caso particular, representa a arquitetura da reutilização, não só de materiais como do edifício em si.

A demolição desta estrutura é pensada durante a fase de concetualização do projeto, pois o edifício pretende viajar novos lugares.

A transparência, a cor, a leveza e a textura são muito estudadas nesta obra arquitetónica.



*Figura 75 - PET Pavillion (Loos.Fm, 2019)*

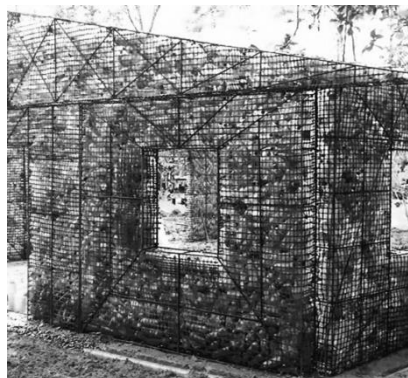
*Vila em plástico*  
*Bocas del Toro, Panamá*  
*Robert Bezeau*

*2014*  
*Caráter permanente*

A construção de uma vila em plástico, com vários edifícios, de diferentes volumetrias e dimensões, garantiu-se por Robert Bezeau, inspirado por obras que reutilizam plástico do quotidiano.

A estrutura consiste numa malha metálica que se encontra preenchida com garrafas de plástico. A propriedade que o plástico partilha com a arquitetura é a de servir de preenchimento e um pouco como isolamento térmico.

O resultado dos edifícios nem sempre reflete as melhores propriedades do plástico, mas consegue utilizar uma enorme quantidade de material. Prevê-se que a urbanização atingirá os 150 edifícios.



*Figura 76 - estrutura metálica das casas*  
*(Bezeau, 2020)*

*Casa del Té de María Fourcade*  
*Córdoba, Argentina*  
*3 Construcciones*

*27 000 unidades*  
*2015*  
*Caráter permanente*  
*60 m<sup>2</sup>*

A execução destes projetos consiste na formação de pequenas molduras de madeira, que se suportam sobre vigas e pilares de madeira. Estas molduras são preenchidas com garrafas de plástico previamente descartadas e aprovadas em triagem como produto com qualidade para reciclagem.

A empresa de construção recorre a um sistema simples, que procura materiais naturais e solucionar problemas de défice habitacional e ambientais.

As propriedades que se extraem do plástico são a leveza e a capacidade de retenção térmica, que se verifica pelo fato das garrafas estarem esmagadas.



*Figura 77 - interior da obra da casa del Té*  
*(De Masi, 2020)*

*Escritórios Danone*  
Japão  
Klein

2006  
Caráter permanente

Painéis translúcidos foram criados para desenvolver áreas diferentes para estar e reunir, num espaço que se encontrava totalmente aberto.

O sistema construtivo consiste na tensão de finos cabos metálicos, que atravessam garrafas de plástico, entre o pavimento e o teto. Apesar da ideia ser inovadora, não se sabe ao certo se as garrafas são de origem de SGRU's, ou doadas para o propósito, compradas a uma fábrica de garrafas, etc.

As propriedades que os arquitetos pretenderam extrair para melhorar o espaço arquitetónico, foram a leveza, a translucidez e a textura.



*Figura 78 - paredes interiores escritório Danone (Cahón, 2020)*

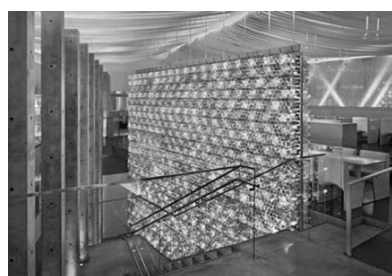
*Morimoto Restaurant*  
Nova Iorque, E.U.A.  
Tadao Ando

17 400 unidades  
2006  
Caráter permanente

Este projeto do célebre arquiteto japonês, Tadao Ando, consiste na construção de um elemento vertical divisório interior, com a capacidade de se iluminar durante a noite.

O sistema construtivo consiste no amarre de 17 400 garrafas de plástico PET a uma estrutura metálica e, a inserção de pequenas luzes LED no interior das garrafas.

O arquiteto pretendeu com esta obra introduzir um elemento reutilizado como ode aos momentos atuais sobre mudanças climáticas e a importância da redução do consumo de plásticos, atraído pela cor, textura e leveza do material.



*Figura 79 - parede interior do restaurante Morimoto (Green, 2019)*

*Head in the clouds*  
Nova Iorque, E.U.A.  
Studio KCA

53 780 unidades  
2013  
Caráter temporário

Surge como uma obra de arte com a intenção de consciencializar a população de Nova Iorque para os valores elevados de consumo e descarte de plásticos na cidade norte-americana.

A quantidade de objetos utilizada, corresponde, segundo o autor, à quantidade desperdiçada no espaço de tempo de uma hora, o que significa que no final de 1 dia, conseguir-se-iam construir 24 esculturas como a apresentada.

A leveza, a translucidez e a transparência são as características que o artista mais ressaltou nesta obra de arte.



*Figura 80 - vista exterior da escultura em plástico (Archdaily, 2019)*

*Maternidade de plantas*  
Soc Son, Vietnam  
1+1|2 International Architecture & JSC

2 000 unidades  
2013  
Caráter permanente  
6 m<sup>2</sup>

Este projeto surge como meio contribuinte para a educação da população local de Soc Son, onde se reutilizam garrafas de plástico para conseguir controlo térmico no interior da pequena estufa.

Este volume é concebido com a ajuda de sistemas tradicionais de madeira, aos quais se adicionam filas preenchidas com garrafas de plástico.

A leveza, a condutividade térmica e a translucidez são as propriedades que mais se extraíram para desenvolver este espaço atraente e funcional. Os membros da sociedade vietnamita participaram na construção e transporte desta obra, que serviu para propósitos de exposição e se encontra atualmente numa horta comunitária.



*Figura 81 - pequena estufa (Archdaily, 2019)*

*Escola*  
*San Pablo, Filipinas*  
*Íllac Díaz + My Shelter Foudation*

*2 000 unidades*  
*2010*  
*Caráter permanente*  
*125 m<sup>2</sup>*

A necessidade de escolas em países como as Filipinas, leva a que a procura de soluções económicas seja uma questão de sobrevivência.

Tal como a arquitetura que se desenvolve em muitos lugares em desenvolvimento, na comunidade de San Pablo procurou-se construir um edifício com uma estrutura funcional, económica e respeitosa com o ambiente.

O volume comporta diversas texturas, como as das garrafas de plástico PET e a do betão armado. Uma moldura em betão que se preenche com a ajuda de “tijolos” feitos a partir do enchimento das garrafas de plástico com massa.

O fato de a garrafa ser um contentor que se pode encerrar e das suas formas sinuosas, permite que o sistema de parede exterior funcione como um sistema de alvenaria de tijolo cerâmico. A transparência e a cor são outras características que se extraíram para conseguir maior qualidade espacial interior.



*Figura 82 - escola em garrafas PET*  
*(Naturaliza, 2020)*

### 3.3.1. Paredes

Os sistemas construtivos de paredes variam em materiais, formas, texturas e função, assim será importante referir que em paredes de divisão interior, de divisão com o exterior e de carga, a aplicação de plástico será diferente, na medida em que o peso do sistema varia por questões de cálculo térmico e estrutural.

Como exemplo de elementos verticais de divisão interior apresenta-se a já estudada parede desenhada pelo arquiteto japonês Tadao Ando, no restaurante Morimoto em NYC e, as paredes divisórias desenhadas pelo grupo Klein para os escritórios da Danone no Japão. Estes exemplos mostram como a reutilização de garrafas de plástico pode oferecer vantagens ao espaço arquitetónico, têm versatilidade na orientação e na montagem do sistema, uma vez que se podem tratar as garrafas para dar maior ou menor complexidade de texturas ao sistema construtivo.

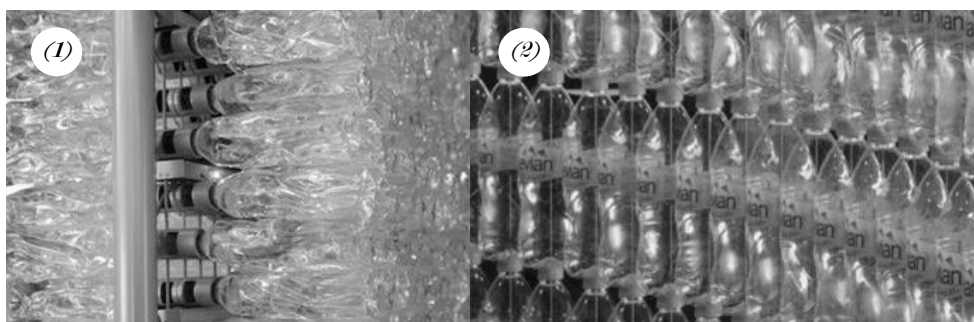


Figura 83 - sistema de parede interior com garrafas de plástico, Tadao Ando (1) (Front, 2006) e Studio Klein (2) (BuzzFeed, 2014)

Em paredes exteriores os sistemas tornam-se mais complexos, controlam a condutividade térmica com o exterior, tendo de se adaptar o sistema ao lugar onde se implanta o edifício. Estes tipos de sistemas verticais podem variar conforme o clima da região, mas na sua maioria são desenhados muros com grande inércia de forma a favorecer a retenção de calor no inverno, reduzindo gastos energéticos e a garantir espaços frescos no verão.

De forma a exemplificar o que se está a estudar, arquitetos como Loos.Fm & DWGProject, Shau Bandung e Karo Architekten, conseguem definir sistemas construtivos inovadores que reutilizam plástico, no entanto todos eles são diferentes dadas as possibilidades de cada tipo de plástico e do objeto em uso.

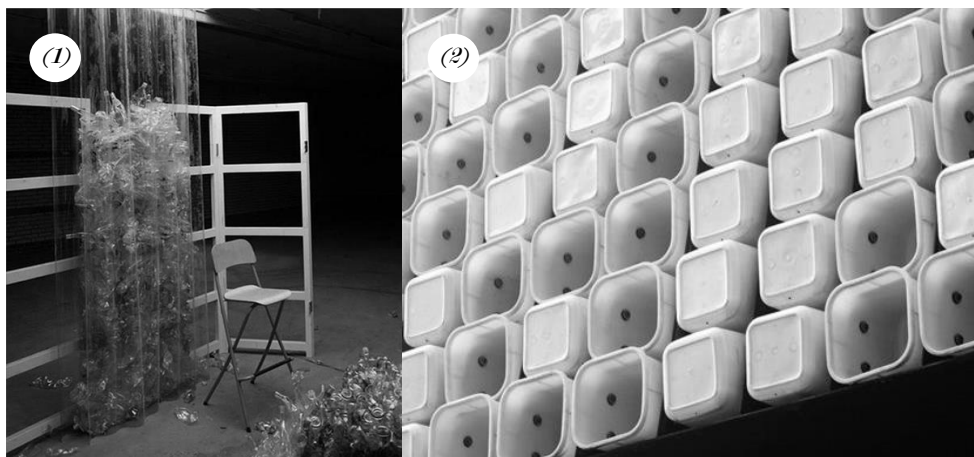
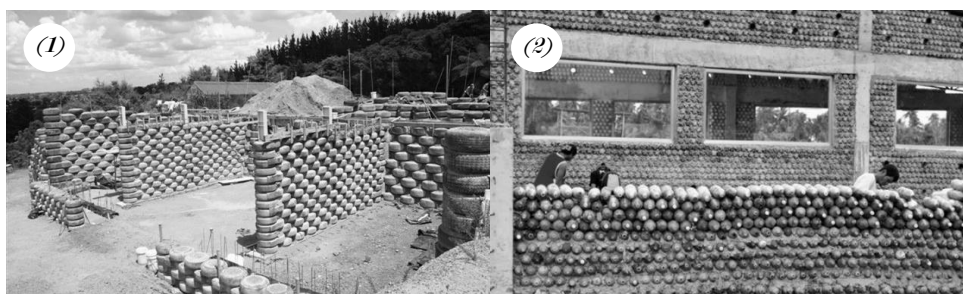


Figura 84 - sistemas construtivos com diferentes soluções de reutilização de plástico, por Loos.Fm (1) (project.DWG, 2020) e Shau Bandung (2) (Business Insider, 2016)

Os elementos de sustento de cargas são talvez os mais complexos, uma vez que são estes elementos que suportam cargas da cobertura e lajes de outros pisos e também são responsáveis por controlar a térmica do edifício. O arquiteto Michael Reynolds, consegue **ajudar a resolver o problema ambiental** relacionado com os aterros de pneus e solucionar muros de grande inércia térmica e contenção.

Os seus sistemas baseiam-se na sobreposição travada de pneus com um enchimento de terra batida e ligaduras metálicas, desta forma consegue muros de elevada resistência mecânica e térmica, favorecendo os espaços interiores. O empreendedor social Íllac Díaz, promove ações sociais para construir edifícios e soluções de iluminação com garrafas de plástico PET, segue um sistema que consiste em encher as garrafas de terra prensada, ou cimento e em dispô-las na horizontal intercaladas e envoltas em cimento, formando um muro estrutural como se as garrafas se tratassem de blocos tradicionais de cerâmica ou cimento.



*Figura 85 - soluções com diferentes tipos de objetos em plástico, pneus e garrafas PET, por Michael Reynolds (1) (CS Globe, 2014) e Íllac Díaz (2) (Inhabitat, 2010)*

### 3.3.1. Fundações e pavimentos

Neste apartado repetem-se objetos do quotidiano como os pneus e as grades de transporte de bebidas de polipropileno (PP), porque são dos poucos produtos em plástico com suficiente resistência física para aguentar as cargas de todas as partes que lhe sucedem num edifício.

Para garantir a estabilidade destes objetos e dos edifícios, preenchem-se com materiais inertes, como o betão e a areia. Infelizmente outros objetos do quotidiano não se podem aplicar em pavimentos, a menos que seja como acabamento, como é o caso das rolhas de garrafas PET.

Tenha-se em conta que os sistemas que se estão a avaliar têm como base casos de referência como uma habitação desenhada e construída por Michael Reynolds, de carácter permanente e, as Log houses de carácter temporário, desenhadas e construídas por Shigeru Ban. O carácter da obra implica que as estruturas sejam mais estáveis, duradouras e resistentes à intempérie, assim nota-se que as escolhas dos arquitetos nestes dois casos de referência são baseadas nos fatores do projeto de arquitetura.

Para resolver problemas como o contacto da estrutura dos pavimentos com a terra, arquitetos como Michael Reynolds e Shigeru Ban, concebem sistemas de fundações que garante a elevação dos pavimentos.

No caso de Reynolds, o pneu funciona como uma sapata linear e no caso de Ban a grade de plástico também, no entanto, ao se tratar de objetos diferentes, as soluções também são diferentes. Para o pneu é necessário um elo forte como o betão para garantir a adesão ao solo, no caso das grades, ao se tratar de um plástico rígido, a sua resistência à compressão é menor, então somente é necessária a força da gravidade de um saco cheio de areia.

Estes dois sistemas também apresentam diferenças na medida em que apenas podem suportar uma certa carga de materiais. O sistema estrutural com pneus aguenta cargas substanciais, podendo fazer parte de um sistema de carga vertical e, a grade, considera cargas menores como a da madeira e do cartão.

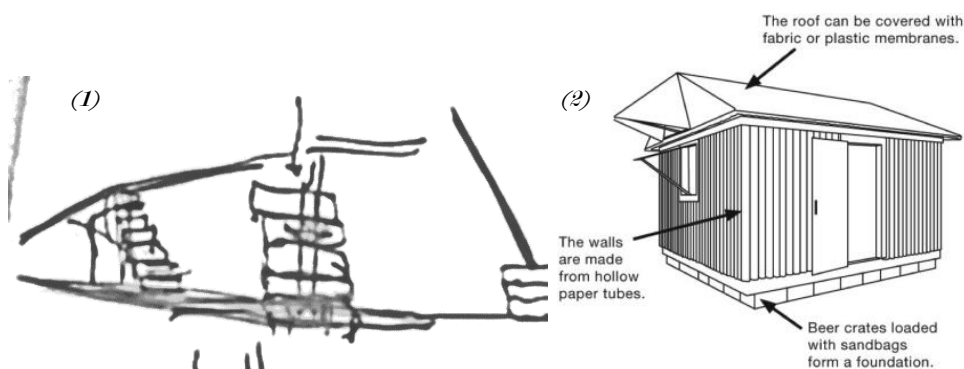


Figura 86 - Sistemas de fundações com pneus usados e grades de plástico usadas, por Michael Reynolds (1) (Steemit, 2019) e Shigeru Ban (2) (FA Teoria VI, 2015)

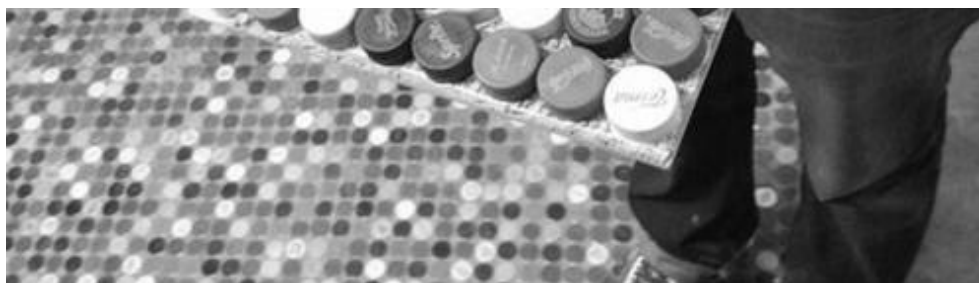


Figura 87 - Pavimento terminado com painel de tampas de plástico (Diario La Ventana, 2013)

### 3.3.1. Coberturas

Para as coberturas pode-se constatar que o plástico pode ter duas funções, impermeabilizar totalmente através da reutilização de lonas de publicidade, de circos, feiras, painéis de policarbonato (PC), etc. e, a de sustentar a impermeabilização e funcionar como um sistema de painéis de madeira que sustentam a subestrutura das telhas ou palha tradicionais.

Para sistemas em que se aplica a vantagem da impermeabilização, as lonas não têm a capacidade de suportar com um peso superior, ou terminam por necessitar de apoio porque se desgastam devido à ação da radiação solar e da intempérie, como exemplo encontram-se as já referidas Log Houses de Shigeru Ban (1). Então, recorrer a painéis de PC para revestir lonas de baixa resistência é uma solução plausível.

A solução de sustento de outros materiais de impermeabilização e escoamento de águas, implica que haja um sistema de segurança, em que a aplicação de tais materiais seja estável e duradoura. No entanto, não são muitas as soluções que se encontram para coberturas.

Existem sim, casos em que a população recorre a novas soluções das quais resultam sistemas falhados ou que funcionam de forma independente e estável, como é o caso apresentado na figura (2) abaixo.

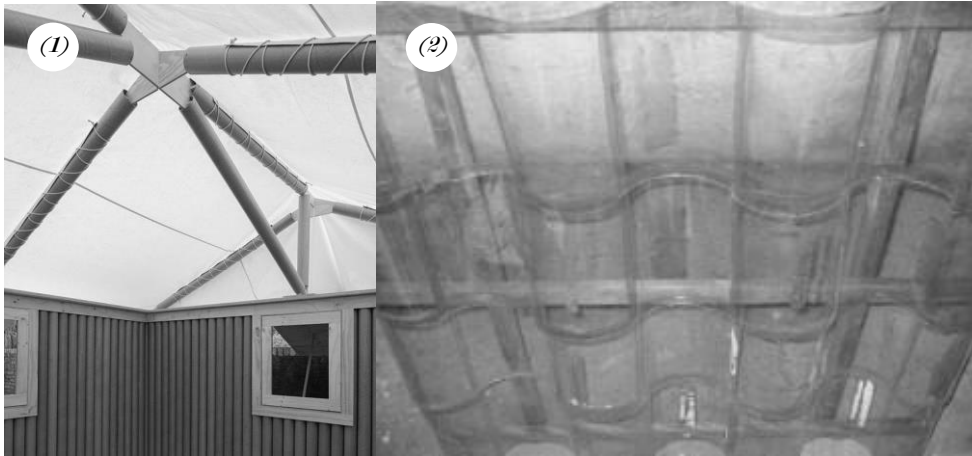


Figura 88 - cobertura com tela impermeabilizante por Shigeru Ban (1) (designboom, 2017) e cobertura com "telhas" de garrafas PET, construção civil (2) (MundoHumano, 2012)

### 3.3.1. Vãos

Não existem soluções viáveis para a aplicação de plásticos reutilizáveis em vãos, no entanto existe a possibilidade de reutilizar janelas e portas em PVC que provêm de demolições de obras. Existe um se não nesta reutilização e é a proibição do PVC em determinados países pelos seus altos valores contaminantes e pelos danos causados a pessoas.

### 3.3.2. Acabamentos

Os acabamentos que se encontram disponíveis resumem-se às decisões estéticas e em parte, funcionais, que o arquiteto toma, neste contexto é importante esclarecer que cada objeto que se reutilize tem alguma propriedade que apela ao arquiteto, como é o caso do revestimento em rolhas de garrafas em pavimentos, como mostrado anteriormente, o preenchimento de paredes com rolhas, aproveitar as características de garrafas para enaltecer as formas e a luz dos espaços, etc.

Como exemplos encontra-se o mural realizado pela artista Lisa Be nos E.U.A. com cerca de 20 000 tampas de garrafas, garrafões e frascos variados, com diversas cores e tamanhos e, as paredes em grades de bebidas, em que a própria estrutura serve como acabamento final, como são os casos do pavilhão Bonheur Provisoire de SHSH, o pavilhão temporário nas Filipinas por Íllac Díaz e Stephen Lamb e, a requalificação da fachada de um museu de arte contemporânea na Coreia do Sul pelos artistas Hyunje Joo e Baukunst. Muitos outros casos são observáveis durante a realização da pesquisa, mas poucos são aqueles que justificam os seus métodos de emprego e a sua finalidade.



