



CATÓLICA
 UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA, PORTO
 Escola Superior de Biotecnologia

Aplicação da ACV na gestão de resíduos


Susana Xará


6as. Jornadas Técnicas Internacionais de Resíduos
 23 a 26 de Outubro de 2007
 Viseu, Portugal




Conteúdo

- Definição de ACV e alguns conceitos associados
- Normalização e estrutura metodológica
- Aplicações e limitações da ACV
- A ACV na legislação nacional e comunitária
- Entidades internacionais envolvidas na área da ACV
- Utilização de software para a área dos resíduos
- Resultados de alguns estudos realizados em Portugal






Definição de ACV e alguns conceitos associados



Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) Life Cycle Assessment (LCA)

- Técnica de gestão ambiental
- Avalia os **aspectos ambientais** e os potenciais impactos ambientais (por exemplo, utilização de recursos e consequências ambientais das emissões) ao longo do **ciclo de vida** de um produto **produto**, desde a obtenção das matérias-primas, passando pela produção, utilização, tratamento no fim-de-vida, reciclagem e deposição final ("from cradle to grave" ou do berço ao túmulo)


(ISO 14040:2006)



Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) Life Cycle Assessment (LCA)

- Técnica de gestão ambiental
- Avalia os **aspectos ambientais** e os potenciais impactos ambientais (por exemplo, utilização de recursos e consequências ambientais das emissões) ao longo do **ciclo de vida** do **produto**, desde a obtenção das matérias-primas, passando pela produção, utilização, tratamento no fim-de-vida, reciclagem e deposição final ("from cradle to grave" ou do berço ao túmulo)

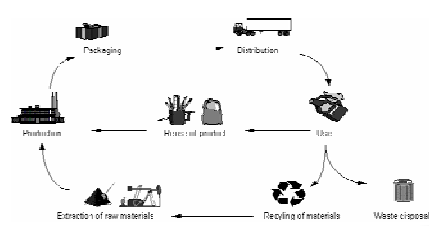
(ISO 14040:2006)




