



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Engenharia

# A Análise de Ciclo de Vida Aplicada ao Projeto de Arquitetura

**Daniel Filipe Geda Batista**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Arquitetura**  
(Ciclo de estudos integrado)

Orientador: Prof. Doutor Luiz António Pereira de Oliveira

**Covilhã, Outubro de 2015**

---

«Architects in the past have tended to concentrate their attention on the building as a static object. I believe dynamics are more important: the dynamics of people, their interaction with spaces and environmental condition (...) we are naturally interested in the latest structural techniques, in innovative building materials, and the technology of our craft; but we need to be more interested in people. Buildings should serve people, not the other way around.»

John Portman

---

# Agradecimentos

Expresso aqui o meu agradecimento a todos aqueles, que de alguma forma contribuíram, directa ou indirectamente, para o desenvolvimento deste trabalho, em particular:

Ao meu orientador, professor Luiz Oliveira, ao qual agradeço por todos os ensinamentos transmitidos, bem como pela disponibilidade demonstrada ao longo deste trabalho para me orientar, apoiar e incentivar.

A todos os meus colegas e amigos pelo apoio e disponibilidade durante a realização deste trabalho, bem como durante todo o meu percurso académico, que sempre me deram um incentivo para continuar com a sua amizade e companhia ao longo deste processo.

À minha família pelo apoio que me deu e em especial aos meus pais por fazerem de mim, tudo aquilo que sou hoje.

A todos o meu mais sincero obrigado.

---

# Resumo

Actualmente a arquitectura debate-se com uma degradação do edificado existente fruto de uma construção descontrolada associada à falta de um planeamento cuidado e consciente, sendo a construção sustentável e ecológica um dos desafios actuais de projecto.

Dentro deste paradigma, propõe-se estudar nesta dissertação o processo de análise de ciclo de vida (LCA), procedendo à sua caracterização e classificação enquanto ferramenta de apoio às decisões de projetos de arquitectura.

A investigação foca-se no processo de análise como ferramenta de apoio à concepção de um projecto, aplicada em caso prático aos sistemas construtivos: sistema plataforma em madeira (wood frame) e sistema estrutural em aço leve (LSF). A escolha dos materiais construtivos tem de forma preponderante um impacto na edificação, sendo por isso decisivo no processo de elaboração de um projecto sustentável.

Para tal, foi desenvolvido em anteprojecto, uma habitação unifamiliar baseada no princípio da teoria da coordenação modular, associado aos dois sistemas construtivos estudados. Fazendo uso de um instrumento de análise informatizado, através do *software* “*OpenLCA*”, foram comparados os dois sistemas construtivos decorrente da análise de ciclo de vida. Deste modo, constatou-se que a solução construtiva em wood framing apresenta um melhor desempenho ambiental, em grande parte devido ao uso da madeira ter um menor impacto ambiental relativamente à solução em aço.

Com este estudo são colocados em prática um conjunto de conceitos relacionados com a arquitetura sustentável, contribuindo para a prática associada a processos construtivos eficientes. Desta forma são demonstrados os benefícios dos sistemas apresentados, acrescidos ao domínio de uma ferramenta de LCA importante a nível de projecto.

## Palavras-chave

Sustentabilidade, Avaliação de ciclo de vida, Construção modular, Estruturas de Aço, Madeira.

---

# Abstract

Currently, architecture struggles with the degradation of the existing buildings, due to an uncontrolled construction process, associated to the lack of a careful and conscious planning; being an ecological and sustainable construction one of the current project challenges.

Within this paradigm, this work proposes to study the procedures of life cycle assessment (LCA), proceeding to the characterization and classification as a tool to support architectural design decisions.

The research focuses on the wood frame and light steel frame (LSF) structural system as a modular construction process of a single-family housing developed at a preliminary level. The choice of building materials has meaningfully an impact in the building and is decisive in the process of drawing up a sustainable project.

Making use of a computerized analytical tool, through the "OpenLCA" program, the two building systems resulting from life-cycle analysis are compared. Thus, it was observed that the wood framing constructive solution has a better environmental performance, mainly due to the use of the timber that has a lesser environmental impact relatively with the solution made in steel.

This study puts into practice a set of concepts related to sustainable architecture, contributing to the practice associated with efficient construction processes. Thus, there are shown the potential benefits of the studied systems, plus the domain of an important LCA tool at project level.

## Keywords

Sustainability, Life-cycle assessment, Modular Building, Wood Framing, Light Steel Frame.

---

# Índice

1. Capítulo   Introdução.....	1
1.1. Enquadramento	1
1.1.1. Justificativas	2
1.1.2. Objectivos	3
1.1.3. Metodologia / Estrutura da Dissertação	3
2. Capítulo   Sustentabilidade.....	5
Introdução	5
2.1 A Construção Sustentável	6
2.1.1. Materiais Sustentáveis	8
2.2 Ferramentas de Avaliação da Sustentabilidade	10
3. Capítulo   Avaliação do Ciclo de Vida.....	13
3.1. LCA Aplicada à Construção	17
3.1.1. Avaliação dos materiais de construção	19
4. Capítulo   Sistemas Construtivos.....	22
4.1. Pré-fabricação	23
4.2. Construção Modular	24
4.3. Light Steel Framing e Wood Framing	26
4.3. Exemplos de Projectos Modulares	30
5. Capítulo   Aplicação em Caso Prático.....	35
5.1. Explicação pormenorizada do caso prático	36
5.2. Projecto de Habitação	35
5.2.1. Materiais e Sistema Estrutural	39
5.3. Aplicação da metodologia de LCA	41
5.3.1. Objectivo e âmbito	42
5.3.2. Ferramenta de LCA: “openLCA”	42
5.3.3 Inventário do Ciclo de Vida.	45
5.3.4 Avaliação dos Impactos no Ciclo de Vida.	47
5.3.5 Interpretação dos Dados	50

---

6. Capítulo   Conclusão.....	55
Bibliografia	57
Anexos	59

# Lista de Figuras

## 2. Capítulo | Desenvolvimento Sustentável

**Figura 2.1:** Os 3 eixos do desenvolvimento sustentável. Adaptado de: Diniz, 2008).....5

**Figura 2.2:** Tripla dimensão da sustentabilidade. Adaptado de: Couto, 2014.....6

## 3. Capítulo | Avaliação do Ciclo de Vida

**Figura 3.1:** Esquematização das fases de uma LCA segundo a ISO14040.....15

**Figura 3.2:** Esquematização dos Inputs e Outputs do ciclo de vida. Fonte: Vasconcelos, 2014)..... 16

**Figura 3.3:** Ciclo de vida de um edifício. Adaptado de: Construction Products Association, 2012.....19

**Figura 3.4:** Quantidade de CO2 e Energia Primária de Materiais de Construção. Fonte: Zabalza, 2010.....20

## 4. Capítulo | Sistemas Construtivos

**Figura 4.1:** Desenhos esquemáticos da classificação de sistemas quanto ao método compositivo. Fonte: Domingos, 2013.....24

**Figura 4.2:** Reticulado modular espacial de referência. Fonte: Greven & Baldauf, 2007.....26

**Figura 4.3:** Pormenor do sistema construtivo Wood Frame. Fonte: Futureng, 2014.....27

**Figura 4.4:** Exemplo de edifício construído com sistema estrutural em aço leve enformado a frio. Fonte: Futureng, 2014.....28

**Figura 4.5:** Vista exterior da MIMA House (à esquerda) e Movimentação de painel amovível na MIMA House (à direita). Fotografias de José Campos. Fonte: Mima House, 2014.....30

**Figura 4.6:** Habitação UCHI. Fonte: Eurico Silva arquitecto.....31

**Figura 4.7.:** Vitra's Diogene House por Renzo Piano. Fonte: Studiomil, 2014.....32

---

**Figura 4.5.:** Wikihouse prototype. Fonte: wikihouse.cc, 2015..... 33

## **5. Capítulo | Aplicação em Caso Prático**

**Figura 5.1:** Planta da Habitação T1. Possibilidades de modulação..... 36

**Figura 5.2:** Perspectivas do projecto de habitação desenvolvido..... 37

**Figura 5.3:** Perspectiva do interior da habitação..... 38

**Figura 5.4:** Tipo de Fundação. Adaptado de: Popup-house, 2015..... 40

**Figura 5.6:** Método construtivo. Adaptado de: PopUp house..... 41

**Figura 5.7:** Interface da ferramenta “openLCA 1.4”..... 44

**Figura 5.8:** Processo de análise no “openLCA”. Introdução de Inputs..... 44

**Figura 5.9.:** Categorias de impacto ambiental no Modelo A e B..... 49

**Figura 5.10.:** Comparação do Modelo A e B segundo o impacto ambiental em cada uma das categorias..... 49

**Figura 5.11.:** Ecotoxicidade marinha relativo aos materiais do modelo A..... 50

**Figura 5.12.:** Ecotoxicidade marinha relativo aos materiais do modelo B..... 51

**Figura 5.13.:** Impacto no âmbito das alterações climáticas relativas a cada um dos modelos..... 51

**Figura 5.14.:** Impacto dos materiais do modelo B relativo às alterações climáticas..... 52

**Figura 5.15.:** Impacto dos materiais do modelo A relativo às alterações climáticas..... 52

**Figura 5.16.:** Destruição da camada de ozono relativo a cada um dos modelos..... 53

**Figura 5.17.:** Esgotamento de recursos abióticos, relativo a combustíveis fósseis por parte de cada um dos modelos propostos..... 53

# Lista de Tabelas

## 5. Capítulo | Aplicação em Caso Prático

**Tabela 5.1:** Áreas úteis das divisões e áreas mínimas admissíveis.....39

**Tabela 5.2:** Alguns dos softwares de LCA.....43

**Tabela 5.3:** Energia, carbono e madeira despendidos por tipo de edifícios (por m<sup>2</sup>).  
Buchanana, A.H.; Levineb, S. B. (1999). Wood-based building materials and atmospheric  
carbon emissions.....45

**Tabela 5.4:** Listagem de materiais e suas quantidades no Modelo  
A.....46

**Tabela 5.5:** Listagem de materiais e suas quantidades no Modelo  
B.....46

**Tabela 5.6:** Valores normalizados e ponderados relativos aos impactos ambientais no Modelo  
A e B.....48

---

## Lista de Acrónimos

LCA	Life cycle analysis
ACV	Avaliação de Ciclo de Vida
ICV	Inventário de Ciclo de Vida
LSF	Light steel framing
OSB	Oriented Strand Board (em inglês), ou Painéis de partículas orientadas
RGEU	Regulamento Geral das Edificações Urbanas
EPS	Expanded PolyStyrene (em inglês), ou Poliestireno expandido

---

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento

Ao longo da nossa história, da relação entre o homem e o espaço que o envolve, formaram-se as cidades e comunidades humanas. A arquitectura nasce no homem e da sua necessidade de organizar o espaço que ocupa e habita. Desde os primeiros abrigos até às mais recentes construções as preocupações próprias de cada época são inúmeras mas algumas são constantes, como a existência de recursos hídricos, exemplo disso são todas as grandes civilizações do passado se terem desenvolvido junto a rios.

A realidade contemporânea baseia-se num ambiente predominantemente construído em grande parte de uma forma descontrolada, resultado da falta de planeamento. A evolução tecnológica e os métodos de construção recentes estão associados ao uso de materiais e técnicas com custo energético e percentagens de desperdício elevadas. As metrópoles são as grandes responsáveis pelo consumo de materiais, água e energia, havendo a necessidade de num futuro próximo procurar soluções de economizar, reciclar e criar um reequilíbrio ecológico. Para alcançar esse objectivo é necessário mudar o pensamento e mecanismos de projecto, relacionado directamente com a aprendizagem no ensino da arquitectura.

A reciclagem enquanto característica da actividade humana é um atributo preponderante para uma construção ecológica. A nível histórico podemos tomar como exemplo a construção dos edifícios medievais de Roma que reaproveitaram as pedras da antiga cidade assim como algumas catedrais góticas que utilizaram os templos românicos como suporte para se erguerem. Desde a antiguidade estes e outros exemplos recorreram ao reaproveitamento de materiais, sendo que a partir da Revolução Industrial e com o surgir de novos materiais mais económicos, uma nova ideologia veio a impor-se. Actualmente a apelidada de arquitectura sustentável passa por novas descobertas e transformações e é cada vez mais estudada face às novas tecnologias sendo actualmente possível a preservação de recursos naturais não renováveis tornando as novas construções mais “limpas” e sustentáveis. (Hickel, 2005)

A definição de “sustentabilidade” é, de certa forma, um conceito conhecido por todos, mas definir o que realmente deva ser uma arquitectura baseada nos conceitos do sustentável implica investigar todo o desenvolvimento histórico e cultural social, económico e de produção, associado aos materiais escolhidos, passando pelo conforto térmico e a criação de um sistema energético, de saneamento e de fornecimento de água eficiente.

---

A sustentabilidade deve ser uma meta a alcançar, com elementos que devem fazer parte do planeamento da produção arquitectónica e urbanística dentro dos critérios responsáveis e éticos. A consciência de fazer sustentável deve estar presente nos projectos futuros, inserindo elementos notadamente sustentáveis, desde a simples reciclagem do lixo à independência energética das edificações. No projecto de arquitectura todas as decisões e processos construtivos implicados devem ter em consideração o respectivo ciclo de vida e impacto da construção, sendo necessário analisar e comparar soluções com a finalidade de obter a melhor solução, a pensar desde logo no impacto futuro. (Matta, 2008)

### **1.1.1. Justificativas**

Da reflexão do papel da arquitectura na sociedade e da necessidade de uma arquitectura que se pretende cada vez mais sustentável surge o tema aqui estudado, como resposta a uma necessidade crescente de investigação relacionada com esta temática. Com este propósito pretende-se assim adquirir conhecimentos relativos ao processo de elaboração de um projecto de arquitectura baseado nestes preceitos.

Tendo em conta o franco crescimento actualmente das apelidadas “ecohouses”, o presente estudo surge da vontade de estudar e explorar novos métodos de construção para além do sistema tradicional. Pretende-se estudar e analisar o impacto do uso de diferentes materiais e perceber as suas vantagens, nomeadamente relativo à sua sustentabilidade.

Por acreditar que a construção modular pode ser uma boa solução para uma arquitectura mais acessível, permitindo assim mais pessoas terem acesso à sua própria habitação, e partindo dos preceitos da sustentabilidade propõem-se como caso prático, a nível de anteprojecto, elaborar um anteprojecto para uma habitação unifamiliar. Partindo do processo de construção modular, começa-se por estudar dois sistemas construtivos semelhantes e que se conformam aos conceitos de modularidade, tais como o LSF e o Wood Frame, não esquecendo o aspecto da personalização e possibilidade de mutabilidade ao longo da vida útil do edificado.

Outro interesse neste estudo relaciona-se com a aplicação da análise de ciclo como ferramenta de auxílio e decisão em projectos. De facto, verifica-se cada vez mais que algumas escolas de arquitectura, sobretudo a nível internacional, têm incorporado nos seus programas de estudos a aprendizagem e a prática desse tipo de ferramenta. Desta forma para além de adquirir novas ferramentas de trabalho, que cada vez mais fazem parte integrante da prática do projecto arquitectónico, são aprofundados um conjunto de conhecimentos que se relacionam com a prática da profissão.

### **1.1.2. Objectivos**

Com esta dissertação propõe-se estudar o método de avaliação de ciclo de vida, enquanto ferramenta de apoio as decisões de projecto. Através de uma análise (LCA), baseado num caso prático, são comparados dois sistemas construtivos similares, o sistema plataforma em madeira (wood frame) e o sistema construtivo em aço leve (LSF), tendo como objectivo o desenvolvimento de um projecto sustentável de uma habitação familiar assente nos princípios da modularidade.

Pretende-se com este estudo, através das conclusões obtidas, contribuir posteriormente para o esclarecimento dos benefícios dos sistemas construtivos estudados, comparando-os e servindo como contributo o processo de elaboração de futuros projectos arquitectónicos.

### **1.1.3. Metodologia / Estrutura da Dissertação**

Como o tema da dissertação preconiza, o estudo pretendido faz uso de uma ferramenta de auxílio às decisões de projecto, tais como a escolha dos materiais e do próprio sistema construtivo.

Neste sentido procura-se num primeiro momento compreender as bases de ferramentas e conceitos que auxiliem o projecto do ponto de vista do impacto ambiental e que possibilitem a elaboração de um projecto segundo os preceitos da sustentabilidade. Desta forma, o estudo será desenvolvido tendo em conta dois processos construtivos semelhantes, mas diferentes em seus materiais constituintes. As ferramentas utilizadas, como auxílio às decisões de projecto, dizem respeito a uma metodologia de avaliação de ciclo de vida (LCA) juntamente com a gestão desse mesmo ciclo.

Para que seja possível elucidar a aplicação dessas ferramentas em projectos de arquitectura propõem-se como caso prático, ao nível de anteprojecto, a concepção de uma habitação unifamiliar. A dissertação é desenvolvida a partir da investigação e descrição de pormenores desses sistemas construtivos e da aprendizagem das ferramentas de avaliação de ciclo de vida, seguida da elaboração de uma proposta de anteprojecto tendo como base os materiais e sistemas diferenciados, com os quais se procederão as análises.

Nesta proposta juntam-se, como parte integrante da solução, conceitos como o da construção modular e da construção/desconstrução, sendo que com este intuito são estudados a título de exemplo alguns casos práticos que vêm contribuir para a elaboração da ideia subjacente ao conceito de habitação a desenvolver.

---

Esta proposta é desenvolvida posteriormente, tomando como referencia os sistemas construtivos estudados e tendo como finalidade a sua análise e comparação, tendo em conta dois sistemas construtivos: o sistema plataforma em madeira (wood frame) e o sistema de estruturas em aço leve (LSF). Toda a análise de ciclo de vida é posteriormente processada através do programa openLCA, que é também objecto de aprendizagem e estudo nesta dissertação.

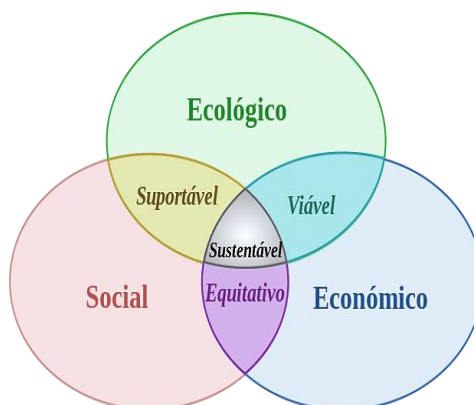
## 2. Capítulo | Sustentabilidade

### Introdução

O conceito de Sustentabilidade é referido pela primeira vez em 1713 por Hans Carl von Carlowitz, sendo que a sua presença em publicações cresceu sobretudo em meados do século XIX. Em 1987 foi publicado pela World Commission on Environment and Development o relatório de Brundtland, apelidado de “Our common future”. Neste relatório refere-se que o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer o atendimento às necessidades das gerações futuras. O conceito é definido como o “encarar as necessidades de hoje sem sacrificar a habilidade das futuras gerações de encararem as suas próprias necessidades”, sendo este comumente referenciado em artigos. (Brundtland, 1987; Degani, 2002)

O conceito de sustentabilidade não é apenas vago na sua definição como vasto no seu âmbito sendo possível dividi-la em duas lógicas principais. Se, por um lado, a sustentabilidade significa proteger a natureza e desenvolver direitos humanos incorporando uma vasta gama de objetivos, por outro lado, em contraste com múltiplos objetivos, a ciência da sustentabilidade tornou-se hoje em dia uma área específica de estudo que engloba e agrupa diversas disciplinas. A Sustentabilidade é portanto intrínseca a várias disciplinas, mas também é uma disciplina em si, lançando desafios à pesquisa, à prática e ao ensino. (Vasconcelos, 2014)

De uma forma sintética a sustentabilidade em toda a sua amplitude conceptual pode ser entendida como a intercepção entre acções que contemplem os aspectos social, ambiental e económico e que as suas interfaces geram a Viabilidade, Suportabilidade e Equidade. O conjunto destas ideias devem ser referencia para o modelo de vida neste século XXI. (Diniz, 2008)

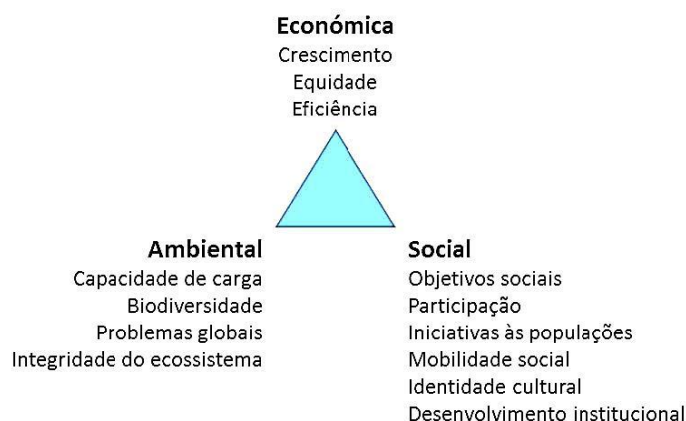


**Figura 2.1:** Os 3 eixos do desenvolvimento sustentável (adaptado de: Diniz, 2008)

---

Actualmente a dimensão económica é a que apresenta maior desenvolvimento, relegando-se para segundo plano a dimensão social, e a nível da dimensão ambiental o desenvolvimento é bastante reduzido. Esta assimetria das três dimensões coloca seriamente em risco, a curto prazo, a sobrevivência das gerações futuras.

Pode-se concluir que ao contrário do que se costuma referir, não se deve cingir a um desenvolvimento que se quer sustentado, mas sim focarmo-nos no desenvolvimento que precisamos para atingir a meta da sustentabilidade, de tal forma que é de extrema importância a interligação dos três pilares da sustentabilidade de forma eficaz.



**Figura 2.2:** Tripla dimensão da sustentabilidade. Adaptado de: Couto, 2014.

## 2.1 A Construção Sustentável

No final da década de 1980 e início da década de 1990, as questões de sustentabilidade marcaram de forma incisiva a arquitectura e o urbanismo internacional, trazendo novos paradigmas, com destaque para o contexto europeu. O tema chegou com maior ênfase pela vertente ambiental, como decorrência das discussões internacionais na década de 1970, criando uma crescente consciencialização das consequências de uma crise energética de dimensões mundiais e do impacto ambiental gerado pelo consumo da energia de base fóssil, somados às previsões e alertas a respeito do crescimento da população mundial e o inevitável crescimento das cidades e de suas demandas por todos os tipos de recursos. (Gonçalves, 2006)

A construção é sem dúvida um dos maiores, mais activos e mais insustentáveis sectores da economia mundial. Movimenta uma considerável percentagem de recursos, que são transformados, transportados, aplicados e, no final do seu ciclo de vida, demolidos e reciclados, reutilizados ou simplesmente depositados em aterro. Todo este processo, juntamente com a produção de resíduos causando, é a causa de um impacto ambiental extremamente gravoso. (Midões, 2012)

Historicamente, o tema da arquitectura sustentável começou a ser discutido na arquitectura dos edifícios, não deixando de lado o ambiente urbano. Actualmente, na escala urbana as discussões e propostas vêm abordando as seguintes questões: estruturas morfológicas compactas, adensamento populacional, transporte público, resíduos e reciclagem, energia, água, diversidade e pluralidade socioeconómica, cultural e ambiental. Reforçando o papel do edifício como um elemento do projecto urbano e da sustentabilidade da cidade, fala-se principalmente de localização e infra-estrutura, qualidade ambiental dos espaços internos e impacto na qualidade do entorno imediato, optimização do consumo de recursos como água, energia e materiais, e também com potencial para contribuir para as dinâmicas socioeconómicas do lugar. (Gonçalves, 2006)

De forma resumida podemos evidenciar que para uma redução dos gastos da energia despendida em edifícios com preocupações de eficiência energética as soluções recomendadas passam por seleccionar materiais com baixa energia incorporada. Desta forma deve-se optar por estruturas eficientes e ligeiras, para minimizar o consumo de matéria-prima, utilizando materiais recicláveis e reutilizáveis, associados de modo a que possam ser separados no final da vida útil do edifício.

Projectar no sentido de criar uma durabilidade desejada para cada edifício é extremamente importante, prevendo as necessidades de manutenção. Em relação à durabilidade de cada construção, de facto, o número de anos que se prevê para a fase de utilização do edifício deverá ser um factor preponderante nas opções de projecto, seleccionando os materiais em função das necessidades estabelecidas e da relação custo-benefício dos impactos de cada material. (Coelho, 2012)

Dentro do conceito de sustentabilidade, considerando o desempenho ambiental, conforto e à eficiência energética, na fase conceptual de um projecto arquitectura, um edifício deve incluir o estudo dos seguintes tópicos:

- Orientação solar e aos ventos;
- Forma arquitectónica, arranjos espaciais, planeamento dos usos internos do edifício e geometria dos respectivos espaços;
- Características, condicionantes ambientais (vegetação, planos d'água, ruído, etc.) e tratamento do entorno imediato;
- Materiais da estrutura, das vedações internas e externas, considerando desempenho térmico;
- Tratamento das fachadas e coberturas, de acordo com a necessidade de protecção solar;
- Áreas envidraçadas e de abertura, considerando a proporção quanto à área da divisão, o posicionamento na fachada e o tipo do fechamento, seja ele vazado, transparente ou translúcido;
- Detalhamento das esquadrias.

---

- Detalhamento e estudo das protecções solares e considerando o tipo e dimensionamento. (Gonçalves, 2006)

Pode-se afirmar que a sustentabilidade de um projecto arquitectónico começa na interpretação e na compreensão do contexto no qual o edifício se insere e nas decisões iniciais de projecto. A questão dos materiais é um dos pontos fulcrais, estando muito presente nas discussões sobre a arquitectura sustentável, não tendo esta de estar necessariamente ligada àqueles classificados como “alternativos” ou “ecologicamente correctos”.

O desafio está na escolha do melhor material para um determinado fim. Além do desempenho térmico, essa escolha deve também incluir uma avaliação quanto às questões de disponibilidade do material e sua energia incorporada, que são partes integrantes do conceito de ciclo de vida útil do material ou do componente. (Gonçalves, 2006)

### **2.1.1. Materiais Sustentáveis**

Os materiais, a energia e a água são os três principais recursos requeridos para a construção e, enquanto elementos primordiais, devem ser considerados para um projecto segundo os preceitos do ambiental e sustentável.

Os materiais têm um impacto substancial nas edificações desde o aspecto ambiental e económico até ao meramente estético. A compreensão de cada material e das suas características possibilita fazer associações e comparações entre outros materiais, cujo impacto menos evidente, vai além da própria construção afectando pessoas e os seus ambientes.

A definição de um material sustentável é, assim como a definição da sustentabilidade em si, igualmente vaga. Ambas dependem de aspectos múltiplos que variam conforme o caso, ou seja, um material pode numa determinada situação ser vantajoso, mas pode não ser correto aplicá-lo de forma sistemática em todas as situações. Deve-se analisar os materiais para tentar entender se contribuem para o desenvolvimento sustentável, avaliar o caso concreto e então decidir se a opção é vantajosa. Para tomar a decisão devem sempre ser considerados os seguintes aspectos ao longo de todo o ciclo de vida:

- Ter baixas emissões para a água, ar e de resíduos;
- Ter baixa energia e recursos incorporados;
- Ser reciclável e/ou ter conteúdo reciclado;
- Ter baixos custos;
- Oferecer segurança, saúde e conforto. (Vasconcelos, 2014)

De todas as características, aquela que sem dúvida ocupa primordial importância no mercado da construção nacional é o económico, sendo menosprezados os aspectos da durabilidade e do impacto ambiental. A indústria da construção, com a configuração actual, apresenta uma grande quota-parte na responsabilidade da degradação do meio ambiente. No entanto, atendendo o desenvolvimento tecnológico desta indústria, esta apresenta grandes potencialidades ao nível da redução do seu impacto ambiental. A introdução de novas tecnologias que permitam aumentar a compatibilização deste sector com os desígnios do desenvolvimento sustentável desvendam um futuro promissor. (Mateus, 2004)

Os sistemas construtivos correntes em Portugal servem-se de uma significativa quantidade de cimento, quer para fins estruturais, como a produção de betão armado, quer como parte de enchimentos e acabamentos. A produção de cimento incorpora elevadas quantidades de energia, necessárias para o funcionamento dos altos-fornos. Essa energia provém de fontes altamente poluentes, normalmente combustíveis fósseis, pelo que o produto final incorpora uma significativa pegada ecológica. (Coelho, 2012)

Além da tradicional construção assente no betão armado existe uma diversidade de sistemas construtivos alternativos. Sob o ponto de vista da sustentabilidade, existe um conjunto de sistemas “ligeiros” que se servem de elementos leves e de secção relativamente reduzida, organizados segundo uma grelha de espaçamento reduzido. Estes sistemas envolvem menor massa total de matérias-primas e, geralmente, reduzidas necessidades energéticas na fase de produção dos materiais e montagem em obra. Dois dos mais conhecidos sistemas estruturais “ligeiros” têm como materiais de base o aço enformado a frio e a madeira. (Coelho, 2012)

A construção baseada em estruturas em aço leve a par das construções em madeira são fortes alternativas à construção tradicional, apresentando-se como uma opção a ponderar quando o objectivo é responder a uma dada necessidade funcional com preocupações de sustentabilidade.

Quando a matéria-prima é a madeira, a quantidade de energia é relativamente reduzida, nos casos em que se utiliza madeira maciça para fins estruturais, o processo de preparação consiste apenas no condicionamento da madeira, para obter o grau de humidade ideal para a construção e no corte em dimensões standardizadas que permitem um uso mais prático em obra. Enquanto material higroscópico, a madeira contribui para a qualidade do ambiente interior e é ainda conhecida pela sua relativamente baixa condutividade térmica, pelo que se prevê que a sua utilização se reflecta em vantagens ao nível da eficiência energética do edifício. (Coelho, 2012)

Em relação ao aço enformado a frio (LSF) a facilidade de aplicação diminui consideravelmente a mão-de-obra e o baixo peso dos materiais permitindo reduzir significativamente os gastos nos meios de transporte. Em relação aos materiais usados, tanto a estrutura como o isolamento térmico de um edifício LSF pode ser reciclado ou

---

reaproveitado na totalidade. Comparando o aço com o betão ou o tijolo, a energia incorporada, a qual é usada na fabricação do material é similar, no entanto, o aço têm o seu uso justificado pela possibilidade de reciclagem. (Diniz, 2008)

## 2.2 Ferramentas de Avaliação da Sustentabilidade

Devido à crescente importância do conceito de construção sustentável, desde a década de 90 até aos dias de hoje, têm surgido, um pouco por todo o mundo, sistemas de avaliação que visam caracterizar o edifício em termos da sua sustentabilidade.