Figura 89 - pequeno mural artístico em Long Beach, NYC, E.U.A. (Inhabitat, 2013)

*Figura 90 - Head in the clouds - NYC - escultura temporária em plástico (Archdaily, 2013)*



## IV. Estudos de caso

4.1. Análise de dados como resposta ao objetivo 1

4.2. Análise de dados como resposta ao objetivo 2

4.3. Critérios de seleção

4.4. Análise individual

4.2.1. MFS I

4.2.2. Bima Microlibrary

4.2.3. PET Pavillion

4.2.4. Log Houses

4.2.5. Casa del Té de María Fourcade

4.3. Análise comparativa

#### 4.1. Análise de dados como resposta ao objetivo 1

Os espaços que habitamos devem enriquecer a nossa vida, ampliar o alcance dos nossos pensamentos enquanto contribuem para facilitar as relações entre os habitantes da mesma casa e até com a comunidade. Devem ainda permitir que exerçamos as nossas funções de uma forma eficiente e em liberdade, sem infringirmos a liberdade do próximo.

*(Tirone & Nunes, 2007, p. 70)*

A reutilização do plástico na arquitetura não só se baseia na análise de indicadores de avaliação de sustentabilidade na arquitetura, pois, nem todos os conceitos analisados são possíveis de parametrizar, fundamenta-se igualmente no tipo de objeto de plástico reutilizado, na função que este cumpre no edifício e nas qualidades internas do material.

A avaliação da qualidade espacial depende destas novas categorias, na medida em que a adaptação de objetos para um sistema construtivo eficaz influencia diretamente a qualidade espacial e, as qualidades físicas do objeto e material são capazes de alterar as atmosferas criadas pelo arquiteto.

As qualidades físicas do plástico que se extraem para esta investigação são: a firmeza, bom comportamento térmico e acústico, texturas e formas distintas, impermeabilidade, leveza, variedade de cores, quantidades disponíveis elevadas e o controlo lumínico, além do mais a sua versatilidade de adaptação a diversas situações climatéricas.

Estas propriedades oferecerão a capacidade de procurar e encontrar características distintas em espaços arquitetónicos, a luz que varia com a forma do objeto, as cores que o espaço ganha, a propagação de calor, a sensação de fragilidade e leveza, etc.

Sabendo que o plástico pode ganhar diferentes aplicações ao longo do seu ciclo de vida, especialmente se este for circular, nota-se uma tendência para a utilização de determinados objetos do quotidiano na reutilização de plástico em arquitetura.

Pneus, baldes, paletes e bidons, são aqueles que menos aplicações encontram, mas têm um enorme potencial construtivo, as grades de transportes e bebidas são objetos do quotidiano que se encontram disponíveis em grandes quantidades, e são a escolha de diversos arquitetos para formalizar as suas ideias, por fim os frascos, garrafas e garrafões são aqueles que permitem maior versatilidade a um projeto de arquitetura.

Da mesma forma que uma parede se pode construir com blocos de cimento pré-fabricados e existem diversas soluções, paredes duplas, fachadas ventiladas, diversas formas de posicionar os blocos e de os encaixar entre si, etc., uma parede pode-se construir com diversos objetos do quotidiano como são os casos dos Eco-blocos feitos a partir de garrafas PET.

As limitações de cada objeto acabam por tornar os sistemas construtivos variados e ampliam a gama de soluções arquitetónicas, uma parede pode-se fazer de garrafas, paletes, bidons, pneus, grades, etc., apesar destes desafios, os arquitetos não deixam de surpreender com a variedade de soluções que surgem ao longo do tempo.

Como se pôde ver no capítulo anterior, a arquitetura de plástico em países desenvolvidos tem evoluído sempre, ao invés da arquitetura em países em

desenvolvimento, onde as soluções arquitetônicas ainda estão em desenvolvimento. Dada a continuidade na evolução de sistemas inovadores que permitem o progresso em diversas componentes da arquitetura, como são os casos da qualidade espacial interior, a poupança de energias e recursos e o desenvolvimento sustentável nas suas diversas dimensões, pode-se constatar que é tempo de continuar a inovar, mas de procurar soluções com objetos que já existem e formam parte de um grande problema ambiental.

De forma a compreender quais são as situações em que o espaço é, de fato, valorizado, os autores evidenciam 9 situações que podem ajudar a potenciar espaços que ofereçam qualidade para os seus utilizadores, como a eliminação de halls de entrada, espaços de transição e de circulação, salas amplas, apartamentos duplex, espaços de duplo pé-direito, aberturas interiores amplas, small office home office, bay windows e varandas flexíveis. No entanto, estas características não serão observadas nos casos de referência e nos estudos de caso, uma vez que se pretende compreender como a aplicação de objetos banais em plástico influencia a qualidade dos espaços interiores e, não como os espaços foram pensados a nível morfológico.

Compreendendo esta diferença, a relação apontada no ponto anterior, sobre a análise de dados como resposta ao objetivo 1, entre os indicadores de análise de sustentabilidade na arquitetura e o material aplicado, é mais manifesta, na medida em que as qualidades de cada objeto em plástico, a forma como se aplica em projeto e obra, influenciam o cálculo dos indicadores e da qualidade espacial (calculada sob a forma de conforto e bem-estar) (Tirone & Nunes, 2007).

Esta relação pode ser ampliada na medida em que as características dos objetos em plástico oferecem à arquitetura a possibilidade de concretizar espaços criativos e com caráter funcional.

Relacionar as características intrínsecas a cada objeto produzido pela humanidade em plástico com a arquitetura é uma tarefa complexa, pois é importante referir que não se analisaram todos os objetos produzidos nem todos os espaços de valor arquitetónico que aplicam plástico na sua materialização. Este estudo baseia-se, no entanto, na análise de obras de referência que se mostram reveladores e inspiradores para futuros arquitetos e futuras obras a ser elevadas.

Pode-se observar que as características globais do plástico interferem diretamente na formação de espaços arquitetónicos, na medida em que a variação de parâmetros em comparação com sistemas construtivos tradicionais pode proporcionar ao arquiteto a possibilidade de desenvolver espaços com valor arquitetónico.

Assim, as qualidades do material que se vejam aplicadas num projeto, tornam-se nas qualidades arquitetónicas do edificado, isto é, se o material é transparente, aumentará a entrada de radiação solar, permitindo ao arquiteto desenhar e construir espaços com mais luz natural e com maior absorção de calor; se o material for texturado, os espaços apresentarão tanto características lumíneas e visuais diferentes, como terão maior qualidade acústica. A relação entre espaço e matéria é conclusiva.

No entanto, para esta dissertação não se terão em conta valores técnicos que permitam um cálculo rigoroso das qualidades espaciais através do tipo de plástico reutilizado, pois, tais valores são genéricos e não se verifica a sua disponibilidade para objetos banais do quotidiano que se pretendem analisar na investigação.

Valores como a LTR, a elasticidade, a transmitância térmica, a retenção de calor e a densidade em relação à água, são generalistas em função do tipo de plástico e não, em função do objeto, não contribuindo assim para o estudo das qualidades arquitetónicas que se pretendem observar.

As qualidades arquitetônicas que o plástico oferece, que se pretendem extrair para este estudo, coincidem em vários momentos com os indicadores de análise da sustentabilidade na arquitetura, assim, prevê-se que o estudo a desenvolver se relaciona diretamente, assim, as respostas para o objetivo 2 dependem conseqüentemente das respostas obtidas para o objetivo 1.

De acordo com os dados obtidos no estudo dos plásticos em geral no segundo capítulo desta investigação, as qualidades globais do plástico são as dispostas na seguinte tabela:

Estas características globais dos plásticos permitem extrair dados importantes para a análise da arquitetura, resumindo as qualidades em 4 grupos:

- ◆ **Lumíneas e visuais;**
- ◆ **Térmicas;**
- ◆ **Acústicas;**
- ◆ **Mecânicas.**

Os dados que serão extraídos na análise dos diferentes estudos de caso (nos seguintes pontos deste capítulo), permitirão compreender que a relação entre matéria e espaço se resume ao conforto e à segurança que o espaço transmite, mesmo que não se dependa de valores científicos precisos. Cabe, assim, ao arquiteto interpretar a informação que tem no seu domínio, e decidir sobre as diversas opções disponíveis para a materialização dos seus projetos.

Os problemas ambientais de gestão de resíduos podem ser resolvidos por simplesmente encontrar fatores apelativos num objeto, que em conjunto tem a capacidade de formar um padrão interessante ou útil. A seguinte figura exemplifica como as características de um objeto podem influenciar a atmosfera que se cria através da arquitetura. As garrafas de plástico, inseridas em painéis de policarbonato (PC) transparente, com as diversas tonalidades de azul e semitransparentes, garantem que o espaço interior seja iluminado de uma forma peculiar, resultando numa atmosfera azulada, tanto no teto como no pavimento.



*Figura 91 - PET Pavillion, composição do espaço interior e características do espaço influenciadas pelo uso de plásticos com cor (Archdaily, 2019)*

## 4.2. Análise de dados como resposta ao objetivo 2

Para que a definição de indicadores de arquitetura sustentável que permitam a avaliação da reutilização do plástico em obras arquitetónicas, seja possível, é necessária a observação dos dados obtidos através da análise sobre indicadores da arquitetura sustentável realizada no capítulo anterior.

Como se pôde observar com a leitura de autores como Yuba (2005), Edwards (2005), Mateus (2009) e Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, & Sevillano Gutiérrez (2014), a separação de conceitos que afetam a sustentabilidade de um edifício não é simples e pode ser constantemente alterada, uma vez que a ampliação de indicadores pode influenciar na análise holística da sustentabilidade, assim como ampliar a complexidade do conceito de Desenvolvimento Sustentável.

Sendo o tema da presente dissertação a reutilização de plásticos na arquitetura, os dados foram tratados de forma a obter resultados viáveis à análise da sustentabilidade de edifícios que utilizam sistemas construtivos com plástico reutilizado. A análise de indicadores centra-se em captar o máximo de dados para responder aos parâmetros da sustentabilidade. Tais parâmetros serão estabelecidos com médias e modas, que permitem quantificar e apresentar de uma forma simples de comunicação gráfica a informação tratada.

Como revisto anteriormente, as categorias estabelecidas no sistema de avaliação de sustentabilidade MARS-H (Mateus, 2009), dividem-se em características das dimensões ambientais, sociais e económicas, no entanto, a fundamentação de Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, & Sevillano Gutiérrez (2014), permite a análise de princípios e assim percebe-se que a divisão de categorias não é tão rígida, isto é, as diferentes categorias de análise encontram-se em constante relacionamento com diferentes dimensões.

Assim, a mesma categoria de análise pode ajudar a amenizar danos nas dimensões ambientais, sócio-económicas e sócio-culturais. Como exemplo seguir-se-há o indicador I18, sobre a reutilização de materiais, este indicador da categoria C4 permite analisar a quantidade e o tipo de material a reutilizar, que ajudará a compreender como esta escolha afeta o meio ambiente, a economia e a cultura. Desta forma o cálculo em cada dimensão permite a observação de desequilíbrios.

Após o estudo das categorias de análise, percebe-se que os indicadores são mais refinados, identificam decisões que os arquitetos devem seguir nos seus projetos, assim, talvez esta lista seja a ideal para acompanhar um projeto desde o início ao fim. As categorias que se extraem com maior facilidade nesta investigação são aquelas que interferem com a qualidade espacial, os materiais e recursos, a ACV do edifício, os gastos de manutenção e a formação e cultura da sociedade.

Os parâmetros de análise de sustentabilidade na arquitetura, são, neste caso, considerados entre Muito Fraco, Fraco, Bom e Muito bom, de forma a facilitar a leitura e a análise comparativa entre os estudos de caso apresentados no capítulo seguinte. Entre os autores anteriormente mencionados encontra-se a ASHRAE, Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado, que estuda com precisão os níveis de qualidade do ar e térmicos (ASHRAE, 2020).

Portanto, os indicadores que dizem respeito ao ciclo de vida dos edifícios, como é o caso do I1, sobre o impacte ambiental associado ao ciclo de vida dos edifícios e, o I45, sobre os custos de manutenção, são essenciais para compreender a escolha dos arquitetos em relação ao plástico como elemento de materialização dos seus edifícios. Parametizam-se em função da percentagem de material(is) plástico(s) a que se recorreu para a construção e, em função do tempo de vida do(s) mesmo(s).

Tabela 12 - indicadores relevantes à investigação em curso

Indicadores de Avaliação de Arquitetura Sustentável		Fraco	Bom	Muito Bom	Excelente
I1	Impacte ambiental associado ao Ciclo de Vida dos edifícios				
I18	Reutilização de materiais				
I19	Uso de materiais reciclados ou recicláveis				
I29	Conforto térmico				
	Isolante				
	Orientação solar				
	Sombreamento				
	Transparência				
I30	Conforto acústico				
	Variação da densidade				
	Textura				
I31	Conforto visual				
	Padrão				
	Textura				
	Cor				
	Brilho				
I32	Toxicidade dos materiais (COV)				
I33	Ventilação natural				
I45	Custo de manutenção				

Indicadores que dizem respeito às escolhas de materiais, como o I18 e I19, permitem compreender se o arquiteto teve em conta a observação de dados como o favorecimento da reutilização de materiais sobre a compra e consumo de novos recursos, permitem compreender se o arquiteto pensou no consumo prudente de recursos. A parametrização destes indicadores define-se conforme as escolhas do

arquiteto e da equipa de construção, existe ou não reutilização, em que escala e, se o final dos materiais pós-uso em edificado será a reutilização, a reciclagem ou a biodegradação.

De forma a avaliar o conforto térmico, acústico e visual, dividiram-se os indicadores em diversos fatores que influenciam a sua parametrização, para o caso do conforto térmico, são considerados valores de qualidade isolante do material, a orientação solar do sistema construtivo (tendo em conta o clima do lugar), sistemas de sombreamento adequados e a transparência do sistema, que permitirá a passagem de radiação solar. Os cálculos efetuam-se tendo em conta as regras básicas de cálculo de inércia, quanto mais espesso mais inércia terá, a orientação solar que afeta a área de materiais exposta à radiação, os sistemas de sombreamento que reduzem a área de materiais exposta à radiação solar e a transparência dos materiais, que permite (ou não) a passagem de radiação para os espaços interiores, alterando assim a capacidade de absorção de radiação solar e aumentando a temperatura interior.

Para o conforto acústico, parametriza-se a variação da densidade do sistema, avaliando assim a capacidade de absorção de ruídos do exterior para o interior e, a textura dos materiais utilizados, que reduzem a reverberação do som no interior dos espaços; para o conforto visual, avaliam-se fatores como a existência de padrões, texturas, cores e brilho.

A toxicidade dos materiais avalia-se conforme os tipos de plásticos e os elementos químicos possivelmente tóxicos e daninhos à saúde humana. Os dados que se extraíram a partir da análise dos tipos de plásticos nos capítulos anteriores permitiu classificar os plásticos quanto à sua toxicidade e assim contribuir para documentação produzida sobre os estudos de caso que seguidamente se realizarão.

A ventilação natural é outro indicador a analisar, pois em diversos casos, o plástico pode funcionar como elemento essencial para que se corrijam as temperaturas e qualidade do ar interior.

De forma a especificar a informação que se irá obter com a avaliação da sustentabilidade da arquitetura, os indicadores que se selecionaram, terminam por ser perguntas às quais se pretende obter uma resposta clara e objetiva. Assim, os indicadores são classificados conforme o estudo que se está a realizar sobre um material em específico, neste caso o plástico.

As características físicas e o contexto dos materiais que se utilizam num projeto de arquitetura influenciam diretamente na escolha destes indicadores e categorias, desta forma é importante ressaltar, mais uma vez, que o tipo de plástico que se emprega, as quantidades que se reutilizam, o tipo de objeto (com as suas características intrínsecas e irrepetíveis), as diferentes aplicações que podem acontecer em diversos sistemas construtivos, a origem do material, etc, são outros fatores que se relacionam diretamente com as conceções de projetos de arquitetura sustentáveis.

Na totalidade são considerados 40 pontos, transformando a informação em valores numéricos. A média, no entanto é realizada conforme o número de indicadores, dimensões ou categorias analisadas, neste caso: 13.

Caso alguma das obras analisadas apresente valores abaixo dos 10 pontos, significa que recorrer a materiais reutilizados em plástico, facilitou a construção de um edifício sustentável.

Esta avaliação serve como base para a formação de uma análise mais complexa sobre as características do material e o seu comportamento global no edifício. Desta forma, a análise de indicadores da sustentabilidade termina por se

mesclar com a análise de características da arquitetura. Como referido anteriormente, os dados obtidos não possuem caráter quantitativo através da análise de informação com rigor matemático, são sim de valor qualitativo e traduzem-se a valores numéricos de forma a facilitar a sua análise e compreensão. Estes dados serão resultados variáveis, em consonância com os resultados do objetivo anterior.

### 4.3. Critérios de seleção

Para este ponto da investigação serão analisadas obras de arquitetura que reutilizem plástico na materialização dos seus sistemas construtivos.

As obras estão divididas conforme o objeto em plástico, do quotidiano, que seja mais utilizado, como os bidons, paletes de transporte, baldes e outros, pneus de veículos, grades de transporte de bebidas, garrafas e garrafões.

Outros objetos poderiam ser estudados, como cadeiras, partes de veículos, lonas de impermeabilização, entre outros, porque a quantidade de produtos em plástico no quotidiano. é assoberbante. Embora este fator seja real, o estudo centrar-se-á em critérios de seleção, que levaram a que muitos dos projetos encontrados durante a pesquisa fossem excluídos.

A manifestação artística é outro critério de seleção que se deve ter em conta nesta investigação, uma vez que se pretende justificar a reutilização no ramo da arquitetura, não sendo de interesse justificar as qualidades espaciais, ambientais, socioeconómicas e socioculturais numa obra de carácter escultórico.

As obras analisadas encontram-se apresentadas na Figura 62, durante a pesquisa avistam-se diferentes autores com vários projetos a seu nome, no entanto, pretende-se maior variedade de diferentes estilos arquitetónicos e analisam-se 17 obras. 12 de referência e 5 de multicasos, entre os casos de referência encontram-se arquitetos, artistas, engenheiros e civis que decidiram avançar com a construção de edifícios que reutilizam plástico, porém, para uma investigação mais aprofundada sobre o relacionamento da arquitetura com a sustentabilidade, e a captação de características físicas dos objetos em plástico para espaços arquitetónicos, serão estudados edifícios planejados e construídos por arquitetos.

- ◆ **Obras que reutilizem plástico**
- ◆ **Origem dos produtos em plástico reutilizados**
- ◆ **Tipo de produto em plástico reutilizado**
- ◆ **Obras de carácter arquitetónico**
- ◆ **Obras de carácter escultórico**
- ◆ **Valor Socioeconómico**
- ◆ **Valor Sociocultural**
- ◆ **Valor Ambiental**
- ◆ **Carácter de permanência da obra**
- ◆ **Contribuição do plástico ao valor arquitetónico**
- ◆ **Informação disponível viável**

Das obras apresentadas anterior por ordem numérica no ponto 3.3 do capítulo anterior, apenas 5 cumprem os requisitos necessários para formar uma análise capaz de apresentar resultados concretos para a formulação da investigação.

Tabela 13 - Cumprimento dos critérios de seleção propostos para a análise individual das obras arquitetónicas (do autor)

◆ Numeração da obra de obra exemplar	◆ Obras que reutilizem plástico	◆ Tipo de produto em plástico reutilizado	◆ Obras de carácter arquitetónico	◆ Obras de carácter escultórico	◆ Valor Socioeconómico	◆ Valor Sociocultural	◆ Valor Ambiental	◆ Carácter de permanência da obra	◆ Contribuição do plástico ao valor arquitetónico	◆ Informação disponível viável	◆ Numeração de estudos de caso selecionados
1.	✓	PEAD /PC	✓		✓	✓	✓	P	✓	✓	Caso 1
2.	✓	PEAD / PVC		✓	✓	✓	✓	T			
3.	✓	PEAD	✓		✓	✓	✓	P	✓	✓	Caso 2
4.	✓	ABS	✓		✓	✓	✓	P		✓	
5.	✓	PEAD /PP/ PE/ PVC	✓		✓	✓	✓	T	✓	✓	Caso 3
6.	✓	PEAD	✓		✓	✓	✓	T	✓		
7.	✓	PEAD	✓		✓	✓	✓	T	✓		
8.	✓	PEAD		✓	✓	✓	✓	T	✓		
9.	✓	PEAD	✓		✓	✓	✓	T	✓		
10.	✓	PET/ PEAD	✓		✓	✓	✓	T	✓	✓	Caso 4
11.	✓	PET			✓	✓	✓	P			
12.	✓	PET	✓		✓	✓	✓	P		✓	Caso 5
13.	✓	PET	✓		✓	✓	✓	P	✓		
14.	✓	PET	✓		✓	✓	✓	P	✓		
15.	✓	PET/ PEAD		✓	✓	✓	✓	T			
16.	✓	PET	✓		✓	✓	✓	P	✓		
17.	✓	PET	✓		✓	✓	✓	P	✓		

O critério que torna decisiva a escolha de determinadas obras arquitetónicas acaba por ser a informação disponível para a formalização dos casos de estudo, uma vez que apenas 6, das 17 obras referidas anteriormente possuem essa característica, escolheram-se 5 pelo seu carácter inovador e pelo material que reutiliza, em comparação entre a obra n.º 5 e a obra n.º 12, o que tornou a escolha preferencial da obra n.º 12 foi o facto de se tratar de um sistema construtivo, não tão habitual como o da obra n.5.

#### 4.4. Análise individual

Caracterizar obras de caráter arquitetônico relativamente à sustentabilidade da sua materialização é uma tarefa de difícil resolução, uma vez que relacionar as características de um simples objeto com as da arquitetura que se produz e com os indicadores de análise de sustentabilidade na arquitetura se torna numa investigação complexa, deixando em aberto algumas questões que se possam resolver num futuro.

A análise de 5 estudos de caso, leva a que se compreenda em que medida a reutilização do plástico através da sua aplicação em arquitetura pode contribuir para o desenvolvimento sustentável de uma região, sistema económico, ambiental e social.

Sendo estudadas 5 obras de caráter arquitetônico, selecionadas a partir do conjunto de critérios apresentados no ponto anterior deste capítulo e a partir dos vários exemplos arquitetônicos e artísticos apresentados no capítulo prévio, a localização delas revela-se importante para a sua contextualização geográfica, económica e cultural, assim a figura seguinte localiza e numera os estudos de caso que se avaliarão de forma individual.