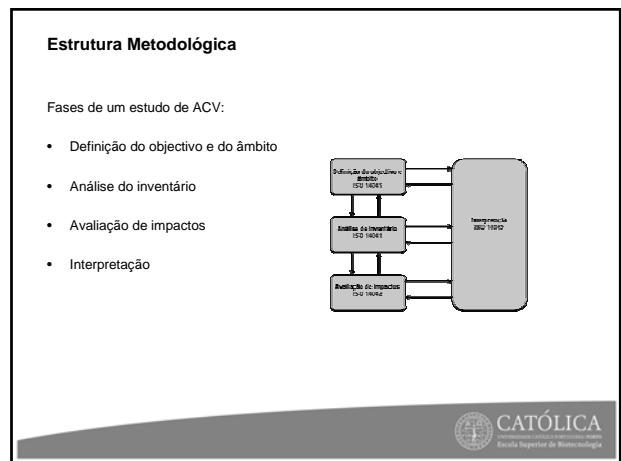
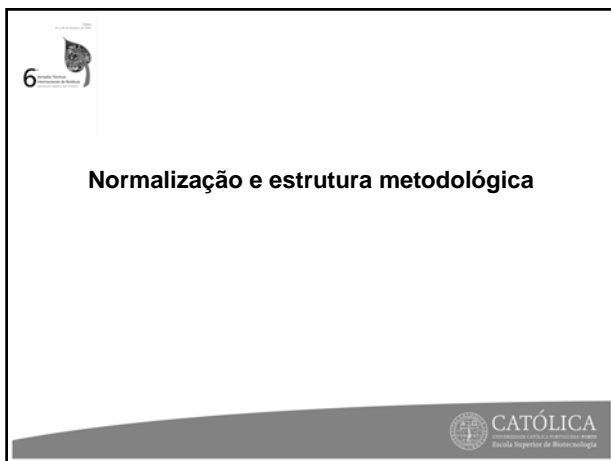
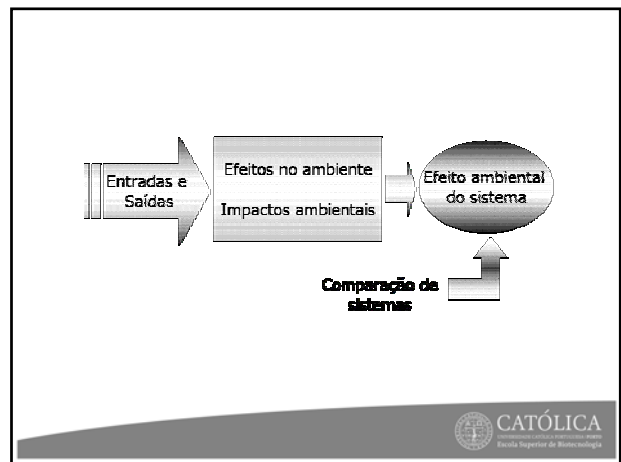
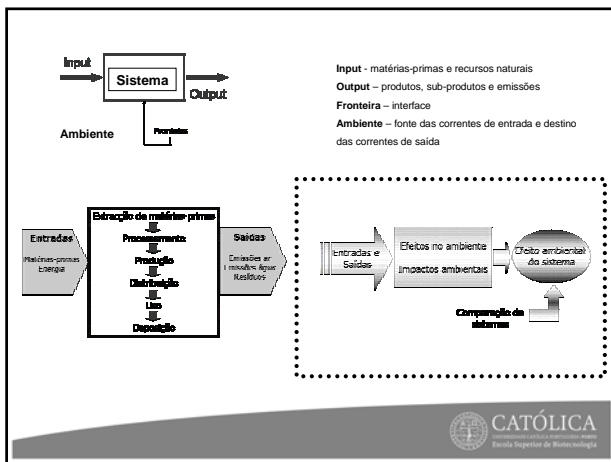
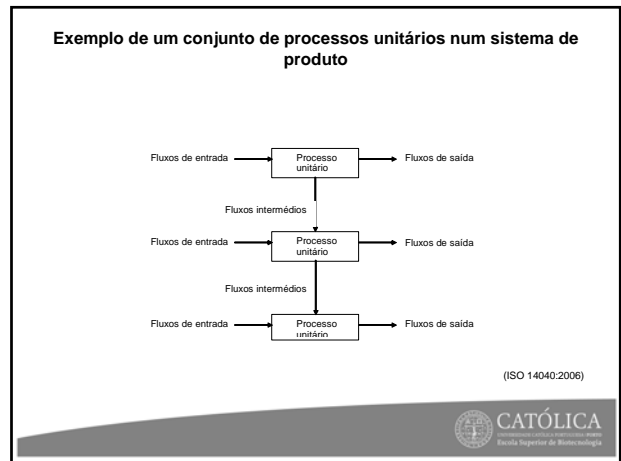
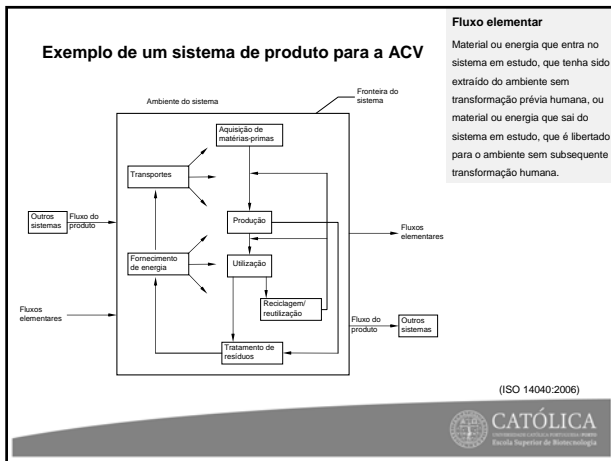
Ciclo de vida

Sistema de produto
 Conjunto de processos unitários com **fluxos elementares** e de produto, desempenhando uma ou mais funções definidas, e que modelam o ciclo de vida de um produto.