O primeiro sinal da necessidade de avaliar o desempenho ambiental das construções veio do facto de se constatar que mesmo nos países mais desenvolvidos nesta matéria não possuíam meios eficazes para desenvolver projectos ecológicos, o qual se comprovou na prática uns anos mais tarde, com os resultados obtidos nas construções realizadas. O segundo grande impulso ocorreu devido à necessidade de elevar substancialmente o desempenho ambiental das construções, os investigadores em conjunto com as instituições governamentais criaram uma classificação para associar aos sistemas de certificação, de forma a permitir identificar os edifícios com melhor desempenho. (Couto, 2014)

A construção sustentável tem por base uma série de indicadores e parâmetros que se enquadram nas diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável. A utilização de metodologias que avaliassem a sustentabilidade dos edifícios através da análise de todos esses parâmetros constituiria um processo moroso que desencorajaria a utilização dessas metodologias, o que colocaria em causa a prossecução dos seus objetivos. Deste modo, as metodologias existentes abordam a sustentabilidade de uma forma holística, baseando a avaliação nos indicadores e parâmetros que são considerados mais representativos nos objectivos da avaliação. Um indicador permite avaliar o comportamento de uma solução face a um ou mais objetivos do desenvolvimento sustentável e um parâmetro é uma propriedade mensurável ou observável que fornece informação acerca de um fenómeno, ambiente ou área. (Couto, 2014)

No sentido de reduzir o impacto ambiental dos edifícios, surgiram ao longo dos últimos anos várias ferramentas para avaliação da sustentabilidade de edifícios ou empreendimentos. Das ferramentas e sistemas de avaliação da sustentabilidade existentes, destacam-se o Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM), o Leadership in Energy & Environmental Design (LEED), e o Green Building Challenge (GBTool), ou ainda o SBToolPT (Portugal) e o LiderA (Portugal). Estes sistemas baseiam-se numa ponderação entre diversas categorias e indicadores que, no final, resultarão na classificação da sustentabilidade do edifício. A maior parte deles encontram-se sobretudo orientados para a avaliação do desempenho ambiental dos edifícios, numa perspectiva global, e necessitam do conhecimento

prévio de um conjunto de parâmetros, considerados na avaliação da sustentabilidade global dos edifícios. (Midões, 2012)

Entre os indicadores de sustentabilidade, a pegada ecológica é o mais referenciado pelos especialistas. Desenvolvido em 1996 por Wackernagel e Rees no trabalho "Our Ecological Footprint", este trabalho foi considerado pioneiro na elaboração de indicadores de sustentabilidade, marcando o início de uma fase de produção intensa de indicadores de sustentabilidade. A grande quantidade de informações que o método consegue manipular e as suas várias possíveis aplicações justificam o grande interesse sobre esta ferramenta. (Couto, 2014)

A pegada ecológica representa o espaço ecológico necessário para sustentar um sistema ou unidade, quantificando a capacidade de carga do sistema. A ferramenta tem também um apelo educativo, contribuindo para a conscientização da sociedade sobre os problemas ambientais. O método calcula a área necessária para manter uma determinada população ou sistema económico baseado em dados relativos à energia e recursos naturais, bem como a capacidade de absorção de resíduos do sistema. (Couto, 2014)

Para que haja uma padronização dos dados usados, as estimativas geralmente utilizam médias nacionais de consumo e médias mundiais de produtividade. É através deste indicador que se podem vislumbrar os padrões de consumo e produtividade, tornando-se essencial na elaboração de modelos de gestão. Este indicador explora a relação entre a sociedade e o meio ambiente. (Couto, 2014)

Nas diferentes metodologias de avaliação da sustentabilidade, normalmente são definidos os seguintes objectivos: optimização do potencial do local, preservação da identidade regional e cultural, minimização do consumo de energia, protecção e conservação dos recursos de água, utilização de materiais e produtos de baixo impacte ambiental, adequada qualidade do ambiente interior e optimização das fases de operação e manutenção. (Couto, 2014)

Normalmente, os parâmetros que servem de apoio à avaliação da sustentabilidade estão relacionados de uma forma ou doutra com os seguintes objectivos:

- Redução da utilização de energia e materiais não renováveis;
- Redução do consumo de água;
- Redução da produção de emissões, resíduos e outros poluentes. (Couto, 2014)

O objectivo da avaliação da sustentabilidade é reunir dados e reportar informação que servirá de base aos processos de decisão que decorrem durante as diversas fases do ciclo de vida de um edifício. As variáveis de sustentabilidade e o perfil sustentável de um edifício resultam dum processo no qual os factores mais importantes são identificados, analisados e avaliados.

---

Actualmente podem ser identificadas duas tendências antagónicas no contexto das ferramentas de avaliação: de um lado a complexidade e a diversidade de indicadores desenvolvidos por diferentes entidades e do outro, a evolução no sentido da sua efectiva implementação através do desenvolvimento de indicadores comuns e simplificação do processo de avaliação. (Couto, 2014)

Estas ferramentas sofrem constantemente um evolução, sendo corrigidas as suas diversas limitações. Actualmente, o principal objectivo é desenvolver e implementar uma metodologia consensual que sirva de suporte à concepção de edifícios sustentáveis, que seja ao mesmo tempo prática, transparente e suficientemente flexível, para que possa ser facilmente adaptada aos diferentes tipos de edifícios e à constante evolução tecnológica que se verifica no domínio da construção. Existem inúmeros países que têm ou que se encontram a desenvolver sistemas próprios de avaliação da sustentabilidade, pelo que as trocas de conhecimento e a coordenação internacional se encontram a crescer exponencialmente. (Couto, 2014)

## 3. Capítulo | Avaliação do Ciclo de Vida

### Introdução

A análise de ciclo de vida ou Life-Cycle Assessment (LCA) é uma metodologia que permite a quantificação do potencial impacte ambiental associado a um produto ou serviço ao longo do seu ciclo de vida. Esta ferramenta permite não só uma análise comparativa de produtos ou serviços, mas também uma análise de sensibilidade. Esta permite identificar quais as fases ou quais os materiais que ao longo do ciclo de vida de um produto são responsáveis por um maior potencial de impacte ambiental. Assim, torna-se possível melhorar o desempenho ambiental do produto ou serviço analisado. (Neiva, 2012)

Frequentemente associada aos processos de tomada de decisão a nível industrial e empresarial é uma ferramenta de grande valia para o sector da construção. A LCA tanto pode ser aplicada a um único produto como a um conjunto de produtos que constituam um sistema mais abrangente, tal como sucede com os edifícios. (Soares, 2006)

As ferramentas de avaliação do ciclo de vida (ACV) são instrumentos direccionados para a avaliação ambiental e económica de materiais e produtos de várias indústrias, incluindo a construção. Estas empregam-se nas fases de projecto do edifício, pois é a fase onde se tomam decisões referentes á selecção de materiais e a forma de avaliação dos impactes ambientais, directos e indirectos, de todo o ciclo de vida dos produtos. São importantes no fornecimento de dados com vista a avaliação da sustentabilidade com objectivo de auxiliar nas decisões nas fases preliminares. (Andrade, 2013)

Genericamente podemos afirmar que a actividade construtiva não é “amiga do ambiente” devido aos impactes que gera nesse meio. Como tal, a preocupação no campo dos edifícios tem vindo a crescer no sentido em que a melhoria ambiental neste sector revela-se fundamental para um futuro sustentável das sociedades, algo que no mundo actual se prevê de difícil alcance. Nesse sentido, as organizações necessitam de abordar os impactes ambientais causados pelos processos e produtos construtivos durante o ciclo de vida dos empreendimentos e avaliá-los de forma a poderem realizar a tomada de decisão mais adequada e sustentável. Para suplantar essas necessidades, a metodologia ACV (LCA) é uma técnica única, e a mais adequada e adaptada à realidade construtiva, pois compreende todos os impactes significativos de cada um dos seus componentes em cada fase do seu ciclo de vida e agiliza, suporta o processo de decisão. (Andrade, 2013)

---

Numa abordagem comparativa é possível estabelecer o nível de desempenho entre os vários produtos ou serviços analisados. Por exemplo, é possível dizer que a solução 1 tem um desempenho ambiental “melhor” que a solução 2 e vice-versa. Neste caso em concreto, a análise permite a comparação de desempenho ambiental de duas ou mais soluções construtivas que têm desempenhos funcionais e económicos idênticos. Se por exemplo durante a elaboração de um projecto se tiver de optar entre uma solução de parede interior de alvenaria ou uma solução de gesso cartonado, ao nível do desempenho ambiental a solução de gesso cartonado tomará uma grande vantagem. Ao nível funcional e económico existem pequenas diferenças que acabam por não ser muito significativas. (Neiva, 2012)

Com relação aos aspectos ambientais de sustentabilidade ligados à construção sustentável, podem ser apontados aqueles citados pelos principais sistemas de avaliação de sustentabilidade e certificação de edifícios:

- Qualidade da implantação;
- Gestão do uso da água;
- Gestão do uso de energia;
- Gestão de materiais e (redução de) resíduos;
- Prevenção de poluição;
- Gestão ambiental (do processo);
- Gestão da qualidade do ambiente interno;
- Qualidade dos serviços;
- Desempenho económico;

Todos os aspectos apresentados manifestam-se em todas as fases do ciclo de vida das edificações. Devido à necessidade de melhoramento das construções torna-se indispensável analisar e eliminar se possível todos estes aspectos negativos, traduzindo-se numa melhoria dos três pilares da sustentabilidade. (Couto, 2014)

A análise de ciclo de vida, muito mais do que mera comparação de produtos é actualmente tida em conta em análises mais abrangentes, como, por exemplo, a avaliação da sustentabilidade. No entanto, a utilização da metodologia LCA não é muito comum devido à complexidade e à quantidade de tempo exigido no processo. Um edifício é constituído por várias soluções construtivas, por inúmeros materiais e por diferentes processos construtivos. Uma análise de ciclo de vida adequada exige a descrição e a contabilização de todos os materiais e processos integrados na solução construtiva em análise. (Neiva, 2012)

Para uma correcta avaliação do impacte esta deve abranger desde a fase da extracção, a transformação e embalagem da matéria-prima, o seu transporte, a construção em si, a manutenção, o seu reuso, a reciclagem até ao depósito final. (Vasconcelos, 2014)

Uma análise de ciclo de vida processa-se por quatro fases:

1ª Fase - Definição do objectivo e do âmbito da avaliação,

2ª Fase - Inventário da partes integrantes,

3ª Fase - Avaliação de impacte,

4ª Fase - Interpretação dos resultados obtidos.

(Vasconcelos, 2014)

O seguinte esquema ilustra estas quatro fases e as suas aplicações directas:

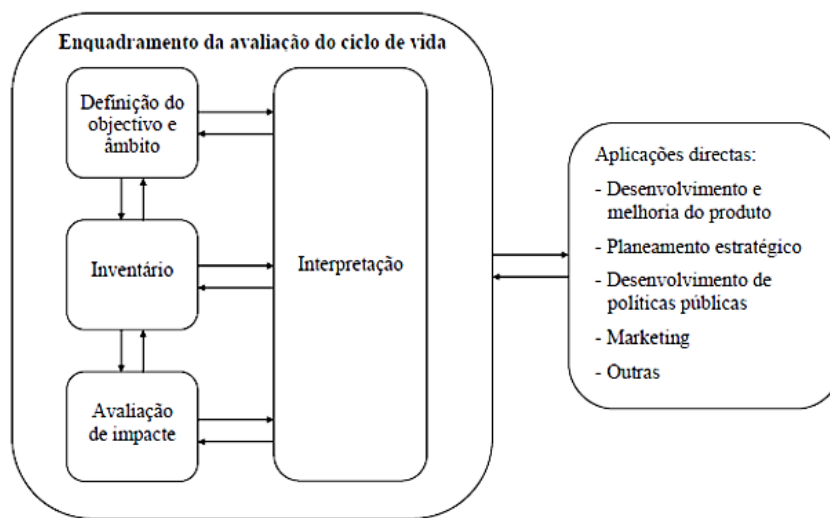


Figura 3.1: Esquemática das fases de uma LCA segundo a ISO14040/Gestão ambiental

Na 1ª fase, do objectivo e âmbito de análise, determinam-se o enquadramento e os limites da investigação, como seja o ciclo de vida do produto desde a fase da extracção até à sua deposição e devolução à natureza. Além disso, são consideradas as interacções com outras substâncias, e, são definidas as premissas e limitações da investigação preliminar. É nesta fase também que se define a análise de pontos fracos entre um produto A e outro B, estabelecendo o nível de detalhe a considerar, criando por conseguinte todas as bases necessárias para a comparação. (Vasconcelos, 2014)

Numa 2ª fase é criado o inventário o qual envolve a construção do ciclo de vida, a parte quantitativa do LCA. A Integração com o meio ambiente é constituída por Inputs (recursos utilizados) e Outputs (emissões), sendo nesta fase considerados os dados fornecidos pelos fabricantes, mas também de outras fontes, de modo a incluir o total dos recursos consumidos, assim como para calcular as emissões. O esquema seguinte (Figura 3.2) representa no lado esquerdo os Inputs possíveis ao longo do ciclo de vida, como os recursos, o uso do solo, a energia, a água e outros materiais, e, no lado direito, os Outputs, nomeadamente Emissões para o solo, o ar, a água ou subprodutos e lixo. O esquema demonstra também que todos

estes Inputs e Outputs podem existir em todas as fases do ciclo de vida, desde a produção até ao reuso, reciclagem ou depósito. (Vasconcelos, 2014)

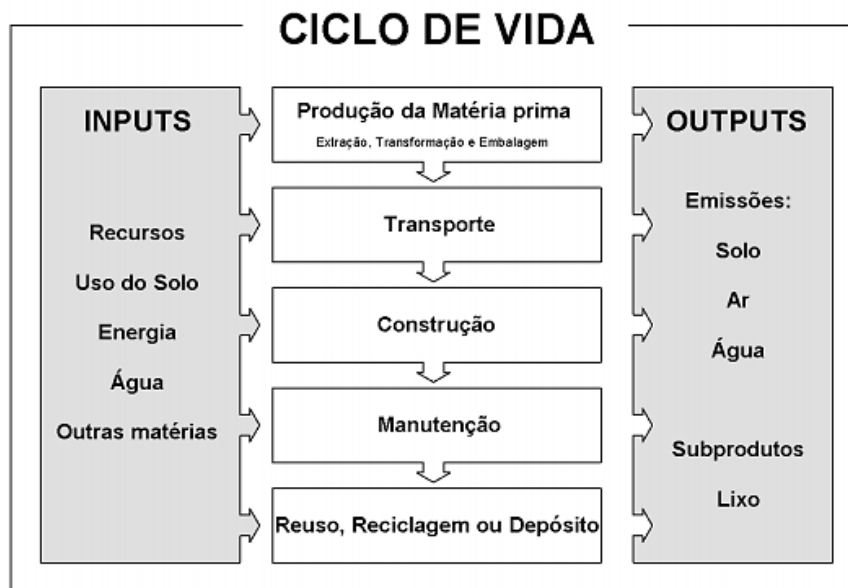


Figura 3.2: Esquematização dos Inputs e Outputs do ciclo de vida (Vasconcelos, 2014)

Após o levantamento dos dados processa-se à avaliação dos seus impactes (3ª fase), a qual, através de indicadores, transforma os dados recolhidos em informação de carácter claro, resumindo-os e densificando-os. Para a avaliação de impactes recorre-se a uma base de dados, actualmente de forma informática, a qual processa e informa sobre os resultados do inventário de acordo com uma base científica, que mostra por exemplo a relevância de diferentes emissões no efeito estufa ou na formação do buraco de ozono. (Vasconcelos, 2014)

Por último, numa 4ª fase, serão utilizados todos os dados para dar resposta a uma pergunta lançada inicialmente nos objectivos. Através de pequenas modificações nos dados é possível testar a sensibilidade e robustez do sistema criado, para provar a eficiência da análise, e para que se consiga provar a sua relevância para as conclusões obtidas. (Vasconcelos, 2014)

De todas as fases de uma avaliação de ciclo de vida (LCA), o inventário é uma parte crucial a executar. Mais concretamente, um inventário serve para criar uma lista com as quantidades de matérias-primas, energia consumida e emissões ambientais. O inventário de ciclo de vida (ICV) é um processo essencial para a aprendizagem, a sua avaliação é parte preponderante do processo de ACV, permitindo quantificar os impactes e realizar posteriormente comparações. Clarificando com um exemplo, um ICV fornece uma quantidade específica de CO<sub>2</sub> e de metano que apesar de sabermos que são ambos prejudiciais não podemos determinar qual teria o mais potencial de impacto sem a execução desta fase. O papel deste processo de análise, partindo do inventário realizado, é evidente para calcular o impacto que cada um destes vai ter em impactes associados a emissões atmosféricas. Os resultados de uma análise

do ICV podem assim demonstrar as diferenças dos potenciais impactos ambientais. (Andrade, 2013)

### 3.1. LCA Aplicada à Construção

A LCA é aplicada na construção civil desde 1990 e representa uma importante ferramenta no desenvolvimento da construção sustentável. Este tipo de metodologia de avaliação em edifícios permite mais do que apenas uma certificação energética, que prima essencialmente pelo uso eficiente de energia. A realização de uma LCA num edifício permite avaliar a energia incorporada nos materiais, volume de resíduos gerados na construção e demolição do edifício. (Khasreen et al., 2009)

Actualmente existe uma variedade de ferramentas no mercado da construção que têm sido utilizadas na avaliação da construção sustentável. A LCA baseia-se numa análise completa aos edifícios e seu ciclo de vida (ver Figura 3.3), através dos seus elementos constituintes por norma são avaliados os seguintes parâmetros: Consumo de recursos não renováveis, consumo de água, potencial de aquecimento global, potencial de redução da camada de ozono, potencial de eutrofização, potencial de acidificação, e ainda, toxicidade humana, toxicidade ecológica, produção de resíduos, uso da terra, poluição do ar e alterações do habitat. (Degani, 2002)



**Figura 3.3:** Ciclo de vida de um edifício (Construction Products Association, 2012)

---

Em linhas gerais, o ciclo de vida do produto edifício contempla as seguintes etapas:

- Projecto: Fase inicial do ciclo de vida de um edifício na qual o empreendimento é concebido. Nesta etapa são realizados estudos face à sua viabilidade física, económica e financeira, além de serem elaborados os seus projectos e especificações, e ainda a programação do desenvolvimento das actividades construtivas; (Degani, 2002)

- Implantação: É na etapa de implantação do edifício que irão aparecer as primeiras consequências decorrentes dos recursos seleccionados. É portanto evidente a necessidade da selecção consciente dos recursos tendo em conta as características dos métodos construtivos associados, os quais não devem ser agressores ao meio ambiente durante o transporte, descarga no local e aplicação. Isto significa que devem ser escolhidos materiais e componentes que gerem pouco ou nenhum resíduo que possa ser lançado ao solo, águas ou ar. Para além disso deve ser dada preferência a materiais recicláveis ou que contenham componentes reciclados, sendo também importante a escolha de fornecedores disponíveis nas proximidades do lote de construção, evitando-se assim longos percursos para transporte.

- Fase de uso: Na etapa de uso do empreendimento também surgem consequências relacionadas aos materiais especificados nos projectos de arquitectura. Os materiais e mobiliários definidos no projecto arquitectónico devem considerar a durabilidade e facilidade de manutenção. Outro impacto negativo que pode surgir durante o uso está relacionado com o consumo superior e desnecessário de energia e água, os quais podem ser solucionados na etapa de projecto arquitectónico por meio da adopção de sistemas eficientes de iluminação, ventilação e condicionamento de ar (aquecimento e refrigeração), bem como de dispositivos para economia de energia e água associados às instalações prediais. Também a escolha do sistema de aquecimento de água deve considerar a disponibilidade local de sistemas a gás ou o aproveitamento da energia solar.

- Manutenção: É a fase cuja actividade tem origem na necessidade de reposição de componentes que atingiram o final da sua vida útil e de manutenção de equipamentos e sistemas, ou então na necessidade de correcção de falhas de execução, patologias, ou ainda para a modernização do empreendimento e sua adequação a alterações de comportamento do usuário ou à sua finalidade. A previsão em projecto de possibilidades de expansão e modernização futuros do edificado é papel do arquitecto, evitando-se assim demolições parciais desnecessárias e viabilizando o reaproveitamento de componentes. Para uma manutenção eficiente é muito importante que o acesso às instalações eléctricas, hidráulicas e sistemas de ventilação e aquecimento de água seja facilitado e esta também é uma atribuição do projecto de arquitectura compatibilizado com os projectos de instalações. É muito importante a coordenação de todas as equipas de trabalho, pois dessa forma podemos assegurar a eficiência de cada um deles, desde a etapa de projecto, à implantação, ao uso e posterior manutenção.

- Demolição - É a fase de inutilização do produto edifício através de um processo de desconstrução, o qual poderá estar associado a um processo de reciclagem. Também são características sustentáveis de um projecto arquitectónico aquelas que viabilizam uma demolição racional, isto é, um processo de desmonte consciente e comprometido com a definição de materiais e componentes reaproveitáveis, não frágeis, duráveis, e se possível desmontáveis. Ainda deve ser observado o mercado para a reciclagem destes componentes, significando que devam ser tomados cuidados especiais às peças de demolição que possuem mercado para reciclagem. (Degani, 2002)

Como todas as metodologias, a análise de ciclo de vida (LCA) apresenta as suas desvantagens. A sua realização é por vezes dispendiosa, tanto em custos como em tempo. Estes parâmetros dependem do tipo de avaliação que se vai realizar, mais especificamente, da pormenorização desejada. Quanto mais pormenorizada a avaliação, maior a dificuldade na obtenção de dados e, como tal, a qualidade dos resultados apresentados vão ser influenciados negativamente, já que análises muito complexas requerem uma tipologia de dados que não se encontra muito divulgada nem de fácil acesso.

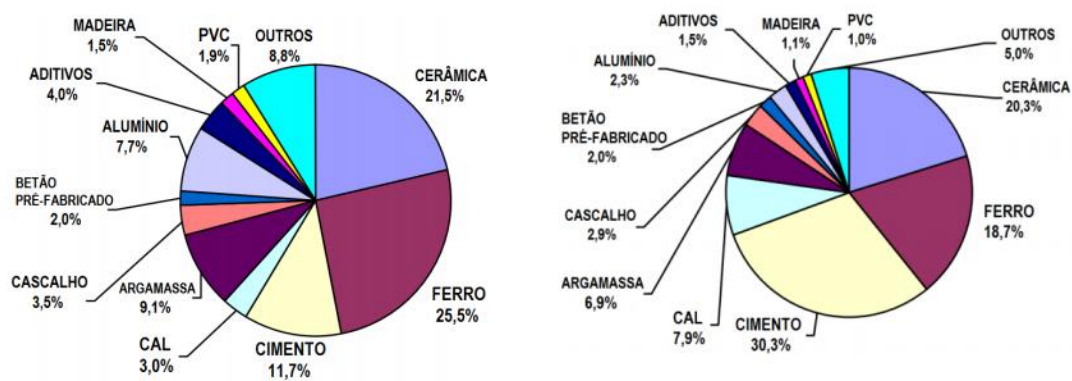
Contudo, considerando o rácio entre vantagens e desvantagens, esta metodologia apresenta-se como uma grande valia para atingir uma construção mais sustentável, e naturalmente, o conceito de desenvolvimento sustentável se for simplificada e adaptada às necessidades do sector da construção. (Andrade, 2013)

### **3.2.2. Avaliação dos materiais de construção**

Como já referido, um dos objectivos na abordagem ao ciclo de vida é ajudar na tomada de decisão através da selecção dos materiais e tecnologias que representam o menor impacte ambiental. Em muitas situações, os produtos da construção são apresentados como baratos a médio prazo, mas estes podem ter altos custos de manutenção ou altos custos de gestão de resíduos ou até serem produtos tecnologicamente evoluídos que requerem custos de produção que nunca serão recuperados. Como tal, há materiais que considerando todas as fases do ciclo de vida podem provocar mais impactes ambientais para além dos provocados no seu processo produtivo, devido a acções de manutenção e eliminação.

Existem também outros que no fim da sua vida útil podem ser reutilizados ou reciclados e minimizar os impactes associados à sua produção. Por exemplo, o betão é um material que na sua produção emite grandes quantidades de CO<sub>2</sub>. Essa quantidade, no entanto, pode ser minimizada com o aproveitamento deste, após fim do ciclo de vida do objecto onde foi aplicado, em outros usos como por exemplo na camada de enchimento em infra-estruturas. (Andrade, 2013)

Com a finalidade de reconhecermos o impacto ao nível da energia primária de produção e emissão de CO<sub>2</sub> dos materiais mais usados na construção civil, um estudo foi realizado (Zabalza, 2010). Com os resultados do seguinte gráfico (Figura 3.4), podemos constatar que os maiores impactos são provocados pelo ferro, cimento e cerâmica.



**Figura 3.4:** Quantidade de CO<sub>2</sub> e Energia Primária de Materiais de Construção. (Zabalza, 2010)

É importante realçar que a produção, transporte e instalação de materiais como o ferro e betão necessitam de uma grande quantidade de energia apesar de estes representarem uma parte muito pequena do custo total de toda a edificação. No entanto, nos edifícios, os materiais normalmente utilizados para a estrutura dos edifícios representam mais de 50% da sua energia interna, sendo necessário uma tomada de decisão a pensar nestes impactos (Zabalza, 2010)

De forma sumaria, definem-se alguns aspectos a ter em conta na utilização da metodologia de LCA no sector da construção: (Zabalza, 2010)

- 1) Os limites do sistema definidos na metodologia devem ser os mais amplos possíveis a fim dos resultados obtidos serem mais realistas. Qualquer módulo que seja desprezado pode gerar diferenças significativas nos resultados e conduzir a tomadas de decisão erradas;
- 2) As bases de dados têm uma importância crucial na realização da LCA, portanto a sua extensão, ajustamento e harmonização às características e particularidades da construção de cada país deve estar na ordem do dia. A criação de uma base de informação completa e precisa facilita imenso na correta avaliação dos impactos ambientais das edificações na perspectiva das novas normas europeias;
- 3) Outro aspecto relevante depreende-se com o fim de vida de um edifício. Um edifício tradicional quando atinge a fase de fim de vida é demolido e maior parte dos seus elementos são encaminhados para aterros ou incineradores devido à grande dificuldade em separá-los, o

que provoca consumos enormes de energia. A fase fim de vida é extremamente importante para a redução de impactes ambientais e muitas vezes não é contabilizada na LCA. No entanto, para que seja possível a reciclagem e reutilização de muitos materiais da construção tem que haver uma mudança abrupta nos projectos de edifícios a fim de possibilitar o desmantelamento dos elementos construtivos no fim de vida do edifício. Por sua vez, também os processos de demolição têm que ser melhorados no sentido de simplificar e reduzir o esforço na remoção dos elementos do edifício. (Zabalza, 2010)

A fase fim de vida é extremamente importante para a redução de impactes ambientais e muitas vezes não é contabilizada na LCA. No entanto, para que seja possível a reciclagem e reutilização de muitos materiais da construção tem que haver uma mudança abrupta nos projectos de edifícios a fim de possibilitar o desmantelamento dos elementos construtivos no fim de vida do edifício. Por sua vez, também os processos de demolição têm que ser melhorados no sentido de simplificar e reduzir o esforço na remoção dos elementos do edifício. (Andrade, 2013)

---

## 4. Capítulo | Sistemas Construtivos

### Introdução

Com a evolução científica que se tem verificado nos últimos anos na área da construção encontram-se a ser desenvolvidos e implementados no sector dos edifícios novos sistemas construtivos mais sustentáveis. Neste capítulo demonstram-se alguns exemplos e apresentam-se alguns projectos aplicando métodos construtivos sustentáveis, nomeadamente baseado no conceito do modular e da pré-fabricação.

Atendendo ao elevado número de soluções e sistemas construtivos disponíveis, para a selecção do mais adequado, é necessário averiguar as vantagens e reservas de cada um deles, atendendo ao tipo de clima, distância até à fonte do recurso, disponibilidade económica, estilo arquitectónico e estética pretendida. Resumidamente, os factores mais importantes que influenciam a selecção da tecnologia construtiva mais adequada são (Mateus, 2004):

- Durabilidade das soluções comparativamente à vida útil projectada para o edifício;
- Análise global dos custos da solução (custo inicial, custo de operação, custo de manutenção, custo de reabilitação, custo de demolição/desmantelamento, custo de eliminação);
- Comportamento térmico. O modo como uma solução construtiva condiciona o comportamento térmico do edifício é importante na previsão da quantidade de energia necessária nas operações de aquecimento e arrefecimento (custos económicos e ambientais);
- Impacte ambiental de todos os materiais e componentes de construção utilizados, bem como, dos processos de construção associados;
- Disponibilidade de técnicos e de empresas de construção que possuam a adequada formação para lidarem com a solução construtiva pretendida;
- Disponibilidade de materiais no mercado;

Em Portugal, apesar de existirem realidades climáticas diferentes, as soluções construtivas utilizadas nos edifícios de todo o território são praticamente iguais. A construção actual é baseada numa fórmula que se encontra bastante enraizada e que é utilizada em todo país, independentemente das diferenças existentes ao nível do clima, localização geográfica,

---

disponibilidade da matéria-prima e estilo de vida dos seus ocupantes. Esta fórmula baseia-se num sistema construtivo em que as paredes exteriores são alvenaria dupla de tijolo, as interiores são em alvenaria de tijolo simples e as lajes constituídas por vigotas pré-esforçadas com blocos de cofragem. (Mateus, 2004)

À semelhança do que já aconteceu noutras indústrias, espera-se que ao nível dos processos construtivos e tecnologia, ocorra uma industrialização crescente, neste caso com o aumento de tarefas a realizar em fábrica e diminuição das tarefas em estaleiro. Tendo em conta a actual distribuição de responsabilidades na ocorrência de anomalias nos edifícios, onde a falhas de projecto, nomeadamente a falta de pormenorização, são apontadas como uma das principais causas, é natural que a fase de projecto ocupe, cada vez mais, um lugar de destaque no processo construtivo. (Domingos, 2013)

A crescente industrialização do processo construtivo é um dos pontos-chave para a maximização da sustentabilidade da construção ao nível dos seus três vectores: social, ambiental e económico. Com a industrialização da Construção pretende-se que a maior parte dos seus elementos sejam produzidos em fábrica, onde os processos produtivos altamente controlados permitem a redução resíduos. Os elementos são produzidos com as dimensões estritamente necessárias à sua futura função, não havendo lugar à produção de resíduos, economizando-se recursos naturais e económicos. Por outro lado, com a realização de um número cada vez maior de tarefas em fábrica e com a crescente mecanização do processo construtivo, consegue-se melhorar as condições de trabalho dos trabalhadores da Construção que têm que suportar as penosas condições de trabalho existentes em estaleiro, pautadas pela alternância das condições atmosféricas, sujidade e descoordenação. (Mateus, 2004)

#### **4.1. Pré-fabricação**

Os sistemas construtivos pré-fabricados, desenvolvidos no séc. XX com a revolução industrial, criaram um novo estímulo para o crescimento da indústria das casas pré-fabricadas, sendo as principais vantagens o baixo custo associado à rapidez e facilidade de transporte e montagem.