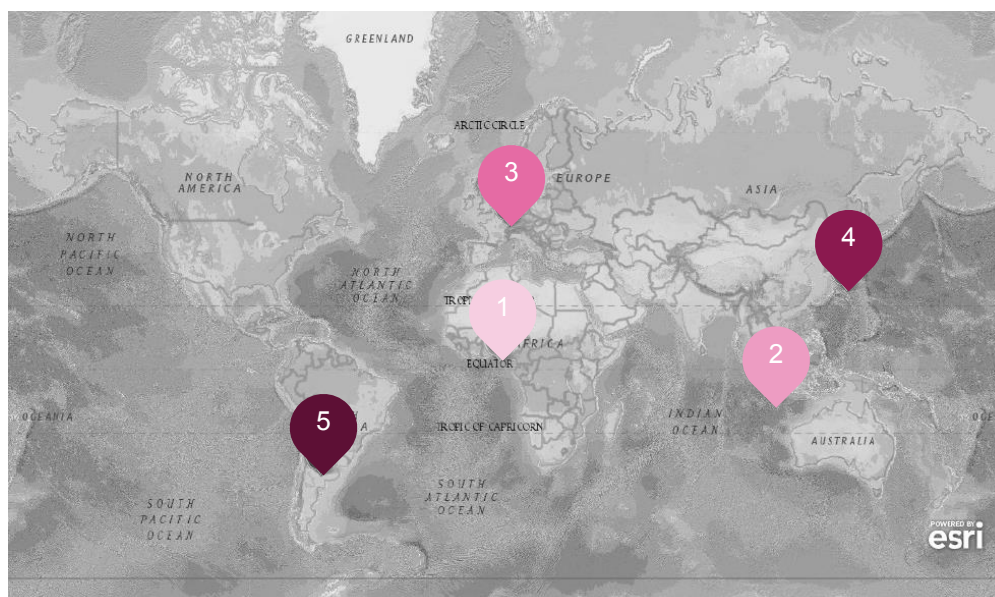


Figura 92 - localização dos estudos de caso no mundo (pelo autor a partir de Map Maker Interactive (National Geographic, 2020))

1  
Makoko Floating School I (MFS I)  
[Nigéria]

2  
Bima Microlibrary  
[Indonésia]

3  
PET Pavillion  
[Holanda]

4  
Log Houses  
[Japão]

5  
Casa del Té de María Fourcade  
[Argentina]

Como indicado anteriormente, um dos objetivos de análise é a procura da relação entre arquitetura e objeto materializador de sistemas construtivos e, outro dos objetivos é realizar uma análise de sustentabilidade tendo em conta o objeto em plástico que se reutiliza.

De acordo com os dois objetivos propostos, são selecionadas diferentes premissas de avaliação, de entre as quais, as respostas da obra, os indicadores de avaliação de arquitetura sustentável, as dimensões da sustentabilidade relacionadas com os indicadores e a ACV circular. Deste modo consegue-se extrair informação qualitativa, permitindo criar um sistema de pontos e assim tornar a análise quantitativa.

O sistema de pontos funciona da seguinte forma:

Apenas se analisam 9 indicadores de avaliação da sustentabilidade na arquitetura, permitindo atribuir 4 pontos a cada indicador, no total, são atribuídos 36 pontos de avaliação, em seguida, são avaliadas 3 dimensões da sustentabilidade – ambiente (A), socioeconómico (SE) e sociocultural (SC) – às quais se atribuem 27, finalizando um total de 3 pontos; por fim será avaliada a ACV circular dos mesmos indicadores, atribuindo 4 pontos totais, no entanto, ao se tratar de um meio de análise objetiva, caso a obra não cumpra um dos 4 pontos da ACV, é-lhe retirado o ponto total.

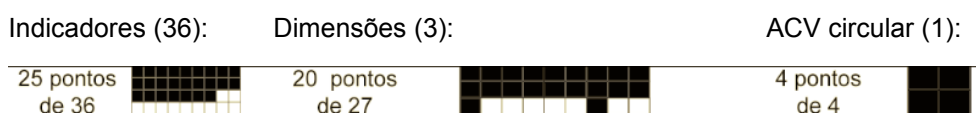


Figura 93 - exemplo de resultados quantitativos em pontos (do autor)

Somando os pontos que se avaliam têm-se 40 pontos, nos quais serão contabilizados os pontos que se obtêm das avaliações prévias. Sem realizar este estudo quantitativo, a avaliação comparativa das obras em análise seria mais complexa, não permitindo a observação clara de dados.

O resultado desta avaliação permite conferir que todas as características do plástico foram aplicadas e assim verificar a verdade dos dados apresentados para o cumprimento do objetivo 1.

#### 4.4.1. Makoko Floating School 2013

Makoko, Lagos, Nigéria  
Nlé Studio

Caráter permanente  
220 m<sup>2</sup>



Planta de Implantação

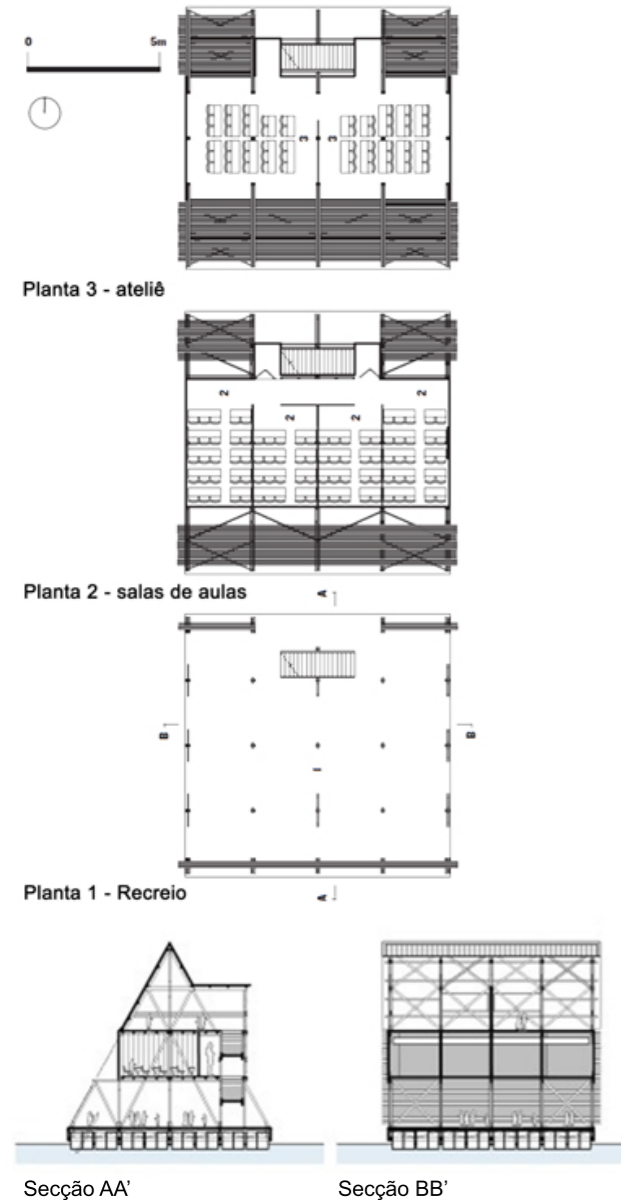


Figura 93 - Planos de Arquitetura (Nlé, 2012)

#### Conceito:

Makoko, parte da cidade de Lagos (a segunda maior cidade do continente africano), é conhecida pela sua cultura aquática dedicada à pesca no lago de Lagos e afeiçoada às construções feitas sobre a água. Este projeto resolve diversas situações na localidade de Makoko: a falta de escolas numa região socialmente excluída; a falta de estruturas autossuficientes e a subida do nível freático na lagoa.

O uso de materiais locais é uma prioridade para a construção deste edifício, potenciando o comércio local, assim como o desenho de uma estrutura autossuficiente, dada a elevada poluição aquática no lugar. A gestão de resíduos é um sistema complexo de gerir na região e a falha desse sistema é constante devido à subida do nível da água.

O desenho bioclimático e tecnológico é essencial para a sobrevivência do objeto. Como apontado por Nlé Studio (2012) num estudo pormenorizado sobre a região e a proposta de arquitetura, a forma geométrica do edifício, os tipos de ancoragem, as aberturas, os sistemas de poupança energética e os sistemas de gestão de resíduos são das principais preocupações do gabinete de arquitetura.

Makoko, ao ser uma região assente sobre uma parte da lagoa de Lagos e, a existência de solo ser escassa, na sua maioria pantanosa, o clima é húmido a reflexão e a refração da luz através da água são muito elevadas, e a temperatura é elevada. As épocas de monção são muito fortes, levando à destruição de inúmeras habitações e estruturas de circulação, tal como terminou por acontecer com o edifício em estudo.

A organização do projeto em diferentes níveis de altura permitiu criar uma distribuição simples e difusa entre os espaços. As salas de aulas encontram-se nas partes superiores e o recreio no nível inferior, permitindo às crianças espaço para brincar e se divertirem. Os espaços de aulas encontram-se protegidos por uma cobertura triangular que protege e impermeabiliza o espaço superior, assim como absorve energia solar para garantir a iluminação à noite.

Como o plástico é um material recorrente da região cargueira de Lagos, os responsáveis pelo desenho do edifício tomaram a opção de criar uma estrutura que flutuasse na água, garantindo a sua estabilidade mesmo em casos de subida do nível freático da lagoa. Uma cobertura impermeável em plástico, mostra-se funcional e permite a recolha de águas pluviais para consumo dos ocupantes.

A leveza do plástico e a sua facilidade de reter ar, tornando os objetos menos densos que a água, a capacidade de impermeabilização e a estanqueidade, permitem a este edifício ser totalmente controlável e tornar-se ambientalmente responsável.

Desde a envolvente, o edifício é visivelmente chamativo, uma vez que se destaca pela elevada altura em relação às habitações envolventes, se encontra fortemente iluminado à noite e apenas dominam duas cores na sua materialização, o azul das peças em plástico e o castanho das madeiras locais.



Figura 94 - Vista aérea do volume (Nlé, 2012)



Figura 95 - Vista área do volume e da comunidade de Makoko (Nlé, 2012)



Figura 96 - Vista da Planta 3 (Nlé, 2012)

Tabela 13 - Análise de estudo de caso (1) de acordo com os indicadores de análise de arquitetura sustentável (do autor)

1

Respostas da obra	Indicadores de avaliação de sustentabilidade					Dimensões	ACV circular			TOTAL	
							A	SE	SC		
materiais maioritariamente biodegradáveis reutilizáveis, recuperáveis e recicláveis	I1	Impacte ambiental associado ao Ciclo de Vida dos edifícios				3	x	x	x	x	29 pts ou 2,23
2 tipos de objetos em plástico	I18	Reutilização de materiais				2	x	x		x	
Todos os materiais são recicláveis	I19	Uso de materiais reciclados ou recicláveis				4	x	x		x	
Os painéis ondulados em PC têm como característica o bom comportamento térmico, neste caso, ao se tratar de um edifício aberto, o plástico serve maioritariamente a função de impermeabilização da cobertura e de sistema de sombreamento. o material é praticamente opaco. Os bidons não servem este propósito.	I29	Conforto térmico				2	x	x	x		
		Isolante									
		Orientação solar									
		Sombreamento									
		Transparência									
Nenhum dos materiais plásticos aplicados foi instalado tendo em conta necessidades acústicas, no entanto, os painéis de PC têm alguma textura, reduzindo o impacto do som do meio ambiente através da cobertura. Os bidons não servem este propósito.	I30	Conforto acústico				1			x		
		Variação da densidade									
		Textura									
Ambos plásticos têm padrões coloridos e repetitivos, as linhas verticais dos painéis e as de separação entre bidons geram padrões interessantes que se destacam na envolvente construída e natural. Não possuem texturas, nem brilho.	I31	Conforto visual				2			x		
		Padrão									
		Textura									
		Cor									
		Brilho									
Tendo o PC um componente químico perigoso, a sua toxicidade eleva os valores do indicador.	I32	Toxicidade dos materiais (COV)				4	x		x		
O projeto é totalmente aberto, sendo a ventilação completamente natural.	I33	Ventilação natural				4	x	x	x		
Os materiais plásticos não necessitam de manutenção, apenas em caso de rotura.	I45	Custo de manutenção				3	x	x	x	x	

Fraco = 1  
  Bom = 2  
  Muito Bom = 3  
  Excelente = 4  
  Total

25 pontos de 36      20 pontos de 27      4 pontos de 4

- Cumpre os princípios de salvaguarda ambiental  
 - Cumpre os princípios de crescimento sócio-económico  
 - Cumpre os princípios de potencial sócio-cultural

Os materiais escolhidos para a concretização do edifício respondem às premissas de sistemas de vida circulares

**Materiais:**

- Fundações de ancoragem em betão armado
- Madeira (local)
- Painéis ondulados de PC
- Bidons de PEAD



Figura 97 - Processo de encaixe dos bidons (Nlé, 2012)



Figura 98 - Início da construção superior em madeira (Nlé, 2012)

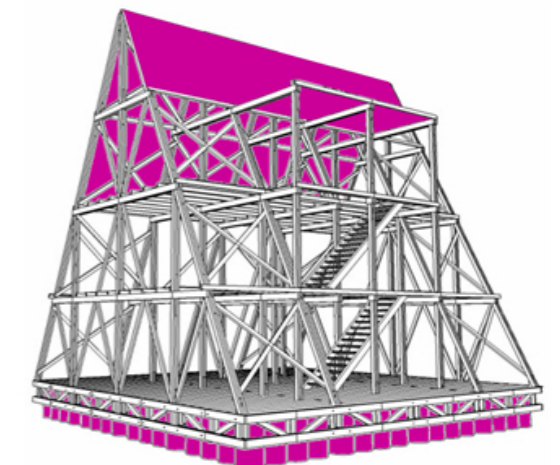


Figura 99 - Axonometria com materiais plásticos a rosa (adaptado pelo autor a partir de Nlé (2012))

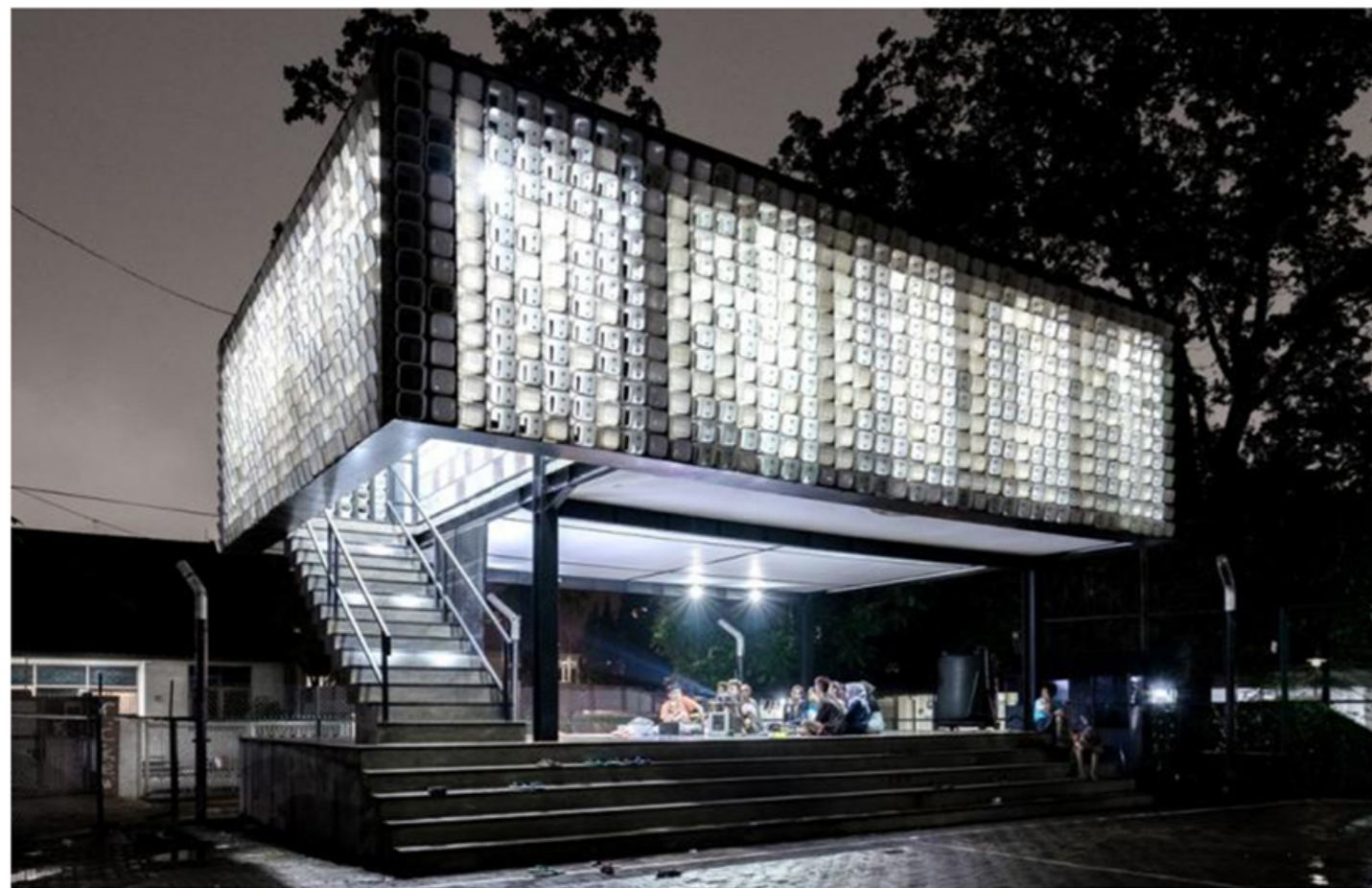


Figura 100 - Vista de rua do volume à noite (Archdaily, 2019)



Figura 101 - Vista interior de parede semi-transparente (Archdaily, 2019)

#### 4.4.2. Bima Microlibrary

Bandung, Indonesia  
SHAU Bandung



2016

Caráter permanente  
195 m<sup>2</sup>



Planta de implantação



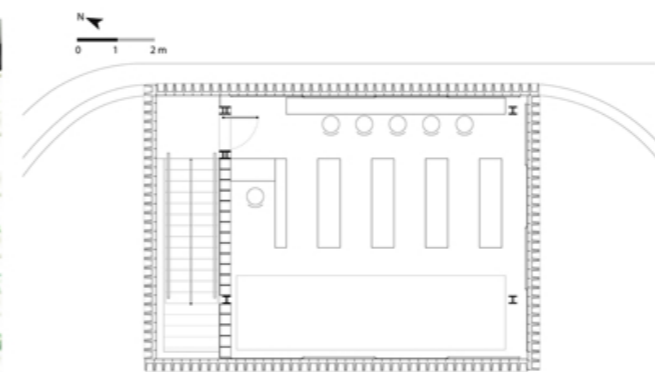
#### Conceito:

O projeto faz parte de um programa chamado “100 Microbibliotecas” e, tem o intuito de formar parte de uma cadeia produtora de conhecimento para a população, melhorando a evolução do Índice de Desenvolvimento Humano (Archdaily, 2020).

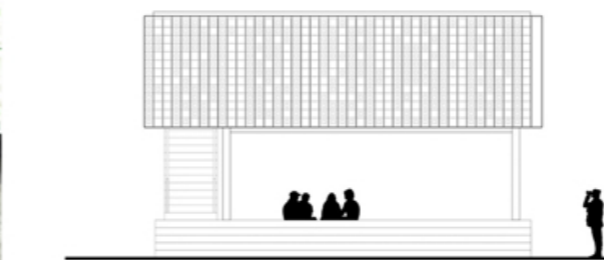
O projeto encontra-se numa localidade onde a população pertence a classes médias e baixas na sociedade, sendo necessária a formação de espaços que permitissem a estância de crianças e adultos, formando um grupo de pessoas interessadas na cultura geral, em reuniões e eventos tal como atividades desportivas, etc. A proposta desejava adicionar mais espaços com menos construções, então os arquitetos decidiram subir o edifício ao segundo nível e deixando o espaço inferior aberto, útil, recolhido do sol intenso da Indonésia e com ventilação constante (Archdaily, 2020).

A ideia inicial do projeto visava a reutilização de garrafas de plástico, devido à visível poluição nas ruas de Bandung, mas a recolha destas divulgou números baixos de utilização de garrafas de plástico, mas revelou outro objeto, os baldes de armazenamento de gelado (Archdaily, 2020). Ao ser uma cidade num país tropical, as temperaturas são elevadas e o consumo de gelado por locais e turistas é muito elevado, então este recurso local foi a opção adotada pelos arquitetos, formando uma fachada com características interessantes desde o espaço urbano ao interior.

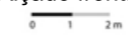
A indonésia é um país de clima tropical, o que implica grandes épocas de monção e de calor, criando ambientes nevoentosos. A geografia da cidade Bandung é a de um vale, com vários rios que atravessam a cidade. Os arquitetos desenvolveram assim um edifício que se eleva do solo e tem uma pele que o protege da chuva, da humidade e do calor (Archdaily, 2020). Uma organização em planta simples e funcional que se encontra orientada paralelamente à rua Bima. A substituição da madeira de bambu e juncos pelo plástico permitiu criar um ambiente difuso e bem iluminado, favorecendo a leitura e a concentração. O espaço a nível arquitetónico tem assim as 3 características básicas, estrutura, funcionalidade e qualidade do ambiente interior. Desde o espaço exterior o edifício é praticamente invisível pois está rodeado de vegetação alta e, a “rugosidade” da fachada permite a camuflagem entre a folhagem intensa da região.