- Etapas consecutivas e interligadas de um **sistema de produto**, desde a obtenção de matérias-primas ou sua produção a partir de recursos naturais até ao destino final

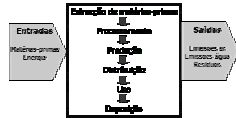






Estrutura Metodológica

Fases de um estudo de ACV:



- Definição do objectivo e do âmbito
 - Fronteira, nível de detalhe (profundidade, amplitude) dependendo do objectivo do estudo
- Análise do inventário
 - Recolha de dados e cálculos
- Avaliação de impactos
 - Compreensão da significância ambiental
- Interpretação
 - Discussão dos resultados como base para conclusões, recomendações e tomada de decisão de acordo com os objectivos do estudo

Normas ISO da série 14040

Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida

- EN ISO 14040:1997 - Princípios e enquadramento (aNP)
- EN ISO 14041:1998 - Definição do objectivo e do âmbito e análise do inventário (aNP)
- EN ISO 14042:2000 - Life cycle impact assessment
- EN ISO 14043:2000 - Life cycle interpretation
- ISO/TR 14047:2001 - Examples of application of ISO 14042
- ISO/TS 14048:2002 - LCA data documentation format
- ISO/TR 14049:2000 - Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis

Normas ISO da série 14040

Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida

Normas em tradução/preparação para revisão das ISO 14040, 14041, 14042, 14043

- EN ISO 14040:2006 - Princípios e enquadramento
- ISO/DIS 14044 - Requirements and guidelines

SUBCOMISSÃO TÉCNICA DE NORMALIZAÇÃO DE GESTÃO AMBIENTAL - AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA CT150/SC5

Agência Portuguesa do Ambiente

- APA - Isabel Lico (Coordenadora)
- ESB-UCP - Susana Xará (Sub-coordenadora)
- INETI/CENDES - Rui Frazão
- APEMETA - Ana Cristina Cunha
- FEUP - Belmira Neto
- SGS - Luís Barrinha
- APEA - Mónica Gomes
- SONAE - Vítor Martins

6



Aplicações e limitações da ACV

- Comparação de produtos que desempenham a mesma função
 - tubagens plástico vs. metal
 - garrafas de vidro vs. embalagens metal
 - transporte de carro vs. comboio
- Comparação de produtos existentes com novos projectos
- Identificação da etapa ambiental dominante no ciclo de vida de um produto
 - Oportunidades de melhoria
 - Lâmpadas incandescentes vs fluorescentes
 - T-shirt algodão vs fibra

- A ACV pode não ser a técnica mais apropriada
- Tipicamente não inclui aspectos económicos e sociais
- Todas as técnicas têm limitações.....

- Opções e hipóteses podem ser subjectivas
 - Fronteiras do sistema, selecção de fontes de dados e de categorias de impacto
- Modelos usados no inventário e na avaliação de impactos são limitados pelas hipóteses adoptadas e podem não estar disponíveis para todos os impactos potenciais ou aplicações
- Precisão dos estudos limitada pela acessibilidade ou disponibilidade de dados relevantes ou pela sua qualidade
- As informações obtidas num estudo de ACV devem ser utilizadas apenas como parte de um processo de decisão
- A comparação entre diferentes estudos de ACV só é possível se as hipóteses e o contexto de cada estudo forem os mesmos
 - Apresentar claramente as hipóteses



A ACV na legislação nacional e comunitária

CICLO DE VIDA na legislação nacional

- **Decreto-Lei nº 178/2006**, de 5 de Setembro: Aprova o regime geral da **gestão de resíduos**
- **Portaria nº 1408/2006**, de 18 de Dezembro: Aprova o Regulamento de Funcionamento do Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos
- **Decreto Legislativo Regional nº 20/2007/A**, de 23 de Agosto: Define o quadro jurídico para a regulação e gestão dos resíduos na Região Autónoma dos Açores
- **Portaria nº 187/2007**, de 12 de Fevereiro: Aprova o Plano Estratégico para os **Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II)**