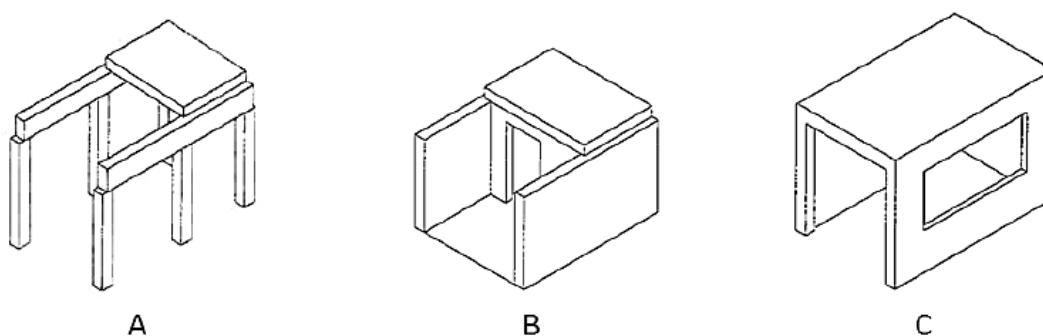
Com o início da produção do primeiro automóvel produzido em série, o Ford Modelo T, iniciou-se uma revolução na indústria automóvel, cujo processo de fabrico foi depois adaptado para a construção de casas pré-fabricadas. A partir de 1990 e apesar de ainda ser um sistema construtivo em evolução e com uma conotação de fragilidade, as casas pré-fabricadas melhoraram a sua reputação por serem relativamente flexíveis, personalizáveis, terem baixa manutenção, preço reduzido, boa eficiência energética e ainda haver grande variedade e disponibilidade no mercado. (Domingos, 2013)

Os sistemas construtivos pré-fabricados podem ser classificados de diversas maneiras. Atendendo ao método compositivo do sistema podem-se distinguir três classes (Domingos, 2013):

A - Sistemas de Esqueleto Estrutural - nos quais as funções de partição e estrutura são desempenhadas por elementos distintos e pertencentes a sistemas distintos.

B - Sistemas de Painéis - nos quais as funções de partição e estrutura são desempenhadas pelos mesmos elementos. Estes elementos consistem em painéis de parede portante inteiraça ou fragmentada.

C - Sistemas de Células - nos quais as funções de partição e estrutura são desempenhadas por um só elemento com dimensão apropriada para acolher pelo menos uma divisão da habitação.



**Figura 4.1:** Desenhos esquemáticos da classificação de sistemas quanto ao método compositivo. Sistema de esqueleto estrutural (A), sistema de painéis (B) e sistema de células (C). (Domingos, 2013)

#### 4.1.1 Construção Modular

O módulo é uma unidade de medida variável, constituído por um sistema de medidas no qual  $M$  é um valor numérico e o intervalo mais pequeno de uma série de medidas. Os valores de uma série ( $2M, 3M, 4M, nM...$ ) são obtidos através da multiplicação de uma variável ( $2, 3, 4, n...$ ) pelo valor constante ( $M$ ). (Domingos, 2013)

No contexto da arquitectura o sistema de medidas modulares serve como sistema de medidas e proporções, como auxiliar de desenho e instrumento de coordenação entre elementos de um projecto, contribuindo assim para a coerência e clareza do mesmo.

O módulo gerador do sistema deve ser, então, um número inteiro em relação numérica simples com o sistema de medidas a que se refere, e sua função é a de servir como máximo denominador comum, como incremento unitário, como primeira medida das grandezas da

---

série modular, assim como também a do intervalo dimensional base do sistema de referência. (Greven & Baldauf, 2007)

O sistema de medidas modular tem ainda grande importância na indústria construtiva, na medida em que racionaliza as matérias-primas e produtos acabados ou semi-acabados, reduz o desperdício e aumenta a compatibilidade entre componentes. (Domingos, 2013)

A estandardização e a modularidade de um projecto têm também um contributo importante a dar para que este seja ecológico e financeiramente sustentável. De facto, componentes concebidos numa lógica de estandardização e modularidade permitem:

- Substituição e actualização de componentes - facilitando a manutenção e prolongando a vida útil da edificação.
- Redução do consumo de recursos - através da minimização dos desperdícios, tanto em fábrica como em obra.
- Melhoria de qualidade - pelo conhecimento, experiência e controlo sobre todos os componentes.
- Redução dos custos - através da automatização de processos, da eficácia na alocação de recursos e da redução dos tempos de construção/montagem tanto em fábrica como em obra. (Domingos, 2013)

Ao projectar sobre os preceitos da modularidade é importante a presença de uma quadrícula de referência e estabelecer de que modo os componentes assentam sobre essas mesmas linhas. Para tal importa saber que o projecto se faz com a medida de projecto dos componentes e que os componentes podem assumir três posições relativamente às linhas da quadrícula modular de referência (Domingos, 2013):

- A. Posição simétrica - na qual o eixo do componente coincide com a linha de referência;
- B. Posição assimétrica - na qual o eixo está deslocado da linha de referência, e neste caso é recomendável que o afastamento à linha de referência seja uma medida submodular;
- C. Posição lateral - na qual a lateral do componente coincide com a linha de referência.

Ao fazer um projecto modular é da maior conveniência que a maior parte dos componentes construtivos sejam modulares e usem o mesmo módulo. Para que um componente seja tenha uma coordenação modular este deve cumprir três critérios (Domingos, 2013):

- A. O critério de selecção - segundo o qual o universo de componentes deve ser reduzido para simplificar o processo de fabrico e armazenagem;

B. O critério de correlação - que define relações de reciprocidade e permite a ligação simplificada de componentes;

C. O critério de permutabilidade - segundo o qual são asseguradas as condições de montagem e as normas para o fazer.

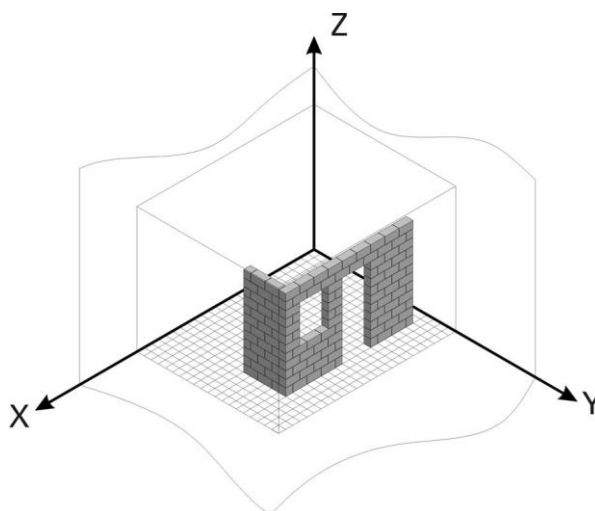


Figura 4.2: Reticulado modular espacial de referência. (Greven & Baldauf, 2007)

Em alguns casos é no entanto possível e por vezes necessário utilizar componentes não modulares. Nestes casos, os componentes devem ser conjugados de forma a resultar da sua união uma medida modular relacionada ao sistema de referência usado no restante projecto.

#### 4.2. Light Steel Framing e Wood Framing

Aliados à aplicação de modernas tecnologias, os novos sistemas construtivos seguem o conceito de baixo custo e impacto ambiental nas diversas fases do ciclo de vida da construção, tendendo à redução do tempo e otimizando o uso das matérias-primas.

Para viabilizar comercialmente estes novos sistemas construtivos, associados principalmente à produção de habitações sustentáveis a baixo custo foram desenvolvidos sistemas construtivos industrializados como o sistema plataforma de madeira (light wood frame) e de estruturas de aço (light steel frame). (Gomes, 2014)

O wood frame para edificações é um sistema construtivo industrializado, durável, estruturado em perfis de madeira tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhados combinados e/ou revestidos com outros materiais. Tem a finalidade de aumentar o conforto térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e contra o fogo. (Gomes, 2014)

---

O conceito básico do wood frame existe há cerca de 150 anos nos Estados Unidos. Desde então, as mudanças limitaram-se a pequenos aperfeiçoamentos e modernização de alguns materiais. O principal motivo da longevidade do sistema é a solidez das edificações, levando-se em conta as condições ambientais, como variação da temperatura, ventos e terremotos.



**Figura 4.3:** Pormenor do sistema construtivo Wood Frame. (futureng, 2014)

Os componentes essenciais do sistema construtivo são a madeira de pinho, os painéis de tiras de madeira orientada (OSB), a membrana hidrófuga, o gesso cartonado e o acabamento. A maioria das peças está pronta e correctamente dimensionada de fábrica, o que acarreta poucos ajustes no local da edificação, sendo a maior parte durante a fase de acabamento. Por isso, o wood frame pode reduzir até 85% o desperdício de matéria-prima. (Gomes, 2014)

Quanto as vantagens do wood frame ressaltam-se as seguintes:

- Uma obra limpa e seca, criação de menos resíduos, não utilização de água no processo;
- A pré-construção em ambiente industrializado, reduzindo o tempo de obra;
- Utilização de madeira de reflorestamento, sendo a única matéria-prima renovável na construção civil;
- Estabilidade do preço da matéria-prima (madeira);
- Conforto térmico e acústico ao usuário e resistência da construção.

O sistema construtivo de estrutura em aço leve (LSF) deriva do wood frame em função da abundância de aço no mercado no período pós-segunda guerra. Este sistema de estrutura em aço (steel frame) é composto por diversos elementos individuais ligados entre si, passando a funcionar como um conjunto entre fundação, isolamento termo-acústico, sistema eléctrico;

resistindo às cargas solicitadas na edificação que dão forma final à edificação, não apresentando restrições arquitectónicas. (Gomes, 2014)



**Figura 4.4:** Exemplo de edifício construído com sistema estrutural em aço leve enformado a frio. (futureng, 2014)

O sistema permite que ocorra a separação dos diferentes materiais em um processo de desmontagem como aço e parafusos sendo composto pelas guias, montantes e parafusos de aço, e pelos painéis de acabamento. (Gomes, 2014)

Do sistema light steel frame as principais vantagens a destacar são:

- Fabricação das estruturas em paralelo com a execução das fundações, diminuindo em 30% o prazo de construção;
- Montagem das estruturas não é afectada pela ocorrência de chuvas;
- Cerca de 2,5 vezes superior ao sistema convencional de alvenaria, com relação ao desempenho acústico e térmico (utilizando a lã de rocha e lã de vidro ou lã de PET);
- Baixo custo e facilidade de manutenção de instalações de hidráulica, eléctrica, ar condicionado e gás;
- Reciclagem e reaproveitamento de vários materiais aplicados no sistema, em especial o aço;
- os perfis de aço galvanizado não contribuem para a propagação do fogo;
- Resistência à corrosão; os perfis de aço galvanizado exibem maior estabilidade dimensional;
- O steel frame garante agilidade às obras, principalmente quando há pouco espaço para canteiro;

- 
- A estrutura metálica mostra-se especialmente indicada nos casos em que há necessidade de adaptações, ampliações, reformas e mudança de ocupação de edifícios. Além disso, torna mais fácil a passagem de utilidades como água, ar condicionado, electricidade, esgoto, telefonia, informática etc.;
  - O processo de fabricação do LSF ocorre dentro de uma indústria, com mão-de-obra altamente qualificada, fornecendo ao cliente a garantia de uma obra com qualidade superior devido ao rígido controlo de qualidade durante todo o processo industrial. (Gomes, 2014)

### 4.3. Exemplos de Projectos Modulares

Hoje em dia a arquitectura revela ter, cada vez mais, um papel fundamental na sustentabilidade das nossas cidades. Numa altura de crise económica diversos arquitectos apresentam novas e diferentes abordagens, conceitos, materiais e design, para transformar as restrições económicas em oportunidades de inovação e qualidade, desde soluções pré-fabricadas, a projectos modulares.

Do conjunto de novos projectos e soluções algumas se destacam quer seja a nível nacional como internacional. A MIMA House é um desses exemplos.

Projectado EM 2011 por uma equipa de arquitectos portugueses, com sede em Viana do Castelo mas que trabalha a partir da Suíça, esta é uma habitação modular de dimensões reduzidas. Inspirados na arquitectura tradicional japonesa e no estilo de vida das sociedades modernas, os arquitectos Mário Sousa e Marta Brandão criaram a MIMA House, que recebeu o prémio ArchDaily - Edifício do Ano 2011. (Mima House, 2011)

Conceptualmente a MIMA House tem as suas raízes na arquitectura residencial tradicional japonesa, paradigma de uma arquitectura luminosa, flexível, confortável e esteticamente depurada. O modelo base da MIMA House consiste num volume paralelepípedo com 7,57m por 7,57m e 3m de altura cujo espaço interior com 2,4m de pé-direito tem apenas 36m<sup>2</sup> e é resultado de uma matriz quadrangular de 1,5m por 1,5m. (Mima House, 2011)

Para que o espaço interior não se tornasse demasiado confinado, os arquitectos utilizaram duas estratégias. Em primeiro lugar optaram por expandir visualmente o interior para o exterior através dos quatro vãos perimetrais, definidos por painéis de vidro com 1,5m de largura por 2,4m de altura. Estes vãos podem no entanto ser encerrados por meio de painéis amovíveis, permitindo assim se o cliente desejar mais privacidade. Em segundo lugar, mas não menos importante projectaram uma habitação cuja configuração espacial é obtida através da disposição livre de painéis amovíveis, introduzindo assim na habitação flexibilidade e capacidade de personalização (Fig. 14). (Mima House, 2011)



**Figura 4.5:** Vista exterior da MIMA House (à esquerda) e Movimentação de painel amovível na MIMA House (à direita). Fotografias de José Campos disponíveis em (Mima House, visitado: julho 2015)

---

Com unidades a partir de 34 m<sup>2</sup> é possível criar uma casa à medida de cada cliente, onde toda a concepção pode ser alterada, porque o interior é composto por painéis e peças modulares personalizadas pelo cliente. Sobre as janelas ou sobre as paredes podem ser colocados e trocados por outros painéis coloridos, na mesma lógica de personalização.

Outro exemplo da arquitectura portuguesa é o módulo habitacional modular criado pelo arquitecto Eurico Silva, a UCHI que em japonês significa "lar confortável" consiste num sistema versátil, económico, ecológico e portátil. (ArchReady, 2013)

O ponto de partida é um módulo de 21 m<sup>2</sup> que pode ser totalmente personalizado pelo cliente, desde o revestimento interior ao exterior, passando pela cor das paredes, o soalho flutuante, até às loiças de cozinha e sanitárias. A UCHI pode assumir diversas funcionalidades, desde habitação, stand de vendas, gabinete, biblioteca ou módulo para residência de estudantes. (ArchReady, 2013)



Figura 4.6: UCHI (Fotografias por Eurico Silva)

A UCHI disponibiliza três modelos habitacionais: básico, eco e high-tec. O modelo básico apresenta-se como um open space que inclui uma zona de estar e dormir com arrumação, zona de cozinha e casa de banho. O modelo eco inclui painéis solares fotovoltaicos e um depósito de água com sistema de reaproveitamento de água e saneamento portátil. No modelo high-tech o cliente poderá ter um conjunto de soluções automáticas que lhe permita controlar, através de um servidor, a iluminação, o alarme de intrusão, o estore automático e/ou o sistema de rega, entre outros. (ArchReady, 2013)

Em relação ao âmbito internacional da arquitectura temos várias propostas conceitos de habitações sustentáveis. Como exemplo temos a Diogene House projectado pelo arquitecto Renzo Piano. Uma micro-casa com cerca de 7,5m<sup>2</sup>, que inclui uma kitchenette, casa de banho, uma cama e módulos de arrumação. (ArchReady, 2013)



Figura 4.7.: Vitra's Diogene House por Renzo Piano (fotografias disponíveis em Studiomil-habitação modular, 2014)

Trata-se de uma unidade de habitação autónoma e sustentável, que consiste numa estrutura de madeira com 2,5m de largura e 3 metros de profundidade, com a zona de estar separada da zona de banho, e inclui um sistema de recolha de água da chuva e aproveitamento de energia através de painéis solares. (ArchReady, 2013)

A construção da casa não requer peças especiais e pode ser feita a partir de pedaços de madeira que se encaixam em conjunto. De acordo com os seus criadores, a estrutura da WikiHouse pode ser montada em menos de um dia, por pessoas sem nenhuma formação em construção. (ArchReady, 2013)

Mais recentemente Alastair Parvin e Nick Ierodionou desenvolveram a WikiHouse, o primeiro edifício do mundo disponível em open-source. Concebido como uma solução de baixo custo para dar resposta à necessidade de habitação global, podendo ser construída com materiais simples de acordo com os planos de construção disponíveis gratuitamente na internet. (ArchReady, 2013)

A construção da casa não requer peças especiais e pode ser feita a partir de pedaços de madeira que se encaixam em conjunto. De acordo com os seus criadores, a estrutura da WikiHouse pode ser montada em menos de um dia, por pessoas sem nenhuma formação em construção. (wikihouse, 2014)

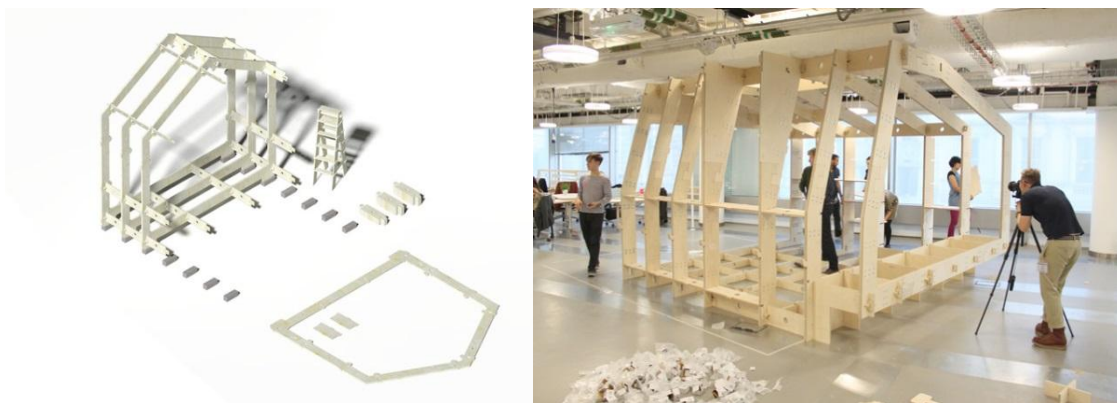


Figura 4.8.: Wikihouse prototype (retirado de: wikihouse.cc)

Utilizando uma máquina CNC, é possível aceder aos planos de corte a partir do site da empresa e em seguida "imprimir" as partes que compõem a WikiHouse numa placa de madeira prensada. (ArchReady, 2013)

O objectivo do projecto é permitir que qualquer pessoa no mundo possa aceder, adaptar e "imprimir" uma casa muito barata e que pode ser adaptada às suas próprias necessidades. (wikihouse, 2014)

Sumariamente, a investigação destes exemplos, com diferentes conceitos e modos de construir associados, permitem estudar diferentes modos de conceber os espaços e apresentam novos modos de habitar mais flexíveis e adaptados aos diferentes utilizadores.

A utilidade ou conforto de utilização destas habitações merece também alguma reflexão, pois é na verdade mais um aspecto diferenciador e importante para a avaliação destes sistemas enquanto propostas alternativas à habitação tradicional.

Ainda que sem grande tradição no nosso país, as casas pré-fabricadas, na sua maioria de estrutura modular, têm vindo a desenvolver-se sendo disso exemplo os projectos aqui apresentados.

Este tipo de construção apresenta inúmeras vantagens em relação à construção tradicional, sendo que através destas tem sido possível definir-se novas definições de habitação e novas formas de perceber os espaços fixos. Dentre os pontos positivos é curioso verificar que estas construções, pela sua flexibilidade, pelas inúmeras possibilidades e pela natureza modular, não são necessariamente uma uniformização, havendo espaço para a personalização e adequação a cada proprietário.

Estas soluções construtivas recorrem maioritariamente a sistemas estruturais de baixo peso destacando se o uso da madeira. A utilização deste material não se prende só a questões estéticas mas antes à sua aplicação e desempenho no sistema estrutural.

Na grande maioria dos casos observados as casas partem de estruturas modulares standart que funcionam como base e contabilização do espaço util. Tendo como principio a utilização de módulos defenidos para divisoes especificas, como as cozinhas ou as casas de banho , devido as instalações necessárias. A estes modulos são anexados outros que tanto podem servir como quarto de dormir ou sala.

Com esta forma de pensar e conceber os espaços é possível contruir na elaboração de casas que permitem conceber a habitação como um ser em mutação e em permanente crescimento, em função das necessidades e exigencias do utilizador. É possível desta maneira acrescentar ou modificar divisoes ou espaços atraves de obras minimas, uma vez que os módulos 'encaixam-se' uns nos outros, com harmonia e rigor.

Partindo destes preceitos é desenvolvido o projecto de habitação, inspirado no conceito da modularidade, sendo importante os projectos aqui observados para a reflexão da forma de conceber e contruir, contribuindo para uma construção mais sustentável e pensado para o bem-estar do utilizador.

---

## 5. Capítulo | Aplicação em Caso Prático

### Introdução

Para uma melhor compreensão do método de avaliação do ciclo de vida, é agora colocado em prática os conceitos teóricos abordados anteriormente. O presente capítulo serve essencialmente para demonstrar a utilidade da metodologia LCA na tomada de decisão do sector da construção, mais especificamente, na selecção do material mais indicado em termos ambientais a utilizar num caso prático real. Pretende-se também verificar os potenciais benefícios decorrentes das novas tecnologias construtivas, nomeadamente do método construtivo baseado em estruturas leves.

Sendo o sistema de *Wood Framing* e o *LSF* referenciados como sustentáveis é importante avaliar qual o impacte ambiental de cada um para realizar uma tomada de decisão e poder afirmar qual dos dois sistemas se deveria optar neste caso. Com a variável da análise definida, para a análise e comparação recorre-se à uma ferramenta de LCA informatizada o “openLCA”.

Com esse objectivo numa primeira fase foi desenvolvido em anteprojecto uma habitação unifamiliar, orientado pelo conceito da construção modular, e numa segunda fase é analisado o seu ciclo de vida consoante o método construtivo utilizado. Dessa forma são analisadas duas soluções construtivas: o sistema construtivo em madeira (Modelo A) e o sistema construtivo em aço leve (Modelo B).

Resumidamente, o processo de análise (LCA) inicia-se com a realização de um inventário, sendo contabilizado as quantidades necessárias de material para executar cada uma das soluções construtivas. De seguida, recorre-se a uma base de dados, baseada nos métodos de avaliação de impactes ambientais, para se obter os indicadores ambientais quantificados. Através dos dados obtidos são construídos um conjunto de gráficos com vista a demonstrar as várias características e impactes de cada modelo. Para finalizar analisa-se e compara-se os resultados dos dois modelos com o objectivo de se obter a melhor solução, em termos ambientais e de sustentabilidade, a adoptar neste projecto.

---

## 5.1. Explicação pormenorizada do caso prático

A construção sustentável é actualmente cada vez mais uma questão essencial na construção, portanto a eficiência ambiental, associada à componente económica, cada vez mais apresenta um papel significativo no estudo e concretização de projectos de arquitectura, podendo até ser um atributo com carácter obrigatório, dado o estado crítico da sustentabilidade ambiental.

O desenvolvimento de um caso prático, abordando o tema em estudo, tem interesse do ponto de vista da compreensão e clarificação da metodologia de LCA apresentada anteriormente. Desta forma, pretende-se expor a importância que a avaliação de ciclo de vida tem na concepção de uma edificação sustentável ao nível ambiental, com uma componente económica associada ao custo dos materiais.

No âmbito da arquitectura, o projecto desenvolvido propõe-se como alternativa à construção tradicional, de alvenaria de tijolo e betão, procurando uma solução diferente, tanto no contexto construtivo como na flexibilidade dos espaços criados.

No projecto de habitação elaborado procura-se explorar os novos conceitos de habitar e novas formas de relacionar os espaços fixos a espaços mutáveis e do tipo “open-space”. O conceito de modularidade é um aspecto preponderante para a criação de estruturas cujos seus constituintes podem ser pré-fabricados em estaleiros, com menor desperdício de material e menores custos de transporte, sendo depois de fácil montagem no local de implantação. A aplicação de um módulo construtivo é também parte essencial para uma arquitectura a pensar no ciclo de vida da edificação permitindo modificações e reparações futuras simplificadas face à existência de elementos pré-fabricados.

A análise de ciclo de vida neste caso prático actua como apoio a uma decisão de projecto, permitindo avaliar dois sistemas construtivos face ao seu impacto ambiental indicando qual destes satisfaz melhor no âmbito da sustentabilidade.

## 5.2. Projecto de Habitação

Tendo como referência os exemplos e a síntese teórica da parte de investigação, o projecto de habitação é desenvolvido segundo os preceitos da modularidade, tendo como referência os métodos construtivos a empregar.

O conceito para este projecto tem por inspiração as casas rurais em madeira tendo como pano de fundo a região portuguesa da Beira Interior. A habitação é pensada não só como uma casa de fim-de-semana mas como um projecto que pretende integrar a população num território maioritariamente agrícola com grandes potencialidades de exploração.

A habitação pretende-se que seja um elemento mutável e não estático, conformando-se a cada utilizador. Desta forma a possibilidade de modulação, e de fácil construção/desconstrução, têm um peso relevante para a solução desenvolvida.

Recorrendo a métodos construtivos estruturais leves, como o *Wood frame* e o *LSF*, pretende-se não só reduzir os gastos com transporte como facilitar o processo de montagem. Associando o material EPS, como módulo construtivo, ao sistema de madeira/aço leve temos uma solução construtiva sustentável, com uma excelente performance térmica.

De acordo com as premissas de projecto, a habitação unifamiliar desenvolve-se segundo as normas legislativas em vigor sendo de destacar as seguintes características:

**a) Tipologia e programa:** o projecto desenvolve-se segundo um módulo de habitação de tipologia T1, tendo como premissa a possibilidade de adaptação e crescimento do edifício através da conexão de mais módulos, consoante as necessidades de cada cliente (Figura 5.1).



**Figura 5.1:** Planta da Habitação T1. Possibilidades de modulação.

**b) Estrutura:** atendendo a que cada um dos sistemas tem muitos pontos em comum, sendo a diferença de materiais que os distingue, a configuração final do projecto de habitação não é afectada, permitindo uma correcta realização de uma LCA comparativa de sistemas construtivos;

Volumetricamente a habitação desenvolve-se num só piso sendo composta por dois módulos de 12 x 2,5m, ligados por uma cobertura inclinada na qual se inserem os colectores solares. (Figura 5.2.)



**Figura 5.2:** Perspectivas da habitação desenvolvida.

No interior (Figura 5.3.) é privilegiando o conceito de *'open-space'*, sendo que a sala convive com a cozinha a qual se abre para o quarto e instalação sanitária. Para além dos espaços de habitar é criado uma sala para a manutenção dos sistemas de aquecimento e recolha de águas.



**Figura 5.3:** Perspectiva do interior da habitação.

### C) Dimensionamento e áreas

No desenvolvimento da habitação foram adoptados, como valores de referência, as áreas definidas como mínimas pelo Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU).

Divisão	Área útil m <sup>2</sup>	Área mínima m <sup>2</sup> (RGEU, 1951)
Designação		
Sala de estar/ jantar	26,09	12 m <sup>2</sup>
Cozinha	8,29	6 m <sup>2</sup>
Instalação Sanitária	5,51	4,5 m <sup>2</sup>
Quarto (casal)	14,78	10,5 m <sup>2</sup>
Área Técnica	6,39	–

**Tabela 5.1:** Áreas úteis das divisões e áreas mínimas admissíveis.

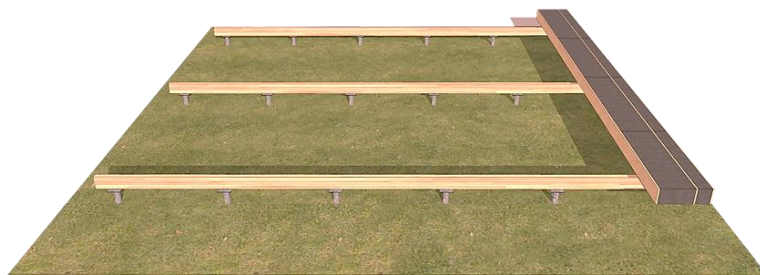
No total a área útil da habitação perfaz os 61,06 m<sup>2</sup>. Relativamente ao pé-direito, adoptou-se como dimensão mínima 2,5m livres, seguindo a modularidade construtiva, e a legislação em vigor que define um pé-direito livre superior a 2,4m (RGEU, 1951).

Em Anexo podem ser encontrados os desenhos técnicos referentes ao projecto.

#### 5.2.1. Materiais e Sistema Estrutural

A laje do piso térreo assenta sobre pilotes, estando em contacto com um desvão ventilado. Por essa razão, não está em contacto directo com o terreno, pelo que é assumida ao mesmo tipo de estrutura, em madeira ou LSF. Os espaços vazios resultantes do espaçamento entre perfis, no caso das paredes exteriores e interiores, lajes de piso e laje de cobertura, são preenchidos com Poliestireno expandido (EPS). O isolamento térmico em EPS com grafite funciona como módulo construtivo (0,50 x 2,50 m) servindo de enchimento e reforçando a estrutura. Tendo em consideração ser um excelente material de isolamento térmico este cumpre com os requisitos térmicos regulamentares adoptado ao clima da localização geográfica definida, a Beira Interior.

Quanto a aplicação do EPS, enquanto material de baixo peso, permite reduzir o peso da estrutura (figura 5.4.). As principais características do EPS tornam-no num material especialmente apropriado para uma utilização como isolante, elemento de aligeiramento e enchimento, substrato para a realização de formas decorativas de acabamento. Ao substituir elementos construtivos "tradicionais" por outros em EPS, obtemos um edifício com um melhor rendimento energético, logo com um melhor comportamento face ao meio ambiente.



**Figura 5.4:** Tipo de Fundação. Adaptado de: Popup-house, 2015.

Considera-se que a estrutura é composta por elementos de madeira de pinho maciça na solução A e montantes e guias em alumínio na solução B. Para a análise, por uma questão de coerência construtiva, além do sistema estrutural genérico da casa, também nas paredes interiores do modelo B a estrutura em madeira foi substituída por estrutura metálica de forma a avaliar cada solução construtiva.