Planta piso 1



Alçado frontal



FRONT ELEVATION

Figura 102 - Planos de arquitetura (Archdaily, 2019)

Tabela 14 - Análise de estudo de caso (?) de acordo com os indicadores de análise de arquitetura sustentável (do autor)

Respostas da obra	Indicadores de avaliação de sustentabilidade					Dimensões	ACV circular			TOTAL	
							A	SE	SC		
Materiais maioritariamente biodegradáveis reutilizáveis, recuperáveis e recicláveis	I1	Impacte ambiental associado ao Ciclo de Vida dos edifícios				3	x	x	x	x	27 pts ou 2,07
1 tipos de objetos em plástico	I18	Reutilização de materiais				2	x	x		x	
Todos os materiais são recicláveis	I19	Uso de materiais reciclados ou recicláveis				3	x	x		x	
O sistema com baldes de gelado em PEAD não tem a condição de isolamento, mas sim como proteção solar e de controlo de entrada de radiação solar para o interior, reduzindo assim as temperaturas no interior.	I29	Conforto térmico				2	x	x	x		
		Isolante									
		Orientação solar									
		Sombreamento									
		Transparência									
Ao longo do perfil do sistema construtivo, a variação da densidade revela-se fraca, no entanto a textura é um ponto positivo, reduzindo a rebervação no interior da biblioteca.	I30	Conforto acústico				2			x		
		Variação da densidade									
		Textura									
Os pequenos baldes de PEAD garantem que as fachadas tenham um padrão e uma textura interessantes, de or banca, oferecem uma iluminação zenital do interior da biblioteca. Não possuem brilho.	I31	Conforto visual				2			x		
		Padrão									
		Textura									
		Cor									
o PEAD não é tóxico.	I32	Toxicidade dos materiais (COV)				4	x		x		
O projeto é totalmente aberto, sendo a ventilação completamente natural.	I33	Ventilação natural				4	x	x	x		
O custo geral do edifício é bom, pois a estrutura é fixa e de longa duração.	I45	Custo de manutenção				2	x	x	x	x	

Fraco = 1  
  Bom = 2  
  Muito Bom = 3  
  Excelente = 4  
  Total

25 pontos de 36      20 pontos de 27      4 pontos de 4

**Materiais:**

- Estrutura em aço
- Betão armado
- Madeira
- Baldes em PEAD

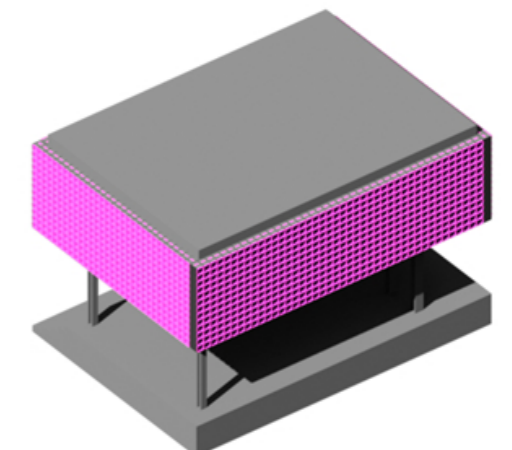




Figura 106 - Vista de rua do volume à noite (Loos.FM, 2019)



Figura 107 - Vista interior de parede semi-transparente (Loos.FM, 2019)

### 4.4.3. PET Pavillion

Robson Park, Enschede, Dinamarca  
Loos.FM & ProjectDWG

3

2014

Caráter temporário  
227 m<sup>2</sup>

#### Conceito:

Este pavilhão destinado a servir comunidades, para realizar eventos, teve como referência principal seguir os elementos de Mies van der Rohe na casa Farnsworth, permitindo a construção de uma estrutura elevada, fácil de montar e desmontar, fácil de transportar e que causa um impacto mínimo no solo onde se insere. A estrutura de Mies, serviu como base para desenvolver 3 placas opacas, pavimentos e cobertura e o restante, as fachadas, terminaram por representar "cortinas luminosas e transparentes", compostas por painéis ondulados preenchidos com mais de 40 000 garrafas de plástico PET desde o pavimento ao teto. A ideia inicial preenchia as fachadas com tubos de cartão, seguindo os princípios de Shigeru Ban, mas a disponibilidade de materiais não permitiu que essa ideia se desenvolvesse, assim, os arquitetos procuraram uma solução que lhes permitisse obter um edifício interessante arquitetonicamente.

Durante o dia, a massa translúcida de formas esmagadas ilumina o interior. À noite, as cortinas massivas transformam-se numa lanterna abstrata na paisagem.

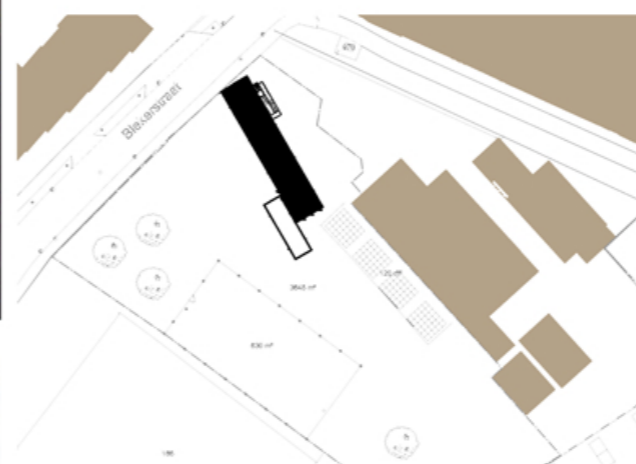
Loos.FM (2019)

O edifício localiza-se num parque rodeado de habitações e locais de indústria e comércio. A geografia do lugar é característica dos países-baixos, plana e estável, facilitando a implantação da estrutura. A ideia dos arquitetos, como já referido, foi a de seguir os princípios do arquiteto Mies Van der Rohe, em construir uma estrutura simples, fácil de montar, transportar e desmontar novamente, permitindo a reutilização contínua da estrutura e dos materiais que formalizam o objeto arquitetónico.

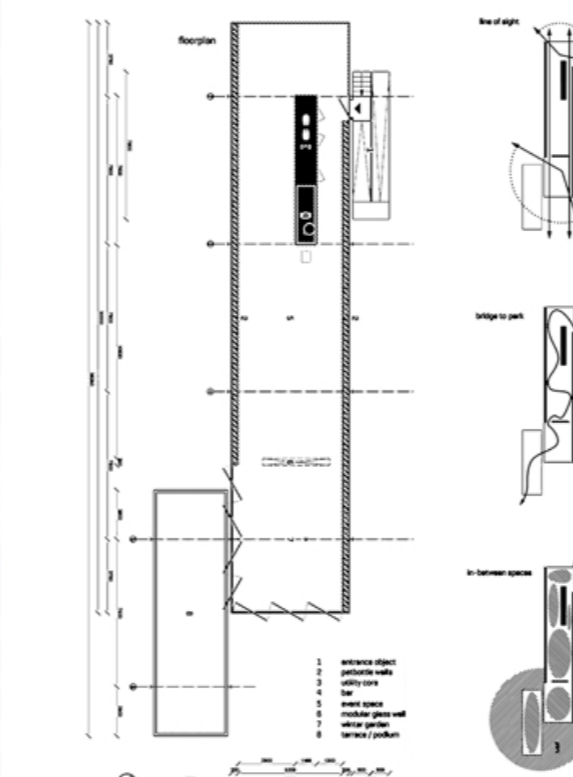
Para conseguir um interior apelativo, os arquitetos responsáveis testaram várias formas de extrair as propriedades do plástico para as suas fachadas e atmosferas interiores. As qualidades que mais se refletem neste projeto são a cor e a forma, que acabam por atribuir uma textura diferente à envolvente.

Tratando-se de um espaço dedicado à cultura e educação dos seus utilizadores, é de máxima importância dar relevo a esta obra, uma vez que a preocupação com o ambiente deve crescer e ajudar a economia local uma prioridade.

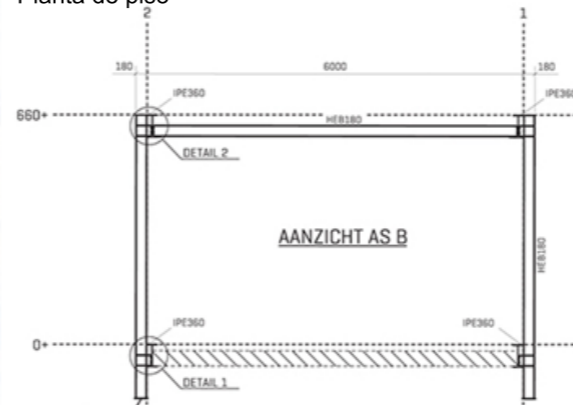
Os arquitetos decidiram contar com a participação de jovens e adultos para recolher o plástico disponível no parque e assim conseguir materiais suficientes para a formalização da ideia, foram conseguidas mais de 40 000 garrafas de plástico PET, 25 000 rolas em plástico e 8 000 garrafas de gel de banho e shampoo.



Planta de implantação



Planta de piso



Seção transversal

Figura 108 - Planos de arquitetura (Loos.FM, 2019)

Tabela 15 - Análise de estudo de caso (3) de acordo com os indicadores de análise de arquitetura sustentável (do autor)

3

Respostas da obra	Indicadores de avaliação de sustentabilidade					Dimensões	ACV circular			TOTAL		
							A	SE	SC			
materiais maioritariamente biodegradáveis reutilizáveis, recuperáveis e recicláveis	I1	Impacte ambiental associado ao Ciclo de Vida dos edifícios				2	x	x	x	x	30 pts ou 2,30	
3 tipos de objetos em plástico	I18	Reutilização de materiais				2	x	x		x		
Todos os materiais são recicláveis	I19	Uso de materiais reciclados ou recicláveis				4	x	x		x		
Tendo em conta a espessura do sistema e a quantidade de “bolsas” de ar que se formam, a capacidade isolante dos materiais revela-se excelente, a orientação solar do volume garante que praticamente todas as fachadas recebem sol, estando localizado nos países baixos, a captação de energia solar para o interior é necessária, a transparência dos painéis de PC permite que a radiação passe pelas garrafas PET aquecendo o espaço interior.	I29	Conforto térmico				3	x	x	x			
		Isolante										
		Orientação solar										
		Sombreamento										
		Transparência										
Os painéis de PC têm textura, o que permite que haja uma diminuição da reverberação do som interior, da mesma forma, o sistema complexo em textura e densidade, permite o controlo do som desde o exterior ao interior.	I30	Conforto acústico				4			x			
		Variação da densidade										
		Textura										
O sistema é rico em padrões, cores, texturas e possui brilho, favorecendo espaços com grande qualidade e com características atípicas.	I31	Conforto visual				4			x			
		Padrão										
		Textura										
		Cor										
		Brilho										
Tendo o PC um componente químico perigoso, a sua toxicidade reduz os valores do indicador.	I32	Toxicidade dos materiais (COV)				2	x		x			
O projeto é totalmente aberto, sendo a ventilação completamente natural.	I33	Ventilação natural				4	x	x	x			
Sendo um edifício de caráter temporário, os custos seriam nulos, mas, é necessário o transporte.	I45	Custo de manutenção				1	x	x	x	x		

Fraco = 1  
  Bom = 2  
  Muito Bom = 3  
  Excelente = 4  
  Total

26 pontos de 36      20 pontos de 27      4 pontos de 4

**Materiais:**

- Estrutura em aço
- Betão armado
- Madeira
- Painéis de MDF
- Vidro
- Painéis ondulados de policarbonato (PC)
- Garrafas (PET)
- Frascos (PEHD)
- Tampas de garrafas (PEHD)
- Lonas impermeabilizantes (PVC ou PE ou PS)



Figura 109 - Processo de encaixe das garrafas PET nos painéis de PC (Loos,FM, 2019)



Figura 110 - Pormenor de elementos de amarre dos painéis de PC (Loos,FM, 2019)

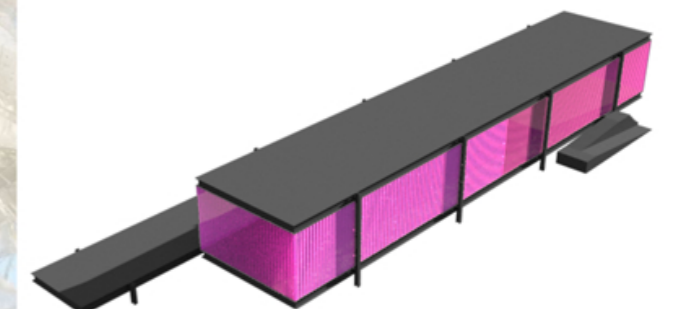


Figura 111 - Axonometria com materiais plásticos a rosa (do autor)



Figura 112 - Vista de rua do volume à noite (Loos, FM, 2019)



Figura 113 - Vista interior de parede semi-transparente (Nlé, 2019)

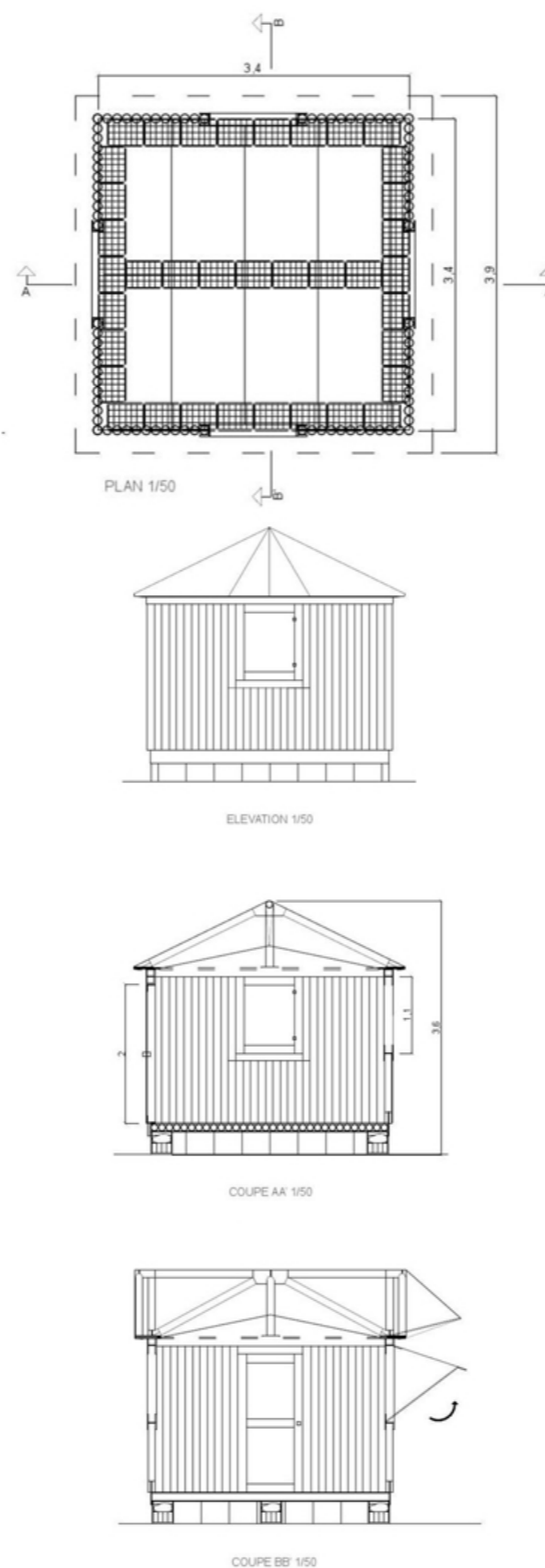
#### 4.4.4. Paper Log Houses

Kobe, Japão  
Shigeru Ban

3

1995

Caráter temporário  
16 m<sup>2</sup>



#### Conceito:

O sucedido em 1995 no Japão, na cidade de Kobe após um terremoto de grande escala, levou o arquiteto japonês Shigeru Ban a desenvolver um projeto de realojamento de centenas de famílias. A ideia do arquiteto em conceber abrigos simples e eficazes foi a de recolher o máximo possível de materiais através de doações ou da apropriação direta de recursos e a partir daí desenvolver habitações funcionais para as famílias mais afetadas.

O arquiteto, prémio Pritzker de 2014, juntamente com uma vasta equipa de voluntários, conseguiu reunir grades de plástico suficientes para estabelecer as fundações dos pequenos volumes de 4 x 4 m e, lonas com fins publicitários para oferecer abrigo à intempérie.

A reutilização de materiais disponíveis em grandes quantidades foi a principal ação do projeto, praticamente todos os seus componentes são reutilizados e têm a possibilidade de ser reciclados. Os espaços desenvolvidos correspondem ao mínimo possível e necessário, uma vez que a quantidade de pessoas que necessitavam refúgio eram demasiadas.

O desastre natural levou à morte de 6 400 pessoas, 300 mil ficaram desalojadas e este projeto contribuiu com cerca de 21 abrigos.

Os pequenos módulos, na atualidade, servem os propósitos básicos do abrigo em qualquer parte do mundo, o arquiteto tem vindo a localizar diversos modelos com características muito similares por vários territórios afetados por desastres naturais e guerras.

Na sua base a obra tem como característica a formação de um volume aparentemente "tradicional", que recorre a objetos fáceis de conseguir nas imediações. A cobertura a duas águas, generalizada por todo o planeta, as paredes com pequenas aberturas e o pavimento ligeiramente elevado, são elementos que tornam este objeto interessante, dado que os materiais utilizados são contemporâneos.

Oferecem assim a sensação de tranquilidade e segurança de uma habitação, mais ou menos, tradicional, a pessoas que sofreram perdas incalculáveis.

Os níveis de toxicidade deste projeto dependem do tipo de plástico que contém as lonas, se estas forem em PVC os seus níveis de contaminação são elevados, se foram reutilizadas lonas de PP ou PE não existirão riscos de contaminação.

Figura 114 - Planos de arquitetura (Shigeru Ban, 1995)

Tabela 16 - Análise de estudo de caso (4) de acordo com os indicadores de análise de arquitetura sustentável (do autor)

Respostas da obra	Indicadores de avaliação de sustentabilidade		Dimensões			ACV circular	TOTAL	
			A	SE	SC			
Materiais maioritariamente biodegradáveis reutilizáveis, recuperáveis e recicláveis	I1	Impacte ambiental associado ao Ciclo de Vida dos edifícios	■	■	■	4	Os materiais escolhidos para a concretização do edifício respondem às premissas de sistemas de vida circulares	31 pts ou 2,38
2 tipos de objetos em plástico	I18	Reutilização de materiais	■	■	■	4		
Todos os materiais são recicláveis	I19	Uso de materiais reciclados ou recicláveis	■	■	■	4		
Tendo em conta que a única separação entre o meio ambiente e o espaço interior desenhado é uma fina tela de PVC/PE/PP, a capacidade isolante é praticamente nula, no entanto a orientação solar favorece a absorção de energia solar e oferece sombra para os dias de maior radiação, a transparência não é uma das qualidades da tela, mas deixa passar uma quantidade considerável de luz para os espaços interiores.	I29	Conforto térmico	■	■	■	2		
		Isolante	■	■	■			
		Orientação solar	■	■	■			
		Sombreamento	■	■	■			
		Transparência	■	■	■			
Nenhum dos materiais plásticos aplicados foi instalado tendo em conta necessidades acústicas.	I30	Conforto acústico			■	0		
		Variação da densidade						
		Textura						
Ambos plásticos têm padrões coloridos e repetitivos, as grades de PEAD, com as suas cores variadas geram padrões interessantes nas fundações, as telas - no projeto original - sendo de publicidades variadas, possuem cores e padrões que alteram a qualidade do espaço interior.	I31	Conforto visual	■	■	■	2	- Cumpre os princípios de salvaguarda ambiental - Cumpre os princípios de crescimento sócio-económico - Cumpre os princípios de potencial sócio-cultural	
		Padrão	■	■	■			
		Textura	■	■	■			
		Cor	■	■	■			
Tendo o PVC um componente químico perigoso, a sua toxicidade eleva os valores do indicador.	I32	Toxicidade dos materiais (COV)	■	■	■	3		
Uma pequena abertura na cobertura, a janela e a porta garantem que a ventilação seja completamente natural.	I33	Ventilação natural	■	■	■	4		
Os volumes construídos não se consideram habitações permanentes, o que leva a que os custos sejam nulos.	I45	Custo de manutenção	■	■	■	4		
			■ Fraco = 1 ■ Bom = 2 ■ Muito Bom = 3 ■ Excelente = 4 ■ Total			27 pontos de 36	20 pontos de 27	4 pontos de 4

**Materiais:**

- Madeira
- Cartão envernizado
- Janelas e portas apropriadas
- Lona de PVC, PP e/ou PE
- Fita adesiva expansiva impermeável
- Grades em PEHD



Figura 115 - "Bainha" de tela em estrutura metálica (Archdaily, 2019)

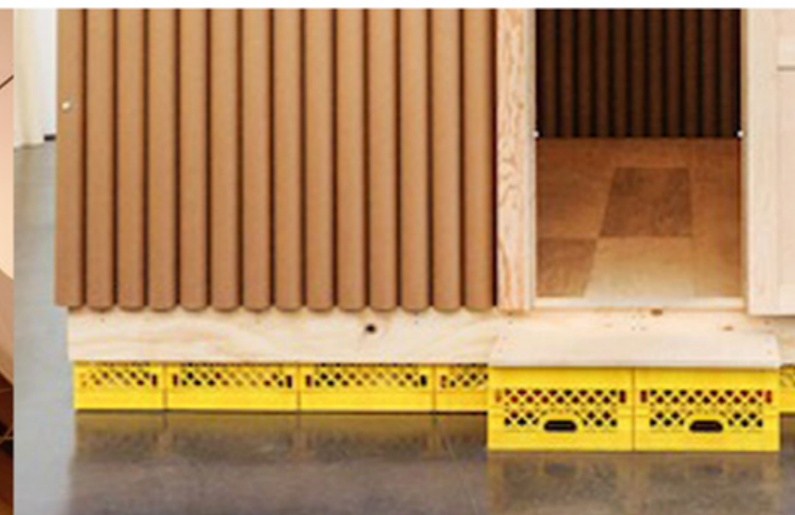


Figura 116 - Apoio principal dos volumes em grades de PEAD (Archdaily, 2019)

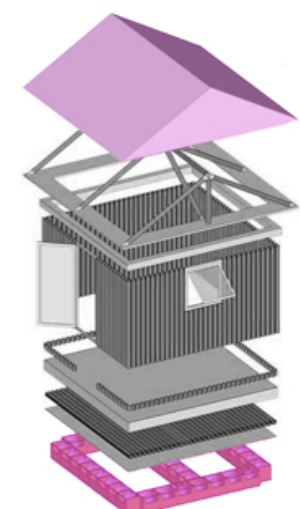


Figura 117 - Axonometria com materiais plásticos a rosa (adaptado pelo autor a partir de shigeru Ban (1995))



Figura 118 - Vista de rua do volume (De Masi, 2020)