CICLO DE VIDA na legislação nacional

- **Decreto-Lei nº 366-A/97**, de 20 de Dezembro: Estabelece os princípios e as normas aplicáveis ao sistema de gestão de **embalagens e resíduos de embalagens**
- **Decreto-Lei nº 162/2000**, de 27 de Julho: Altera os artigos 4.º e 6.º do Decreto-Lei n.º 366-A/97, de 20 de Dezembro, que estabelece os princípios e as normas aplicáveis ao sistema de gestão de embalagens e resíduos de embalagens
- **Decreto-Lei nº 92/2006**, de 25 de Maio: Segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 366-A/97, de 20 de Dezembro
- **Decreto-Lei nº 62/2001**, de 19 de Fevereiro: Estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de **pilhas e acumuladores**, bem como a gestão de pilhas e acumuladores usados

CICLO DE VIDA na legislação nacional

- **Decreto-Lei nº 111/2001**, de 6 de Abril: Estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de **pneus e pneus usados**
- **Decreto-Lei nº 43/2004**, de 2 de Março: Altera o Decreto-Lei n.º 111/2001, de 6 de Abril, que estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de pneus e pneus usados
- **Decreto-Lei nº 230/2004**, de 10 de Dezembro: Estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de **resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE)**
- **Decreto-Lei nº 153/2003**, de 11 de Julho: Estabelece o regime jurídico da gestão de **óleos usados**
- **Decreto-Lei nº 196/2003**, de 23 de Agosto: Estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a gestão de veículos e de **veículos em fim de vida**

CICLO DE VIDA na legislação nacional

- **Decreto-Lei nº 516/99**, de 2 de Dezembro: Aprova o Plano Estratégico de Gestão dos **Resíduos Industriais** (PESGRI 99)
- **Resolução do Conselho de Ministros nº 92/2000**, de 20 de Julho: Opta pela co-incineração como método de tratamento de resíduos industriais perigosos
- **Decreto-Lei nº 89/2002**, de 9 de Abril: Proceda à revisão do Plano Estratégico de Gestão de Resíduos Industriais (PESGRI 99), aprovado pelo Decreto-Lei nº 516/99, de 2 de Dezembro, que passa a designar-se PESGRI 2001
- **Declaração de rectificação nº 23-A/2002**, de 29 de Junho: De ter sido rectificado o Decreto-Lei nº 89/2002, do Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, que procede à Revisão do Plano Estratégico de Gestão de Resíduos Industriais (PESGRI 99), aprovado pelo Decreto-Lei nº 516/99, de 2 de Dezembro, que passa a designar-se PESGRI 2001

ACV na legislação nacional

- **Portaria nº 187/2007**, de 12 de Fevereiro: Aprova o Plano Estratégico para os **Resíduos Sólidos Urbanos** (PERSU II)

ACV na legislação nacional

- **Decreto-Lei nº 516/99**, de 2 de Dezembro: Aprova o Plano Estratégico de Gestão dos **Resíduos Industriais** (PESGRI 99)
- **Resolução do Conselho de Ministros nº 92/2000**, de 20 de Julho: Opta pela co-incineração como método de tratamento de resíduos industriais perigosos
- **Decreto-Lei nº 89/2002**, de 9 de Abril: Proceda à revisão do Plano Estratégico de Gestão de Resíduos Industriais (PESGRI 99), aprovado pelo Decreto-Lei nº 516/99, de 2 de Dezembro, que passa a designar-se PESGRI 2001
- **Declaração de rectificação nº 23-A/2002**, de 29 de Junho: De ter sido rectificado o Decreto-Lei nº 89/2002, do Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, que procede à Revisão do Plano Estratégico de Gestão de Resíduos Industriais (PESGRI 99), aprovado pelo Decreto-Lei nº 516/99, de 2 de Dezembro, que passa a designar-se PESGRI 2001

ACV na legislação nacional Portaria nº 187/2007, de 12 de Fevereiro: Aprova o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II)