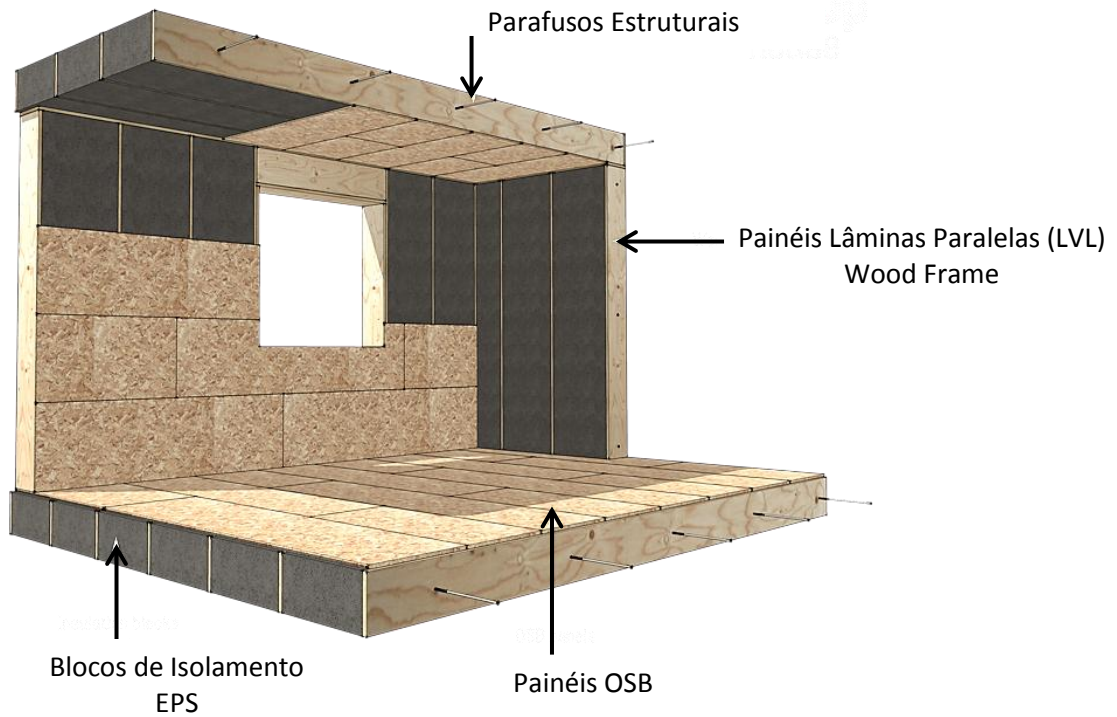
Como base de acabamento são utilizados painéis OSB (18mm) e gesso cartonado nas paredes interiores e tecto falso. Relativamente ao pavimento interior, as áreas húmidas, como a cozinha e instalação sanitária, apresentam pavimento cerâmico e as restantes áreas soalho flutuante.

O EPS enquanto material que compõe os sistemas de reboco térmico pelo exterior, cuja designação técnica é ETICS, é aplicado enquanto método de acabamento pelo exterior.



**Figura 5.5.:** Solução de acabamento exterior (ETICS).

Na figura seguinte apresenta-se o método construtivo utilizado e respectivos materiais empregues na solução.



**Figura 5.6.:** Método construtivo. Adaptado de: PopUp house.

---

## 5.3. Aplicação da metodologia de LCA

O procedimento utilizado para a realização da análise de ciclo de vida, em termos processuais, seguiu o encadeamento por etapas descrito na componente teórica desta dissertação. A mesma baseia-se no procedimento generalizado para executar uma LCA e na quantificação de indicadores ambientais no âmbito do sector da construção. Como tal, são definidas as seguintes fases: objectivo e âmbito da avaliação; inventário dos dados; avaliação e por fim a sua interpretação.

A descrição de como foi aplicada a metodologia e a sequência de etapas encontra-se abaixo descrita.

### 5.3.1. Objectivo e âmbito

Como descrito anteriormente o primeiro ponto a clarificar no início de uma LCA é o seu objectivo. Neste estudo o objectivo consiste em comparar dois sistemas construtivos inseridos num projecto habitacional, a fim de identificar e compreender os impactos ambientais a eles associados.

Através de dois sistemas construtivos distintos, são criados dois modelos de avaliação (A e B), sendo desta forma possível a análise de modo independente de cada um dos sistemas.

Com esta avaliação pretende-se retirar um conjunto de informações pertinentes que auxiliem à escolha sustentável entre os dois sistemas construtivos estudados. Desta forma procura-se assimilar as vantagens e desvantagens do uso de cada um dos sistemas construtivos e depreender quais as consequências e comportamentos decorrentes da sua aplicação em projecto.

Na análise ao projecto de habitação o âmbito do estudo foca-se no sistema construtivo, enquanto característica diferenciadora dos dois modelos avaliados. No caso presente, a habitação é apenas um meio de aplicação para o sistema construtivo e, para além deste, toda a composição e materiais aplicados são equivalentes.

### 5.3.2. Ferramenta de LCA: “openLCA”

Para uma análise aos impactos ambientais causados pelas construções foram desenvolvidas algumas ferramentas informatizadas específicas para a aplicação das metodologias de LCA neste sector. Essas ferramentas diferem nas abordagens, objectivos e prática para a condução de avaliações em vários contextos, entre os quais a avaliação dos impactes num edifício.

Estas ferramentas de análise e avaliação do ciclo de vida (LCA) são instrumentos direccionados para a avaliação ambiental e económica de materiais e produtos de várias indústrias, incluindo a construção. Estas empregam-se nas fases de projecto do edifício, pois é a fase onde se tomam decisões referentes à selecção de materiais e a forma de avaliação dos impactes ambientais de todo o ciclo de vida dos produtos. São importantes no fornecimento de dados com vista a avaliação da sustentabilidade com objectivo de auxiliar nas decisões nas fases preliminares.

No âmbito do LCA alguns *softwares* vieram simplificar o complexo processo que uma análise de ciclo de vida encarrega, que era habitualmente realizado por investigadores que se dedicam a essa área.

Na tabela 5.2. apresentam-se vários exemplos das principais ferramentas utilizadas no apoio a concepção e avaliação da sustentabilidade dos edifícios.

FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO E BASES DE DADOS		
Ferramentas de LCA	Ferramentas Avaliação e Certificação da Sustentabilidade	Bases de dados
Gabi	BREEAM	EcolInvent
BEES	LEED	EDP
LCA-HOUSE	SBTool	IDEMAT
SimaPro	LEnSE	ETH-ESU 96
ATHENA		BUWAL 250
EcoQuantum		DK INPUT OUTPUT
ENVEST		Ecology of Building
openLCA		Materials

**Tabela 5.2.:** Alguns dos *softwares* de LCA.

Para esta avaliação de ciclo de estudo recorreu-se a um *software*, o openLCA, utilizado no âmbito académico. (Figura 5.5.). Este programa permite realizar análises e estudos nos mais variados âmbitos a várias escalas, sendo apenas necessário recorrer as “databases” específicas para cada área de estudo. Neste caso a base de dados utilizada foi a “ELCD”.

O openLCA é uma ferramenta gratuita de livre acesso para todos os utilizadores (figura 5.7.). Enquanto ferramenta de LCA para uso profissional, este contém uma vasta gama de funcionalidades, desenvolvidas pela GreenDelta desde 2006.

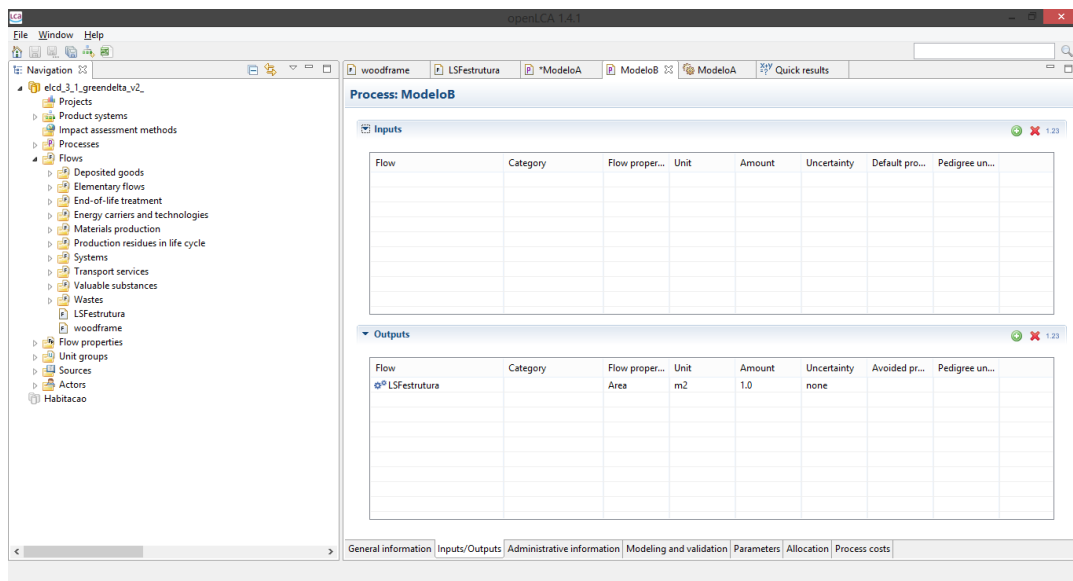


Figura 5.7.: Interface da ferramenta “openLCA 1.4”.

O processo de análise do inventário dentro do *software* baseia-se em criar um processo para cada um dos modelos (A e B) em análise (figura 5.8.). sendo criados “Inputs” com os materiais e respectivas quantidades para cada solução construtiva.

Process: ModeloA

Inputs

Flow	Category	Flow proper...	Unit	Amount	Uncertainty	Default pro...	Pedigree u...
pine wood	Materials producti...	Mass	kg	826.3	none		
oriented strand board	Systems/Construct...	Mass	kg	1938.8	none		
aerated concrete block	Systems/Construct...	Mass	kg	564.5	none		
polystyrene expandable ...	Materials producti...	Mass	kg	678.5	none		
aluminium extrusion pro...	Materials producti...	Mass	kg	274.1	none		
Continuous filament gla...	Materials producti...	Mass	kg	456.9	none		
steel rebar	Materials producti...	Mass	kg	48.0	none		
printing ink	Systems/Paints an...	Mass	kg	3.5	none		
Gypsum plasterboard	Systems/Construct...	Mass	kg	1105.0	none		
transport in t*km	Transport services/...	Goods tran...	kg*km	200.0	none		
electricity	Energy carriers and...	Net calorifi...	MJ	3900.0	none		

Figura 5.8.: Processo de análise no “openLCA 1.4”. Introdução de Inputs.

### 5.3.2. Inventário do Ciclo de Vida

A fase de inventário e análise numa LCA engloba a criação de uma lista, onde é compilada a totalidade dos recursos utilizados e emissões produzidas no ciclo de vida do produto. Com este processo quantifica-se as matérias-primas e energia necessárias, as emissões atmosféricas e água, e ainda os resíduos sólidos criados durante o ciclo de vida do edifício.

No caso deste projecto, os materiais relativos ao sistema construtivo, estes foram incluídos segundo a sua quantidade e peso calculado. Quanto aos dispêndios energéticos, estes foram estimados para uma casa de baixo consumo energético segundo a tabela 5.3, resultando posteriormente nas diferentes emissões.

Material	Energy		Carbon		Wood	Displacement factor
	(1983) GJ/m <sup>2</sup>	(1996) GJ/m <sup>2</sup>	Released (kgC/m <sup>2</sup> )	Stored (kgC/m <sup>2</sup> )	Transfer ratio (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	
Hostel						
Concrete	3.7	3.2	64	10	0.04	Concrete to wood 1.05
Wood	2.7	2.1	42	31	0.12	
Office						
Concrete	5.6	4.7	94	5	0.02	Concrete to wood 1.1
Steel	6.6	4.8	96	5	0.02	
Wood	3.7	3.0	60	35	0.14	
Industry						
Steel	3.2	2.1	42	2	0.008	Steel to wood
Wood	1.8	1.4	28	11	0.04	1.6
House						
(a) High energy	5.9	4.7	94	9	0.04	(a) to (c)
(b) Low cost	4.2	3.4	68	19	0.08	2.1
(c) Low energy	2.5	1.7	34	37	0.15	(d) to (c)
(d) Typical	5.1	3.9	78	34	0.14	15
Column	1	2	3	4	5	6

**Tabela 5.3:** Energia, carbono e madeira despendidos por tipo de edifícios (por m<sup>2</sup>). Buchanana, A.H.; Levineb, S. B. (1999). *Wood-based building materials and atmospheric carbon emissions*.

Deste modo, iniciou-se a análise com a introdução na ferramenta “openLCA” de todos os materiais que integram os dois modelos desenvolvidos e anteriormente descritos. Para uma correta análise, para cada material são discriminadas as características específicas e a sua massa em toneladas.

Relativamente aos componentes contabilizados nesta análise e constantes em inventário, estes foram discriminados e quantificados sob a forma de tabela (Tabelas 5.3 e 5.4).

Material	Quantidade	Unidade	Massa (tonelada)
Betão 20 MPa (Sapatas)	1,44	m <sup>3</sup>	0,5645
Poliestireno (EPS)	19,386	m <sup>3</sup>	0,6785
Madeira de Pinho	0,648	m <sup>3</sup>	0,8263
Painéis OSB	364,869	m <sup>2</sup>	2,2141
Gesso Cartonado	73,67	m <sup>2</sup>	1,105
Vidro Duplo	30,46	m <sup>2</sup>	0,4569
PVC (caixilharia)	274,1557	kg	0,2741
Parafusos	0,048	Toneladas	0,048
Tinta aquosa	4,67024	Lt.	0.0035

**Tabela 5.4:** Listagem de materiais e suas quantidades no Modelo A.

Material	Quantidade	Unidade	Massa (tonelada)
Betão 20 MPa (Sapatas)	1,44	m <sup>3</sup>	0,5645
Poliestireno (EPS)	17,6236	m <sup>3</sup>	0,7463
Perfis - aço galvanizado	1,4413	m <sup>3</sup>	1,4413
Painéis OSB	243,246	m <sup>2</sup>	1,9388
Gesso Cartonado	73,67	m <sup>2</sup>	1,105
Vidro Duplo	30,46	m <sup>2</sup>	0,4569
PVC (caixilharia)	274,1557	kg	0,2741
Parafusos	0,048	Toneladas	0,048
Tinta aquosa	4,67024	Lt.	0.0035

**Tabela 5.5:** Listagem de materiais e suas quantidades no Modelo B.

### 5.3.3. Avaliação dos Impactos no Ciclo de Vida

Com a realização do inventário e após a sua aplicação no processo de avaliação de ciclo de vida, os resultados obtidos são agora objecto de interpretação. Como referido anteriormente, a análise de dois modelos distintos teve um objectivo concreto: comparar a performance ambiental do sistema construtivo em wood frame face a outro similar, o Light Steel Framing, com a finalidade de averiguar a sustentabilidade de cada um dos métodos construtivos e poder fundamentar qual o mais viável e cujos efeitos ambientais são menos expressivos.

Com a análise realizada na ferramenta de LCA, e após o processo de inserção de todos os componentes (inputs) no sistema, são ponderados os contributos globais, por fase de ciclo de vida. Com a soma de cada impacto individual, e após normalizados e quantificados numericamente, obtém-se os resultados relativos aos indicadores quantificáveis.

Dentro das categorias de impacto ambiental adoptadas no processo de LCA destacam-se:

**Potencial de Acidificação** - refere-se ao contributo das emissões provenientes da produção e utilização de determinados materiais e componentes para o aumento da acidez da água e solos. Os maiores contribuintes para a acidificação da água e solos são o dióxido de enxofre e os óxidos de azoto provenientes da combustão de combustíveis fósseis;

**Alterações Climáticas** - referente aos potenciais de aquecimento global.

**Esgotamento de recursos abióticos** - Os aspectos mais importantes na definição do problema de depleção dos recursos abióticos são a sua abundância (reservas) e a sua importância social (produção anual). Existem, no entanto, outros aspectos que devem ser considerados na definição do problema de depleção, tais como: reservas provadas; possibilidade de substituição (combustíveis fósseis por energia solar); funcionalidade (expressa em preço).

**Eutrofização (PE)** - A eutrofização refere-se ao enriquecimento da água ou solo em nutrientes, azoto (N) e fósforo (P), que podem causar uma indesejável mudança na composição de espécies nos ecossistemas e uma redução na diversidade ecológica;

**Ecotoxicidade marinha/ água doce/ terrestre** - A categoria de impacto, ecotoxicidade, compreende os impactos de substâncias tóxicas nos ecossistemas: aquático, terrestre e sedimento. A área de protecção é o ambiente natural (e recursos naturais);

**Toxicidade humana** - A categoria de impacto toxicidade humana compreende o impacto na saúde humana das substâncias tóxicas presentes no ambiente;

**Destruição da camada de ozono** - Refere-se à diminuição da camada de ozono. Entre os potenciais elementos degradantes da camada de ozono encontram-se os CFC's e os HCFC's;

**Oxidação fotoquímica** - A formação de ozono fotoquímico é um tipo de impacte que pode receber contribuições do monóxido de carbono (CO) e de todos os compostos orgânicos voláteis (COV) capazes de reagirem com o radical hidróxido k(OH) para formar radicais peróxido, que na presença de óxidos de azoto (NOx) e luz ultra violeta (UV) podem induzir a formação de ozono e outros compostos reactivos na troposfera. (Ferreira, 2004)

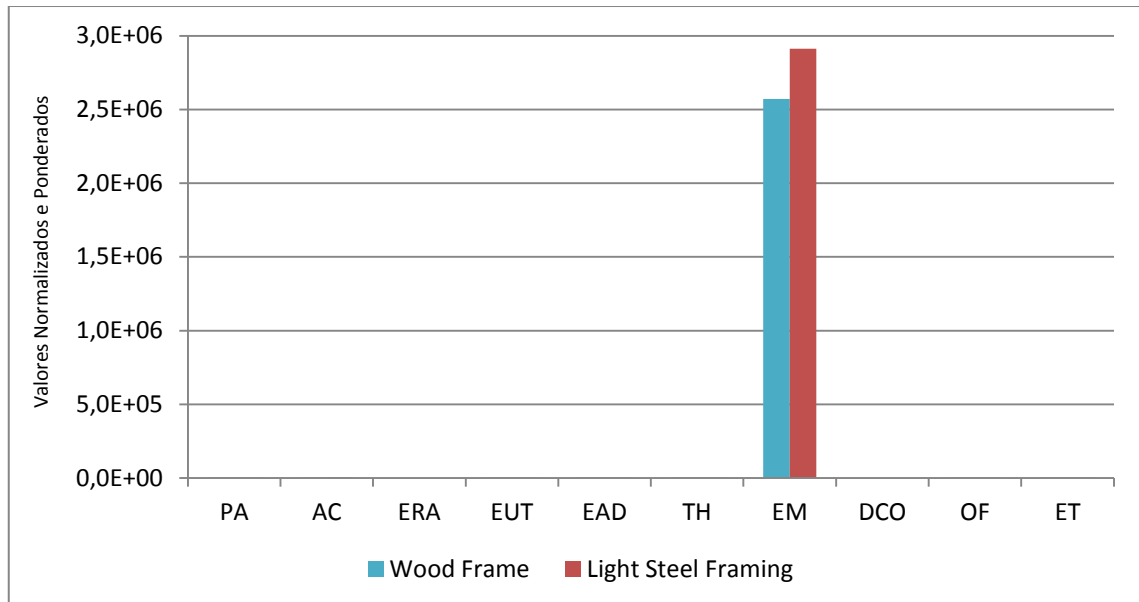
Através dos resultados, de seguida apresentados, é possível extrair as conclusões e saber a veracidade do benefício de cada modelo construtivo. Com as enumerações de resultados obtidos, relacionam-se os diferentes impactos ambientais e totaliza-se os diferentes contributos nos inventários de cada componente. Para categorizar os principais impactos possíveis torna-se necessário restringir a análise apenas às categorias com maior relevo para os produtos que estão a ser estudados. Através da análise preliminar dos resultados inventariados, observam-se os potenciais impactos mais predominantes, escolhendo-se os de maior significância.

Deste modo, obteve-se a seguinte tabela (Tabela 5.5) que descreve os impactos ambientais de cada um dos modelos analisado, destacando-se as categorias de impacto mais significativas para a construção, quantificando-se o potencial impacto negativo no ciclo de vida do produto.

Impactes Ambientais	Métodos Construtivos	
	Modelo A <i>Wood Frame</i>	Modelo B <i>Light Steel Frame</i>
Potencial de acidificação	1,46E+01	2,15E+01
Alterações climáticas	5,48E+02	3,95E+03
Esgotamento de recursos abióticos	1,17E-02	6,24E-03
Eutrofização	1,92E+00	2,69E+00
Ecotoxicidade em água doce	2,03E+01	2,24E+01
Toxicidade humana	1,06E+03	1,18E+03
Ecotoxicidade marinha	2,57E+06	2,91E+06
Destruição da camada de ozono	2,16E-04	2,61E-04
Oxidação fotoquímica	1,15E+00	2,24E+00
Ecotoxicidade terrestre	1,20E+01	1,72E+01
<b>TOTAL</b>	<b>2,57E+06</b>	<b>2,92E+06</b>

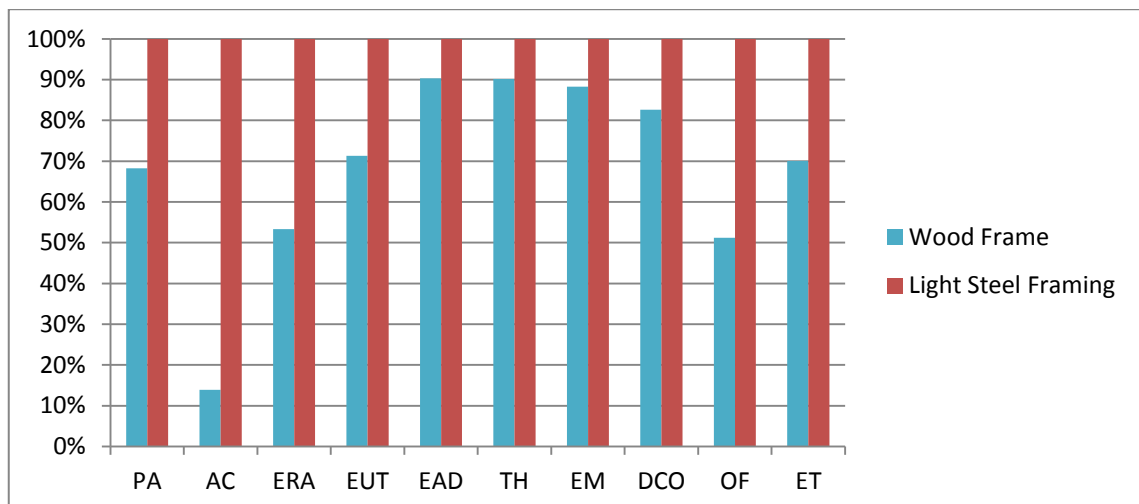
**Tabela 5.6:** Valores normalizados e ponderados relativos aos impactos ambientais no Modelo A e B.

Para melhor compreensão dos dados foram esquematizados os resultados de impacto sob a forma de gráfico, ver Figura 5.9 e 5.10.



**Figura 5.9.:** Categorias de impacto ambiental no Modelo A e B.

**Nota:** PA - Potencial de acidificação; AC - Alterações climáticas; ERA - Esgotamento de recursos abióticos; EUT - Eutrofização; EAD - Ecotoxicidade em água doce; TH - Toxicidade humana; EM - Ecotoxicidade marinha; DCO - Destruição da camada de ozônio; OF - Oxidação fotoquímica; ET - Ecotoxicidade terrestre.



**Figura 5.10.:** Comparação do Modelo A e B segundo o impacto ambiental em cada uma das categorias.

### 5.3.3. Interpretação dos Dados

Após a fase de recolha e estruturação dos dados, os resultados obtidos são agora interpretados relativamente aos impactos de cada uma das soluções estudadas. Dentro do objectivo anteriormente determinado tenciona-se através destas interpretações chegar a uma resposta quanto ao desempenho de cada sistema construtivo.

Deste modo os resultados anteriores são apresentados sob a forma de gráfico comparativo de forma a extrair conclusões sobre o benefício de ambas as soluções construtivas.

Em relação ao sistemas estudos apesar de ambos terem performases relativamente similar constata-se que o sistema de Wood frame, este apresenta melhores características quanto ao seu desempenho ambiental não criando um impacto tão acentuado quanto o Light Steel Framing.

Pela observação da tabela de dados de impactos, é possível verificar que os componentes do Modelo A apresentaram performances ambientais superiores às do Modelo B, associando-se a menores impactos ambientais.

Na figura 5.9 podemos constatar que ambos os modelos têm um impacto acentuado relacionado à ecotoxicidade marinha.

Na figura 5.10 podemos observar quais os elementos que têm maior preponderância e impacto relativamente a ecotoxicidade marinha no modelo A e na figura 5.11 no modelo B.

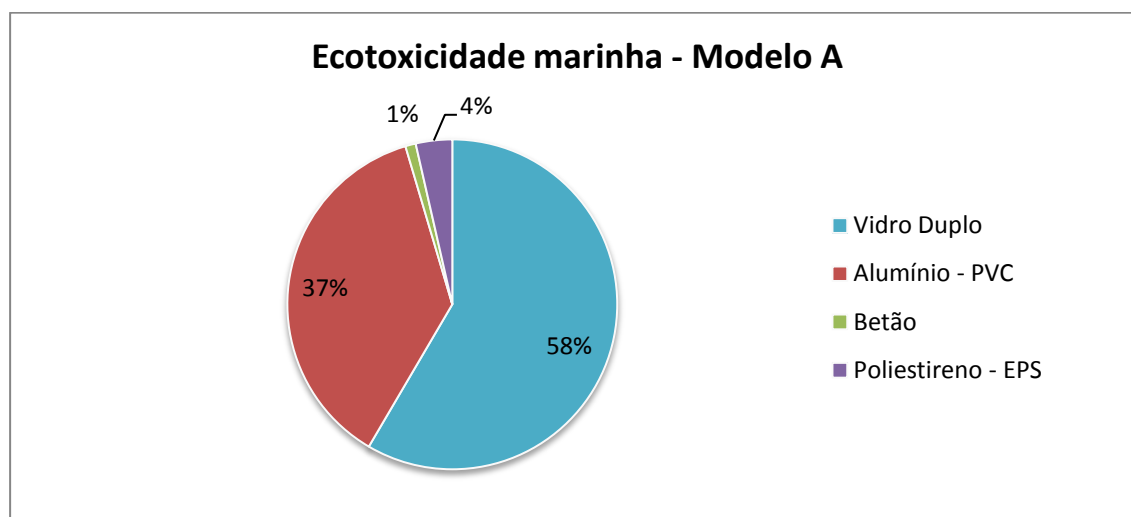
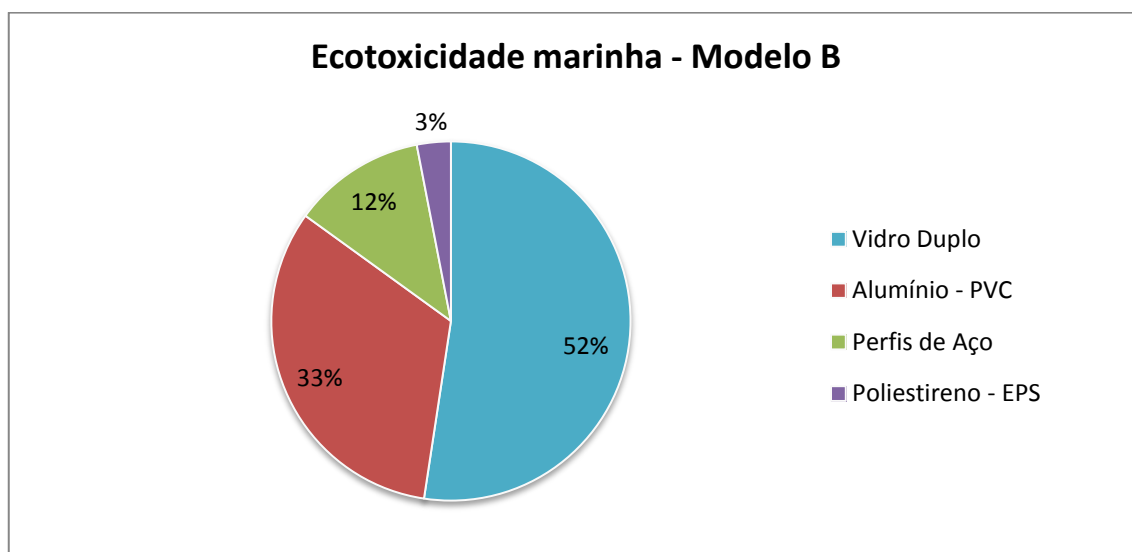


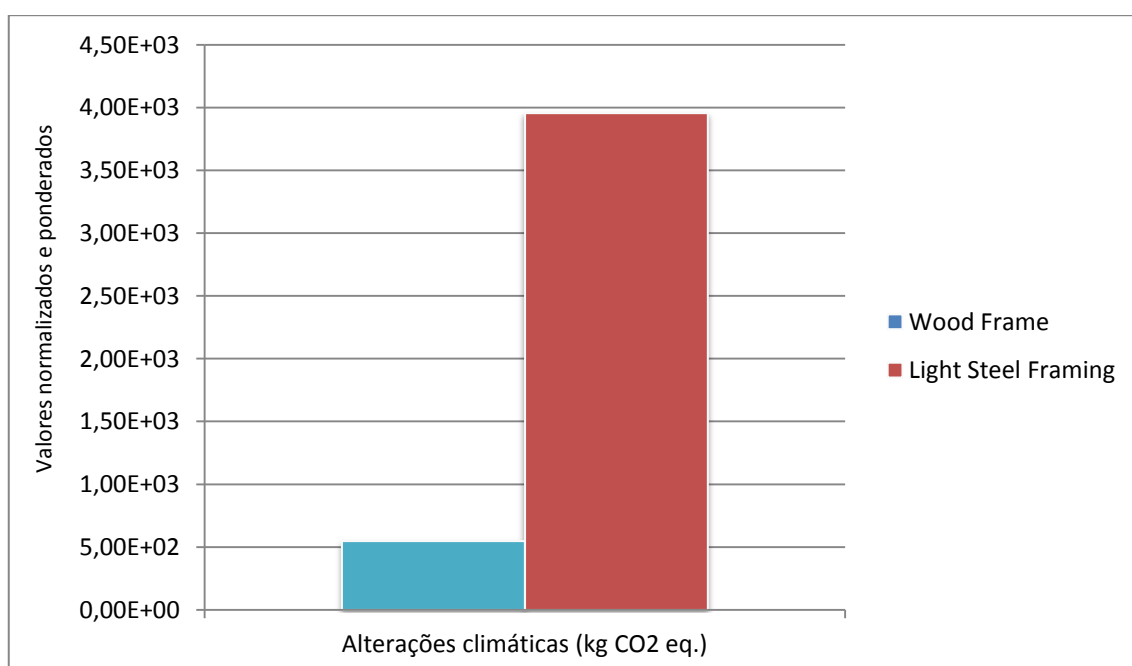
Figura 5.11.: Ecotoxicidade marinha relativo aos materiais do modelo A.