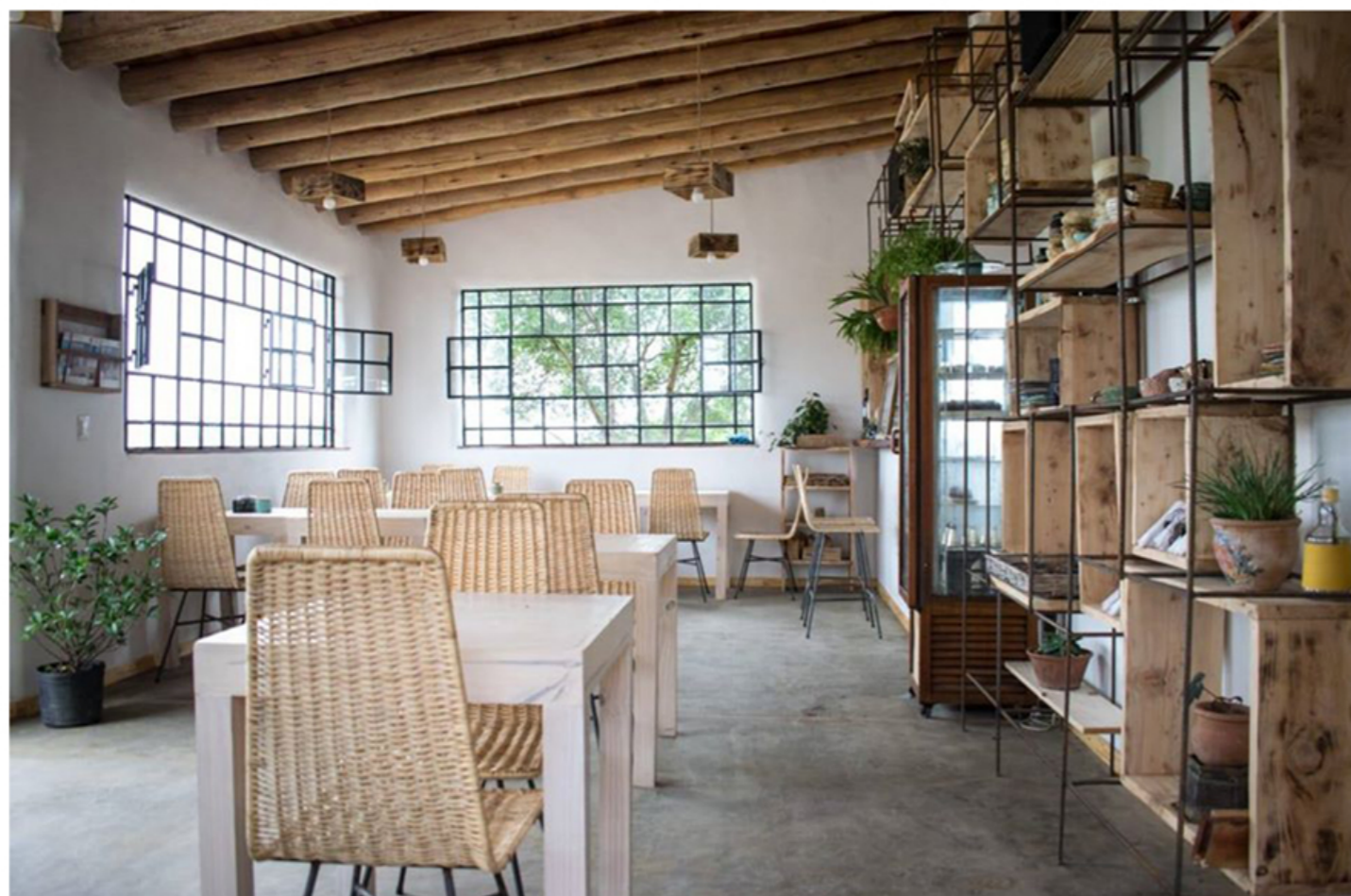


Figura 119 - Vista interior (De Masi, 2020)

4.4.5. Casa del Té María  
Fourcade  
Argentina  
3 Construcciones

5

2016

Caráter permanente  
125 m<sup>2</sup>

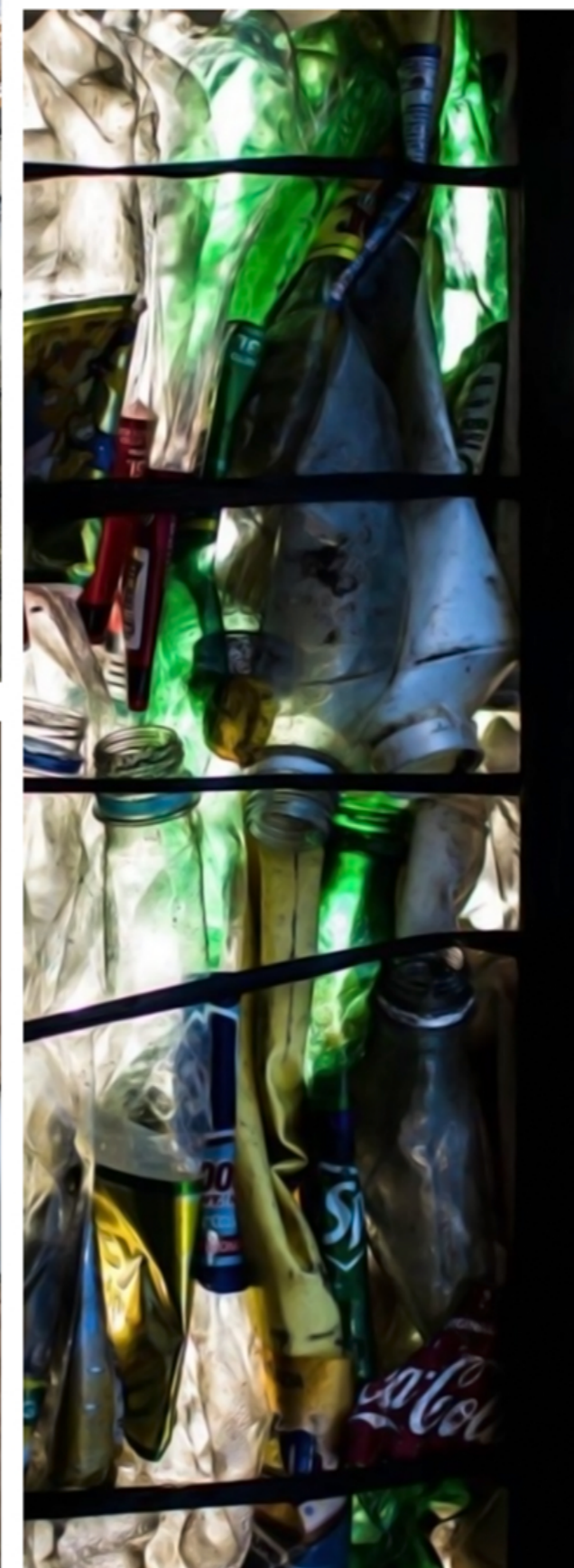


Figura 120 - O plástico do interior do sistema de parede (De Masi, 2020)

Conceito:

O conceito da habitação desenvolvida pelo gabinete 3 Construcciones, baseia-se na formalização de diversos volumes com coberturas inclinadas, que se unem entre si.

Mais do que um desenho de uma habitação, o grupo responsável pela construção da obra, juntamente com a proprietária, María Fourcade, quis representar um novo estilo de vida, que se manifesta como “fora da grelha”. A habitação é totalmente independente da rede elétrica local, uma vez que os cabos não chegam ao lugar de implantação e depende totalmente da reutilização de plástico em grandes quantidades.

O edifício encontra-se no topo de uma ladeira na região de Córdoba, na Argentina, uma zona onde o clima se mostra áspero, tanto nos invernos como nos verões, então foi necessária a construção de um sistema que permitisse um bom isolamento térmico. Dado que o plástico em si já é um material com boas propriedades térmicas, a textura do sistema, permite que a variação do ar sirva de controlo térmico com o exterior.

Os espaços desenvolvidos assemelham-se a espaços tradicionais com acabamento em reboco de cimento. Para tal, a equipa de construção, levou a cabo um sistema que imita as propriedades de um sistema de capoto, onde se colocam placas de madeira ou cartão, posteriormente revestidas por uma malha que garante a adesão do reboco ao sistema estrutural de madeira e plástico.

Neste projeto, as propriedades que se extraíram do plástico são essencialmente térmicas e de quantidades disponíveis para reutilização.



#### 4.5. Análise comparativa

Uma vez que os objetivos da investigação se complementam e relacionam entre si constantemente, a sua correlação é direta, não se justificando assim a necessidade de desenvolver um novo capítulo que fundamente tal correlação, assim partir-se-á para a análise comparativa dos diferentes casos de estudo apresentados no ponto anterior do presente capítulo.

Esta investigação mostra como a arquitetura consegue formular pedidos urgentes do ambiente, da sociedade e até da economia circular. A resolução de problemas ambientais é a primeira abordagem que se deve seguir, sendo que as possibilidades que o arquiteto encontra no quotidiano são infinitas. Existem soluções para todos os problemas e a reutilização de elementos produzidos em plástico é uma dessas soluções. Sendo que a revalorização energética através de combustão, é um fim a evitar – pela contaminação atmosférica que produz -, a reutilização é a opção de vida mais viável.

Os estudos de caso são analisados comparativamente em relação a dois aspetos: quanto ao plástico como material manipulador das características espaciais e quanto ao resultado dos indicadores de análise de arquitetura sustentável orientados ao plástico.

Conforme indicado no ponto anterior sobre a análise de dados como resposta ao objetivo 1, as características que a arquitetura pode retirar dos materiais conseguidos variam conforme o objeto que se pretende reutilizar na obra, mas podem-se centrar em quatro grupos. Assim sendo, comparativamente, os casos de estudo serão analisados quanto à recorrência das características intrínsecas do material que se reutiliza.

O plástico como verificado ao longo desta dissertação compõe uma série de oportunidades e consequências, que a arquitetura pode absorver ou rejeitar no processo de desenho e construção. Nas desvantagens encontram-se as possibilidades de contaminação do solo, do ar e da água, a morte de seres vivos, a saúde contínua de todos e a desvantagem da propagação pelo espaço.

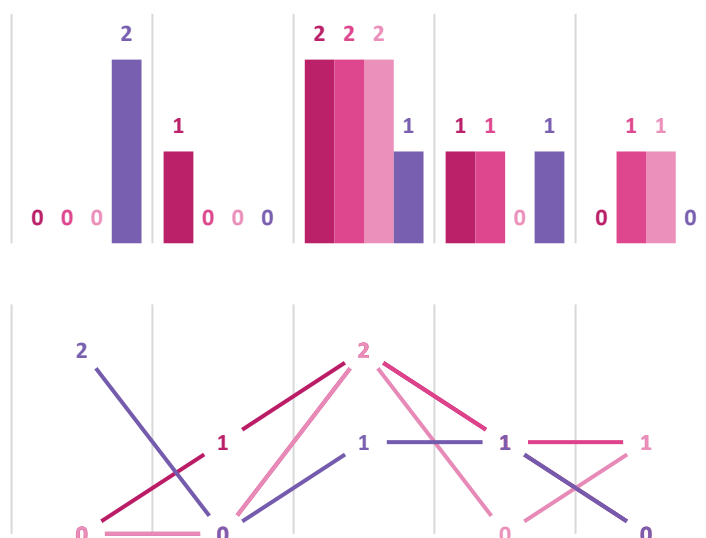
Tempo é vida e tempo é poder fazer, para o ser humano, poder fazer depende do seu pensamento e da habilidade física de resolver problemas, a vida é problema do tempo. Um dos problemas que o planeta apresenta é a falta de capacidade para se regenerar, outro, é a distopia existente entre os vários sistemas ecossociais e económicos mundiais.

Edwards (2005); Rogers, Jalal, & Boyd (2008); Lacy & Rutqvist (2009), traduzem estas palavras para esquemas, tabelas e gráficos que permitem ao leitor compreender com facilidade o funcionamento da economia mundial, da distribuição de recursos e dos meios de análise de sustentabilidade, tais informações estudadas ao longo da dissertação permitem classificar as oportunidades e os danos cometidos ambientalmente, económica e socialmente e culturalmente.

Entre as oportunidades encontram-se as qualidades lumíneas e visuais, qualidades térmicas e qualidades acústicas.

No gráfico seguinte, apresentam-se valores referentes à quantidade de plásticos que se encontram em projeto (reutilizados/reutilizáveis), que para o caso são valores entre 0 e 2. As linhas são referentes ao percurso das características, mostrando qual delas é a mais procurada, revelando valores igualitários para todas elas. Então, onde está a diferença? Encontra-se na decisão das equipas de arquitetura. Cada caso de estudo procura no mínimo 1 característica, e no máximo 7.

Gráfico 3 - Variação das qualidades extraídas do plástico para a arquitetura (do autor)



	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
— Lumíneas e visuais	0	1	2	1	0
— Térmicas	0	0	2	1	1
— Acústicas	0	0	2	0	1
— Mecânicas	2	0	1	1	0

Os valores seriam totalmente diferentes se cada projeto reutilizasse um total de dez objetos em plástico, multiplicar-se-iam 10 vezes as quatro qualidades, surgindo um total de 40 valores máximos (este valor não é calculado com o mesmo propósito que o valor final de cada caso de estudo para a sustentabilidade).

Os valores apresentados no gráfico anterior, mostram que existem obras que recorrem a objetos plásticos em maior ou menor quantidade, em situações extremas encontram-se o caso 2, com apenas um objeto selecionado e, os casos 3 e 5 com três objetos identificados, de entre os quais, apenas as garrafas, frascos e as tampas são reutilizadas. E conseqüentemente apenas uma propriedade foi extraída para a satisfação de todas as qualidades que a arquitetura pede, o que não termina por constatar que a sua análise de sustentabilidade seja negativa.

Como ponto de comparação principal, também estão os indicadores de arquitetura sustentável, que como referido no capítulo anterior referente aos dados que respondem ao objetivo 2 se parametrizam através de um sistema simples de classificação de 4 níveis, desde Muito fraco a Muito Bom, assim como as dimensões de sustentabilidade e o Ciclo de Vida dos materiais e dos edifícios em si. Os resultados obtidos foram tratados através de uma média que permitiu avaliar com valores numéricos as diferenças entre cada estudo de caso.

Verifica-se que a obra arquitetónica que apresenta maiores níveis de sustentabilidade é o caso 5, uma vez que os indicadores avaliados apresentam na sua maioria valores superiores a “Muito Bom”, a obra que se destaca por ter os valores médios mais baixos é o caso 2, pela baixa quantidade de objetos que reutiliza e pelas poucas funções que este representa para o conforto térmico e acústico.

Desta forma constata-se que a obra que maior proveito conseguiu extrair da reutilização de objetos plásticos, foi o caso 5, o que facilitou a obtenção de valores

elevados apesar de não se avaliar o conforto visual, foi a toxicidade dos materiais, que é muito baixa, oferecendo valores excelentes. Em comparação com os valores indicados na análise de dados do objetivo 1, este caso obteria um total de 2/7, então, qual é o problema?

*Tabela 19 - Relação entre os vários estudos de caso e os valores calculados para a indicação de sustentabilidade final (do autor)*

Caso	1	2	3	4	5
Pontos					
Até 40					
	29	27	30	31	33
Valor médio	0,725	0,675	0,75	0,775	0,825

Os dados apresentados na análise de qualidades do plástico extraídas para a arquitetura, mostram que o edifício analisado como Caso 3, Pet Pavillion, apresenta valores mais elevados, 7/7 e é o caso que se encontra como média nos resultados dos Indicadores de avaliação de sustentabilidade, porquê? Apesar de terem extraído as propriedades, estas não foram verdadeiramente maximizadas, porque a origem dos painéis de policarbonato é desconhecida, tal valor poderia ser alterado se estes fossem doados. Pelo observado na figura 9 na parte B dos Anexos, os painéis de policarbonato têm as mesmas medidas, estão perfeitamente alinhados e preparados para uma montagem eficaz e à medida. Isto indica que podem ter chegado ao local desde uma fábrica ou um vendedor de primeira mão. Para tal, suspeita-se que as garrafas e os envases de shampoo sejam os poucos materiais reutilizados para esta construção.

Na construção da casa de té de Maria Fourcade, a origem das garrafas de plástico é mais confiável de ser de meios domésticos e assim mostrar que a origem do material reutilizável importa para calcular o impacte total da obra.

Interpretando os dados obtidos nesta análise, percebe-se que existe uma tendência nas obras quanto às dimensões da sustentabilidade e quanto à ACV circular, uma vez que se analisa a relação entre os indicadores, a sustentabilidade e a indústria da construção, os resultados mostram-se na sua totalidade positivos.

## V. Considerações finais

5.1. Gerais

5.2. Específicas

## 5.1. Gerais

Numa visão holística da investigação desenvolvida, as considerações gerais que se extraem são positivas, na medida em que todos os projetos analisados conseguem responder a necessidades socioeconómicas, socioculturais e ambientais, seja através da reutilização, reciclagem, aplicação de tecnologias avançadas ou antigas.

Para determinar como se pode atingir a sustentabilidade devem-se continuar a procurar soluções que potenciem o desenvolvimento ao invés de estagnar. A avaliação de edifícios deve ser considerada e respeitada, uma vez que ocupam grande parte no pódio das indústrias consumistas. A análise através de indicadores da sustentabilidade permitiu conceber um meio análise ajustado à investigação em curso, assim como a verificação do cumprimento dos ODS para 2030.

Destaca-se o trabalho de arquitetos como Loos.Fm & DwgProject, NIé Studio e Shau Bandung, onde se observa a preocupação com o equilíbrio entre as dimensões da sustentabilidade. Os informantes diretos, indiretos e chave, referiram a importância de reutilizar plástico, as quantidades necessárias para construir com objetos de plástico do quotidiano, assim como as características do material que podem favorecer a arquitetura.

A investigação sobre as propriedades físicas dos diversos tipos de plástico e a sua aportação à qualidade espacial arquitetónica refletiu que o material e os objetos plásticos não devem ser descartados imediatamente após a perda do seu uso, devem sim ser reaplicados noutras funções. Este sistema permite o desenvolvimento sustentável em todas as dimensões analisadas.

Como contributo ao conhecimento científico, apresentaram-se os vínculos diretos entre um estudo da sustentabilidade e a arquitetura que reutiliza plástico na sua caracterização, da mesma forma que se apresentam os vínculos entre o espaço arquitetónico e as propriedades físicas do plástico.

A investigação termina por sugerir que um projeto de arquitetura sustentável siga a reutilização de objetos não-convencionais como objetos do diário em plástico. A variedade de propostas apresentadas permite ao leitor, seguir modelos de arquitetura funcional e responsável com o futuro. Um objeto banal, pode ser considerado único e plural, oferecendo distintas possibilidades de aglomeração em paredes, tetos, pavimentos, estruturas, iluminação e acabamentos.

Como se demonstra ao longo da investigação, a reutilização é a atividade que mais rentável se pode mostrar a longo prazo, favorecendo a qualidade de vida e reduzindo a poluição e outros problemas ambientais. Também se proporciona a informação necessária para compreender como se dá a relação entre a reutilização e os contextos sociais-económicos-culturais.

A crítica exposta na análise de diferentes contextos sociais-económicos-culturais, facilita a compreensão de conceitos básicos na análise do desenvolvimento sustentável, como a produção, o consumo e a distribuição de bens e recursos. Neste âmbito, a arquitetura é interpretada por duas partes, uma onde o desenvolvimento tecnológico, científico e económico proporciona espaços e soluções construtivas novas e, outra por onde a arquitetura se mantém, apenas se repara o quebrado, formando uma arquitetura consertada.

Todas as necessidades de um lugar podem ser comprometidas por um tipo de arquitetura que não contribua para a redução da Pegada Ecológica e para benefício social. Se for decisão do arquiteto materializar as suas obras de forma desconectada ao lugar, à cultura da sociedade local, aos valores económicos e à poupança de recursos, a qualidade de vida vê-se negativamente comprometida.

As transformações que se deram ao longo dos anos na arquitetura, potenciaram a criatividade dos arquitetos na procura de soluções, que surgiram em lugares com grandes necessidades em todas as dimensões estudadas durante a investigação. Apresentam-se exemplos que são modelos a poder seguir e servem de inspiração, para novas técnicas, soluções e modos de pensar, desenhar e construir.

As obras e arquitetos que se analisaram permitiram obter respostas a perguntas que se colocaram ao longo da dissertação e, garantiram a estabilidade do trabalho desenvolvido pela sua participação ativa na construção de edifícios mais responsáveis para com o ambiente e as necessidades arquitetónicas.

As soluções construtivas que se mostram ao longo da análise dos estudos de caso mostram-se positivamente relacionadas com os conceitos estudados, respondem enfim aos objetivos propostos nesta investigação. Nos estudos de caso os dados revelam que a sustentabilidade foi tida em conta e que os problemas ambientais também fazem parte das preocupações do arquiteto e, que se a vontade for maior podem surgir oportunidades de desenvolver edifícios interessantes e responsáveis.

Tais transformações são consideradas no estudo das vantagens físicas do plástico, enunciando as particularidades dos benefícios da reutilização do plástico na arquitetura.

As conclusões da fundamentação teórica comprovam que a necessidade de novos espaços e de qualidade ambiental e arquitetónica, pode ser resolvida através da reutilização do plástico na materialização de edifícios.

Esta investigação foi realizada num período limitado, pelo que os recursos utilizados foram adaptados a esse espaço temporal. A investigação não se apresenta como um estudo fechado, possibilitando a sua continuação e até, na eventualidade da sua aplicação a uma obra arquitetónica que reutilize objetos banais em plástico.

## 5.2. Específicas

De forma a especificar as considerações finais dos resultados obtidos após a recolha de dados sobre a realidade da arquitetura que reutiliza plásticos na sua materialização, sintetiza-se a abordagem apresentada nos capítulos anteriores desta investigação.

Facilitando a organização dos conteúdos do documento, a síntese comporta os dois objetivos em causa, desenvolvendo uma distribuição lógica e concreta da análise previamente realizada.

### Objetivo 1:

**Estudar a influência da escolha de certos tipos de plásticos na arquitetura**, foi o primeiro objetivo a cumprir durante a investigação. Este estudo realizou-se através da identificação das **principais características dos espaços desenvolvidos, a nível de dinamismo, conforto e funcionalidade**, associados aos sistemas construtivos que materializam diretamente os espaços arquitetónicos.