- | | |
|--|--|
| 1 - Introdução | 6 - Eixos de actuação para o horizonte 2007-2016 |
| 2 - Âmbito e objectivos | 6.1 - Enquadramento |
| 3 - Principais conclusões da monitorização do PERSU I | 6.2 - EIXO I - Prevenção: programa nacional |
| 4 - Enquadramento estratégico, legislativo, científico e tecnológico | 6.3 - EIXO II - Sensibilização/mobilização dos cidadãos |
| 4.1 - Enquadramento estratégico | 6.4 - EIXO III - Qualificação e optimização da Gestão de Resíduos |
| A) Estratégia Temática de Prevenção e Reciclagem de Resíduos (4.8) | 6.5 - EIXO IV - Sistema de Informação como pilar de gestão dos RSU |
| B) Estratégia Temática sobre a Utilização Sustentável dos Recursos Naturais | 6.6 - EIXO V - qualificação e optimização da intervenção das entidades públicas no âmbito da gestão de RSU |
| C) Estratégia Temática para a Protecção dos Solos | 7 - Objectivos e metas para o horizonte 2007-2016 |
| D) Estratégia Nacional de Redução dos Resíduos Urbanos Biodegradáveis destinados aos Aterros | 7.1 - Objectivos e metas para o horizonte 2007-2016 e respectivo faseamento |
| E) Plano de Intervenção de Resíduos Sólidos Urbanos e Equiparados (PIRSUE) | 7.2 - Afectação dos Sistemas às metas e objectivos nacionais |
| F) Quadro de Referências Estratégico Nacional (QREN) | 7.3 - Sustentabilidade |
| 4.2 - ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO | 8 - Intervenientes |
| 4.3 - Desenvolvimento Científico e Tecnológico | 9 - Articulação com o QREN e Plano de Investimentos |
| 5 - Análise da situação actual | 9.1 - Articulação com o QREN |
| 5.1 - Produção e destino final dos RSU | 9.2 - Plano de Investimentos no Âmbito do QREN |
| 5.2 - Sistemas de gestão de RSU | 10 - Aplicação e monitorização |
| 5.3 - Infra-estruturas e equipamentos de gestão de RSU | |
| 5.4 - Sistemas tarifários | Bibliografia |
| 5.5 - Fluxos específicos de resíduos | Glossário |
| | ANEXO I - Avaliação do PERSU I por base estratégica |
| | ANEXO II - Metodologia para a quantificação e caracterização de RSU |

ACV na legislação nacional Portaria nº 187/2007, de 12 de Fevereiro: Aprova o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II)

- 4 - Enquadramento estratégico, legislativo, científico e tecnológico
- 4.1 - Enquadramento estratégico
- A) Estratégia Temática de Prevenção e Reciclagem de Resíduos
- 4.8 – (...) é proposto nesta Estratégia a modernização do quadro jurídico em vigor, através da introdução da **análise do ciclo de vida (ACV)** na definição de políticas e da clarificação, simplificação e racionalização da legislação da UE, em matéria de resíduos.





Entidades internacionais envolvidas na área da ACV


International Expert Group on Life Cycle Assessment for Integrated Waste Management

 **CATÓLICA**
Universidade Católica Portuguesa Bragança
Faculdade Superior de Biotecnologia


- Alemanha**
 - Technische Universität Dresden – Bernd Blitewski
 - IFEU Institute – Jürgen Giegnich
- Áustria**
 - BOKU University – Stefan Sahofer
- Dinamarca**
 - Technical University of Denmark – Thomas Christensen
- França**
 - Eco – Emballages – Valérie Munoz
 - PwC Ecobilan – Olivier Muller
 - Veolia – Laurence Toffoletto
- Itália**
 - Second University of Naples – Umberto Arena
 - ENEA – Paolo Mazzi
- Portugal**
 - Portuguese Catholic University – Susana Xara
- Reino Unido**
 - ERM – Simon Aumeliner
 - AEA Technology Environment – Judith Bates
 - University of Surrey – Roland Cill
 - Environment Agency – Terry Coleman
 - Scottish Environmental Protection Agency – Allan Dyer
 - Procter & Gamble – Forbes McDougall
- Suécia**
 - Royal Institute of Technology (KTH) – Anna Björklund, Göran Finneveden
 - Swedish Environmental Research Institute (IVL) – Tomas Ervén, Jan Olav Sundqvist
- Austrália**
 - Centre for Water and Waste Technology – Sven Lundie
- Canada**
 - Holcim – Ruksana Mirza
- EUA**
 - USEPA – Susan Thomeloy
 - RTI International – Keith Witz
- Japão**
 - Okayama University – Masaru Tanaka
- Joint Research Centre (DG-JRC) – David Pennington**
- United Nations Environment Programme – Guido Sonneman**
- Membros correspondentes**
 - França – VICAT cement company
 - Israel – Israel Institute of Technology
 - Austrália – Nolan-ITU Environmental Consultancy
 - Irlanda – Environmental Protection Agency