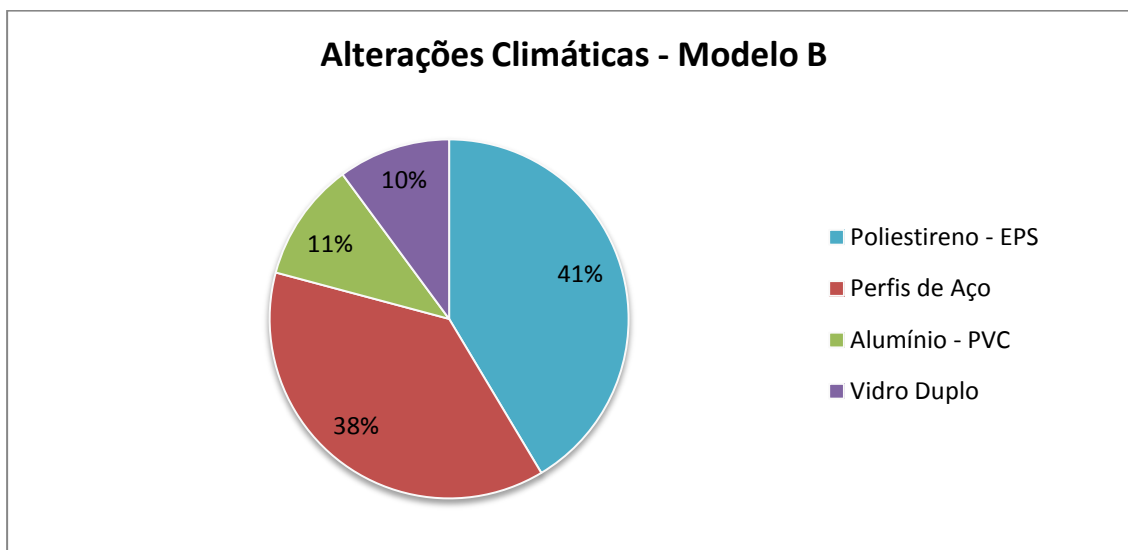
**Figura 5.12.:** Ecotoxicidade marinha relativo aos materiais do modelo B.

Relativamente as alterações climáticas relacionadas com os dois modelos (figura 5.12), o LSF apresenta significativamente um impacto maior.

Embora o maior impacto se deva ao material EPS, podemos relacionar a utilização do aço a um incremento no modelo B, ver figura 5.13.

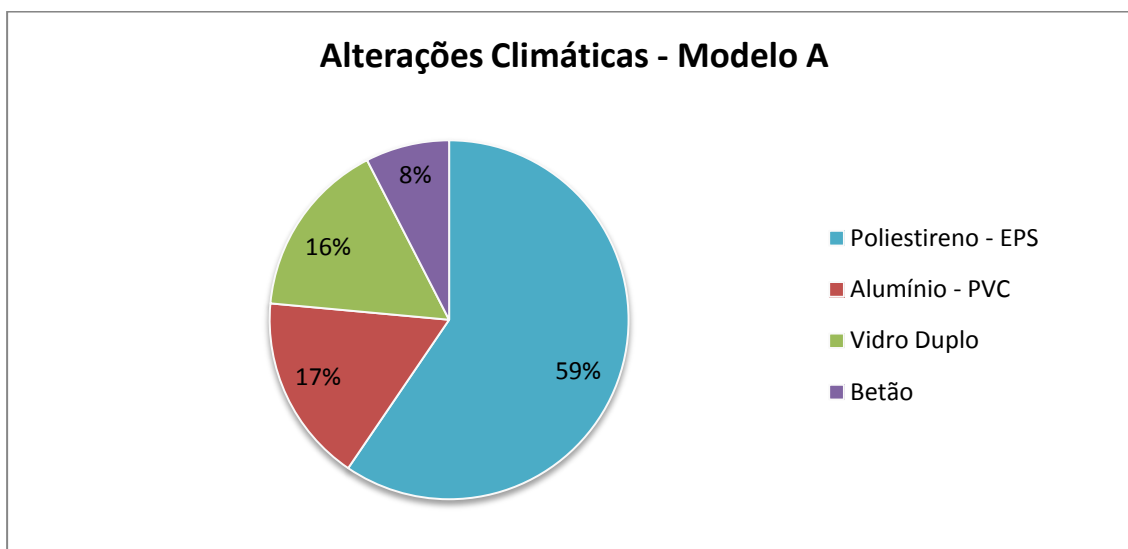


**Figura 5.13.:** Impacto no âmbito das alterações climáticas relativas a cada um dos modelos.



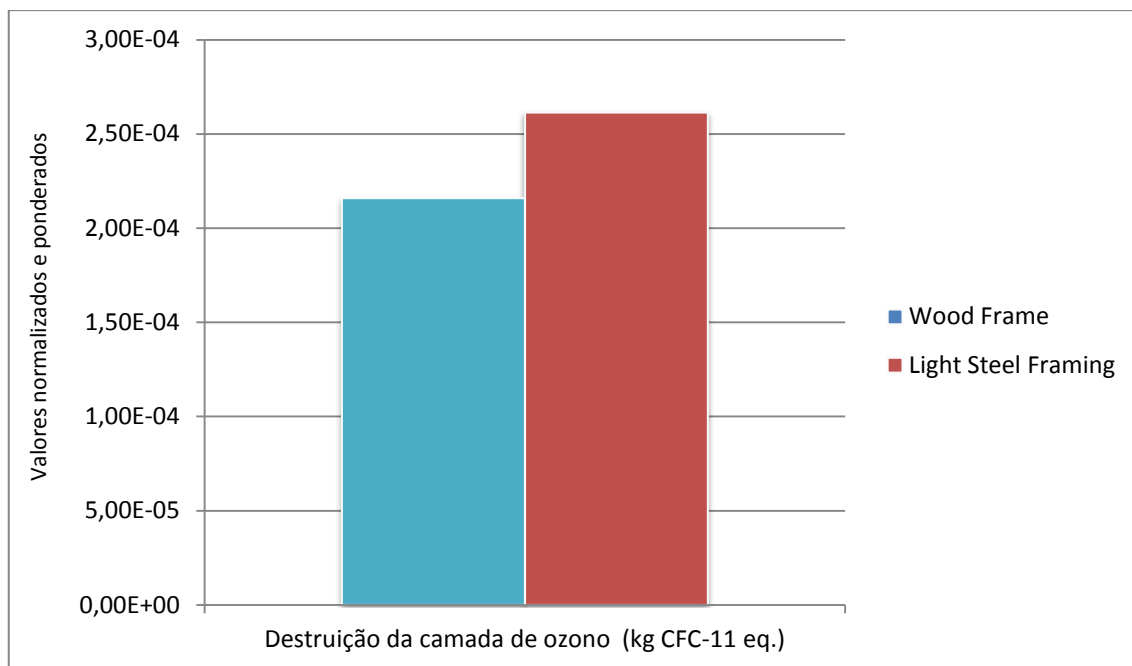
**Figura 5.14.:** Impacto dos materiais do modelo B relativo às alterações climáticas.

Quanto ao modelo A o impacto relativo aos indicadores das alterações climáticas este apresenta um maior impacto relacionado em grande parte face ao EPS. (figura 5.15)



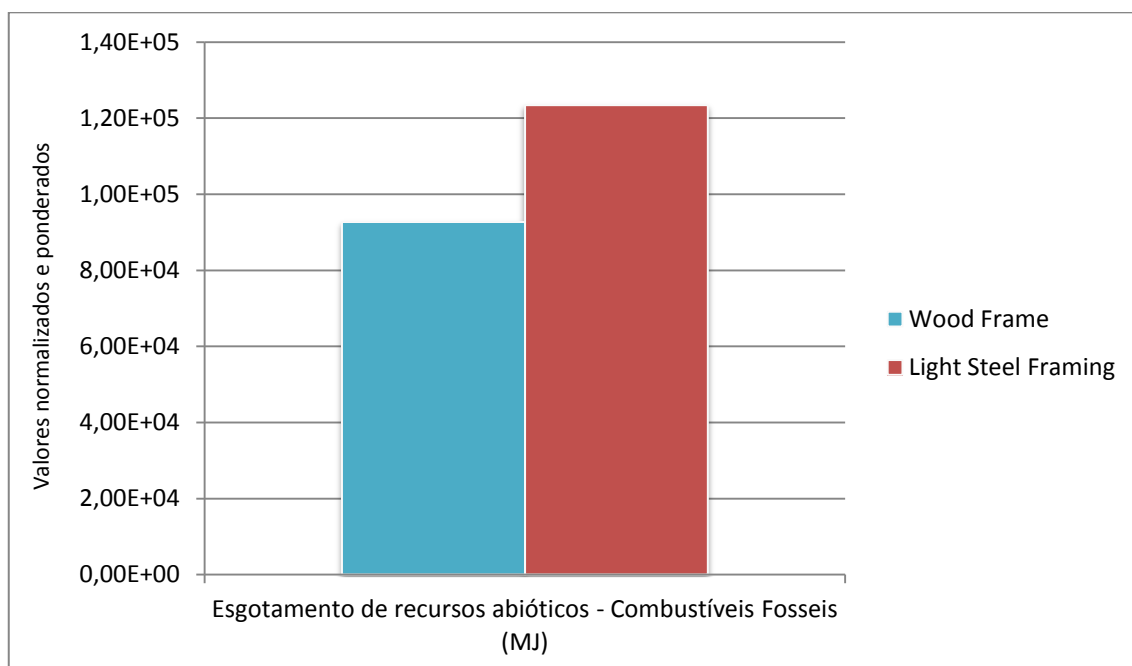
**Figura 5.15.:** Impacto dos materiais do modelo A relativo às alterações climáticas.

No conjunto total de impactos o Modelo B apresenta uma desvantagem inerente à técnica construtiva. A produção de matéria-prima (aço) e de outros elementos em obra, geram um impacto adicional que não se verifica no Modelo A. Podemos constatar através dos vários indicadores que o maior impacto está normalmente do lado do modelo B. A solução de LSF esta associado a uma destruição da camada de ozono relativamente maior comparativamente ao wood frame (figura 5.14).



**Figura 5.16.:** Destruição da camada de ozono relativo a cada um dos modelos.

No que concerne à utilização de combustíveis fósseis, o LSF tem um impacto ligeiramente superior que podemos verificar na figura 5.16.



**Figura 5.17.:** Esgotamento de recursos abióticos, relativo a combustíveis fósseis por parte de cada um dos modelos propostos.

---

Como conclusão, quando analisados cada modelo de modo independente, a maioria dos impactos surge na fase de manufactura dos elementos do sistema construtivo, sendo que numa análise comparativa dos impactos, o Modelo A apresenta-se mais vantajoso ao longo do seu ciclo de vida. O Wood frame oferece vantagens em todos os momentos do ciclo de vida do edifício face ao Light Steel Framing, sendo que grande parte das vantagens decorrem da menor necessidade de consumo de combustíveis fósseis para a sua edificação e um impacto relativo as alterações climáticas substancialmente inferior

Em anexo, resultado da interpretação em LCA, apresenta-se dois diagramas sankey relativo às contribuições de cada um dos materiais face as alterações climáticas em cada um dos modelos.

Quanto às emissões para o ambiente (água, atmosfera e solo), estas foram enumeradas e quantificadas em cada fase do ciclo de vida. A sua discriminação em compostos individuais emitidos poderá ser consultado em anexo.

## 6. Capítulo | Conclusões

No processo de construção das nossas cidades, a fase de projecto, desempenha um papel indispensável para um desenvolvimento sustentável. As tomadas de decisão afectas a planeamentos cuidados reflectem-se em construções com menor impacto no ambiente e consequentemente melhora na relação entre o lugar e o edificado.

Desde o passado histórico, no qual o Homem tinha preocupações maioritariamente utilitárias, até à actualidade, o processo construtivo passou por uma evolução tecnológica à qual se associou um crescimento em grande parte de forma descontrolada.

A tomada de consciência relativa aos aspectos ambientais, embora presente anteriormente, ganhou preponderância no decorrer do último século sendo que os conceitos relacionados com a ecologia e a reciclagem são considerados como essenciais para um futuro sustentável.

O sector da construção, enquanto actividade com grande impacto ambiental, necessita de recorrer a novos métodos construtivos e desenvolver ferramentas que auxiliem desde a fase inicial de projecto, contribuindo para uma construção pensada desde a execução até ao final de vida das construções.

No contexto da arquitectura os profissionais devem atender às necessidades actuais, devendo ter consciência das implicações das decisões de projecto. Com esse fim é necessário estudar as ferramentas que auxiliam na elaboração de projecto, nomeadamente que permitam reduzir o impacto ambiental. Desta forma o estudo de um método de avaliação de sustentabilidade, como a análise de ciclo de vida, permite verificar se as opções e soluções aplicadas são as mais convenientes face à sua aplicabilidade.

Para a presente investigação considerou-se fundamental estudar novos métodos construtivos, que associados a materiais de menor impacto ambiental, permitem uma melhor eficiência do produto. Neste caso os métodos construtivos baseados em estruturas leves, aqui apresentados, após uma interpretação de resultados decorrente de uma LCA permitem verificar que o sistema de Wood Framing face ao LCA tem um melhor desempenho sendo relativamente mais sustentável.

Acrescentando ao processo de análise também o desenvolvimento do projecto de habitação unifamiliar funcionou como processo de aprendizagem, nomeadamente relativo ao conceito de pré-fabricação e da utilização do módulo enquanto parte integrante da construção e coordenação dos componentes associados.

---

Quanto ao processo de LCA, salienta-se o processo complexo e demorado, o qual acarretou um procedimento de compreensão e aprendizagem, relativo ao *software* utilizado, e posterior exploração no decorrer da sua aplicação e prática no caso de estudo.

Desta forma, mais do que a obtenção de resultados, esta análise pretende servir de ensinamento e suporte para a prática da arquitectura revelando-se a sua preponderância no desempenho da profissão. Através das novas ferramentas estudadas é possível ter uma melhor percepção no momento da tomada de decisões sustentáveis, optando por materiais e soluções construtivas mais adequadas.

Resumidamente, a ferramenta de LCA associada a elaboração de um projecto de arquitectura tem real preponderância. Destacando-se o interesse de no futuro continuar a investigar os seus processos e recorrer aos seus métodos de análise para uma arquitectura sustentável, associados a outras soluções favoráveis, sendo importante acompanhar a sua evolução.

## Bibliografia

Neiva, S., Mateus R., Bragança L.; (2012). *Utilização do método LCA no projeto de edifícios sustentáveis*. Coimbra, Portugal.

Gonçalves, J.C.S.; Duarte, D.H. S.; (2006). *Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projecto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino*.

Degani, C. M., Cardoso, F. F., (Out. 2002). *A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: A importância da etapa de projeto arquitetônico*. NATAU - Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano, São Paulo.

MATTA, B.M.; (2008). *Arquitetura sustentável: Uma evolução ecológicamente correta*. UNIFACS.

Zambrano, L.; Bastos, L.; fernandez, P.; (2008). *Integração dos Princípios da Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura*. Dissertação de mestrado.

Coelho, A. C., (2012). *A sustentabilidade do uso da madeira na construção, Dissertação de mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis*. D. Mestrado. Universidade do Minho.

Kern Hickel, Denis. (set. 2005). *A (in) sustentabilidade na arquitectura*; ano 06, architextos.

ArchReady, 2013. ArchReady, Lda. Disponível em: <http://pt.archready.com/Articles?pt=3> [Consultado a: 16 de junho de 2015].

Midões, Eduardo (2012). *A sustentabilidade e o ciclo de vida dos edifícios*; dissertação de mestrado em engenharia civil.

Wikihouse, 2014. WikiHouse Foundation. Disponível em: <http://www.wikihouse.cc/> [Consultado a: 16 de junho de 2015].

Mateus, R.; (2004). *Novas Tecnologias Construtivas com vista à Sustentabilidade da Construção*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Minho. Dissertação de Mestrado.

Khasreen, Mohamad; Banfill, Phillip; and Menzies, Gillian F. ; (2009) *Life-Cycle Assessment and the Environmental Impact of Buildings*.

Mima House, 2012. MIMA Lab. Disponível em: <http://www.mimahousing.com/process-1/> [Consultado a: 21 de julho de 2015].

---

Roaf, S., Fuentes, M. e Thomas, S.; (2007). *Ecohouse: a design guide (3ª edição)*. Architectural Press.

Zabalza Bribián, L., et al., (dez. 2010). *Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. Building and Environment*.

Baldauf, A. & Greven, H., (2007). *Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: uma abordagem atualizada*. Porto Alegre: ANTAC.

Futureng, 2014. Futureng - Projectos e Construção Civil, Lda. Disponível em: [www.futureng.pt/lstf](http://www.futureng.pt/lstf) [Consultado a: 9 de setembro de 2015].

Gomes, J.; Lacerda, J.; (2014) Uma visão mais sustentável dos sistemas construtivos no Brasil.

Ferreira, J.V.R.; (2004). *Análise de ciclo de vida dos produtos*. Gestão ambiental, Instituto Politécnico de Viseu.

Domingos, João P.G.; (2013) Um sistema de arquitetura modular: Proposta em madeira para o mercado português. dissertação de mestrado, FAUTL, Lisboa.

Vasconcelos, S.L.; (2014) *Ferramentas de análise de grau de sustentabilidade no ambiente construído*. Dissertação de Mestrado. FEUP

# Anexos

## Índice de Anexos

Anexo A - Projecto de Habitação .....	61
Anexo B - Diagramas Sankey - Alterações Climáticas.....	66
Anexo C - Análise do Inventário do Ciclo de Vida - Emissões do Modelo A .....	69
Anexo D - Análise do Inventário do Ciclo de Vida Emissões do Modelo B .....	69

---

# Anexo C - projecto de Habitação

## Índice

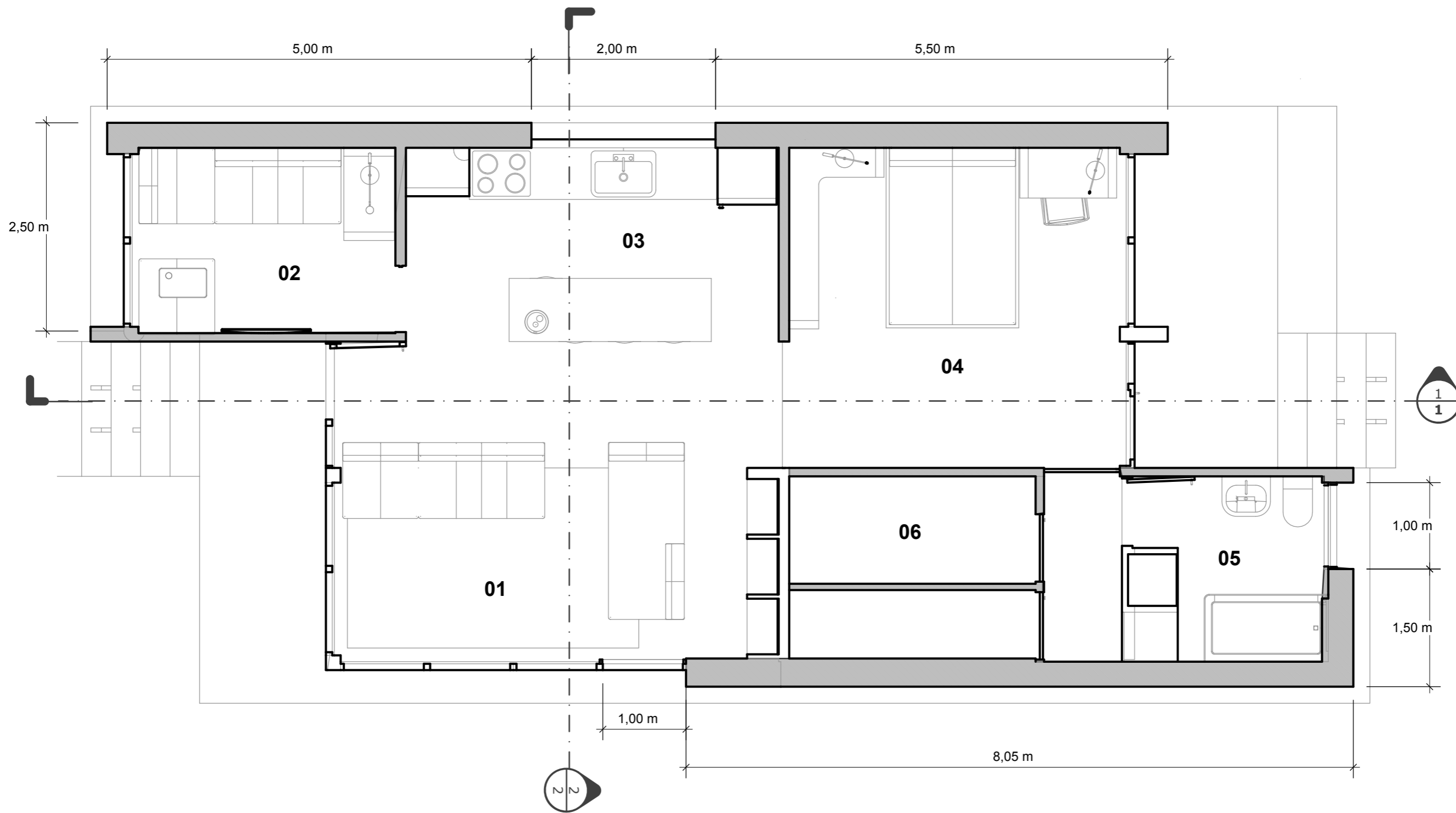
01 - Planta de Piso. Pág.61

02 - Alçados. Pág. 62

03 Alçados. Pág. 63

04 Cortes. Pág. 64

---



**LEGENDA**

01 SALA DE ESTAR - 18,70m<sup>2</sup>  
 02 ESCRITÓRIO - 10,30m<sup>2</sup>  
 03 COZINHA - 8,30m<sup>2</sup>

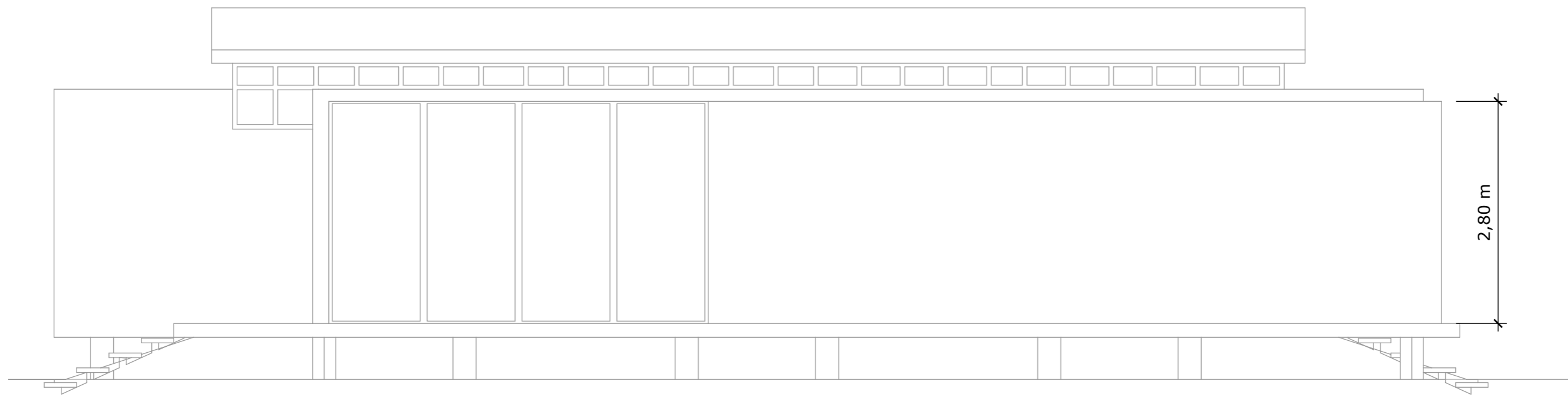
04 QUARTO 14,80 m<sup>2</sup>  
 05 CASA DE BANHO 5,50 m<sup>2</sup>  
 06 AREA TÉCNICA 6,40 m<sup>2</sup>