Percebeu-se de imediato que a relação entre as qualidades espaciais de uma obra de carácter arquitetónico e os indicadores de análise de sustentabilidade, é estreita, uma vez que se encontram em constante intercâmbio de dados. Desta forma, o conforto ambiental e a reutilização de objetos específicos em plástico são as características base de estudo do segundo objetivo.

Para tal foi necessária a realização de uma investigação sobre as características físicas de diversos objetos em plástico, observando imagens que revelem objetos com diferentes tipos de design, mas que permitam uma comparação acessível das características comuns entre eles.

Com o impulso à meta proposta, responde-se a perguntas relacionadas com as diversas possibilidades que cada projeto poderia usar a seu favor.

O caso 1 – **MFS I** – prova que caso não se tivessem reutilizado bidons de plástico, a estrutura seria mais densa do que a água e necessitaria de uma solução construtiva diferente para as fundações. A criatividade do edifício ser-lhe-ia retirada e a procura por soluções, face à problemática da subida do nível da água do mar, cessaria. O sistema intrincado de gestão de resíduos através da comunicação entre os bidons e o sistema de acumulação de águas pluviais para consumo, talvez fossem mais complicados de obter caso não se recorresse a tais objetos.

Este caso prova também que a sobrevivência da população às cheias e tempestades pode depender de sistemas de ancoragem, resistentes, ao manto da lagoa de Lagos (ficou por descobrir a resistência aos ventos, que terminaram com a obra durante uma tempestade). Este edifício terminou gravemente danificado, mas como ele, muitas centenas de habitações terminaram destruídas e milhares de pessoas perderam as suas casas.

As fundações formadas em bidons permaneceram praticamente intactas, assim mostra-se que o sistema de pavimento flutuante funciona, a estrutura que se segue a ele é que se debateu. A resposta obtida, mostra que a reutilização de plásticos facilitou a conceção de um espaço durável e de um sistema inovador que no futuro permitirá à arquitetura resistir à subida dos níveis da água do mar.

Na **Bima Microlibrary**, a reutilização de baldes de gelado permitiu aos arquitetos formalizar espaços luminosos, com uma luz zenital e que transmite calma e tranquilidade. Caso tivessem utilizado, por exemplo, pneus, não iriam conseguir absorver a luz necessária para uma biblioteca, pois o pneu é um objeto em plástico

opaco, se tivessem utilizado garrafas de plástico, a absorção de luz seria maior e neste caso, direta, logo iria influenciar na absorção e contenção de energia calorífica, o oposto do que se pretende num clima como o da Indonésia. Mais uma vez, verifica-se a estreita relação com a análise de indicadores realizada como resposta ao primeiro objetivo.

O caso da Dinamarca – **PET Pavillion** – conclui-se que as cores que o espaço interior contém e o aspeto exterior recebe, não seriam possíveis sem recorrer a garrafas coloridas de azul, a visualização deste edifício seria totalmente diferente, ainda que o conforto visual pudesse ser garantido igualmente, então aqui a relação intrínseca entre as qualidades físicas do material e a qualidade espacial é demonstrada em mais um exemplo de arquitetura sustentável quanto ao consumo de plásticos.

Nas **Log Houses** em Kobe, o arquiteto procurou garantir o mínimo possível que oferecesse proteção das chuvas, do sol e do vento, o que garante conforto instantaneamente, mas o resultado acaba por apresentar conforto através de características que o plástico pode transmitir. Será exemplo a lona de plástico instalada na cobertura como modo de impermeabilização, que se coloca tradicionalmente entre um elemento de escoamento direto da água da chuva e a estrutura de apoio da cobertura. Ao se tratar de uma situação urgente de realojamento de várias famílias em situação de rua, a lona termina por ser o elemento único entre a água da chuva e a radiação solar e, o interior do espaço de estar/dormir/comer.

O ponto forte que a análise das qualidades do produto em uso (lonas) revela é a transmissão de energia calorífica e a translucidez da tela. A luz gerada no interior do espaço comum é diáfana, caso de usem telas brancas, mas se as telas contiverem cores, o espaço torna-se dinâmico e entretido. Mais uma vez, o exemplo estudado termina por ajudar a compreender que a reutilização de plásticos pode contribuir para a definição de espaços arquitetonicamente apelativos e que cumprem indicadores da arquitetura sustentável. Esta obra é de fato uma referência a analisar para quem estiver disposto a materializar a arquitetura com plásticos, dada a sua forte capacidade de relação com a sociedade num momento crítico, este projeto é praticamente perfeito.

A CdT de María Fourcade, consegue-se compreender o porquê da questão da relação entre as qualidades do material e do espaços arquitetónicos. O plástico termina por não se ver na obra finalizada, mas é capaz de oferecer conforto térmico e acústico aos espaços, assim a relação entre as qualidades do material enquanto à rugosidade do sistema e à variação da textura, é um interferente direto nas qualidades arquitetónicas que a sustentabilidade procura.

Sem atingir níveis que satisfaçam os parâmetros estabelecidos pelos indicadores de análise de sustentabilidade, os espaços arquitetonicamente pensados não atingem o equilíbrio entre o ambiente a sociedade e a economia. Assim o segundo objetivo desta investigação se justifica com a sua representação em dados como o conforto térmico, acústico, visual, na ventilação natural promovida pelos objetos em plástico e na toxicidade dos materiais envolvido nos sistemas construtivos.

O conhecimento que os exemplos referidos transmitem ao longo desta investigação, é contido na observação indireta das características dos espaços e na observação direta de objetos de plástico no quotidiano.

Após o estudo das características intrínsecas de cada objeto em plástico que se reutiliza nos estudos de caso analisados, percebe-se que existem diversas opções positivas que a arquitetura pode e deve aproveitar para a conceção de espaços dinâmicos e confortáveis para os seus utilizadores. Desta forma é importante salientar que o estudo realizado salienta espaços onde a criatividade dos

arquitetos foi levada ao máximo, enaltecendo as propriedades que mais lhes convinham para as suas obras arquitetónicas.

### Objetivo 2:

Como segundo objetivo a cumprir nesta dissertação, pretendeu-se **avaliar a reutilização de plástico em obras arquitetónicas através da seleção de indicadores de análise da arquitetura sustentável**. Para tal, observaram-se diversos autores, destacando-se o trabalho realizado por Mateus (2009) e Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, & Sevillano Gutiérrez (2014), que mostram quais são as diferentes dimensões a analisar, as diferentes categorias que delas advêm e, os **indicadores que podem designar quais são as características da arquitetura sustentável**.

Os indicadores sobre reutilização de materiais e conforto ambiental mostraram-se uma ferramenta essencial para compreender como a escolha de objetos em plástico reutilizáveis influenciou a aptidão arquitetónica dos edifícios.

Os indicadores analisados permitiram concentrar a informação recolhida apenas num material: o plástico. Assim definiram-se quais os indicadores que afetavam diretamente a conceção de sistemas construtivos que reutilizem o material em estudo.

Para entender como a arquitetura que reutiliza objetos de plástico se pode revelar sustentável, foi necessário executar um estudo sobre as origens do material, nomeadamente a sua produção e os tipos que surgem, o seu consumo e manutenção, assim como o seu descarte e possibilidades de revalorização, chegando-se à conclusão de que a arquitetura pode ajudar a resolver problemas ambientais, socioeconómicos e socioculturais associados à poluição provocada pela má gestão de resíduos urbanos plásticos. **A análise do ciclo de vida do material é o primeiro passo na procura de indícios da atividade da arquitetura relativamente ao uso de plásticos.**

**Em todos os casos avaliados**, nota-se a clara vontade dos arquitetos de resolver problemas de necessidades arquitetónicas, isto é, novos espaços que alberguem funções extremamente necessárias para a população e lugares em que se inserem. Sendo o principal papel do arquiteto, garantir que a população alvo tenha o direito a espaços salubres e confortáveis.

O primeiro estudo de caso avaliado – **MFS I** – permite compreender como as necessidades de um lugar específico como Makoko, onde as cheias e a subida do nível da água do mar, pedem novas soluções construtivas, que impeçam a destruição de edifícios e assim manter o alojamento de milhares de pessoas. Neste caso, nota-se que a equipa responsável pelo desenho do edifício procurou diversas soluções que permitam que o edifício flutue, a solução mais plausível encontrou-se em bidons de plástico (PEAD), que se encontram em desuso em diversos locais de troca mercantil da região. Este caso mostra como a reutilização permite resolver problemas ambientais e económicos, facilitando a construção de edifícios que promovem a cultura comunitária e a educação.

A avaliação deste edifício através de indicadores de análise da arquitetura sustentável permitiu compreender como se comporta o material em estudo (plástico), em função da qualidade ambiental, socioeconómica e sociocultural. A interpretação dos dados neste estudo de caso, permitiu, no entanto, perceber que se poderiam ter extraído mais qualidades dos objetos de plástico para a formalização da arquitetura, os indicadores revelam que a obra, comparativamente a outras, fica aquém nalguns pontos, podendo procurar novas soluções que

ampliem a sua sustentabilidade através da materialização com plásticos reutilizados.

O segundo caso – **Bima Microlibrary** – interpreta-se ao longo da investigação como um edifício que procurou adaptar-se às necessidades ambientais do lugar. Sendo a Indonésia um país com altas temperaturas, o consumo de gelados é muito elevado e, desta forma as embalagens plásticas, sem destino final, tornam-se um problema que os arquitetos procuraram resolver. A análise do edifício através de indicadores revelou que não só se contribuiu para a resolução de um problema ambiental, mas também se procurou solucionar problemas relacionados com o conforto ambiental no interior e no exterior do edifício.

A interpretação do objeto como parte integrante das fachadas é muito interessante, no entanto, a solução torna-se incompleta na medida em que o controlo do Ciclo de Vida do edifício (em geral) pode ser mais complicado, porque os materiais escolhidos podem ser daninhos ao meio ambiente e de difícil gestão pelos serviços de gestão de resíduos locais.

O estudo do terceiro caso – **PET Pavillion** – mostrou que a escolha de garrafas de plástico PET permitiu aos arquitetos desenvolver um edifício com ótimas condições interiores, como o conforto visual, acústico e térmico, da mesma forma que permitiu à equipa conceber um edifício cujos materiais podem ser reutilizados continuamente até que o edifício perca a sua função e, até que os materiais entrem em decadência. Este exemplo é pioneiro na Europa e, defende o ambiente, a comunidade em que se insere e promove a educação sobre as possibilidades do plástico – mesmo que se trate de garrafas de plástico – e sobre a poluição que se impede ao conceber soluções construtivas viáveis e seguras.

Como crítica a esta obra, somente se encontra o fato de ser uma obra temporária que viajará longas distâncias para atingir uma nova localização, certo é que se pouparão esforços, mas compensará a longo prazo?

Não seria um estudo de reutilização, se não se inserisse na investigação uma obra de construção pós-catástrofe, porque em condições de desespero, a sociedade procura soluções imediatas e funcionais, sendo os edifícios desenvolvidos uma representação da essência do abrigo. O caso n.º 4, referente às casas de cartão – **Log Houses** – de Shigeru Ban, permite analisar como diferentes tipos de objetos em plástico garantem a estabilidade de um edifício de emergência. A análise do projeto através de indicadores permitiu observar que os níveis de sustentabilidade são muito altos, porque se trata de construções onde os custos de manutenção e associados ao ciclo de vida em geral são nulos, tal como oferecem ambientes seguros e confortáveis.

O último, mas não menos importante, estudo de caso, centrou-se na procura de um sistema construtivo que mostrasse a reutilização a uma escala maior. A quantidade de plásticos que se reutilizaram é, talvez, a mais impressionante, uma vez que todas as paredes exteriores – o que representa uma grande parte do volume de uma obra – são preenchidas por plástico com destino à reciclagem.

A **Casa del Té de María Fourcade**, na Argentina, é um bom exemplo que cumprimento de objetivos de desenvolvimento sustentável, não só relativamente à reutilização a grande escala de materiais plásticos, mas quanto interação social-cultura-económica. Esta obra recebe a maior classificação de todas as obras arquitetónicas analisadas, uma vez que as propriedades do material são aproveitadas de forma totalitária, à exceção do conforto visual por se encontrar o material plástico oculto com reboco.

A análise de vários casos de arquitetura, construída com a ajuda de sistemas que reutilizam plástico na sua materialização, através de indicadores, revelou dados elucidativos quanto à sustentabilidade do processo de reutilização.

A reutilização de plásticos revela-se em todas as obras um fator-chave para uma futura análise holística dos edifícios, isto é, a avaliação realizada apenas representa uma parte da análise total de um edifício, sendo os resultados positivos, conclui-se que as respostas relativas ao objetivo, permitem constatar que de fato **existe sustentabilidade na arquitetura através da reutilização de objetos ordinários em plástico.**

Por meio da identificação e seleção dos indicadores de análise de sustentabilidade em arquitetura, percebe-se que a arquitetura que reutiliza materiais plásticos contribui solenemente para o desenvolvimento sustentável em todas as suas dimensões, respondendo principalmente às necessidades ambientais e socioculturais.

## Referências bibliográficas

- ABC. (2019). *Walter R. Stahel*. Obtido em Dezembro de 2019, de [https://www.abc.es/natural/vivirenverde/abci-walter-stahel-tratar-recursos-y-bienes-como-pelucho-y-no-como-chicle-201901181128\\_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://www.abc.es/natural/vivirenverde/abci-walter-stahel-tratar-recursos-y-bienes-como-pelucho-y-no-como-chicle-201901181128_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F)
- Aguiar, B., & et al. (2014). *Materiais de construção sustentáveis (Vol. I)*. S.I.: Universidade do Minho.
- Albuquerque, J. (1990). *O plástico na prática*. Porto Alegre: Sagra.
- Álvares, M. (2009). *A agenda 21 nos municípios portugueses. Dissertação de Mestrado pela Escola de Economia e Gestão*. Universidade do Minho.
- Amazon. (s.d.). *Cradle to cradle*. Obtido em Outubro de 2019, de <https://www.amazon.com/Cradle-Remaking-Way-Make-Things/dp/0099535475>
- Amazon. (s.d.). *The Global 2000 Report to the President of the U.S*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://www.amazon.com/Global-2000-Report-President-U-S-ebook/dp/B01DKJKKTI>
- APA. (2019). *Agência Portuguesa do Ambiente*. Obtido de Gestão de resíduos urbanos: dados sobre resíduos urbanos: <https://apambiente.pt/?ref=16&subref=84&sub2ref=933&sub3ref=936>
- Archdaily. (2013). *Head in the Clouds*. Obtido em Dezembro de 2019, de [https://www.archdaily.com/415655/head-in-the-clouds-pavilion-opens-in-nyc?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/415655/head-in-the-clouds-pavilion-opens-in-nyc?ad_medium=gallery)
- Archdaily. (2019). *Broadcasting architecture worldwide*. Obtido de <https://www.archdaily.com/>
- ARQHYS. (2012). *Construccion del ciclos de vida de un edificio*. Obtido em Dezembro de 2019, de <https://www.arqhys.com/arquitectura/construccion-ciclos-edificio.html>
- ASHRAE. (Fevereiro de 2020). *ASHRAE*. Obtido de <https://www.ashrae.org/search?q=confort>
- Baker Institute. (2017). *Inequality in Latin America*. Obtido em Dezembro de 2019, de <https://www.bakerinstitute.org/research/inequality-latin-america/>
- BBC. (2018). *Camada de ozono*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://www.bbc.com/portuguese/geral-45558884>
- BBC. (25 de Janeiro de 2020). *British Broadcasting Corporation*. Obtido de [bbc.com](http://bbc.com)
- Bezeau, R. (Janeiro de 2020). Obtido de Plastic Bottle Village: <http://www.plasticbottlevillage-theline.com/>
- Brands of the World. (2012). *Rio Eco-92*. Obtido em Dezembro de 2019, de <https://www.brandsoftheworld.com/logo/rio-eco-92>
- Business Insider. (2016). *Micro-library in Bandung, Indonesia*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://www.businessinsider.com/micro-library-made-from-recycled-ice-cream-containers-2016-8#the-team-ordered-2000-used-ice-cream-buckets-from-an-online-seller-to-build-the-walls-besides-reducing-waste-using-recycled-materials-fosters-awareness-of-indonesi>
- BuzzFeed. (2014). *Plastic bottles*. Obtido em Outubro de 2019, de <https://www.buzzfeed.com/saraalvesc/15-creative-ways-to-reuse-plastic-bottles-qa7f>
- Cahón, I. (Janeiro de 2020). *Momento Sustentável, garrafas PET*. Obtido de Cahón: <http://institutocahon.blogspot.com/2012/07/momento-sustentavel-parede-de-garrafas.html>
- Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Greenwich: Crest Book.

- Chanda, M., & Roy, S. (2008). *Plastics Engineering Series: Plastics fabrication and recycling*. South Carolina, E.U.A: CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Chueca Goitia, F. (1977). *Breve história del urbanismo*. Madrid: Alianza Editorial.
- Common Dreams. (2015). *People participating in the 1st Earth Day in 1970*. Obtido em Outubro de 2019, de <https://www.commondreams.org/views/2015/04/22/why-earth-day-doesnt-matter-anymore>
- Correia, M. (2009). Sustentabilidade: conceito e desenvolvimento. Em B. Azevedo, *Energias renováveis* (pp. 69-76). Lisboa: Atelier Nuno Pã.
- Correia, M., Dipasquale, L., & Mecca, S. (2014). *Versus: heritage for tomorrow*. Firenze: Firenze University Press.
- CS Globe. (2014). *Earthship*. Obtido em Janeiro de 2020, de <https://csglobe.com/10-reasons-build-earthship/2/>
- Daily Mail Online. (2017). *Chernobyl 1986*. Obtido em Dezembro de 2019, de <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-5101631/Study-Nuclear-explosion-came-Chernobyl-disaster.html>
- Daily Sabah. (2018). *Makoko, Nigeria*. Obtido em Outubro de 2019, de <https://www.dailysabah.com/africa/2018/05/17/makoko-venice-of-africa-faces-demolition-prospects-in-nigeria>
- De Masi, V. (Fevereiro de 2020). *¿Vivirías en una casa hecha con “basura”?* Obtido de Clarín, Viva: [https://www.clarin.com/viva/vivirias-casa-hecha-basura\\_0\\_YafzoBqwr.html](https://www.clarin.com/viva/vivirias-casa-hecha-basura_0_YafzoBqwr.html)
- Debbie Hecht. (2017). *Earth in Hands*. Obtido em Janeiro de 2020, de <https://debbiehecht.com/2017/05/08/socially-responsible-investing-walk-the-talk-through-your-investments-by-debbie-hecht-5-7-2017/>
- designboom. (2017). *Shigeru Ban's shelters*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://www.designboom.com/architecture/shigeru-ban-disaster-relief-shelters-bamboo-paper-sydney-exhibition-scaf-australia-03-27-2017/>
- Diario La Ventana. (2013). *Tapas*. Obtido em Novembro de 2019, de <http://www.diariolaventana.com/articulo.php?id=16876>
- Dias, P. (2014). *Agenda 21 local e o desenvolvimento sustentável em Portugal: que perspectivas? Tese de Doutoramento pelo Departamento de Ciências Sociais Políticas e do Território*. Universidade de Aveiro.
- DW. (2011). *Greenpeace 1971*. Obtido em Janeiro de 2020, de <https://www.dw.com/pt-br/em-40-anos-de-hist%C3%B3ria-greenpeace-ajudou-a-globalizar-debate-ambiental/a-15389715>
- EcoDebate. (2016). *Conferência ONU*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://www.ecodebate.com.br/2016/06/09/refletir-sobre-o-significado-da-conferencia-de-estocolmo-e-do-dia-mundial-do-meio-ambiente-artigo-de-reinaldo-dias/>
- Edwards, B. (2005). *O guia básico para a sustentabilidade*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Encyclopædia Britannica. (2019). *Chico Mendes*. Obtido em Dezembro de 2019, de <https://www.britannica.com/place/Amazon-Rainforest>
- Encyclopædia Britannica. (2020). *Gro Harlem Brundtland*. Obtido em Janeiro de 2020, de <https://www.britannica.com/biography/Gro-Harlem-Brundtland>
- Evening Standard. (2019). *Ellen Macarthur*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://www.standard.co.uk/futurelondon/theplasticfreeproject/dame-ellen-macarthur-redefining-packaging-recycling-waste-southwark-council-a4150911.html>
- FA Teoria VI. (2015). *Shigeru Ban: Papel loghouse*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://teoriaarqivmmhbalb.wordpress.com/2015/09/20/shigeru-ban-papel-loghouse/>

- Feel Desain. (2011). *Doors*. Obtido em Outubro de 2019, de <https://www.feeldesain.com/1000-doors-1-public-art-installation.html>
- Foro Internacional Democracia e Cooperação. (2012). *Amigos da Terra Internacional (FOEI)*. Obtido em Janeiro de 2020, de <http://www.democraciaycooperacion.net/contenidos-sitio-web/portugues/fidc-370/redes-e-organizacoes/article/amigos-da-terra-internacional-foei>
- FotEI, F. (2020). *Mobilize, Resist, Transform*. Obtido de Friends of the Earth International: <https://www.foei.org/what-we-do/climate-justice-and-energy>
- freepng.es. (s.d.). *ISO 14001*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://www.freepng.es/png-qq2u6d/>
- Front. (2006). *Morimoto Restaurant Bottle Wall*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://www.frontinc.com/project/morimoto-restaurant-bottle-wall/>
- Gonzalez, R. (Novembro de 2019). *Australia Plants World's Largest Pallet Garden*. Obtido de Tree Hugger: <https://www.treehugger.com/lawn-garden/australia-grows-worlds-largest-pallet-garden.html>
- goodreads. (s.d.). *Economics of Natural Resources and the Environment*. Obtido em Novembro de 2019, de [https://www.goodreads.com/book/show/2529237.Economics\\_of\\_Natural\\_Resources\\_and\\_the\\_Environment](https://www.goodreads.com/book/show/2529237.Economics_of_Natural_Resources_and_the_Environment)
- Green Peace, I. (2020). *Green Peace*. Obtido de International: <https://www.greenpeace.org/international/>
- Green, F. (Dezembro de 2019). *Ando's Morimoto Restaurant*. Obtido de <https://fabulouslygreen.wordpress.com/2006/09/17/design-inspiration-morimoto-restaurant-by-ando/>
- Guedes, B., & Filkauskas, M. (1986). *O plástico*. São Paulo: Livros Erica.
- Guillaud, H., Moriset, S., Sánchez Muñoz, N., & Sevillano Gutiérrez, E. (2014). *Versus: Lessons from Vernacular Heritage to Sustainable Architecture*. Grenoble, France: ENSAG-CRAterre.
- Guy, S., & Farmer, G. (2001). Reinterpreting sustainable architecture: the place of technology.
- Hogan, D., Marandola, J., & Ojima, R. (2010). *População e ambiente: desafios à sustentabilidade*. Brasil: Blucher.
- Infopédia. (2019). *Infopédia: Dicionários Porto Editora*. Obtido de <https://www.infopedia.pt/>
- Inhabitat. (2010). *Bottle School*. Obtido em Dezembro de 2019, de <https://inhabitat.com/asias-first-school-made-of-plastic-bottles-is-3x-stronger-than-concrete/>
- Inhabitat. (2013). *When the Beach Met the Bay*. Obtido em Dezembro de 2019, de <https://inhabitat.com/when-the-beach-met-the-bay-plastic-mosaic-recalls-hurricane-sandy-destruction/>
- Institut of Mathematical Statistics. (2007). *Harold Hotelling*. Obtido em Outubro de 2019, de [https://opc.mfo.de/detail?photo\\_id=15068](https://opc.mfo.de/detail?photo_id=15068)
- Intellectual Take Out. (2017). *John Ruskin (1819-1900)*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://www.intellectualtakeout.org/article/john-ruskin-8-profound-and-relevant-thoughts-education>
- ISO, I. (15 de 06 de 1997). ISO 14040:1997. *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and Framework - 1ª ed.*, p. 20.
- ISWA, I. (Setembro-Outubro de 2019). Marine Plastics and ISWA's Combat Calculator. *Waste Management World*, 9-11.
- Lacy, P., & Rutqvist, J. (2015). *Waste to Wealth: the circular economy advantage*. India: MPS Limited.