Utilização de software para a área dos resíduos




- WRATE**
- WISARD (FR)**
 - Waste-Integrated Systems for Assessment of Recovery and Disposal
 - Ecobilan (PwC)
- EASEWASTE**
 - Technical University of Denmark
- USEPA Decision Support Tool (DST)**
- IWM-2**
 - Integrated Waste Management Model and Book
- ORWARE**
 - Organic Waste Research
- Integrated Waste Management Model for Municipalities (Canada)**
 - CSR
- Waste plan (Alemanha)**
- Wasted (EUA)**
- LCA-IWM (Alemanha, TU Darmstadt)**
 - Waste Prognostic Tool
 - Municipal Solid Waste Management System (MSWMS) Assessment Tool
 - Handbook
 - Deliverables



Não específico para resíduos

- Simapro
- Gabi
- Umberto





Resultados de alguns estudos realizados em Portugal



- APPLICATION OF LCA TO SOLID WASTE MANAGEMENT STRATEGIES
- LIFE CYCLE ASSESSMENT AND SOLID WASTE MANAGEMENT: THE SYSTEMS
- LIFE CYCLE ANALYSIS AND SOLID WASTE MANAGEMENT: HOUSEHOLD BATTERIES

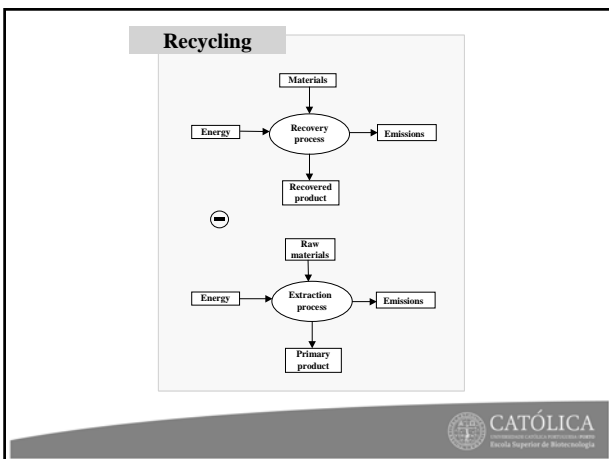
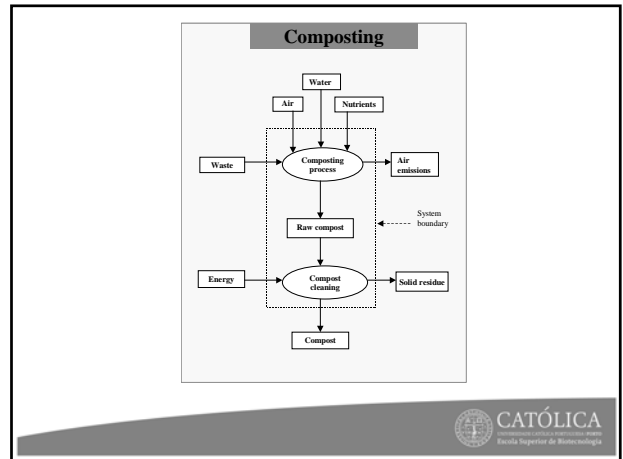
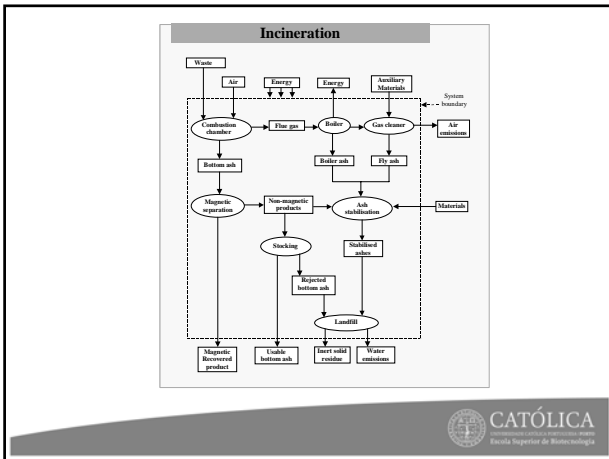
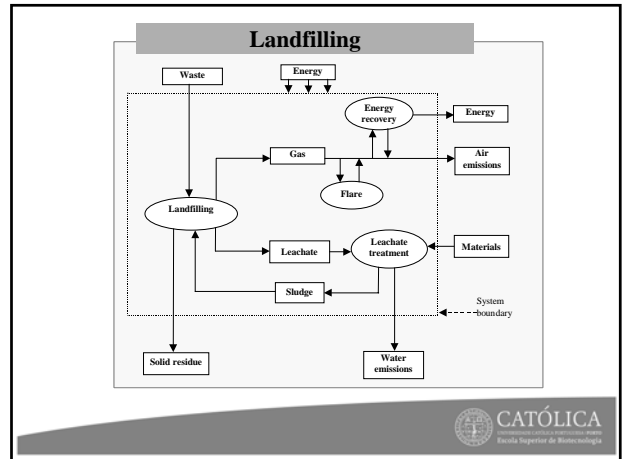
SARDINIA 99