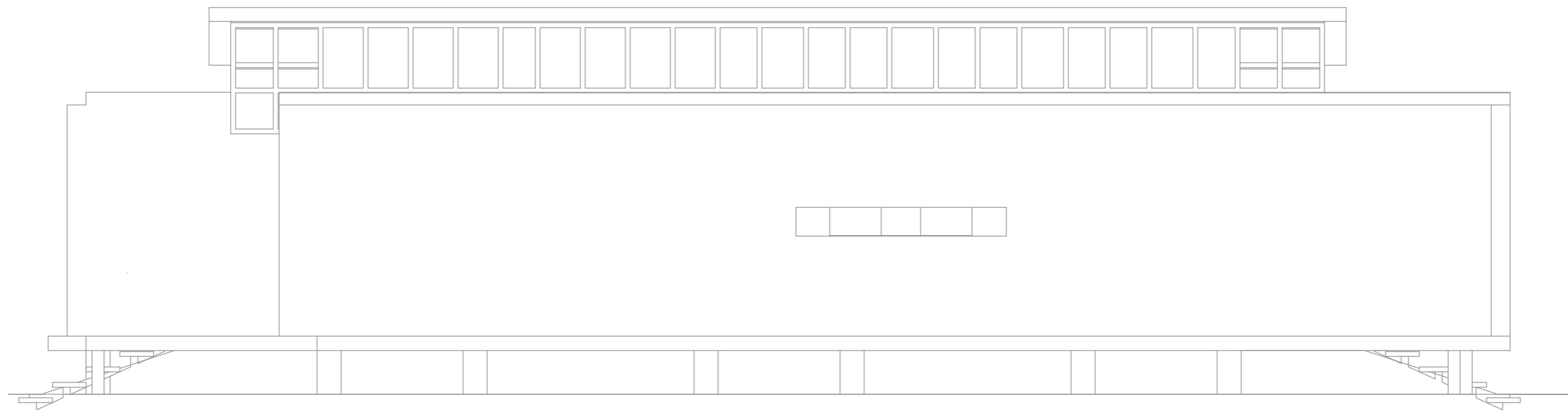
PLANTA  
DE PISO

ESC. 1:50

**D.01**



ALÇADO SUL



ALÇADO NORTE

ALÇADOS

ESC. 1:50

**D.02**



ALÇADO ESTE

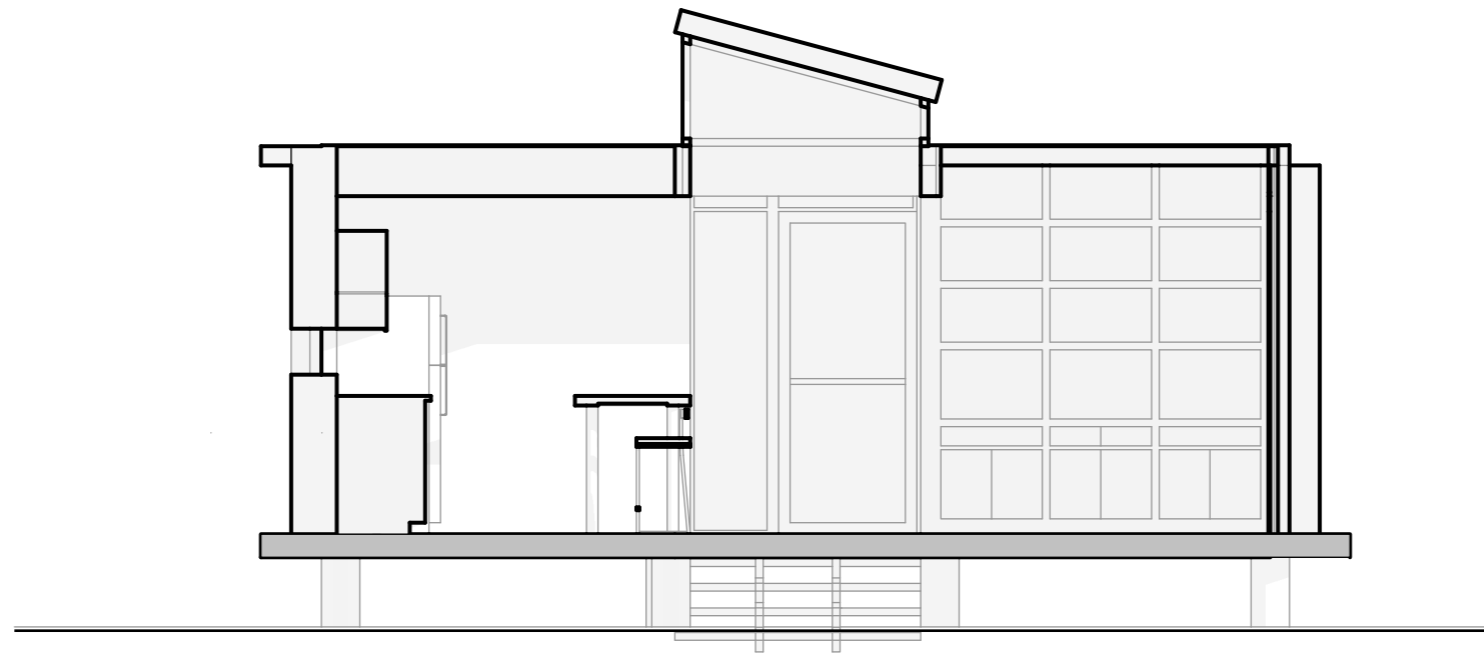


ALÇADO OESTE

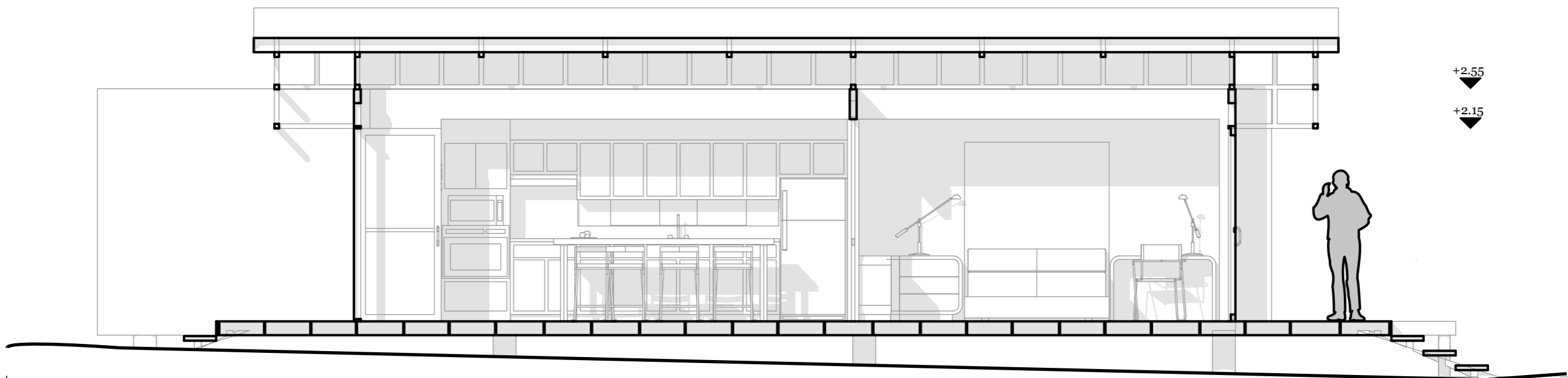
ALÇADOS

ESC. 1:50

**D.03**



CORTE 2



CORTE 1

CORTES

ESC. 1:50

**D.04**

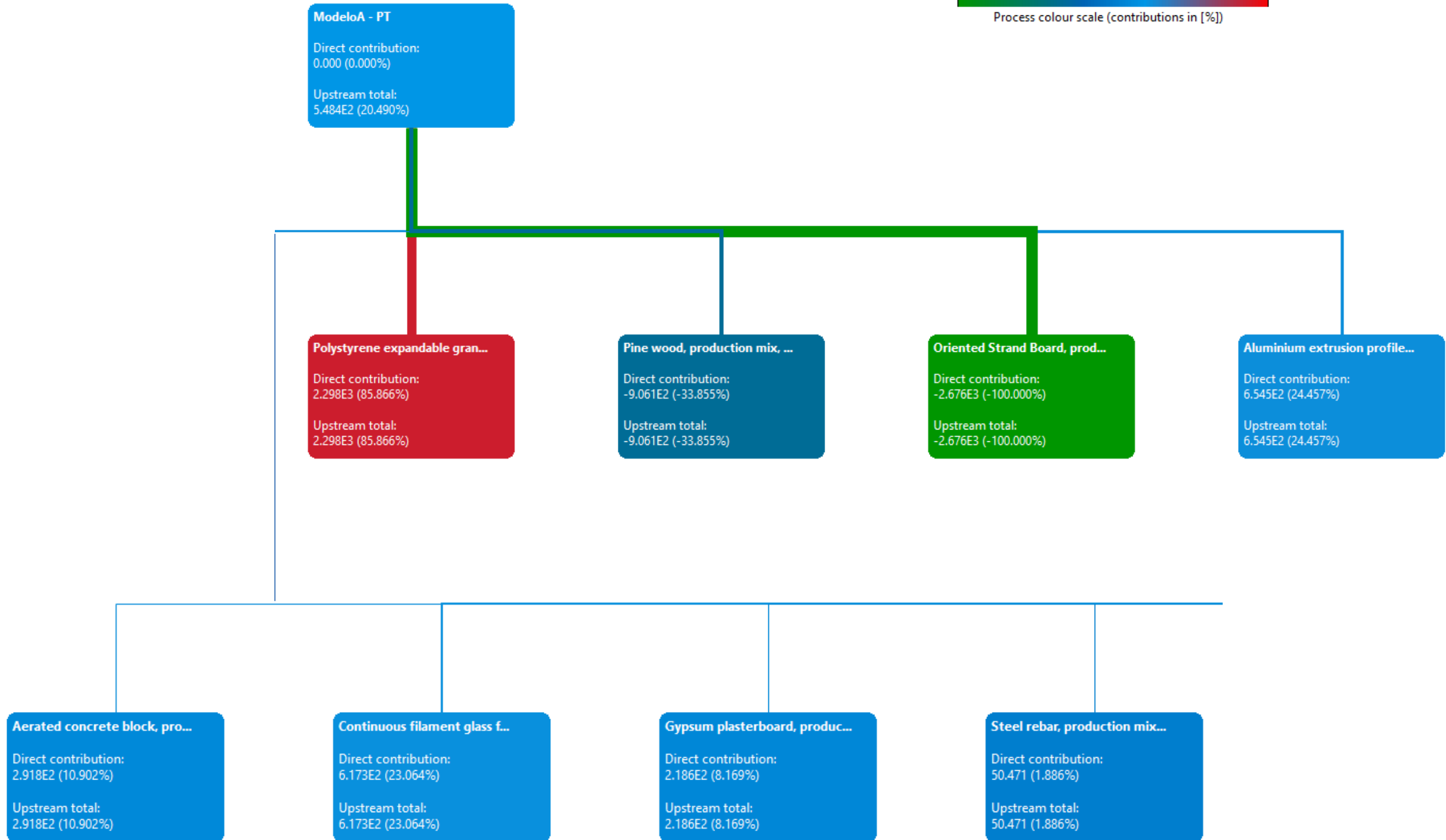
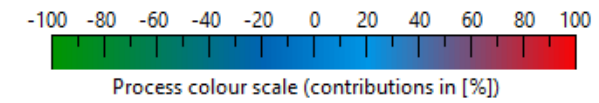
## **Anexo B**

### **Diagramas de Sankey - Alterações Climáticas**

Modelo A e Modelo B

---

Product system: ModeloA  
 Impact category: Climate change - GWP100  
 Cut-off: 0.600%





## **Anexo C**

### **Análise do Inventário do Ciclo de Vida Emissões do Modelo A**

---

**Modelo A - Inventário de LCA.**

Quantificação das emissões para a atmosfera, ar e solo.

Fluxo - Entradas	Categoria	Sub - Categoria	Unid	Resultado
electricity	Energy carriers and technologies	Electricity	MJ	3900
secondary fuel	Energy carriers and technologies	Other non-renewable fuels	MJ	7,138767
secondary fuel renewable	Energy carriers and technologies	Renewable fuels	MJ	2,123537
Hydrogen	Intermediate products	Inorganic intermediate products	kg	4,321551
biomass; 14.7 MJ/kg	resource	biotic	MJ	654,3959
wood; 14.7 MJ/kg	resource	biotic	MJ	1,479208
Air	resource	in air	kg	14761,27
Carbon dioxide, in air	resource	in air	kg	5100,646
Energy, primary, from solar energy	resource	in air	MJ	51715,26
Energy, primary, from wind power	resource	in air	MJ	127,8612
Nitrogen	resource	in air	kg	262,0841
Oxygen, in air	resource	in air	kg	-1326,98
Aggregate, natural	resource	in ground	kg	334,7614
Antimony	resource	in ground	kg	1,84E-10
Barite	resource	in ground	kg	2,670499
Basalt, in ground	resource	in ground	kg	0,456212
Bauxite	resource	in ground	kg	171,859
Borax, in ground	resource	in ground	kg	2,235464
brown coal; 11.9 MJ/kg	resource	in ground	MJ	2022,617
Cadmium	resource	in ground	kg	1,98E-06
Calcium carbonate, in ground	resource	in ground	kg	592,2088
Calcium chloride	resource	in ground	kg	2,24E-09
Carbon	resource	in ground	kg	6,62E-05
Cerium, in ground	resource	in ground	kg	1,2E-15
Chromium	resource	in ground	kg	0,872377
Chrysotile, in ground	resource	in ground	kg	7,41E-05
Clay, bentonite, in ground	resource	in ground	kg	1,719197
Clay, unspecified, in ground	resource	in ground	kg	8,262848
Cobalt, in ground	resource	in ground	kg	1,36E-07
Colemanite, in ground	resource	in ground	kg	31,61621
Copper	resource	in ground	kg	0,147855
crude oil; 42.3 MJ/kg	resource	in ground	MJ	38340,2
Diatomite, in ground	resource	in ground	kg	2,46E-09
Dolomite, in ground	resource	in ground	kg	38,25627
Energy, primary, from geothermal	resource	in ground	MJ	19,24524
europium	resource	in ground	kg	1,19E-18
Feldspar, in ground	resource	in ground	kg	0,000777
Fluorine	resource	in ground	kg	0,000208
Fluorspar	resource	in ground	kg	2,040803
gadolinium	resource	in ground	kg	4,73E-18
gallium	resource	in ground	kg	4,47E-10

Gold	resource	in ground	kg	5,12E-07
Granite, in ground	resource	in ground	kg	2,74E-07
Gravel, in ground	resource	in ground	kg	238,3455
Gypsum, in ground	resource	in ground	kg	647,2555
hard coal; 26.3 MJ/kg	resource	in ground	MJ	6816,947
indium	resource	in ground	kg	5,43E-08
Iron	resource	in ground	kg	19,86644
Kaolin	resource	in ground	kg	238,1427
Lanthanum	resource	in ground	kg	5,56E-16
Lead	resource	in ground	kg	0,029607
Magnesite	resource	in ground	kg	0,032558
Magnesium	resource	in ground	kg	0,00465
Magnesium chloride	resource	in ground	kg	0,552766
Manganese	resource	in ground	kg	0,190935
Mercury	resource	in ground	kg	1,93E-05
Metamorphous rock, graphite containing, in ground	resource	in ground	kg	2480,53
Molybdenum	resource	in ground	kg	0,002243
natural gas; 44.1 MJ/kg	resource	in ground	MJ	45445,74
Neodymium, in ground	resource	in ground	kg	2,18E-16
Nickel	resource	in ground	kg	0,073197
Olivine, in ground	resource	in ground	kg	0,002298
Palladium	resource	in ground	kg	5,55E-08
peat; 8.4 MJ/kg	resource	in ground	MJ	14,76721
Phosphorus	resource	in ground	kg	0,353303
Platinum	resource	in ground	kg	4,83E-08
Potassium chloride	resource	in ground	kg	0,058413
praseodymium	resource	in ground	kg	9,96E-18
Pumice, in ground	resource	in ground	kg	4,94E-05
Pyrite, in ground	resource	in ground	kg	0,04874
Rhenium, in crude ore, in ground	resource	in ground	kg	3,5E-10
Rhodium	resource	in ground	kg	2,66E-09
samarium	resource	in ground	kg	-5,1E-18
Sand, quartz, in ground	resource	in ground	kg	40,73368
Sand, unspecified, in ground	resource	in ground	kg	0,445797
Silver	resource	in ground	kg	2,94E-06
Slate, in ground	resource	in ground	kg	0,01627
Sodium chloride, in ground	resource	in ground	kg	73,06836
Sodium nitrate, in ground	resource	in ground	kg	4,63E-07
Sodium sulphate, various forms, in ground	resource	in ground	kg	0,037079
soft wood (dry matter)	resource	in ground	kg	0,173729
Soil	resource	in ground	kg	82,09163
Sulfate	resource	in ground	kg	24,11178
Sulfur	resource	in ground	kg	0,198983
Talc, in ground	resource	in ground	kg	0,131226
tantalum	resource	in ground	kg	5,2E-07
Tellurium	resource	in ground	kg	7,15E-08

Tin	resource	in ground	kg	5,54E-05
Titanium	resource	in ground	kg	0,103943
Uranium	resource	in ground	MJ	6210,523
Zinc	resource	in ground	kg	-0,10028
Zirconium	resource	in ground	kg	6,77E-07
Energy, primary, from water power	resource	in water	MJ	2116,035
Energy, primary, from waves	resource	in water	MJ	0,348256
Water	resource	in water	kg	109004,9
Water, ground	resource	in water	kg	5039,277
Water, lake	resource	in water	m3	1,766715
Water, salt, ocean	resource	in water	m3	5471,111
Water, surface	resource	in water	kg	11527,91
printing ink	Systems	Paints and chemical preparations	kg	3,5
carcass meal	Wastes	Production residues	kg	0,001472
municipal waste (unspecified)	Wastes	Production residues	kg	5,301189
<b>Flow</b>	<b>Category</b>	<b>Sub-category</b>	<b>Unit</b>	<b>Result</b>
1,4-Butanediol	air	unspecified	kg	1,68E-10
Acenaphthene	air	unspecified	kg	1,94E-10
Acetaldehyde	air	unspecified	kg	0,000379
Acetic acid	air	unspecified	kg	0,022339
Acetone	air	unspecified	kg	0,000874
Acetonitrile	air	unspecified	kg	4,47E-08
Acidity, unspecified	air	unspecified	kg	1,89E-05
Acrolein	air	unspecified	kg	2,12E-07
Acrylic acid	air	unspecified	kg	7,89E-09
Air, used	air	unspecified	kg	24758
Aluminium	air	unspecified	kg	0,011143
Americium-241	air	unspecified	kBq	6,57E-11
Ammonia	air	unspecified	kg	0,021374
Ammonium, ion	air	unspecified	kg	-0,00011
Anthracene	air	unspecified	kg	2,62E-08
Antimony	air	unspecified	kg	3,03E-05
Antimony-124	air	unspecified	kBq	3,22E-06
Antimony-125	air	unspecified	kBq	1,87E-08
AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	air	unspecified	kg	8,06E-06
Argon	air	unspecified	kg	0,260839
Argon-41	air	unspecified	kBq	20,17262
Arsenic	air	unspecified	kg	0,000187
Arsenic trioxide	air	unspecified	kg	1,3E-10
Arsine	air	unspecified	kg	1,08E-08
Barium	air	unspecified	kg	0,001774
Benzaldehyde	air	unspecified	kg	8,69E-09
Benzene	air	unspecified	kg	0,017679
Benzene, 1,3,5-trimethyl-	air	unspecified	kg	6,73E-10
Benzene, ethyl-	air	unspecified	kg	0,008289

Benzene, hexachloro-	air	unspecified	kg	1,11E-08
Benzene, pentachloro-	air	unspecified	kg	4,36E-10
Benzo(a)anthracene	air	unspecified	kg	1,32E-08
Benzo(a)pyrene	air	unspecified	kg	9,1E-05
Benzo(ghi)perylene	air	unspecified	kg	1,17E-08
Benzo(k)fluoranthene	air	unspecified	kg	2,35E-08
Beryllium	air	unspecified	kg	4,35E-06
beta-butyrolactone	air	unspecified	kg	4,84E-11
Boron	air	unspecified	kg	0,003597
Bromide	air	unspecified	kg	8,06E-05
Bromine	air	unspecified	kg	0,000486
Butadiene	air	unspecified	kg	6,86E-09
Butane	air	unspecified	kg	0,043457
Butanol	air	unspecified	kg	5,19E-13
Butene	air	unspecified	kg	1,85E-05
Cadmium	air	unspecified	kg	2,22E-05
Calcium	air	unspecified	kg	0,008314
Carbon dioxide	air	unspecified	kg	4273,738
Carbon dioxide, biogenic	air	unspecified	kg	5,658871
Carbon dioxide, fossil	air	unspecified	kg	574,972
Carbon disulfide	air	unspecified	kg	0,000137
Carbon monoxide	air	unspecified	kg	6,123183
Carbon-14	air	unspecified	kBq	13,47786
Cerium-141	air	unspecified	kBq	2,95E-07
Cerium-144	air	unspecified	kBq	1,36E-09
Cesium-134	air	unspecified	kBq	0,002631
Cesium-137	air	unspecified	kBq	0,005274
Chloride	air	unspecified	kg	0,010703
Chlorine	air	unspecified	kg	0,003492
Chloroform	air	unspecified	kg	2,81E-08
Chromium	air	unspecified	kg	0,002364
Chromium VI	air	unspecified	kg	0,000107
Chromium, ion	air	unspecified	kg	2,79E-05
Chromium-51	air	unspecified	kBq	1,89E-08
Chrysene	air	unspecified	kg	3,23E-08
Cobalt	air	unspecified	kg	3,17E-05
Cobalt-58	air	unspecified	kBq	0,000113
Cobalt-60	air	unspecified	kBq	0,000501
Copper	air	unspecified	kg	0,000399
Cumene	air	unspecified	kg	0,000355
Curium alpha	air	unspecified	kBq	1,04E-10
Cyanide	air	unspecified	kg	1,51E-05
Cyclohexane	air	unspecified	kg	5,22E-07
Dibenz(a,h)anthracene	air	unspecified	kg	7,32E-09
Diethylamine	air	unspecified	kg	-2,8E-09
Dinitrogen monoxide	air	unspecified	kg	0,215093
Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	air	unspecified	kg	1,07E-07

Ethane	air	unspecified	kg	0,157987
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	air	unspecified	kg	6,2E-08
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	air	unspecified	kg	1,83E-10
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	air	unspecified	kg	3,75E-10
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	air	unspecified	kg	5,8E-08
Ethane, 1,2-dichloro-	air	unspecified	kg	2,08E-06
Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	air	unspecified	kg	5,9E-05
Ethane, hexafluoro-, HFC-116	air	unspecified	kg	0,000382
Ethanol	air	unspecified	kg	0,070058
Ethene	air	unspecified	kg	0,020972
Ethene, chloro-	air	unspecified	kg	5,47E-06
Ethene, tetrachloro-	air	unspecified	kg	4,44E-10
Ethyl acetate	air	unspecified	kg	1,43E-05
Ethylene diamine	air	unspecified	kg	3,46E-11
Ethylene oxide	air	unspecified	kg	3,97E-06
Ethyne	air	unspecified	kg	0,001145
Fluoranthene	air	unspecified	kg	8,52E-08
Fluorene	air	unspecified	kg	2,7E-07
Fluoride	air	unspecified	kg	0,020177
Fluorine	air	unspecified	kg	4,47E-05
Formaldehyde	air	unspecified	kg	0,011224
Formic acid	air	unspecified	kg	3,17E-07
Furan	air	unspecified	kg	8,49E-08
Heat, waste	air	unspecified	MJ	14015,59
Helium	air	unspecified	kg	0,000743
Heptane	air	unspecified	kg	0,00057
Hexamethylene diamine	air	unspecified	kg	3,98E-10
Hexane	air	unspecified	kg	0,001186
Hydrocarbons, unspecified	air	unspecified	kg	0,097835
Hydrocyanic acid	air	unspecified	kg	4,75E-06
Hydrogen	air	unspecified	kg	0,347005
Hydrogen bromide	air	unspecified	kg	1,36E-06
Hydrogen chloride	air	unspecified	kg	0,479224
Hydrogen fluoride	air	unspecified	kg	0,061732
Hydrogen iodide	air	unspecified	kg	1,47E-09
Hydrogen peroxide	air	unspecified	kg	2,13E-08
Hydrogen sulfide	air	unspecified	kg	0,014281
Hydrogen-3, Tritium	air	unspecified	kBq	78,74939
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	air	unspecified	kg	8,74E-09
Iodide	air	unspecified	kg	2,5E-05
Iodine	air	unspecified	kg	3,26E-05
Iodine-129	air	unspecified	kBq	0,021483
Iodine-131	air	unspecified	kBq	0,106871
Iodine-133	air	unspecified	kBq	0,001116
Iron	air	unspecified	kg	0,013824
Isoprene	air	unspecified	kg	3,95E-09

Krypton-85	air	unspecified	kBq	341734,4
Krypton-87	air	unspecified	kBq	0,013849
Krypton-88	air	unspecified	kBq	0,012934
Krypton-89	air	unspecified	kBq	0,002841
Lanthanum-140	air	unspecified	kBq	2,48E-06
Lead	air	unspecified	kg	0,00092
Lead dioxide	air	unspecified	kg	7,94E-10
Lead-210	air	unspecified	kBq	0,040069
m-Xylene	air	unspecified	kg	2,17E-06
Magnesium	air	unspecified	kg	0,002322
Manganese	air	unspecified	kg	0,000187
Manganese-54	air	unspecified	kBq	9,7E-09
Mercaptans, unspecified	air	unspecified	kg	3E-07
Mercury	air	unspecified	kg	7E-05
Methane	air	unspecified	kg	27,29269
Methane, bromo-, Halon 1001	air	unspecified	kg	1,56E-16
Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	air	unspecified	kg	7,07E-06
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	air	unspecified	kg	3,87E-06
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	air	unspecified	kg	3,84E-05
Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	air	unspecified	kg	7,67E-06
Methane, dichloro-, HCC-30	air	unspecified	kg	2,32E-06
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	air	unspecified	kg	1,22E-05
Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	air	unspecified	kg	3,24E-12
Methane, monochloro-, R-40	air	unspecified	kg	4,9E-09
Methane, tetrachloro-, R-10	air	unspecified	kg	7,68E-07
Methane, tetrafluoro-, R-14	air	unspecified	kg	0,004119
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	air	unspecified	kg	5,68E-05
Methane, trifluoro-, HFC-23	air	unspecified	kg	1,03E-09
Methanol	air	unspecified	kg	0,059225
Methyl acrylate	air	unspecified	kg	8,94E-09
Methyl amine	air	unspecified	kg	1,75E-11
Methyl ethyl ketone	air	unspecified	kg	1,43E-05
Methyl formate	air	unspecified	kg	3,47E-11
Molybdenum	air	unspecified	kg	1,08E-05
Monoethanolamine	air	unspecified	kg	0,001925
Naphthalene	air	unspecified	kg	2,75E-06
Nickel	air	unspecified	kg	0,004057
Niobium-95	air	unspecified	kBq	1,15E-09
Nitrate	air	unspecified	kg	2,69E-07
Nitrogen dioxide	air	unspecified	kg	9,354339
Nitrogen monoxide	air	unspecified	kg	0,000738
Nitrogen, atmospheric	air	unspecified	kg	0,238152
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	air	unspecified	kg	3,950675
Octane	air	unspecified	kg	0,000213
Oxygen, in air	air	unspecified	kg	2473,853
Ozone	air	unspecified	kg	0,000654

PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	air	unspecified	kg	0,010822
Palladium	air	unspecified	kg	6,21E-14
Particulates, < 10 um	air	unspecified	kg	0,750322
Particulates, < 2.5 um	air	unspecified	kg	0,145702
Particulates, > 10 um	air	unspecified	kg	16,87506
Particulates, > 2.5 um, and < 10um	air	unspecified	kg	1,323189
Pentane	air	unspecified	kg	0,030665
Phenanthrene	air	unspecified	kg	8,63E-07
Phenol	air	unspecified	kg	0,000357
Phenol, pentachloro-	air	unspecified	kg	5,37E-07
Phosphate	air	unspecified	kg	5,77E-05
Phosphine	air	unspecified	kg	4,03E-05
Platinum	air	unspecified	kg	8,94E-11
Plutonium-238	air	unspecified	kBq	2,32E-10
Plutonium-alpha	air	unspecified	kBq	5,55E-06
Polonium-210	air	unspecified	kBq	0,064108
Polychlorinated biphenyls	air	unspecified	kg	7,21E-08
Potassium	air	unspecified	kg	0,001103
Potassium-40	air	unspecified	kBq	0,009603
Propanal	air	unspecified	kg	9,74E-09
Propane	air	unspecified	kg	0,132331
Propanol	air	unspecified	kg	3,05E-06
Propene	air	unspecified	kg	0,004886
Propionic acid	air	unspecified	kg	8,94E-06
Propylene oxide	air	unspecified	kg	1,42E-07
Protactinium-234	air	unspecified	kBq	0,001614
Radium-226	air	unspecified	kBq	11691,52
Radium-228	air	unspecified	kBq	0,004638
Radon-220	air	unspecified	kBq	0,182439
Radon-222	air	unspecified	kBq	36496,59
Rhodium	air	unspecified	kg	5,99E-14
Ruthenium-103	air	unspecified	kBq	2,53E-10
Scandium	air	unspecified	kg	5,54E-07
Selenium	air	unspecified	kg	0,000155
Silver	air	unspecified	kg	6,99E-07
Silver-110	air	unspecified	kBq	2,51E-09
Sodium	air	unspecified	kg	0,000637
Strontium	air	unspecified	kg	0,00013
Strontium-90	air	unspecified	kBq	6,57E-09
Styrene	air	unspecified	kg	0,024711
Sulfate	air	unspecified	kg	0,016974
Sulfur dioxide	air	unspecified	kg	8,271503
Sulfur hexafluoride	air	unspecified	kg	1,15E-05
Sulfur oxides	air	unspecified	kg	1,10365
t-Butyl methyl ether	air	unspecified	kg	6,1E-08
Tar	air	unspecified	kg	1,9E-08
Technetium-99	air	unspecified	kBq	8,46E-13

Tellurium	air	unspecified	kg	5,41E-07
Thallium	air	unspecified	kg	1,02E-05
Thorium-228	air	unspecified	kBq	0,003528
Thorium-230	air	unspecified	kBq	0,02077
Thorium-232	air	unspecified	kBq	0,002641
Thorium-234	air	unspecified	kBq	0,001614
Tin	air	unspecified	kg	0,000121
Tin oxide	air	unspecified	kg	6,91E-11
Titanium	air	unspecified	kg	0,000154
Toluene	air	unspecified	kg	0,004435
Uranium-234	air	unspecified	kBq	0,059135
Uranium-235	air	unspecified	kBq	0,083903
Uranium-238	air	unspecified	kBq	0,353498
Vanadium	air	unspecified	kg	0,001078
VOC, volatile organic compounds	air	unspecified	kg	6,832949
Water vapour	air	unspecified	kg	5975,643
Xenon-131m	air	unspecified	kBq	0,340787
Xenon-133	air	unspecified	kBq	255,0871
Xenon-135	air	unspecified	kBq	16,32998
Xenon-137	air	unspecified	kBq	0,011747
Xenon-138	air	unspecified	kBq	0,581863
Xylene	air	unspecified	kg	0,02439
Zinc	air	unspecified	kg	0,00191
Zinc oxide	air	unspecified	kg	1,38E-10
Zinc-65	air	unspecified	kBq	4,84E-08
Zirconium	air	unspecified	kg	5,67E-07
Zirconium-95	air	unspecified	kBq	4,74E-08
Water, river	resource	in water	m3	-2213,59
Cadmium	soil	agricultural	kg	1,4E-08
Chromium	soil	agricultural	kg	-3,7E-09
Chromium, ion	soil	agricultural	kg	2,46E-13
Copper	soil	agricultural	kg	-4,5E-08
Lead	soil	agricultural	kg	-7,5E-10
Nickel	soil	agricultural	kg	-2,2E-09
Zinc	soil	agricultural	kg	-3,4E-07
Chromium, ion	soil	forestry	kg	3,88E-05
Decane	soil	forestry	kg	0,050633
2,4-D	soil	unspecified	kg	1,5E-08
Acidity, unspecified	soil	unspecified	kg	1,02E-11
Aclonifen	soil	unspecified	kg	3,93E-09
Aldrin	soil	unspecified	kg	2,03E-10
Aluminium	soil	unspecified	kg	0,001448
Americium-241	soil	unspecified	kBq	26,17294
Ammonia	soil	unspecified	kg	0,034189
Antimony	soil	unspecified	kg	3,18E-11
Arsenic	soil	unspecified	kg	5,71E-07
Atrazine	soil	unspecified	kg	3,84E-05

Barium	soil	unspecified	kg	0,000461
Benomyl	soil	unspecified	kg	9,56E-11
Bentazone	soil	unspecified	kg	2E-09
Beryllium	soil	unspecified	kg	1,75E-15
Boron	soil	unspecified	kg	1,4E-05
Bromide	soil	unspecified	kg	9,54E-06
Cadmium	soil	unspecified	kg	9,1E-07
Calcium	soil	unspecified	kg	0,011319
Carbetamide	soil	unspecified	kg	8,56E-10
Carbofuran	soil	unspecified	kg	5,24E-08
Cesium-137	soil	unspecified	kBq	12495,43
Chloride	soil	unspecified	kg	0,01585
Chlorothalonil	soil	unspecified	kg	1,46E-07
Chromium	soil	unspecified	kg	6,89E-05
Chromium VI	soil	unspecified	kg	2,68E-05
Chromium, ion	soil	unspecified	kg	1,94E-06
Cobalt	soil	unspecified	kg	1,16E-06
Copper	soil	unspecified	kg	5,7E-05
Curium alpha	soil	unspecified	kBq	51,96684
Cypermethrin	soil	unspecified	kg	7,42E-09
Dinoseb	soil	unspecified	kg	6,59E-09
Fenpiclonil	soil	unspecified	kg	5,87E-09
Fluoride	soil	unspecified	kg	0,000382
Glyphosate	soil	unspecified	kg	3,66E-06
Heat, waste	soil	unspecified	MJ	2,889315
Hydrocarbons, unspecified	soil	unspecified	kg	0,004376
Iodine-129	soil	unspecified	kBq	0,000819
Iron	soil	unspecified	kg	0,003654
Lead	soil	unspecified	kg	5,85E-05
Linuron	soil	unspecified	kg	3,03E-08
Magnesium	soil	unspecified	kg	0,001197
Mancozeb	soil	unspecified	kg	1,9E-07
Manganese	soil	unspecified	kg	0,000116
Mercury	soil	unspecified	kg	3,91E-07
Metaldehyde (tetramer)	soil	unspecified	kg	1,99E-10
Metolachlor	soil	unspecified	kg	2,19E-07
Metribuzin	soil	unspecified	kg	6,68E-09
Molybdenum	soil	unspecified	kg	1,28E-08
Napropamide	soil	unspecified	kg	3,51E-10
Nickel	soil	unspecified	kg	4,37E-05
Nitrogen	soil	unspecified	kg	0,002319
Orbencarb	soil	unspecified	kg	3,6E-08
Palladium-234m	soil	unspecified	kBq	0,002821
Phosphate	soil	unspecified	kg	0,020034
Pirimicarb	soil	unspecified	kg	1,89E-10
Plutonium-alpha	soil	unspecified	kBq	3223018
Potassium	soil	unspecified	kg	0,009293

Radium-226	soil	unspecified	kBq	66,27617
Selenium	soil	unspecified	kg	1,14E-13
Silver	soil	unspecified	kg	1,43E-11
Sodium	soil	unspecified	kg	0,002726
Strontium	soil	unspecified	kg	0,020486
Strontium-90	soil	unspecified	kBq	1866,442
Sulfate	soil	unspecified	kg	0,001112
Sulfide	soil	unspecified	kg	0,006673
Sulfur	soil	unspecified	kg	0,000821
Tebutam	soil	unspecified	kg	8,33E-10
Technetium-99	soil	unspecified	kBq	0,382128
Teflubenzuron	soil	unspecified	kg	4,45E-10
Thiram	soil	unspecified	kg	1,7E-10
Thorium-230	soil	unspecified	kBq	66,27617
Tin	soil	unspecified	kg	1,67E-08
Titanium	soil	unspecified	kg	3,3E-06
Uranium-234	soil	unspecified	kBq	41,15278
Uranium-235	soil	unspecified	kBq	0,742807
Uranium-238	soil	unspecified	kBq	11,51683
Vanadium	soil	unspecified	kg	9,46E-08
Zinc	soil	unspecified	kg	0,00019
Zirconium-95	soil	unspecified	kBq	0,050277
Acenaphthene	water	fresh water	kg	4,41E-08
Acenaphthylene	water	fresh water	kg	1,75E-08
Acetic acid	water	fresh water	kg	0,000224
Acidity, unspecified	water	fresh water	kg	0,042499
Acrylonitrile	water	fresh water	kg	2,34E-08
Aluminium	water	fresh water	kg	0,00613
Americium-241	water	fresh water	kBq	0,00912
Ammonia	water	fresh water	kg	0,037759
Ammonium, ion	water	fresh water	kg	7,66E-05
Anthracene	water	fresh water	kg	6,79E-08
Antimony	water	fresh water	kg	1,31E-10
Antimony-124	water	fresh water	kBq	9,49E-05
Antimony-125	water	fresh water	kBq	6,46E-05
AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	water	fresh water	kg	0,000565
Arsenic	water	fresh water	kg	5,99E-05
Barium	water	fresh water	kg	0,000463
Benzene	water	fresh water	kg	0,001488
Benzene, ethyl-	water	fresh water	kg	3,08E-05
Benzo(a)anthracene	water	fresh water	kg	5,65E-09
Benzo(k)fluoranthene	water	fresh water	kg	2,94E-09
Beryllium	water	fresh water	kg	2E-07
BOD5, Biological Oxygen Demand	water	fresh water	kg	0,141386
Boron	water	fresh water	kg	0,032555
Bromate	water	fresh water	kg	2,18E-06
Bromine	water	fresh water	kg	1,15E-07