- Langdon, R. (Novembro de 2012). *Chameleon architecture: Ross Langdon at TEDxKrakow*. Obtido de TedTalks, Youtube Channel: <https://www.youtube.com/watch?v=w46rfUN52ps>
- LIPOR. (2006). *Cadernos Técnicos: A caracterização dos resíduos sólidos*.
- Lisbon Lux. (s.d.). *Convento do Carmo*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://www.lisbonlux.com/lisbon/convento-do-carmo.html>
- Literary Hub. (2018). *Silent Spring*. Obtido em Outubro de 2019, de <https://lithub.com/silent-spring-is-more-than-a-scientific-landmark-its-literature/>
- Lléo, B. (1998). *Colección Arquitesís: Sueño de Habitar* (Vol. 3). Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos.
- Loos.Fm. (Janeiro de 2019). *Loos.Fm: Projecten*. Obtido de TIJDELIJK MONUMENT IN EEN PAUZELANDSCHAP: <http://loos.fm/project-pet-paviljoen.php>
- Luces, K. (Fevereiro de 2020). *TESDA, My Shelter Foundation to light 400 houses with plastic 'solar bulb' bottles*. Obtido de GMA: <https://www.gmanetwork.com/news/scitech/technology/330508/tesda-my-shelter-foundation-to-light-400-houses-with-plastic-solar-bulb-bottles/story/>
- Maini, V. (2001). *¿qué? construcción ecológica, criterios, ayudas, materiales, energías y agua*. Alicante: Gráficas Agulló, S.L.
- Manutenção e Suprimentos. (2018). *CO2*. Obtido em Dezembro de 2019, de <https://www.manutencaoesuprimentos.com.br/aquecimento-global-e-dioxido-de-carbono-co2/>
- Mateus, R. (2009). *Avaliação da sustentabilidade da construção: proposta para o desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis. Tese de Doutorado pela Escola de Engenharia*. Universidade do Minho.
- McArthur, E. (03 de 01 de 2020). *Ellen McArthur Foundation*. Obtido de Infographic: Circular Economy System Diagram: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/infographic>
- McCallum, W. (2018). *Como viver sem plástico*. S.l.: Objectiva.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2005). *Cradle to cradle: remaking the way we make things*. Londres: Vintage Books.
- Melero, P. (Novembro de 2019). *Open Air Library (Salbke-Magdeburg, Alemanha)*. Obtido de Watch: <https://wearethecityheroes.wordpress.com/2013/02/01/open-air-library-salbke-magdeburg-alemania/>
- Mongabay. (2019). *Amazon rainforest fires*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://news.mongabay.com/2019/08/amazon-rainforest-fires-leave-sao-paulo-in-the-dark/>
- Mostaedi, A. (2002). *Arquitectura Sostenible* (Vol. Low Tech Houses). Barcelona: Instituto Monsa de Ediciones.
- MundoHumano. (2012). Obtido em Dezembro de 2019, de <http://mundohumano.com/como-hacer-un-tejado-con-botellas-pet/>
- My San Antonio. (2018). *Earthship Home*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://www.mysanantonio.com/realestate/article/What-Is-an-Earthship-Home-Eco-Friendly-Living-12522166.php>
- National Geographic, N. (Fevereiro de 2020). *Map Maker Interactive*. Obtido de National Geographic: <https://mapmaker.nationalgeographic.org/>
- Naturaliza. (Fevereiro de 2020). *La ONG filipina que recicla botellas de plástico para reconstruir escuelas devastadas por un tifón*. Obtido de Amarillo, Verde y Azul: <https://www.amarilloverdeyazul.com/la-ong-filipina-que-recicla-botellas-de-plastico-para-reconstruir-escuelas-devastadas-por-un-tifon/>

- Nlé. (2012). Makoko Floating School. *Research Report*, p. 167.
- npr. (2013). *Fuel crisis, 1973*. Obtido em Dezembro de 2019, de <https://www.npr.org/sections/parallels/2013/10/15/234771573/the-1973-arab-oil-embargo-the-old-rules-no-longer-apply?t=1584292154959>
- ONU. (2019). *Organização das Nações Unidas*. Obtido de Agenda 2030: <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods13/>
- Open Editions, J. (2020). *The Journal of Field Actions*. Obtido de Journals Open Editions: <https://journals.openedition.org/factsreports/5102>
- Ordem dos Arquitetos Conselho Diretivo Nacional. (2001). *A green Vitruvius - Princípios e práticas para uma arquitetura sustentável*. Lisboa: OA-CDN.
- Otto, F., & al. (1979). *Arquitectura adaptable: seminário organizado por el instituto de estructuras ligeras (IL)*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Papanek, V. (1995). *Arquitectura e Design: Ecologia e Ética*. Lisboa: Edições 70.
- PEAPM, P. E. (2020). *Plastics Europe: Association of plastics Manufacturers*. Obtido de What are plastics: <https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics>
- Pecegueiro, A. (2016). *Materialidade e sustentabilidade construtiva em arquitetura*. Obtido de Dissertação de Mestrado: Universidade Lusíada do Porto, Faculdade de Arquitetura e Artes: <http://hdl.handle.net/11067/2664>
- Pinho, M. (2018). *De resíduo a recurso: a reciclagem/reutilização de materiais não biodegradáveis em arquitetura*. Obtido de Dissertação de Mestrado: Universidade do Porto, Faculdade de Arquitetura: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/116824/2/298769.pdf>
- Pinto, M. (2002). *A limpeza do século, Portugal das lixeiras à valorização*. Lisboa: Grafiasa.
- Plastval, S. (2008). *Reciclagem: Identificação de plásticos*. (NERSolutions) Obtido em 2020, de Plastval, melhor ambiente: <http://www.plastval.pt/index.asp?info=reciclagem/identificacao>
- Ponti, G. (Ed.). (Outubro de 1975). Domus. *Volte in tessuto*(551), pp. 29 - 31. Obtido em 2019
- Portal Diplomático. (2018). *UNESCO*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://www.portaldiplomatico.mne.gov.pt/comunicacao-e-media/noticias/portugal-vai-reabrir-missao-permanente-junto-da-unesco>
- Portaria n.º 245/2017, de 2 de Agosto. (2017). Critérios para a atribuição do Fim de Estatuto de Resíduo (FER) ao plástico recuperado. *Diário da república n.º 148/2017, Série I*, p. 7. Obtido de <https://data.dre.pt/eli/port/245/2017/08/02/p/dre/pt/html>
- project.DWG. (2020). *PET bottles*. Obtido em Outubro de 2019, de <https://www.projectdwg.com/project-pet/>
- Raíno, L. (2013). *A utilização de materiais reciclados na construção para melhoria do desempenho térmico e acústico*. Obtido de Dissertação de Mestrado: Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia: <https://eg.uc.pt/bitstream/10316/38475/1/A%20utilizacao%20de%20materiais%20reciclados%20na%20construcao%20para%20melhoria%20do%20de%20desempenho%20termico%20e%20acustico.pdf>
- Reynolds, M. (1990). *Earthship: how to build your own*. EUA: Solar Survival Architecture.
- Richmond News. (2018). *Earth Hour*. Obtido em Janeiro de 2020, de <https://www.richmond-news.com/news/switch-off-the-lights-for-earth-hour-this-saturday-1.23773382>
- Roadkill Customs. (2019). *Old Tires*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://m.roadkillcustoms.com/40-creative-uses-for-old-tires/>
- Roaf, S., Fuentes, M., & Thomas, S. (2007). *Ecohouses* (3ª ed.). Oxford: Architectural Press.

- Rodrigo, C., & Palacio Lis, I. (1999). *Higienismo, Educación Ambiental y Previsión Escolar: Antecedentes*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Rogers, P., Jalal, K., & Boyd, J. (2008). *An introduction to Sustainable Development*. Londres: Earthscan.
- Santos, A. (2016). *Avaliação do uso de indicadores de sustentabilidade ambiental nos Planos Diretores Municipais. Dissertação de Mestrado*. Aveiro: Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.
- Savory, A., & Butterfield, J. (1998). *Holistic Management: A New Framework for Decision Making*. U.S.A.: Island Press.
- Shipwreck Log. (2014). *Amoco Cadiz*. Obtido em Dezembro de 2019, de <https://shipwrecklog.com/log/history/amoco-cadiz/cadiz-4/>
- SHSH. (Janeiro de 2020). *SHSH - ARCHITECTURE + SCENOGRAPHY*. Obtido de BONHEUR PROVISOIRE: <http://www.shsh.be/en/home/0/1/BONHEUR-PROVISOIRE>
- Silva, A. (2011). *Arquitetura Ecológica, materiais não-convencionais: a reutilização dos materiais na arquitetura*. Obtido de Dissertação de Mestrado: Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Arquitetura: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/4039/2/Relat%C3%B3rio%20Final.pdf>.
- Snell, C., & Callahan, T. (2009). *Building Green: a complete how-to guide to alternative building methods* (2ª ed.). Nova Iorque: Lark Books.
- Sociedade Ponto Verde, S. (2020). *Gestão de resíduos - Quantidades retomadas*. Obtido em Outubro de 2019, de Documentos: <https://www.spvnet.pt/documentos.asp?idCatDoc=17>
- Steadman, P. (1987). *Energia, medio ambiente y edificación*. Madrid: H. Blume Ediciones.
- Steemit. (2019). *Earthship Bioteecture 101*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://steemit.com/ecotrains/@eco-alex/earthship-bioteecture-101-learn-with-michael-reynolds-part-1>
- Teach for India MUN. (s.d.). *UNEP 1972*. Obtido em Dezembro de 2019, de <https://teachforindiamun.wordpress.com/committees/united-nations-environment-program-unep/>
- Terra. (2017). *Thomas Malthus (1766-1834)*. Obtido em Dezembro de 2019, de <https://www.terra.com.br/noticias/educacao/historia/malthus-e-a-previdencia,3d736012317a24729c60c968d174cccaxy5q7izp.html>
- The Club of Rome. (s.d.). *Ernst Ulrich*. Obtido em Dezembro de 2019, de <https://www.clubofrome.org/member/ernst-ulrich-von-weizsacker/>
- Thomson, R. (2013). *The manufacturing guides - Sustainable materials, processes and production*. Londres: Thames and Hudson.
- Tirone, L., & Nunes, K. (2007). *Construção sustentável: soluções eficientes hoje, a nossa riqueza de amanhã*. Sintra: TironeNunes, SA.
- Torgal, F., & Jalali, S. (2010). *A sustentabilidade dos materiais na construção*. Vila Verde: Gráfica Vilaverdense.
- tutorialspoint. (s.d.). *Nitrogen Cycle*. Obtido em Janeiro de 2020, de [https://www.tutorialspoint.com/environmental\\_studies/environmental\\_studies\\_energy\\_flow\\_in\\_ecosystem.htm](https://www.tutorialspoint.com/environmental_studies/environmental_studies_energy_flow_in_ecosystem.htm)
- U.E., U. (17 de Janeiro de 2020). *Agência para o Desenvolvimento e Coesão*. Obtido de Agenda 2030 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: <https://www.adcoesao.pt/content/agenda-2030-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>

- U.S. Mission UN Rome. (2018). *United Nations General Assembly*. Obtido em Outubro de 2019, de <https://usunrome.usmission.gov/outlining-american-interests-at-the-united-nations-general-assembly/>
- UNESCO. (2000). *Carta da Terra*. Cuiaba, Brasil: SME.
- Vale, B., & Vale, R. (1991). *Green architecture - Design for a sustainable future*. Londres: Thames and Hudson.
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1998). *Nossa pegada ecológica: como as pessoas influenciam o meio ambiente*. Basel: Birkhäuser.
- Wikipedia. (2019). *John Stuart Mill, 1980*. Obtido em Dezembro de 2019, de [https://pt.wikipedia.org/wiki/John\\_Stuart\\_Mill](https://pt.wikipedia.org/wiki/John_Stuart_Mill)
- Wonderingmind Studio. (2015). *The Kintsugi Cup*. Obtido em Novembro de 2019, de <https://wonderingmindstudio.com/tag/kintsugi-technique/>
- World Architecture. (2018). *Makoko Floating School*. Obtido em Outubro de 2019, de [https://worldarchitecture.org/article-links/epepe/nl\\_architects\\_releases\\_its\\_fourth\\_prototype\\_of\\_makoko\\_floating\\_school\\_in\\_china.html](https://worldarchitecture.org/article-links/epepe/nl_architects_releases_its_fourth_prototype_of_makoko_floating_school_in_china.html)
- World Commission on Environment and Development, W. (1987). *Our common future*. Nova Iorque: Oxford University Press.
- WWF. (2020). *The lifecycle of plastics*. Obtido de WWF: <https://www.wwf.org.au/news/blogs/the-lifecycle-of-plastics#gs.x3a67a>

## Índice de figuras

Figura 1 – Poluição atmosférica em Nova Iorque.....	10
Figura 2 - Crescimento populacional em função da capacidade regenerativa do planeta prevista no século XVIII por Thomas Malthus (do autor).....	14
Figura 3 - Caminho para a sustentabilidade – 1798.1972 .....	20
Figura 4 - Caminho para a sustentabilidade – 1973.1992 .....	21
Figura 5 - Caminho para a sustentabilidade - 1996.2019.....	22
Figura 6 - Estrutura de organizações de controlo da sustentabilidade (APA, 2019).....	25
Figura 7 - percentagem de municípios participantes na formação da agenda 21 local (do autor, a partir de Álvares, 2009) .....	25
Figura 8 - ODS propostos em 2015 e para cumprir até 2030 (ONU, 2020).....	29
Figura 9 – (Des)Equilíbrio sustentável através da má relação entre sociedade e ambiente (do autor) .....	30
Figura 10 - Gráfico de distribuição de recursos e energia no planeta (adaptado pelo autor a partir de Edwards, 2005, p. 19). .....	32
Figura 11 - Separação da pegada ecológica segundo categorias de consumo (Roaf, Fuentes, & Thomas, 2007, p. 321) .....	33
Figura 12 - Pegada ecológica dos edifícios no futuro de 2050 (adaptado pelo autor a partir de Lacy & Rutqvist, 2015, p. 15).....	33
Figura 13 - valores necessários para cálculo de pegada ecológica de um edifício e de grupos de edifícios (do autor) .....	34
Figura 14 - Relacionamento hierárquico entre diferentes matérias de análise (do autor).....	35
Figura 15 - Sistema Linear (a) e Sistema Circular (b) (do autor) .....	36
Figura 16 - Análise do ciclo de vida dos materiais (McArthur, 2020).....	36
Figura 17 - Esquema representativo de ACV (Open Editions, 2020).....	37
Figura 18 - Antes e depois da aplicação prática da teoria de Savory no Zimbábue (Savory & Butterfield, 1998). .....	38
Figura 19 - Representação em linhas exponenciais da relação entre o aumento de gado vivo e a paragem da desertificação (do autor através de (Savory & Butterfield, 1998)) .....	38
Figura 20 - ciclo natural do nitrogénio (tutorialspoint, s.d.) .....	38
Figura 21 - Casa Marika de Glenn Murcutt, 1994 e, Pavilhão Suíço em Hannover de Peter Zumthor, 2000 (Archdaily, 2020) .....	40
Figura 22 - Esquema de ACV de um edifício (ARQHYS, 2012) .....	40
Figura 23 - Esquema representativo da quantidade de energia que supõe cada R (do autor) .....	41
Figura 24 - Casa Manifesto, Chile, por Arquitetos James&Mau (2008).....	43
Figura 25 - Reforma de fachada pelo artista Sul-Coreano Jeong-Hwa, intitulada como The 1000 Door (Feel Desain, 2011) .....	43
Figura 26 - Arte Kintsugi, Japão (Wonderingmind Studio, 2015).....	44
Figura 27 - ruínas do Carmo, Lisboa (Lisbon Lux, s.d.).....	44
Figura 28 - Casa da Arquitetura em Matosinhos, Porto por Eduardo Souto de Moura (Archdaily, 2019).....	46
Figura 29 - Painel de OSB (Archdaily, 2019).....	46
Figura 30 – Esquema representativo de ACV (adaptado pelo autor a partir de (Open Editions, 2020)).....	48
Figura 31 - Desenho com estudo bioclimático por Arq. Renzo Piano (Archdaily, 2019).....	50
Figura 32 - Modelo da cadeia de negócio circular de fornecimento de recursos (traduzido pelo autor a partir de Lacy & Rutqvist (2015) .....	53
Figura 33 - 3 modelos de economia circular (traduzidos e adaptados pelo autor através de Lacy & Rutqvist, 2014, pp. 54 – 55).....	54
Figura 34 - Representação da relação entre os 4R's e os 3E's (do autor) .....	55
Figura 35 - Diferenciação dos elementos de avaliação de construção sustentável segundo Mateus (2009) e ESG (2014).....	57
Figura 36 - Dimensões da sustentabilidade segundo Edwards (2005) (adaptado pelo autor) .....	57
Figura 37 - Princípios da sustentabilidade segundo Yuba (2005) (adaptado pelo autor) .....	57
Figura 38 - Princípios da sustentabilidade segundo Mateus (2009) (adaptado pelo autor) .....	57
Figura 39 - Princípios da sustentabilidade segundo Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, & Sevillano Gutiérrez (2014) (adaptado pelo autor).....	57
Figura 40 - Características da sustentabilidade segundo Yuba (2009) .....	58

Figura 41 – Princípios das dimensões sugeridas por Tirone & Nunes (2007) (adaptado pelo autor) .....	59
Figura 42 – Princípios das dimensões da sustentabilidade sugeridas por Guillaud, Moriset, Sánchez Muñoz, & Sevillano Gutiérrez (2014) (adaptado pelo autor) .....	60
Figura 43 - Pilha de pneus usados (Roadkill Customs, 2019) .....	64
Figura 44 - Pilha de pneus usados .....	64
Figura 45 - Divisão de propriedades do plástico (Guedes & Filkauskas, 1986) (adaptado pelo autor) .....	66
Figura 46 - Ciclo de vida do plástico (Open Editions, 2020) .....	67
Figura 47 - Percentagens de uso dos diversos tipos de plástico, (PEAPM, 2020) .....	70
Figura 48 - Mapa mundi de produção de plásticos no mundo, com a China representada a mais escuro (PEAPM, 2020) .....	71
Figura 49 - Ciclo de vida do plástico (adaptado pelo autor a partir de (Open Editions, 2020)) .....	73
Figura 50 - Marcação numerada conforme o tipo de plástico (Plastval, 2008) .....	75
Figura 51 - Duração de objetos em plástico em anos (WWF, 2020) .....	76
Figura 52 - Ciclo de vida do plástico (adaptado pelo autor a partir de (Open Editions, 2020)) .....	77
Figura 53 - Ciclo de vida do plástico (adaptado pelo autor a partir de (Open Editions, 2020)) .....	82
Figura 54 - divisão entre situações sociais e económicas opostas (Baker Institute, 2017) ..	84
Figura 55 - Lixeira dentro de edifício que contém diversos utensílios do quotidiano em vários tipos de plástico (National Geographic, 2019) .....	86
Figura 56 - Comparação da densidade de diversos tipos de plástico (Plastval, 2008) .....	88
Figura 57 - Poluição aquática em Makoko, Nigéria (Nlé, 2019) .....	89
Figura 58 - Estruturas móveis de saúde – Alemanha - Arq. Peter Hubner e Arq. Frank Hustler (Otto & al., 1979) .....	92
Figura 59 - Pavilhão dos Arquitetos Selgas Cano em Bruxelas (2018) .....	94
Figura 60 - Makoko na Nigéria (Daily Sabah, 2018) .....	99
Figura 61 - Projetos construídos com diferentes produtos de plástico (do autor) .....	101
Figura 62 - MFS III, projeto Makoko Floating School do studio Nlé, na China (World Architecture, 2018) .....	102
Figura 63 - Casas temporárias em cartão, bambu, caixas de plástico e telas (Shigeru Ban, 1995) .....	102
Figura 64 - Construção de Earthship desenhada por Michael Reynolds (My San Antonio, 2018) .....	103
Figura 65 - Escola Flutuante (Nlé, 2012) .....	105
Figura 66 - Great Crate (Gonzalez, 2019) .....	105
Figura 67 - Bima Microlibrary (Business Insider, 2016) .....	106
Figura 68 - Earthship (Reynolds, 1990) .....	106
Figura 69 - Log houses (Shigeru Ban, 1995) .....	107
Figura 70 - Protótipo de grades da biblioteca ( (Melero, 2019)) .....	107
Figura 71 - vista das grades ( (Luces, 2020)) .....	108
Figura 72 - Museu de arte Coreia do Sul (designboom, 2017) .....	108
Figura 73 - interior do pavilhão (SHSH, 2020) .....	109
Figura 74 - PET Pavillion (Loos.Fm, 2019) .....	109
Figura 75 - estrutura metálica das casas (Bezeau, 2020) .....	110
Figura 76 - interior da obra da casa del Té (De Masi, 2020) .....	110
Figura 77 - paredes interiores escritório Danone (Cahón, 2020) .....	111
Figura 78 - parede interior do restaurante Morimoto (Green, 2019) .....	111
Figura 79 - vista exterior da escultura em plástico (Archdaily, 2019) .....	112
Figura 80 - pequena estufa (Archdaily, 2019) .....	112
Figura 81 - escola em garrafas PET (Naturaliza, 2020) .....	113
Figura 82 - sistema de parede interior com garrafas de plástico, Tadao Ando (1) (Front, 2006) e Studio Klein (2) (BuzzFeed, 2014) .....	114
Figura 83 - sistemas construtivos com diferentes soluções de reutilização de plástico, por Loos.Fm (1) (project.DWG, 2020) e Shau Bandung (2) (Business Insider, 2016) .....	114
Figura 84 - soluções com diferentes tipos de objetos em plástico, pneus e garrafas PET, por Michael Reynolds (1) (CS Globe, 2014) e Íllac Díaz (2) (Inhabitat, 2010) .....	115
Figura 85 - Sistemas de fundações com pneus usados e grades de plástico usadas, por Michael Reynolds (1) (Steemit, 2019) e Shigeru Ban (2) (FA Teoria VI, 2015) .....	116
Figura 86 - Pavimento terminado com painel de tampas de plástico (Diario La Ventana, 2013) .....	116

Figura 87 - cobertura com tela impermeabilizante por Shigeru Ban (1) (designboom, 2017) e cobertura com "telhas" de garrafas PET, construção civil (2) (MundoHumano, 2012) .....	117
Figura 88 - pequeno mural artístico em Long Beach, NYC, E.U.A. (Inhabitat, 2013) .....	117
Figura 89 - Head in the clouds - NYC - escultura temporária em plástico (Archdaily, 2013) .....	118
Figura 90 - PET Pavillion, composição do espaço interior e características do espaço influenciadas pelo uso de plásticos com cor (Archdaily, 2019).....	122
Figura 91 - localização dos estudos de caso no mundo (pelo autor a partir de Map Maker Interactive (National Geographic, 2020)) .....	129
Figura 92 - exemplo de resultados quantitativos em pontos (do autor) .....	130
Figura 93 - Planos de Arquitetura (Nlé, 2012) .....	131
Figura 94 - Vista aérea do volume (Nlé, 2012) .....	131
Figura 95 - Vista área do volume e da comunidade de Makoko (Nlé, 2012) .....	131
Figura 96 - Vista da Planta 3 (Nlé, 2012).....	131
Figura 97 - Processo de encaixe dos bidons (Nlé, 2012) .....	132
Figura 98 - Início da construção superior em madeira (Nlé, 2012) .....	132
Figura 99 - Axonometria com materiais plásticos a rosa (adaptado pelo autor a partir de Nlé (2012)).....	132
Figura 100 - Vista de rua do volume à noite (Archdaily, 2019) .....	133
Figura 101 - Vista interior de parede semi-transparente (Archdaily, 2019).....	133
Figura 102 - Planos de arquitetura (Archdaily, 2019) .....	133
Figura 103 - Processo de encaixe dos baldes (Archdaily, 2019).....	134
Figura 104 - Vista em pormenor de fachada com baldes de PEAD (Archdaily, 2019).....	134
Figura 105 - Axonometria com materiais plásticos a rosa (do autor).....	134
Figura 106 - Vista de rua do volume à noite (Loos.FM, 2019).....	135
Figura 107 - Vista interior de parede semi-transparente (Loos.FM, 2019) .....	135
Figura 108 - Planos de arquitetura (Loos.FM, 2019) .....	135
Figura 109 - Processo de encaixe das garrafas PET nos painéis de PC (Loos.FM, 2019) .....	136
Figura 110 - Pormenor de elementos de amarre dos painéis de PC (Loos.FM, 2019).....	136
Figura 111 - Axonometria com materiais plásticos a rosa (do autor).....	136
Figura 112 - Vista de rua dos volumes (Shigeru Ban, 1995) .....	137
Figura 113 - Vista interior do volume (Shigeru Ban, 1995) .....	137
Figura 114 - Planos de arquitetura (Shigeru Ban, 1995) .....	137
Figura 115 - "Banha" de tela em estrutura metálica (Archdaily, 2019).....	138
Figura 116 - Apoio principal dos volumes em grades de PEAD (Archdaily, 2019) .....	138
Figura 117 - Axonometria com materiais plásticos a rosa (adaptado pelo autor a partir de Shigeru Ban (1995)) .....	138
Figura 118 - Vista de rua do volume (De Masi, 2020) .....	139
Figura 119 - Vista interior (De Masi, 2020) .....	139
Figura 120 - O plástico do interior do sistema de parede (De Masi, 2020).....	139
Figura 121 - Fachada preparada com uma malha metálica para receber a segunda camada de argamassa (De Masi, 2020) .....	140
Figura 122 - Bioconstrutora María Fourcade a realizar a primeira camada de argamassa (De Masi, 2020).....	140
Figura 123 - Axonometria com materiais plásticos a rosa (do autor).....	140

## Índice de gráficos

Gráfico 1 - Distribuição de resíduos urbanos (adaptado pelo autor a partir de APA (2019, p.14)).....	79
Gráfico 2 - representação percentual da distribuição de resíduos conforme o uso que têm no quotidiano (adaptado pelo autor a partir de APA (2019)) .....	81

## Índice de tabelas

Tabela 1 - Classificação de autores, instituições e documentos analisados ao longo da investigação por data (do autor) .....	5
Tabela 2 – Tipos de Capital segundo Edwards (2005) (adaptado pelo autor).....	51
Tabela 3 - categorias segundo as dimensões propostas por Mateus (2009) (adaptado pelo autor) .....	60
Tabela 4 - Reconhecimento das dimensões, princípios, categorias e indicadores através de diversos autores de referência (do autor) .....	63
Tabela 5 - Tipos de plástico segundo a reação física com que são fabricados (do autor, a partir de SSSS).....	70
Tabela 6 - Variedade de produtos segundo o tipo de plástico a utilizar (adaptado pelo autor a partir de (Albuquerque, 1990, pp. 238 - 239)).....	72
Tabela 7 - Comparação entre gastos energéticos e de recursos entre um copo de papel e um de plástico (adaptado e traduzido pelo autor a partir de Rogers, Jalal, & Boyd, 2008)	73
Tabela 8 - Estimativa percentual de resíduos plásticos e meta da Comissão Europeia para 2020 (do autor a partir de APA (2019)).....	79
Tabela 9 - Estimativa percentual de resíduos plásticos, no ano 2012 através de INE (2020) e no ano 2018 através de SPV (2020) e meta da Comissão Europeia para 2020 (do autor) .....	79
Tabela 10 - características globais do plástico utilizado (do autor) .....	104
Tabela 11 - indicadores relevantes à investigação em curso .....	124
Tabela 12 - Cumprimento dos critérios de seleção propostos para a análise individual das obras arquitetónicas (do autor) .....	128
Tabela 13 - Análise de estudo de caso (1) de acordo com os indicadores de análise de arquitetura sustentável (do autor) .....	132
Tabela 14 - Análise de estudo de caso (2) de acordo com os indicadores de análise de arquitetura sustentável (do autor) .....	134
Tabela 15 – Análise de estudo de caso (3) de acordo com os indicadores de análise de arquitetura sustentável (do autor) .....	136
Tabela 16 – Análise de estudo de caso (4) de acordo com os indicadores de análise de arquitetura sustentável (do autor) .....	138
Tabela 17 – Análise de estudo de caso (5) de acordo com os indicadores de análise de arquitetura sustentável (do autor) .....	140
Tabela 18 - Relação entre os vários estudos de caso e os valores calculados para a indicação de sustentabilidade final (do autor).....	143
Tabela 19 - Relação entre os vários estudos de caso e os objetos escolhidos como materiais de construção, assim como com as propriedades do sistema construtivo em análise (do autor) .....	166
Tabela 20 - Relação direta entre as qualidades do objeto em plástico e as características finais da materialização de um sistema construtivo (do autor).....	164

## Anexos

### A – fundamentação teórica e concetualização

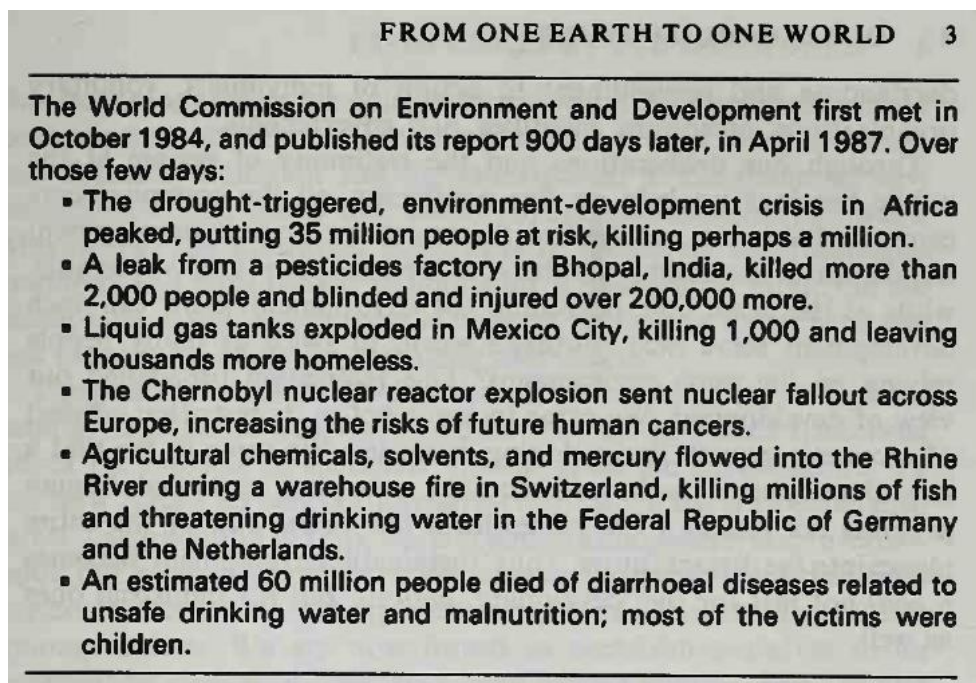
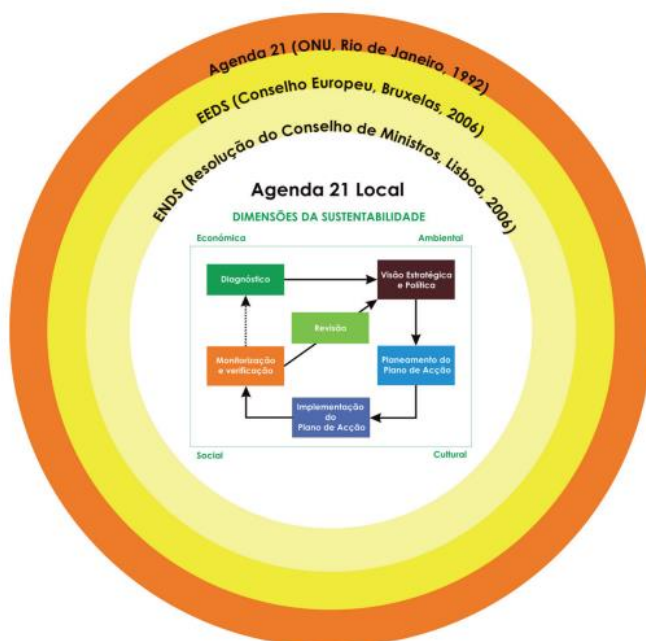


Figura 1 - Tradução sobre o desenvolvimento sustentável (ver p. 17) Créditos: World Commission on Environment and Development (1987).

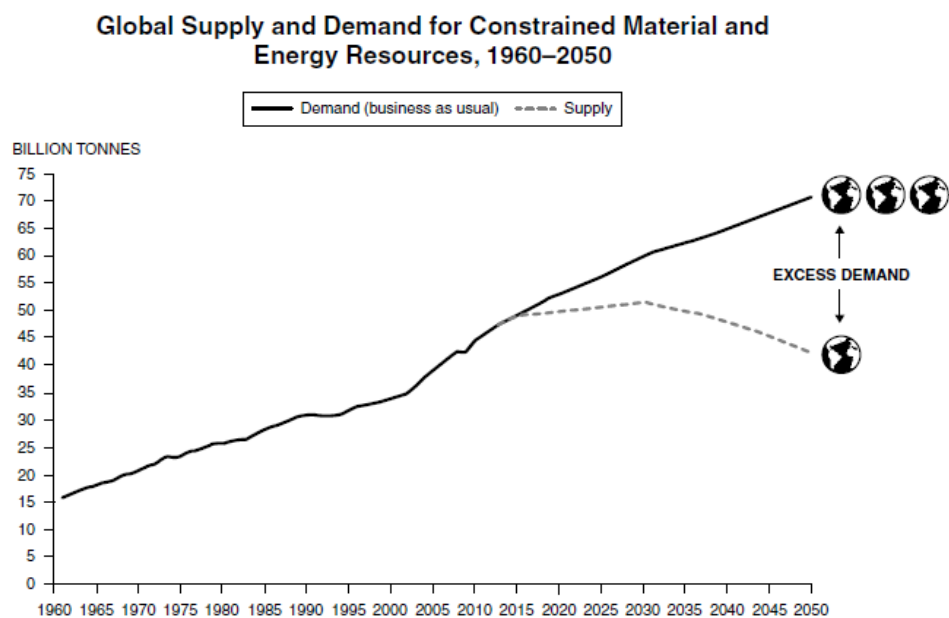


Fonte: TTerra, 2007

Figura 2 – Correspondente à Figura 6, p. 25. Créditos: APA (2019, p. 11)



Figura 3 – Correspondente à Figura x, p. x. Créditos: ONU (2019)



Sources: Accenture analysis. For additional background, see Appendix: Data Tables From Modelling.

Figura 4 – Correspondente à Figura x, p. x. Créditos: Lacy & Rutqvist (2015)

*Tabela 20 - Relação direta entre as qualidades do objeto em plástico e as características finais da materialização de um sistema construtivo (do autor)*

Qualidades do objeto em plástico		Caraterísticas do sistema construtivo a partir do objeto em plástico
Bidons (PEHD)	Opacidade/ translucidez Reflexão Cor Transmitância/ retenção de calor elevada Adaptabilidade Resistência mecânica Bom isolante térmico e acústico	Iluminação natural Padrão visual complexo Estanqueidade Leveza Segurança

Paletes (PEHD)	Opacidade/ translucidez Cor Adaptabilidade Resistência mecânica	Iluminação natural Padrão visual complexo Leveza Segurança
Grades (PEHD)	Opacidade/ translucidez Cor Resistência mecânica Adaptabilidade	Iluminação natural Padrão visual complexo Leveza Segurança
Baldes (PEHD)	Opacidade/ translucidez Cor Adaptabilidade Pode apresentar-se com várias formas	Iluminação natural Padrão visual complexo Variedade de texturas Estanqueidade Leveza
Pneus (ABS)	Opacidade Adaptabilidade Resistência mecânica Bom isolante térmico e acústico	Padrão visual complexo Variedade de texturas Estanqueidade Inércia Segurança
Garrafas e garrafões (PET)	Transparência Deformação do campo visual Reflexão/ refração Cor azul/ verde/ sem cor Transmitância/ retenção de calor elevada Adaptabilidade Pode apresentar-se com várias formas Bom isolante térmico e acústico	Iluminação Padrão visual complexo Variedade de texturas Estanqueidade Leveza
Frascos e garrafões (PEHD)	Transparência/ translucidez Deformação do campo visual Reflexão/ refração Cor Transmitância/ retenção de calor elevada Adaptabilidade Pode apresentar-se com várias formas Bom isolante térmico e acústico	Iluminação Padrão visual complexo Variedade de texturas Estanqueidade Leveza
Tampas de garrafas, garrafões, baldes, etc. (PEHD)	Resistência mecânica Cor Adaptabilidade	Elemento de sujeição Padrão visual complexo Leveza Segurança
Painéis (PC)	Transparência/ translucidez Deformação do campo visual Reflexão/ refração Cor Transmitância/ retenção de calor elevada Resistência mecânica Adaptabilidade Impermeabilização de grandes áreas Bom isolante térmico e acústico	Iluminação Padrão visual complexo Iluminação Variedade de texturas Estanqueidade Leveza Conforto visual Conforto térmico Segurança
Lonas (PVC/PE/PP)	Opacidade/ translucidez Reflexão Cor Adaptabilidade Transmitância de calor elevada Impermeabilização de grandes áreas	Iluminação Padrão visual complexo Estanqueidade Leveza Conforto visual Conforto térmico Segurança

## B – Casos de estudo

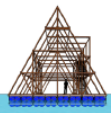
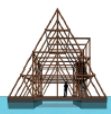
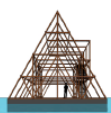
*Tabela 21 - Relação entre os vários estudos de caso e os objetos escolhidos como materiais de construção, assim como com as propriedades do sistema construtivo em análise (do autor)*

Objeto em plástico reutilizável	Caraterísticas do sistema construtivo em plástico reutilizável	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
Bidons (PEAD)	Padrão visual complexo					
	Estanqueidade					
	Leveza					
	Segurança					
Paletes (PEHD)	Iluminação natural					
	Padrão visual complexo					
	Leveza					
	Segurança					
Grades (PEHD)	Iluminação natural					
	Padrão visual complexo					
	Leveza					
	Segurança					
Balde (PEHD)	Iluminação natural					
	Padrão visual complexo					
	Variedade de texturas					
	Estanqueidade					
	Leveza					
Pneus (ABS)	Padrão visual complexo					
	Variedade de texturas					
	Estanqueidade					
	Inércia					
	Segurança					
Garrafas e garrafões (PET)	Iluminação					
	Padrão visual complexo					
	Variedade de texturas					
	Estanqueidade					
	Leveza					
Fracos e garrafões (PEHD)	Iluminação					
	Padrão visual complexo					

	Variedade de texturas					
	Estanqueidade					
	Leveza					
Tampas de garrafas, garrafões, baldes, etc. (PEHD)	Elemento de sujeição					
	Padrão visual complexo					
	Leveza					
	Segurança					
Painéis (PC)	Iluminação					
	Padrão visual complexo					
	Variedade de texturas					
	Estanqueidade					
	Leveza					
	Segurança					
Lonas (PVC/PE/PP)	Iluminação					
	Padrão visual complexo					
	Estanqueidade					
	Leveza					
	Segurança					
TOTAL		6	4	16	6	6

### Caso 1 – Makoko Floating School

**FLOTATION OPTIONS**

	local availability	local technology	cost	construction time	durability	maintenance	weight
 BARRELS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
 STEEL BARGE	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✗
 CONCRETE-EPS PLATFORM	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓

**NLÉ**      MAKOKO FLOATING SCHOOL — AFRICAN WATER CITIES PROJECT      86

Figura 5 – Esta figura revelou-se importante para compreender como os bidons se tornaram a opção mais viável para o estudo de arquitetura Nlé (Créditos: Nlé (2012))

## ENERGY AND ENVIRONMENT

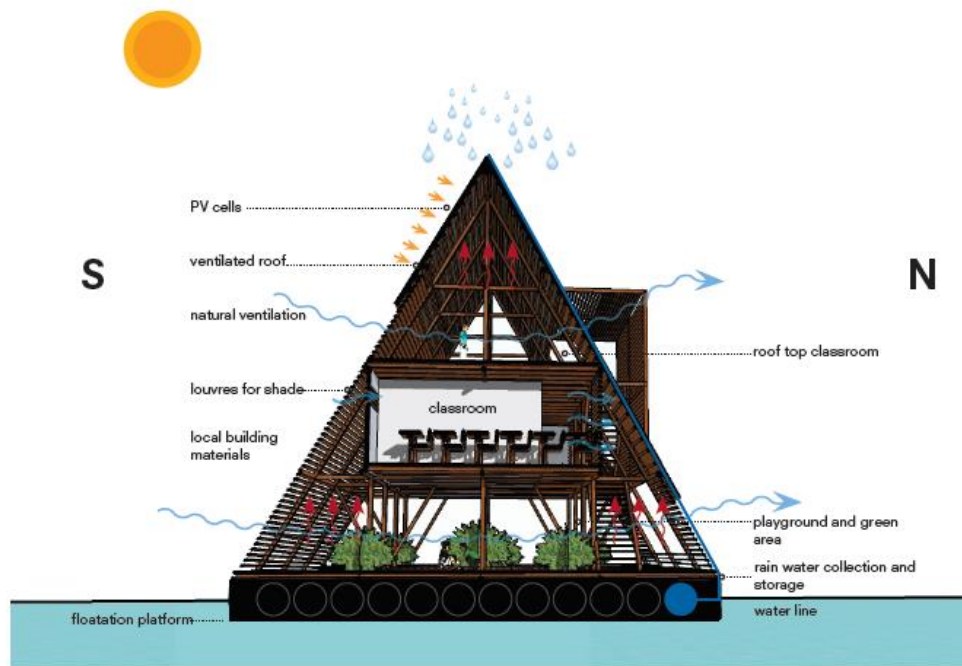


Figura 6 – Esta figura revela-se importante para compreender como funcionam os sistemas tecnológicos e bioarquitetónicos do edificado (Créditos: NIé (2012))

### Caso 2 – Bima Microlibrary



Figura 7 – Relação quase invisível entre o edifício e a rua (Créditos: GoogleMaps (2020))



Figura 8 - Interior do edifício (Créditos: Archdaily (2019))

### Caso 3 – PET Pavillion



Figura 9 – enchimento das paredes de policarbonato com garrafas de plástico PET prensadas (Créditos: Loos.Fm (2019))

### Caso 5 – Casa del Té María Fourcade



Figura 10 - Plástico previamente prensado e atado, preparado para colocar em obra (Créditos: De Masi (2020))