Cadmium	water	fresh water	kg	4,35E-05
Calcium	water	fresh water	kg	2,119354
Carbon-14	water	fresh water	kBq	0,462922
Carbonate	water	fresh water	kg	0,100854
Cesium-134	water	fresh water	kBq	0,480362
Cesium-137	water	fresh water	kBq	4,286586
Chlorate	water	fresh water	kg	0,000417
Chloride	water	fresh water	kg	9,070335
Chlorine	water	fresh water	kg	0,007162
Chromium	water	fresh water	kg	0,000126
Chromium VI	water	fresh water	kg	1,96E-06
Chromium, ion	water	fresh water	kg	0,002857
Chrysene	water	fresh water	kg	2,5E-08
Cobalt	water	fresh water	kg	6,94E-08
Cobalt-58	water	fresh water	kBq	0,003547
Cobalt-60	water	fresh water	kBq	1,98743
COD, Chemical Oxygen Demand	water	fresh water	kg	3,633353
Copper	water	fresh water	kg	0,000312
Cresol	water	fresh water	kg	6,14E-09
Curium alpha	water	fresh water	kBq	0,012087
Cyanide	water	fresh water	kg	7,37E-05
Decane	water	fresh water	kg	0,036973
Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	water	fresh water	kg	5,04E-12
Ethane, 1,2-dibromo-	water	fresh water	kg	1,23E-10
Ethane, 1,2-dichloro-	water	fresh water	kg	1,46E-08
Ethene, chloro-	water	fresh water	kg	1,2E-08
Fluoranthene	water	fresh water	kg	1,03E-08
Fluoride	water	fresh water	kg	0,405013
Fluorine	water	fresh water	kg	0,000693
Heat, waste	water	fresh water	MJ	1075,348
Hexane	water	fresh water	kg	7,2E-10
Hydrocarbons, unspecified	water	fresh water	kg	0,015065
Hydrogen chloride	water	fresh water	kg	7,27E-06
Hydrogen fluoride	water	fresh water	kg	7,83E-07
Hydrogen-3, Tritium	water	fresh water	kBq	13491,14
Hydroxide	water	fresh water	kg	0,000204
Iodine-129	water	fresh water	kBq	1,322732
Iodine-131	water	fresh water	kBq	6,77E-05
Iron	water	fresh water	kg	0,283868
Lead	water	fresh water	kg	0,000223
Magnesium	water	fresh water	kg	0,002529
Manganese	water	fresh water	kg	0,00072
Manganese-54	water	fresh water	kBq	0,308112
Mercury	water	fresh water	kg	2,01E-06
Methane, monochloro-, R-40	water	fresh water	kg	2,31E-05
Methanol	water	fresh water	kg	0,011927
Molybdenum	water	fresh water	kg	0,000163

Naphthalene	water	fresh water	kg	2,3E-06
Nickel	water	fresh water	kg	0,000233
Nitrate	water	fresh water	kg	0,071162
Nitrogen	water	fresh water	kg	0,010679
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	water	fresh water	kg	0,000549
Particulates, < 10 um	water	fresh water	kg	0,037676
Particulates, > 10 um	water	fresh water	kg	4,607909
Phenol	water	fresh water	kg	0,000556
Phosphate	water	fresh water	kg	0,274116
Plutonium-alpha	water	fresh water	kBq	0,036642
Potassium	water	fresh water	kg	0,01305
Propane, 1,2-dichloro-	water	fresh water	kg	3,19E-13
Radium-226	water	fresh water	kBq	150,5497
Ruthenium-106	water	fresh water	kBq	0,00912
Selenium	water	fresh water	kg	2,9E-05
Silver	water	fresh water	kg	8,2E-07
Silver-110	water	fresh water	kBq	1,39E-05
Sodium	water	fresh water	kg	2,7396
Strontium	water	fresh water	kg	0,001421
Strontium-90	water	fresh water	kBq	0,447851
Sulfate	water	fresh water	kg	1,53936
Sulfide	water	fresh water	kg	0,002476
Sulfite	water	fresh water	kg	0,000276
Sulfur	water	fresh water	kg	0,000123
Thallium	water	fresh water	kg	7,14E-09
Tin	water	fresh water	kg	1,38E-08
Titanium	water	fresh water	kg	3,24E-05
TOC, Total Organic Carbon	water	fresh water	kg	0,123441
Toluene	water	fresh water	kg	0,000178
Uranium-238	water	fresh water	kBq	2,702021
Vanadium	water	fresh water	kg	5,37E-05
VOC, volatile organic compounds, unspecified origin	water	fresh water	kg	0,007578
Xylene	water	fresh water	kg	0,001067
Zinc	water	fresh water	kg	0,000138
Acenaphthene	water	ocean	kg	1,52E-06
Acenaphthylene	water	ocean	kg	5,79E-07
Acetic acid	water	ocean	kg	4,09E-06
Aluminium	water	ocean	kg	2,09E-08
Ammonia	water	ocean	kg	6,2E-07
Anthracene	water	ocean	kg	3,82E-07
AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	water	ocean	kg	2,32E-10
Arsenic	water	ocean	kg	1,59E-05
Barium	water	ocean	kg	0,001051
Benzene	water	ocean	kg	0,000256
Benzene, ethyl-	water	ocean	kg	3,93E-05
Benzo(a)anthracene	water	ocean	kg	3,42E-07
Benzo(k)fluoranthene	water	ocean	kg	3,82E-07

Beryllium	water	ocean	kg	1,57E-06
BOD5, Biological Oxygen Demand	water	ocean	kg	0,000256
Boron	water	ocean	kg	3,37E-07
Cadmium	water	ocean	kg	9,88E-06
Calcium	water	ocean	kg	3,68E-05
Carbonate	water	ocean	kg	0,065926
Chloride	water	ocean	kg	5,206344
Chromium	water	ocean	kg	8,6E-05
Chrysene	water	ocean	kg	1,94E-06
Cobalt	water	ocean	kg	2,74E-05
COD, Chemical Oxygen Demand	water	ocean	kg	0,007633
Copper	water	ocean	kg	3,65E-05
Cresol	water	ocean	kg	4,68E-09
Decane	water	ocean	kg	0,002321
Fluoranthene	water	ocean	kg	4,04E-07
Fluoride	water	ocean	kg	0,031544
Hexane	water	ocean	kg	5,1E-10
Iron	water	ocean	kg	0,000337
Lead	water	ocean	kg	8,08E-06
Magnesium	water	ocean	kg	5,35E-05
Manganese	water	ocean	kg	3,53E-05
Mercury	water	ocean	kg	2,57E-07
Molybdenum	water	ocean	kg	1,79E-09
Naphthalene	water	ocean	kg	4,73E-05
Nickel	water	ocean	kg	2,29E-05
Nitrate	water	ocean	kg	8,58E-05
Particulates, > 10 um	water	ocean	kg	0,2034
Phenol	water	ocean	kg	0,000517
Silver	water	ocean	kg	5,31E-09
Sodium	water	ocean	kg	0,005104
Strontium	water	ocean	kg	1,92E-05
Sulfate	water	ocean	kg	0,0286
Sulfide	water	ocean	kg	0,011836
Sulfur	water	ocean	kg	1,8E-07
Tin	water	ocean	kg	6,36E-09
Titanium	water	ocean	kg	6,48E-10
TOC, Total Organic Carbon	water	ocean	kg	0,000256
Toluene	water	ocean	kg	0,000156
Vanadium	water	ocean	kg	1,88E-05
VOC, volatile organic compounds, unspecified origin	water	ocean	kg	2,56E-06
Xylene	water	ocean	kg	0,000131
Zinc	water	ocean	kg	0,000551
1,4-Butanediol	water	unspecified	kg	6,7E-11
4-Methyl-2-pentanone	water	unspecified	kg	4,28E-12
Acenaphthene	water	unspecified	kg	2,92E-09
Acenaphthylene	water	unspecified	kg	1,83E-10
Acetaldehyde	water	unspecified	kg	9,48E-08

Acetic acid	water	unspecified	kg	2,17E-06
Acetone	water	unspecified	kg	0,000392
Acidity, unspecified	water	unspecified	kg	0,000973
Acrylic acid	water	unspecified	kg	1,87E-08
Aluminium	water	unspecified	kg	0,075236
Americium-241	water	unspecified	kBq	2,19E-08
Ammonia	water	unspecified	kg	0,002948
Antimony	water	unspecified	kg	7,96E-05
Antimony-122	water	unspecified	kBq	7,24E-07
Antimony-124	water	unspecified	kBq	0,006222
Antimony-125	water	unspecified	kBq	0,000451
AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	water	unspecified	kg	0,020368
Arsenic	water	unspecified	kg	6,29E-05
Barium	water	unspecified	kg	0,002729
Barium-140	water	unspecified	kBq	3,17E-06
Benzene	water	unspecified	kg	0,000685
Benzene, ethyl-	water	unspecified	kg	2,24E-05
Beryllium	water	unspecified	kg	8,38E-06
beta-butyrolactone	water	unspecified	kg	1,16E-10
BOD5, Biological Oxygen Demand	water	unspecified	kg	0,182087
Boron	water	unspecified	kg	0,001633
Bromate	water	unspecified	kg	0,000392
Bromide	water	unspecified	kg	0,000427
Butanol	water	unspecified	kg	5,19E-08
Butene	water	unspecified	kg	7,3E-08
Butyl acetate	water	unspecified	kg	6,75E-08
Cadmium	water	unspecified	kg	3,34E-05
Calcium	water	unspecified	kg	0,47842
Carbon-14	water	unspecified	kBq	1,1E-05
Carbonate	water	unspecified	kg	0,004583
Cerium-141	water	unspecified	kBq	1,27E-06
Cerium-144	water	unspecified	kBq	7,2E-07
Cesium	water	unspecified	kg	4,7E-07
Cesium-134	water	unspecified	kBq	0,005489
Cesium-136	water	unspecified	kBq	2,25E-07
Cesium-137	water	unspecified	kBq	0,32483
Chlorate	water	unspecified	kg	0,004073
Chloride	water	unspecified	kg	3,864519
Chlorine	water	unspecified	kg	1,22E-05
Chloroform	water	unspecified	kg	1,98E-09
Chromium VI	water	unspecified	kg	0,000323
Chromium, ion	water	unspecified	kg	0,008736
Chromium-51	water	unspecified	kBq	0,000469
Cobalt	water	unspecified	kg	0,000112
Cobalt-57	water	unspecified	kBq	7,15E-06
Cobalt-58	water	unspecified	kBq	0,020249
Cobalt-60	water	unspecified	kBq	0,013209

COD, Chemical Oxygen Demand	water	unspecified	kg	0,431689
Copper	water	unspecified	kg	0,004707
Cumene	water	unspecified	kg	0,000853
Curium alpha	water	unspecified	kBq	2,4E-08
Cyanide	water	unspecified	kg	3,85E-05
Ethane, 1,1,2-trichloro-	water	unspecified	kg	9,12E-12
Ethane, 1,2-dichloro-	water	unspecified	kg	3,69E-07
Ethane, hexachloro-	water	unspecified	kg	1,65E-15
Ethanol	water	unspecified	kg	1,19E-07
Ethene	water	unspecified	kg	7,91E-06
Ethene, chloro-	water	unspecified	kg	2,57E-07
Ethene, tetrachloro-	water	unspecified	kg	4,04E-12
Ethene, trichloro-	water	unspecified	kg	2,51E-10
Ethyl acetate	water	unspecified	kg	8,11E-12
Ethylene diamine	water	unspecified	kg	8,39E-11
Ethylene oxide	water	unspecified	kg	2,84E-06
ethylenediaminetetraacetic acid	water	unspecified	kg	2,57E-07
Fluoride	water	unspecified	kg	0,010252
Formaldehyde	water	unspecified	kg	4,41E-06
Glutaraldehyde	water	unspecified	kg	3,23E-06
Heat, waste	water	unspecified	MJ	91,79076
Hydrazine	water	unspecified	kg	1,18E-07
Hydrocarbons, unspecified	water	unspecified	kg	0,004495
Hydrogen peroxide	water	unspecified	kg	7,74E-05
Hydrogen sulfide	water	unspecified	kg	3,32E-05
Hydrogen-3, Tritium	water	unspecified	kBq	1032,814
Hydroxide	water	unspecified	kg	6,52E-07
Hypochlorite	water	unspecified	kg	3,55E-05
Iodide	water	unspecified	kg	9,65E-05
Iodine-129	water	unspecified	kBq	1,66E-07
Iodine-131	water	unspecified	kBq	0,000718
Iodine-133	water	unspecified	kBq	1,99E-06
Iron	water	unspecified	kg	0,111715
Iron-59	water	unspecified	kBq	5,48E-07
Lanthanum-140	water	unspecified	kBq	3,38E-06
Lead	water	unspecified	kg	0,000271
Lead-210	water	unspecified	kBq	0,006691
lithium	water	unspecified	kg	1,11E-06
Magnesium	water	unspecified	kg	0,036784
Manganese	water	unspecified	kg	0,001135
Manganese-54	water	unspecified	kBq	0,001057
Manganese-55	water	unspecified	kBq	2,92E-07
Mercury	water	unspecified	kg	3,35E-06
Methane	water	unspecified	kg	1,53E-08
Methane, dichloro-, HCC-30	water	unspecified	kg	2,6E-05
Methanol	water	unspecified	kg	0,000109
Methyl acrylate	water	unspecified	kg	1,75E-07

Methyl amine	water	unspecified	kg	4,2E-11
Methyl formate	water	unspecified	kg	1,38E-11
Molybdenum	water	unspecified	kg	7,07E-05
Molybdenum-99	water	unspecified	kBq	1,16E-06
Morpholine	water	unspecified	kg	1,25E-06
Nickel	water	unspecified	kg	0,000468
Niobium-95	water	unspecified	kBq	4,29E-05
Nitrate	water	unspecified	kg	0,987618
Nitrite	water	unspecified	kg	1,34E-05
o-Dichlorobenzene	water	unspecified	kg	2,25E-08
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	water	unspecified	kg	0,000566
Phenol	water	unspecified	kg	0,001416
Phosphate	water	unspecified	kg	0,01577
Plutonium-alpha	water	unspecified	kBq	3,6E-06
Polonium-210	water	unspecified	kBq	0,00754
Potassium	water	unspecified	kg	0,019039
Potassium-40	water	unspecified	kBq	0,006519
Propene	water	unspecified	kg	0,000315
Propylene oxide	water	unspecified	kg	3,42E-07
Protactinium-234	water	unspecified	kBq	0,029864
Radium-224	water	unspecified	kBq	0,046466
Radium-226	water	unspecified	kBq	51,64494
Radium-228	water	unspecified	kBq	0,092945
Rubidium	water	unspecified	kg	9,46E-06
S,S,S-tributyl phosphorotrithioate	water	unspecified	kg	2,15E-10
Scandium	water	unspecified	kg	1,94E-05
Selenium	water	unspecified	kg	2,68E-05
Silver	water	unspecified	kg	7,69E-07
Silver-110	water	unspecified	kBq	0,027522
Sodium	water	unspecified	kg	1,455243
Sodium-24	water	unspecified	kBq	8,81E-06
Strontium	water	unspecified	kg	0,004877
Strontium-89	water	unspecified	kBq	5,03E-05
Strontium-90	water	unspecified	kBq	2,849234
Sulfate	water	unspecified	kg	0,795276
Sulfide	water	unspecified	kg	4,67E-05
Sulfite	water	unspecified	kg	9,97E-05
t-Butyl methyl ether	water	unspecified	kg	1,2E-06
Tar	water	unspecified	kg	2,71E-10
Technetium-99	water	unspecified	kBq	2,73E-05
tellurium-123	water	unspecified	kBq	5,11E-05
Thallium	water	unspecified	kg	1,24E-06
Thorium-228	water	unspecified	kBq	0,185907
Thorium-230	water	unspecified	kBq	2,982348
Thorium-232	water	unspecified	kBq	0,001178
Thorium-234	water	unspecified	kBq	0,029864
Tin	water	unspecified	kg	0,000103

Titanium	water	unspecified	kg	0,002145
TOC, Total Organic Carbon	water	unspecified	kg	0,070534
Toluene	water	unspecified	kg	0,000113
Tributyltin-oxide	water	unspecified	kg	1,13E-06
Triethylene glycol	water	unspecified	kg	0,000398
Tungsten	water	unspecified	kg	1,48E-05
Uranium-234	water	unspecified	kBq	0,846168
Uranium-235	water	unspecified	kBq	0,045218
Uranium-238	water	unspecified	kBq	1,059096
Vanadium	water	unspecified	kg	0,000268
VOC, volatile organic compounds	water	unspecified	kg	0,000336
Xylene	water	unspecified	kg	0,000484
Zinc	water	unspecified	kg	0,001759
Zinc-65	water	unspecified	kBq	0,000119
Zirconium-95	water	unspecified	kBq	1,38E-06

---

## **Anexo D**

### **Análise do Inventário do Ciclo de Vida. Emissões do Modelo B**

---

**Modelo B - Inventário de LCA.**

Quantificação das emissões para a atmosfera, ar e solo.

Fluxos/ entradas	Categoria	Sub-categoria	Unid	Resultado
electricity	Energy carriers and technologies	Electricity	MJ	3900
secondary fuel	Energy carriers and technologies	Other non-renewable fuels	MJ	5,830569
secondary fuel renewable	Energy carriers and technologies	Renewable fuels	MJ	1,734393
Hydrogen	Intermediate products	Inorganic intermediate products	kg	4,753954
biomass; 14.7 MJ/kg	resource	biotic	MJ	660,7032
wood; 14.7 MJ/kg	resource	biotic	MJ	1,627425
Air	resource	in air	kg	17593
Carbon dioxide, in air	resource	in air	kg	4207,966
Energy, primary, from solar energy	resource	in air	MJ	43426,06
Energy, primary, from wind power	resource	in air	MJ	260,0822
Nitrogen	resource	in air	kg	289,8176
Oxygen, in air	resource	in air	kg	-654,946
Aggregate, natural	resource	in ground	kg	200,1691
Antimony	resource	in ground	kg	1,84E-10
Barite	resource	in ground	kg	3,243819
Basalt, in ground	resource	in ground	kg	1,298076
Bauxite	resource	in ground	kg	181,8711
Borax, in ground	resource	in ground	kg	2,235464
brown coal; 11.9 MJ/kg	resource	in ground	MJ	2513,401
Cadmium	resource	in ground	kg	1,98E-06
Calcium carbonate, in ground	resource	in ground	kg	561,9617
Calcium chloride	resource	in ground	kg	2,35E-09
Carbon	resource	in ground	kg	6,62E-05
Cerium, in ground	resource	in ground	kg	1,2E-15
Chromium	resource	in ground	kg	0,845492
Chrysotile, in ground	resource	in ground	kg	7,41E-05
Clay, bentonite, in ground	resource	in ground	kg	1,570206
Clay, unspecified, in ground	resource	in ground	kg	-2,3039
Cobalt, in ground	resource	in ground	kg	1,36E-07
Colemanite, in ground	resource	in ground	kg	31,61655
Copper	resource	in ground	kg	-0,01001
crude oil; 42.3 MJ/kg	resource	in ground	MJ	41286,47
Diatomite, in ground	resource	in ground	kg	2,46E-09
Dolomite, in ground	resource	in ground	kg	112,4304
Energy, primary, from geothermal	resource	in ground	MJ	20,70437
europium	resource	in ground	kg	1,19E-18
Feldspar, in ground	resource	in ground	kg	0,000777
Fluorine	resource	in ground	kg	0,000208
Fluorspar	resource	in ground	kg	2,065098

gadolinium	resource	in ground	kg	4,73E-18
gallium	resource	in ground	kg	4,47E-10
Gold	resource	in ground	kg	1,93E-06
Granite, in ground	resource	in ground	kg	2,74E-07
Gravel, in ground	resource	in ground	kg	238,3455
Gypsum, in ground	resource	in ground	kg	638,8556
hard coal; 26.3 MJ/kg	resource	in ground	MJ	27960,16
indium	resource	in ground	kg	5,43E-08
Iron	resource	in ground	kg	721,6903
Kaolin	resource	in ground	kg	238,7189
Lanthanum	resource	in ground	kg	5,56E-16
Lead	resource	in ground	kg	-2,2072
Magnesite	resource	in ground	kg	0,032511
Magnesium	resource	in ground	kg	0,00465
Magnesium chloride	resource	in ground	kg	0,820246
Manganese	resource	in ground	kg	6,668858
Mercury	resource	in ground	kg	2,02E-05
Metamorphous rock, graphite containing, in ground	resource	in ground	kg	8435,929
Molybdenum	resource	in ground	kg	0,002249
natural gas; 44.1 MJ/kg	resource	in ground	MJ	51629,09
Neodymium, in ground	resource	in ground	kg	2,18E-16
Nickel	resource	in ground	kg	0,086307
Olivine, in ground	resource	in ground	kg	0,002523
Palladium	resource	in ground	kg	1,07E-07
peat; 8.4 MJ/kg	resource	in ground	MJ	14,35888
Phosphorus	resource	in ground	kg	0,357032
Platinum	resource	in ground	kg	6,63E-07
Potassium chloride	resource	in ground	kg	0,058776
praseodymium	resource	in ground	kg	9,96E-18
Pumice, in ground	resource	in ground	kg	0,00011
Pyrite, in ground	resource	in ground	kg	0,04874
Rhenium, in crude ore, in ground	resource	in ground	kg	3,5E-10
Rhodium	resource	in ground	kg	3,37E-09
samarium	resource	in ground	kg	-5,1E-18
Sand, quartz, in ground	resource	in ground	kg	62,13666
Sand, unspecified, in ground	resource	in ground	kg	0,489628
Silicon	resource	in ground	kg	9,38E-05
Silver	resource	in ground	kg	-0,00154
Slate, in ground	resource	in ground	kg	0,017896
Sodium chloride, in ground	resource	in ground	kg	77,32387
Sodium nitrate, in ground	resource	in ground	kg	5,09E-07
Sodium sulphate, various forms, in ground	resource	in ground	kg	0,032245
soft wood (dry matter)	resource	in ground	kg	0,173729
Soil	resource	in ground	kg	66,1992

Sulfate	resource	in ground	kg	22,56358
Sulfur	resource	in ground	kg	0,213238
Talc, in ground	resource	in ground	kg	0,000442
tantalum	resource	in ground	kg	5,2E-07
Tellurium	resource	in ground	kg	7,15E-08
Tin	resource	in ground	kg	5,54E-05
Titanium	resource	in ground	kg	0,358144
Uranium	resource	in ground	MJ	7976,583
Vanadium	resource	in ground	kg	0,232024
Zinc	resource	in ground	kg	-3,67396
Zirconium	resource	in ground	kg	6,77E-07
Energy, primary, from water power	resource	in water	MJ	2579,837
Energy, primary, from waves	resource	in water	MJ	0,383339
Water	resource	in water	kg	119309,2
Water (fresh water)	resource	in water	kg	1971,14
Water Cooling fresh	resource	in water	kg	1,887804
Water, ground	resource	in water	kg	6370,059
Water, lake	resource	in water	m3	1,766715
Water, salt, ocean	resource	in water	m3	6461,985
Water, surface	resource	in water	kg	18111,97
printing ink	Systems	Paints and chemical preparations	kg	3,5
carcass meal	Wastes	Production residues	kg	0,001619
municipal waste (unspecified)	Wastes	Production residues	kg	5,830917
<b>Flow</b>	<b>Category</b>	<b>Sub-category</b>	<b>Unit</b>	<b>Result</b>
1,4-Butanediol	air	unspecified	kg	1,68E-10
Acenaphthene	air	unspecified	kg	1,94E-10
Acetaldehyde	air	unspecified	kg	0,000414
Acetic acid	air	unspecified	kg	0,022609
Acetone	air	unspecified	kg	0,000901
Acetonitrile	air	unspecified	kg	4,47E-08
Acidity, unspecified	air	unspecified	kg	0,000436
Acrolein	air	unspecified	kg	2,48E-07
Acrylic acid	air	unspecified	kg	7,89E-09
Air, used	air	unspecified	kg	27048,84
Aluminium	air	unspecified	kg	0,011143
Americium-241	air	unspecified	kBq	6,57E-11
Ammonia	air	unspecified	kg	0,030507
Ammonium, ion	air	unspecified	kg	-0,00011
Anthracene	air	unspecified	kg	3,13E-08
Antimony	air	unspecified	kg	6,48E-05
Antimony-124	air	unspecified	kBq	4,39E-06
Antimony-125	air	unspecified	kBq	1,87E-08

AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	air	unspecified	kg	8,06E-06
Argon	air	unspecified	kg	0,260839
Argon-41	air	unspecified	kBq	27,52795
Arsenic	air	unspecified	kg	0,000244
Arsenic trioxide	air	unspecified	kg	1,28E-10
Arsine	air	unspecified	kg	1,06E-08
Barium	air	unspecified	kg	0,002337
Benzaldehyde	air	unspecified	kg	8,69E-09
Benzene	air	unspecified	kg	0,021646
Benzene, 1,3,5-trimethyl-	air	unspecified	kg	8,43E-10
Benzene, ethyl-	air	unspecified	kg	0,01036
Benzene, hexachloro-	air	unspecified	kg	1,11E-08
Benzene, pentachloro-	air	unspecified	kg	4,36E-10
Benzo(a)anthracene	air	unspecified	kg	1,58E-08
Benzo(a)pyrene	air	unspecified	kg	9,57E-05
Benzo(ghi)perylene	air	unspecified	kg	1,41E-08
Benzo(k)fluoranthene	air	unspecified	kg	2,81E-08
Beryllium	air	unspecified	kg	4,39E-06
beta-butyrolactone	air	unspecified	kg	4,84E-11
Boron	air	unspecified	kg	0,004653
Bromide	air	unspecified	kg	8,06E-05
Bromine	air	unspecified	kg	0,001016
Butadiene	air	unspecified	kg	1,52E-08
Butane	air	unspecified	kg	0,0473
Butanol	air	unspecified	kg	5,19E-13
Butene	air	unspecified	kg	1,85E-05
Cadmium	air	unspecified	kg	8,54E-05
Calcium	air	unspecified	kg	0,008314
Carbon dioxide	air	unspecified	kg	6501,419
Carbon dioxide, biogenic	air	unspecified	kg	5,658871
Carbon dioxide, fossil	air	unspecified	kg	574,972
Carbon disulfide	air	unspecified	kg	0,000137
Carbon monoxide	air	unspecified	kg	33,13077
Carbon-14	air	unspecified	kBq	16,8529
Cerium-141	air	unspecified	kBq	2,95E-07
Cerium-144	air	unspecified	kBq	1,36E-09
Cesium-134	air	unspecified	kBq	0,003555
Cesium-137	air	unspecified	kBq	0,007161
Chloride	air	unspecified	kg	0,010711
Chlorine	air	unspecified	kg	0,003557
Chloroform	air	unspecified	kg	2,81E-08
Chromium	air	unspecified	kg	0,002836
Chromium VI	air	unspecified	kg	0,000107
Chromium, ion	air	unspecified	kg	2,72E-05
Chromium-51	air	unspecified	kBq	1,89E-08

Chrysene	air	unspecified	kg	3,87E-08
Cobalt	air	unspecified	kg	4,44E-05
Cobalt-58	air	unspecified	kBq	0,000119
Cobalt-60	air	unspecified	kBq	0,000647
Copper	air	unspecified	kg	0,00048
Cumene	air	unspecified	kg	0,000355
Curium alpha	air	unspecified	kBq	1,04E-10
Cyanide	air	unspecified	kg	1,52E-05
Cyclohexane	air	unspecified	kg	2,85E-06
Dibenz(a,h)anthracene	air	unspecified	kg	8,76E-09
Diethylamine	air	unspecified	kg	-2,8E-09
Dinitrogen monoxide	air	unspecified	kg	0,331955
Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	air	unspecified	kg	1,16E-07
Ethane	air	unspecified	kg	0,17732
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	air	unspecified	kg	6,2E-08
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	air	unspecified	kg	1,83E-10
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	air	unspecified	kg	3,75E-10
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	air	unspecified	kg	5,8E-08
Ethane, 1,2-dichloro-	air	unspecified	kg	2,18E-06
Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	air	unspecified	kg	7,96E-05
Ethane, hexafluoro-, HFC-116	air	unspecified	kg	0,000395
Ethanol	air	unspecified	kg	0,070136
Ethene	air	unspecified	kg	0,021393
Ethene, chloro-	air	unspecified	kg	5,64E-06
Ethene, tetrachloro-	air	unspecified	kg	4,44E-10
Ethyl acetate	air	unspecified	kg	1,43E-05
Ethylene diamine	air	unspecified	kg	3,46E-11
Ethylene oxide	air	unspecified	kg	3,97E-06
Ethyne	air	unspecified	kg	0,001145
Fluoranthene	air	unspecified	kg	1,02E-07
Fluorene	air	unspecified	kg	3,24E-07
Fluoride	air	unspecified	kg	0,020621
Fluorine	air	unspecified	kg	4,95E-05
Formaldehyde	air	unspecified	kg	0,012756
Formic acid	air	unspecified	kg	3,17E-07
Furan	air	unspecified	kg	8,49E-08
Heat, waste	air	unspecified	MJ	18204,73
Helium	air	unspecified	kg	0,000784
Heptane	air	unspecified	kg	0,000582
Hexamethylene diamine	air	unspecified	kg	8,89E-10
Hexane	air	unspecified	kg	0,001211
Hydrocarbons, unspecified	air	unspecified	kg	0,097835
Hydrocyanic acid	air	unspecified	kg	1,25E-05

Hydrogen	air	unspecified	kg	0,3502
Hydrogen bromide	air	unspecified	kg	2,18E-06
Hydrogen chloride	air	unspecified	kg	0,551028
Hydrogen fluoride	air	unspecified	kg	0,069886
Hydrogen iodide	air	unspecified	kg	2,36E-09
Hydrogen peroxide	air	unspecified	kg	2,13E-08
Hydrogen sulfide	air	unspecified	kg	0,099631
Hydrogen-3, Tritium	air	unspecified	kBq	93,08198
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	air	unspecified	kg	1,05E-08
Iodide	air	unspecified	kg	2,5E-05
Iodine	air	unspecified	kg	3,26E-05
Iodine-129	air	unspecified	kBq	0,028695
Iodine-131	air	unspecified	kBq	0,107955
Iodine-133	air	unspecified	kBq	0,001116
Iron	air	unspecified	kg	0,016547
Isoprene	air	unspecified	kg	3,95E-09
Krypton-85	air	unspecified	kBq	465982,6
Krypton-87	air	unspecified	kBq	0,013849
Krypton-88	air	unspecified	kBq	0,012934
Krypton-89	air	unspecified	kBq	0,002841
Lanthanum-140	air	unspecified	kBq	2,49E-06
Lead	air	unspecified	kg	0,003488
Lead dioxide	air	unspecified	kg	9,94E-10
Lead-210	air	unspecified	kBq	0,040069
m-Xylene	air	unspecified	kg	2,17E-06
Magnesium	air	unspecified	kg	0,002322
Manganese	air	unspecified	kg	0,000274
Manganese-54	air	unspecified	kBq	9,7E-09
Mercaptans, unspecified	air	unspecified	kg	3E-07
Mercury	air	unspecified	kg	0,000188
Methane	air	unspecified	kg	35,23602
Methane, bromo-, Halon 1001	air	unspecified	kg	1,56E-16
Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	air	unspecified	kg	7,07E-06
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	air	unspecified	kg	3,99E-06
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	air	unspecified	kg	4,32E-05
Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	air	unspecified	kg	1,04E-05
Methane, dichloro-, HCC-30	air	unspecified	kg	2,52E-06
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	air	unspecified	kg	1,66E-05
Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	air	unspecified	kg	3,24E-12
Methane, monochloro-, R-40	air	unspecified	kg	4,9E-09
Methane, tetrachloro-, R-10	air	unspecified	kg	7,68E-07
Methane, tetrafluoro-, R-14	air	unspecified	kg	0,004236
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	air	unspecified	kg	7,69E-05
Methane, trifluoro-, HFC-23	air	unspecified	kg	1,03E-09

Methanol	air	unspecified	kg	0,068328
Methyl acrylate	air	unspecified	kg	8,94E-09
Methyl amine	air	unspecified	kg	1,75E-11
Methyl ethyl ketone	air	unspecified	kg	1,43E-05
Methyl formate	air	unspecified	kg	3,47E-11
Molybdenum	air	unspecified	kg	1,1E-05
Monoethanolamine	air	unspecified	kg	0,001925
Naphthalene	air	unspecified	kg	4,59E-06
Nickel	air	unspecified	kg	0,004523
Niobium-95	air	unspecified	kBq	1,15E-09
Nitrate	air	unspecified	kg	2,69E-07
Nitrogen dioxide	air	unspecified	kg	13,11534
Nitrogen monoxide	air	unspecified	kg	0,000738
Nitrogen, atmospheric	air	unspecified	kg	0,583822
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	air	unspecified	kg	4,481772
Octane	air	unspecified	kg	0,000219
Oxygen, in air	air	unspecified	kg	2474,192
Ozone	air	unspecified	kg	0,000654
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	air	unspecified	kg	0,011239
Palladium	air	unspecified	kg	6,51E-14
Particulates, < 10 um	air	unspecified	kg	0,905583
Particulates, < 2.5 um	air	unspecified	kg	0,329539
Particulates, > 10 um	air	unspecified	kg	16,87506
Particulates, > 2.5 um, and < 10um	air	unspecified	kg	2,820176
Pentane	air	unspecified	kg	0,034485
Phenanthrene	air	unspecified	kg	1,03E-06
Phenol	air	unspecified	kg	0,000407
Phenol, pentachloro-	air	unspecified	kg	5,37E-07
Phosphate	air	unspecified	kg	5,77E-05
Phosphine	air	unspecified	kg	4,04E-05
Platinum	air	unspecified	kg	8,94E-11
Plutonium-238	air	unspecified	kBq	2,32E-10
Plutonium-alpha	air	unspecified	kBq	5,74E-06
Polonium-210	air	unspecified	kBq	0,064108
Polychlorinated biphenyls	air	unspecified	kg	6,77E-08
Potassium	air	unspecified	kg	0,001103
Potassium-40	air	unspecified	kBq	0,009603
Propanal	air	unspecified	kg	9,74E-09
Propane	air	unspecified	kg	0,152058
Propanol	air	unspecified	kg	3,05E-06
Propene	air	unspecified	kg	0,005353
Propionic acid	air	unspecified	kg	9,23E-06
Propylene oxide	air	unspecified	kg	1,42E-07
Protactinium-234	air	unspecified	kBq	0,001614

Radium-226	air	unspecified	kBq	11691,52
Radium-228	air	unspecified	kBq	0,004638
Radon-220	air	unspecified	kBq	0,182439
Radon-222	air	unspecified	kBq	38307,7
Rhodium	air	unspecified	kg	6,28E-14
Ruthenium-103	air	unspecified	kBq	2,53E-10
Scandium	air	unspecified	kg	5,54E-07
Selenium	air	unspecified	kg	0,000352
Silver	air	unspecified	kg	7,68E-07
Silver-110	air	unspecified	kBq	2,51E-09
Sodium	air	unspecified	kg	0,000637
Strontium	air	unspecified	kg	0,00013
Strontium-90	air	unspecified	kBq	6,57E-09
Styrene	air	unspecified	kg	0,02718
Sulfate	air	unspecified	kg	0,016974
Sulfur dioxide	air	unspecified	kg	12,37096
Sulfur hexafluoride	air	unspecified	kg	1,16E-05
Sulfur oxides	air	unspecified	kg	1,10365
t-Butyl methyl ether	air	unspecified	kg	6,1E-08
Tar	air	unspecified	kg	1,9E-08
Technetium-99	air	unspecified	kBq	8,46E-13
Tellurium	air	unspecified	kg	4,44E-07
Thallium	air	unspecified	kg	9,69E-06
Thorium-228	air	unspecified	kBq	0,003528
Thorium-230	air	unspecified	kBq	0,02077
Thorium-232	air	unspecified	kBq	0,002641
Thorium-234	air	unspecified	kBq	0,001614
Tin	air	unspecified	kg	0,000175
Tin oxide	air	unspecified	kg	8,65E-11
Titanium	air	unspecified	kg	0,000154
Toluene	air	unspecified	kg	0,005385
Uranium-234	air	unspecified	kBq	0,067008
Uranium-235	air	unspecified	kBq	0,114247
Uranium-238	air	unspecified	kBq	0,426866
Vanadium	air	unspecified	kg	0,001284
VOC, volatile organic compounds	air	unspecified	kg	6,825194
Water vapour	air	unspecified	kg	6995,408
Xenon-131m	air	unspecified	kBq	0,442307
Xenon-133	air	unspecified	kBq	271,7027
Xenon-135	air	unspecified	kBq	21,82359
Xenon-137	air	unspecified	kBq	0,013187
Xenon-138	air	unspecified	kBq	0,767372
Xylene	air	unspecified	kg	0,031645
Zinc	air	unspecified	kg	0,003499
Zinc oxide	air	unspecified	kg	1,73E-10

Zinc-65	air	unspecified	kBq	4,84E-08
Zirconium	air	unspecified	kg	5,67E-07
Zirconium-95	air	unspecified	kBq	4,74E-08
Water Cooling sea	resource	in water	kg	32,92622
Water, river	resource	in water	m3	6567,992
Cadmium	soil	agricultural	kg	1,4E-08
Chromium	soil	agricultural	kg	-3,7E-09
Chromium, ion	soil	agricultural	kg	2,2E-13
Copper	soil	agricultural	kg	-4,5E-08
Lead	soil	agricultural	kg	-7,5E-10
Nickel	soil	agricultural	kg	-2,2E-09
Zinc	soil	agricultural	kg	-3,4E-07
Chlorine	soil	forestry	kg	2,62E-07
Chromium, ion	soil	forestry	kg	3,89E-05
Decane	soil	forestry	kg	0,003246
2,4-D	soil	unspecified	kg	1,5E-08
Acidity, unspecified	soil	unspecified	kg	1,02E-11
Aclonifen	soil	unspecified	kg	3,93E-09
Aldrin	soil	unspecified	kg	2,03E-10
Aluminium	soil	unspecified	kg	0,001451
Americium-241	soil	unspecified	kBq	26,17294
Ammonia	soil	unspecified	kg	0,035265
Antimony	soil	unspecified	kg	2,84E-10
Arsenic	soil	unspecified	kg	5,71E-07
Atrazine	soil	unspecified	kg	3,84E-05
Barium	soil	unspecified	kg	0,000461
Benomyl	soil	unspecified	kg	9,56E-11
Bentazone	soil	unspecified	kg	2E-09
Beryllium	soil	unspecified	kg	1,57E-15
Boron	soil	unspecified	kg	1,4E-05
Bromide	soil	unspecified	kg	9,81E-06
Cadmium	soil	unspecified	kg	9,06E-07
Calcium	soil	unspecified	kg	0,011525
Carbetamide	soil	unspecified	kg	8,56E-10
Carbofuran	soil	unspecified	kg	5,24E-08
Cesium-137	soil	unspecified	kBq	12495,43
Chloride	soil	unspecified	kg	0,016178
Chlorothalonil	soil	unspecified	kg	1,46E-07
Chromium	soil	unspecified	kg	7,1E-05
Chromium VI	soil	unspecified	kg	2,68E-05
Chromium, ion	soil	unspecified	kg	1,94E-06
Cobalt	soil	unspecified	kg	1,26E-06
Copper	soil	unspecified	kg	5,74E-05
Curium alpha	soil	unspecified	kBq	51,96684
Cypermethrin	soil	unspecified	kg	7,42E-09

Dinoseb	soil	unspecified	kg	6,59E-09
Fenpiclonil	soil	unspecified	kg	5,87E-09
Fluoride	soil	unspecified	kg	0,000391
Glyphosate	soil	unspecified	kg	3,66E-06
Heat, waste	soil	unspecified	MJ	2,889315
Hydrocarbons, unspecified	soil	unspecified	kg	0,004376
Iodine-129	soil	unspecified	kBq	0,000819
Iron	soil	unspecified	kg	0,003657
Lead	soil	unspecified	kg	5,85E-05
Linuron	soil	unspecified	kg	3,03E-08
Magnesium	soil	unspecified	kg	0,001225
Mancozeb	soil	unspecified	kg	1,9E-07
Manganese	soil	unspecified	kg	0,000118
Mercury	soil	unspecified	kg	3,91E-07
Metaldehyde (tetramer)	soil	unspecified	kg	1,99E-10
Metolachlor	soil	unspecified	kg	2,19E-07
Metribuzin	soil	unspecified	kg	6,68E-09
Molybdenum	soil	unspecified	kg	1,28E-08
Napropamide	soil	unspecified	kg	3,51E-10
Nickel	soil	unspecified	kg	4,85E-05
Nitrogen	soil	unspecified	kg	0,002319
Orbencarb	soil	unspecified	kg	3,6E-08
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	soil	unspecified	kg	8,61E-08
Palladium-234m	soil	unspecified	kBq	0,002821
Phosphate	soil	unspecified	kg	0,020668
Pirimicarb	soil	unspecified	kg	1,89E-10
Plutonium-alpha	soil	unspecified	kBq	3223018
Potassium	soil	unspecified	kg	0,00956
Radium-226	soil	unspecified	kBq	66,27617
Selenium	soil	unspecified	kg	1,02E-13
Silver	soil	unspecified	kg	1,43E-11
Sodium	soil	unspecified	kg	0,002744
Strontium	soil	unspecified	kg	0,021186
Strontium-90	soil	unspecified	kBq	1866,442
Sulfate	soil	unspecified	kg	0,001153
Sulfide	soil	unspecified	kg	0,006915
Sulfur	soil	unspecified	kg	0,000821
Tebutam	soil	unspecified	kg	8,33E-10
Technetium-99	soil	unspecified	kBq	0,382128
Teflubenzuron	soil	unspecified	kg	4,45E-10
Thiram	soil	unspecified	kg	1,7E-10
Thorium-230	soil	unspecified	kBq	66,27617
Tin	soil	unspecified	kg	1,67E-08
Titanium	soil	unspecified	kg	3,3E-06
Uranium-234	soil	unspecified	kBq	41,15278

Uranium-235	soil	unspecified	kBq	0,742807
Uranium-238	soil	unspecified	kBq	11,51683
Vanadium	soil	unspecified	kg	9,46E-08
Zinc	soil	unspecified	kg	0,00019
Zirconium-95	soil	unspecified	kBq	0,050277
Acenaphthene	water	fresh water	kg	5,38E-08
Acenaphthylene	water	fresh water	kg	2,04E-08
Acetic acid	water	fresh water	kg	0,000219
Acidity, unspecified	water	fresh water	kg	0,043781
Acrylonitrile	water	fresh water	kg	5,22E-08
Aluminium	water	fresh water	kg	0,008844
Americium-241	water	fresh water	kBq	0,012446
Ammonia	water	fresh water	kg	0,042996
Ammonium, ion	water	fresh water	kg	0,029755
Anthracene	water	fresh water	kg	8,89E-08
Antimony	water	fresh water	kg	1,29E-10
Antimony-124	water	fresh water	kBq	0,000129
Antimony-125	water	fresh water	kBq	8,82E-05
AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	water	fresh water	kg	0,000594
Arsenic	water	fresh water	kg	6,19E-05
Barium	water	fresh water	kg	0,000488
Benzene	water	fresh water	kg	0,001633
Benzene, ethyl-	water	fresh water	kg	3,29E-05
Benzo(a)anthracene	water	fresh water	kg	6,04E-09
Benzo(k)fluoranthene	water	fresh water	kg	2,88E-09
Beryllium	water	fresh water	kg	2,72E-07
BOD5, Biological Oxygen Demand	water	fresh water	kg	0,160225
Boron	water	fresh water	kg	0,032599
Bromate	water	fresh water	kg	2,39E-06
Bromine	water	fresh water	kg	1,18E-07
Cadmium	water	fresh water	kg	8,81E-05
Calcium	water	fresh water	kg	3,137055
Carbon-14	water	fresh water	kBq	0,631251
Carbonate	water	fresh water	kg	0,109982
Cesium-134	water	fresh water	kBq	0,649341
Cesium-137	water	fresh water	kBq	5,849635
Chlorate	water	fresh water	kg	0,000504
Chloride	water	fresh water	kg	16,35463
Chlorine	water	fresh water	kg	0,006753
Chromium	water	fresh water	kg	0,000204
Chromium VI	water	fresh water	kg	1,95E-06
Chromium, ion	water	fresh water	kg	0,002771
Chrysene	water	fresh water	kg	2,58E-08
Cobalt	water	fresh water	kg	1,9E-07
Cobalt-58	water	fresh water	kBq	0,004839

Cobalt-60	water	fresh water	kBq	2,712121
COD, Chemical Oxygen Demand	water	fresh water	kg	4,112116
Copper	water	fresh water	kg	0,000355
Cresol	water	fresh water	kg	9,14E-09
Curium alpha	water	fresh water	kBq	0,016494
Cyanide	water	fresh water	kg	0,000254
Decane	water	fresh water	kg	0,040967
Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	water	fresh water	kg	5,55E-12
Ethane, 1,2-dibromo-	water	fresh water	kg	6,7E-10
Ethane, 1,2-dichloro-	water	fresh water	kg	1,61E-08
Ethene, chloro-	water	fresh water	kg	1,33E-08
Fluoranthene	water	fresh water	kg	1,56E-08
Fluoride	water	fresh water	kg	0,438143
Fluorine	water	fresh water	kg	0,000781
Heat, waste	water	fresh water	MJ	1640,899
Hexane	water	fresh water	kg	1,06E-09
Hydrocarbons, unspecified	water	fresh water	kg	0,016054
Hydrogen chloride	water	fresh water	kg	0,10643
Hydrogen fluoride	water	fresh water	kg	8,21E-07
Hydrogen-3, Tritium	water	fresh water	kBq	18400,83
Hydroxide	water	fresh water	kg	0,006303
Inorganic salts and acids, unspecified	water	fresh water	kg	5,41E-14
Iodine-129	water	fresh water	kBq	1,803677
Iodine-131	water	fresh water	kBq	9,24E-05
Iron	water	fresh water	kg	0,538505
Lead	water	fresh water	kg	0,000248
Magnesium	water	fresh water	kg	0,006157
Manganese	water	fresh water	kg	0,001947
Manganese-54	water	fresh water	kBq	0,420461
Mercury	water	fresh water	kg	1,96E-06
Methane, monochloro-, R-40	water	fresh water	kg	2,45E-05
Methanol	water	fresh water	kg	0,012157
Molybdenum	water	fresh water	kg	0,000217
Naphthalene	water	fresh water	kg	2,56E-06
Neutral salts	water	fresh water	kg	9,59E-08
Nickel	water	fresh water	kg	0,000348
Nitrate	water	fresh water	kg	0,110798
Nitrite	water	fresh water	kg	5,84E-06
Nitrogen	water	fresh water	kg	0,123846
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	water	fresh water	kg	0,000611
Particulates, < 10 um	water	fresh water	kg	0,041384
Particulates, > 10 um	water	fresh water	kg	6,638384
Phenol	water	fresh water	kg	0,001177
Phosphate	water	fresh water	kg	0,302454

Plutonium-alpha	water	fresh water	kBq	0,049877
Potassium	water	fresh water	kg	0,013078
Propane, 1,2-dichloro-	water	fresh water	kg	7,13E-13
Radium-226	water	fresh water	kBq	205,3404
Ruthenium-106	water	fresh water	kBq	0,012446
Selenium	water	fresh water	kg	3,83E-05
Silver	water	fresh water	kg	9,18E-07
Silver-110	water	fresh water	kBq	1,89E-05
Sodium	water	fresh water	kg	3,644861
Strontium	water	fresh water	kg	0,005381
Strontium-90	water	fresh water	kBq	0,608407
Sulfate	water	fresh water	kg	2,488378
Sulfide	water	fresh water	kg	0,003254
Sulfite	water	fresh water	kg	0,00029
Sulfur	water	fresh water	kg	0,000136
Thallium	water	fresh water	kg	6,54E-09
Tin	water	fresh water	kg	1,99E-08
Titanium	water	fresh water	kg	0,000378
TOC, Total Organic Carbon	water	fresh water	kg	0,124906
Toluene	water	fresh water	kg	0,000191
Uranium-238	water	fresh water	kBq	3,660557
Vanadium	water	fresh water	kg	0,000107
VOC, volatile organic compounds, unspecified origin	water	fresh water	kg	0,008336
Xylene	water	fresh water	kg	0,001132
Zinc	water	fresh water	kg	0,000279
Acenaphthene	water	ocean	kg	1,51E-06
Acenaphthylene	water	ocean	kg	5,74E-07
Acetic acid	water	ocean	kg	4,06E-06
Aluminium	water	ocean	kg	3,12E-08
Ammonia	water	ocean	kg	9,27E-07
Anthracene	water	ocean	kg	3,8E-07
AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	water	ocean	kg	5,04E-10
Arsenic	water	ocean	kg	1,59E-05
Barium	water	ocean	kg	0,001051
Benzene	water	ocean	kg	0,000255
Benzene, ethyl-	water	ocean	kg	3,92E-05
Benzo(a)anthracene	water	ocean	kg	3,39E-07
Benzo(k)fluoranthene	water	ocean	kg	3,79E-07
Beryllium	water	ocean	kg	1,57E-06
BOD5, Biological Oxygen Demand	water	ocean	kg	0,000556
Boron	water	ocean	kg	5,04E-07
Cadmium	water	ocean	kg	2,08E-05
Calcium	water	ocean	kg	5,51E-05
Carbonate	water	ocean	kg	0,065873

Chloride	water	ocean	kg	5,202187
Chromium	water	ocean	kg	0,000118
Chrysene	water	ocean	kg	1,92E-06
Cobalt	water	ocean	kg	2,74E-05
COD, Chemical Oxygen Demand	water	ocean	kg	0,010176
Copper	water	ocean	kg	4,72E-05
Cresol	water	ocean	kg	6,99E-09
Decane	water	ocean	kg	0,002309
Fluoranthene	water	ocean	kg	4,01E-07
Fluoride	water	ocean	kg	0,031544
Hexane	water	ocean	kg	7,63E-10
Iron	water	ocean	kg	0,000337
Lead	water	ocean	kg	1,09E-05
Magnesium	water	ocean	kg	0,00011
Manganese	water	ocean	kg	3,53E-05
Mercury	water	ocean	kg	3,3E-07
Molybdenum	water	ocean	kg	2,68E-09
Naphthalene	water	ocean	kg	4,69E-05
Nickel	water	ocean	kg	2,44E-05
Nitrate	water	ocean	kg	8,57E-05
Particulates, > 10 um	water	ocean	kg	0,442573
Phenol	water	ocean	kg	0,000515
Silver	water	ocean	kg	7,94E-09
Sodium	water	ocean	kg	0,011108
Strontium	water	ocean	kg	2,7E-05
Sulfate	water	ocean	kg	0,028573
Sulfide	water	ocean	kg	0,011827
Sulfur	water	ocean	kg	2,7E-07
Tin	water	ocean	kg	9,51E-09
Titanium	water	ocean	kg	9,69E-10
TOC, Total Organic Carbon	water	ocean	kg	0,000556
Toluene	water	ocean	kg	0,000155
Vanadium	water	ocean	kg	1,88E-05
VOC, volatile organic compounds, unspecified origin	water	ocean	kg	5,56E-06
Xylene	water	ocean	kg	0,000131
Zinc	water	ocean	kg	0,000551
1,4-Butanediol	water	unspecified	kg	6,7E-11
4-Methyl-2-pentanone	water	unspecified	kg	4,28E-12
Acenaphthene	water	unspecified	kg	2,92E-09
Acenaphthylene	water	unspecified	kg	1,83E-10
Acetaldehyde	water	unspecified	kg	9,48E-08
Acetic acid	water	unspecified	kg	2,17E-06
Acetone	water	unspecified	kg	0,000392
Acidity, unspecified	water	unspecified	kg	0,000973

Acrylic acid	water	unspecified	kg	1,87E-08
Aluminium	water	unspecified	kg	0,075236
Americium-241	water	unspecified	kBq	2,19E-08
Ammonia	water	unspecified	kg	0,002948
Antimony	water	unspecified	kg	7,96E-05
Antimony-122	water	unspecified	kBq	7,24E-07
Antimony-124	water	unspecified	kBq	0,006222
Antimony-125	water	unspecified	kBq	0,000451
AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	water	unspecified	kg	0,020368
Arsenic	water	unspecified	kg	6,29E-05
Barium	water	unspecified	kg	0,002729
Barium-140	water	unspecified	kBq	3,17E-06
Benzene	water	unspecified	kg	0,000685
Benzene, ethyl-	water	unspecified	kg	2,24E-05
Beryllium	water	unspecified	kg	8,38E-06
beta-butyrolactone	water	unspecified	kg	1,16E-10
BOD5, Biological Oxygen Demand	water	unspecified	kg	0,182087
Boron	water	unspecified	kg	0,001633
Bromate	water	unspecified	kg	0,000392
Bromide	water	unspecified	kg	0,000427
Butanol	water	unspecified	kg	5,19E-08
Butene	water	unspecified	kg	7,3E-08
Butyl acetate	water	unspecified	kg	6,75E-08
Cadmium	water	unspecified	kg	3,34E-05
Calcium	water	unspecified	kg	0,47842
Carbon-14	water	unspecified	kBq	1,1E-05
Carbonate	water	unspecified	kg	0,004583
Cerium-141	water	unspecified	kBq	1,27E-06
Cerium-144	water	unspecified	kBq	7,2E-07
Cesium	water	unspecified	kg	4,7E-07
Cesium-134	water	unspecified	kBq	0,005489
Cesium-136	water	unspecified	kBq	2,25E-07
Cesium-137	water	unspecified	kBq	0,32483
Chlorate	water	unspecified	kg	0,004073
Chloride	water	unspecified	kg	3,864519
Chlorine	water	unspecified	kg	1,22E-05
Chloroform	water	unspecified	kg	1,98E-09
Chromium VI	water	unspecified	kg	0,000323
Chromium, ion	water	unspecified	kg	0,008736
Chromium-51	water	unspecified	kBq	0,000469
Cobalt	water	unspecified	kg	0,000112
Cobalt-57	water	unspecified	kBq	7,15E-06
Cobalt-58	water	unspecified	kBq	0,020249
Cobalt-60	water	unspecified	kBq	0,013209
COD, Chemical Oxygen Demand	water	unspecified	kg	0,431689

Copper	water	unspecified	kg	0,004707
Cumene	water	unspecified	kg	0,000853
Curium alpha	water	unspecified	kBq	2,4E-08
Cyanide	water	unspecified	kg	3,85E-05
Ethane, 1,1,2-trichloro-	water	unspecified	kg	9,12E-12
Ethane, 1,2-dichloro-	water	unspecified	kg	3,69E-07
Ethane, hexachloro-	water	unspecified	kg	1,65E-15
Ethanol	water	unspecified	kg	1,19E-07
Ethene	water	unspecified	kg	7,91E-06
Ethene, chloro-	water	unspecified	kg	2,57E-07
Ethene, tetrachloro-	water	unspecified	kg	4,04E-12
Ethene, trichloro-	water	unspecified	kg	2,51E-10
Ethyl acetate	water	unspecified	kg	8,11E-12
Ethylene diamine	water	unspecified	kg	8,39E-11
Ethylene oxide	water	unspecified	kg	2,84E-06
ethylenediaminetetraacetic acid	water	unspecified	kg	2,57E-07
Fluoride	water	unspecified	kg	0,010252
Formaldehyde	water	unspecified	kg	4,41E-06
Glutaraldehyde	water	unspecified	kg	3,23E-06
Heat, waste	water	unspecified	MJ	91,79076
Hydrazine	water	unspecified	kg	1,18E-07
Hydrocarbons, unspecified	water	unspecified	kg	0,004495
Hydrogen peroxide	water	unspecified	kg	7,74E-05
Hydrogen sulfide	water	unspecified	kg	3,32E-05
Hydrogen-3, Tritium	water	unspecified	kBq	1032,814
Hydroxide	water	unspecified	kg	6,52E-07
Hypochlorite	water	unspecified	kg	3,55E-05
Iodide	water	unspecified	kg	9,65E-05
Iodine-129	water	unspecified	kBq	1,66E-07
Iodine-131	water	unspecified	kBq	0,000718
Iodine-133	water	unspecified	kBq	1,99E-06
Iron	water	unspecified	kg	0,111715
Iron-59	water	unspecified	kBq	5,48E-07
Lanthanum-140	water	unspecified	kBq	3,38E-06
Lead	water	unspecified	kg	0,000271
Lead-210	water	unspecified	kBq	0,006691
lithium	water	unspecified	kg	1,11E-06
Magnesium	water	unspecified	kg	0,036784
Manganese	water	unspecified	kg	0,001135
Manganese-54	water	unspecified	kBq	0,001057
Manganese-55	water	unspecified	kBq	2,92E-07
Mercury	water	unspecified	kg	3,35E-06
Methane	water	unspecified	kg	1,53E-08
Methane, dichloro-, HCC-30	water	unspecified	kg	2,6E-05
Methanol	water	unspecified	kg	0,000109

Methyl acrylate	water	unspecified	kg	1,75E-07
Methyl amine	water	unspecified	kg	4,2E-11
Methyl formate	water	unspecified	kg	1,38E-11
Molybdenum	water	unspecified	kg	7,07E-05
Molybdenum-99	water	unspecified	kBq	1,16E-06
Morpholine	water	unspecified	kg	1,25E-06
Nickel	water	unspecified	kg	0,000468
Niobium-95	water	unspecified	kBq	4,29E-05
Nitrate	water	unspecified	kg	0,987618
Nitrite	water	unspecified	kg	1,34E-05
o-Dichlorobenzene	water	unspecified	kg	2,25E-08
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	water	unspecified	kg	0,000566
Phenol	water	unspecified	kg	0,001416
Phosphate	water	unspecified	kg	0,01577
Plutonium-alpha	water	unspecified	kBq	3,6E-06
Polonium-210	water	unspecified	kBq	0,00754
Potassium	water	unspecified	kg	0,019039
Potassium-40	water	unspecified	kBq	0,006519
Propene	water	unspecified	kg	0,000315
Propylene oxide	water	unspecified	kg	3,42E-07
Protactinium-234	water	unspecified	kBq	0,029864
Radium-224	water	unspecified	kBq	0,046466
Radium-226	water	unspecified	kBq	51,64494
Radium-228	water	unspecified	kBq	0,092945
Rubidium	water	unspecified	kg	9,46E-06
S,S,S-tributyl phosphorotrithioate	water	unspecified	kg	2,15E-10
Scandium	water	unspecified	kg	1,94E-05
Selenium	water	unspecified	kg	2,68E-05
Silver	water	unspecified	kg	7,69E-07
Silver-110	water	unspecified	kBq	0,027522
Sodium	water	unspecified	kg	1,455243
Sodium-24	water	unspecified	kBq	8,81E-06
Strontium	water	unspecified	kg	0,004877
Strontium-89	water	unspecified	kBq	5,03E-05
Strontium-90	water	unspecified	kBq	2,849234
Sulfate	water	unspecified	kg	0,795276
Sulfide	water	unspecified	kg	4,67E-05
Sulfite	water	unspecified	kg	9,97E-05
t-Butyl methyl ether	water	unspecified	kg	1,2E-06
Tar	water	unspecified	kg	2,71E-10
Technetium-99	water	unspecified	kBq	2,73E-05
tellurium-123	water	unspecified	kBq	5,11E-05
Thallium	water	unspecified	kg	1,24E-06
Thorium-228	water	unspecified	kBq	0,185907
Thorium-230	water	unspecified	kBq	2,982348

Thorium-232	water	unspecified	kBq	0,001178
Thorium-234	water	unspecified	kBq	0,029864
Tin	water	unspecified	kg	0,000103
Titanium	water	unspecified	kg	0,002145
TOC, Total Organic Carbon	water	unspecified	kg	0,070534
Toluene	water	unspecified	kg	0,000113
Tributyltin-oxide	water	unspecified	kg	1,13E-06
Triethylene glycol	water	unspecified	kg	0,000398
Tungsten	water	unspecified	kg	1,48E-05
Uranium-234	water	unspecified	kBq	0,846168
Uranium-235	water	unspecified	kBq	0,045218
Uranium-238	water	unspecified	kBq	1,059096
Vanadium	water	unspecified	kg	0,000268
VOC, volatile organic compounds	water	unspecified	kg	0,000336
Xylene	water	unspecified	kg	0,000484
Zinc	water	unspecified	kg	0,001759
Zinc-65	water	unspecified	kBq	0,000119
Zirconium-95	water	unspecified	kBq	1,38E-06