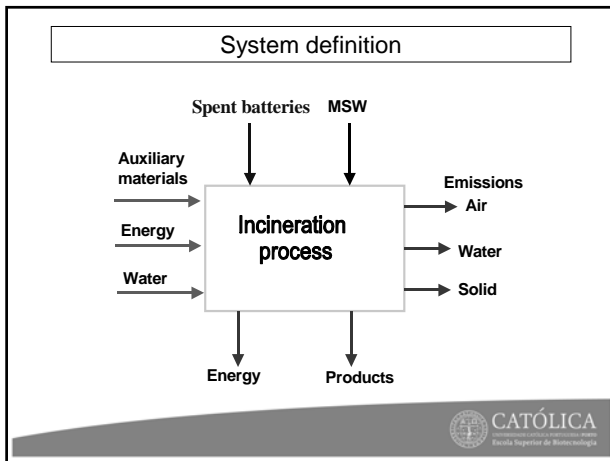
APPLICATION OF LCA TO SOLID WASTE MANAGEMENT STRATEGIES
 H. SÁENZ DE SUÁRIZ, M. F. ALBERDI ANDIC, C. OCHOA

LIFE CYCLE ASSESSMENT AND SOLID WASTE MANAGEMENT: THE SYSTEMS
 H. SÁENZ DE SUÁRIZ, M. F. ALBERDI ANDIC, C. OCHOA

CATÓLICA
 Universidad Católica del Norte
 Escuela Superior de Biotecnología



- Preliminary inventory of alkaline batteries incineration
- SECOTOX 2001**
 Cracovia, Polonia
- CATÓLICA**
 Universidad Católica del Norte
 Escuela Superior de Biotecnología



Methodology

- **Batteries characterization**
 - Structural components
 - Chemical composition
- **Incineration process description**
 - Data collection from a Portuguese incineration plant
 - Laboratory batteries incineration
- **Incineration process modelling and calculations**
 - Assumptions definition
 - Input/Output modelling and estimate

Batteries characterization

- Structural components
- Proximate analysis
 - Moisture
 - Ash content
- Chemical composition (ultimate analysis)
 - Laboratory determinations
 - Zn, ZnO (cathode)
 - C, Mn (anode)
 - Empirical formulae
 - C, S, Cl, N (plastics, paper/cardboard)
- Heating value

Structural components

The image shows two photographs of battery components. The left photograph shows a cylindrical component labeled "Cathode (MnO₂, C, KOH)". The right photograph shows a rectangular component labeled "Anode (Zn, ZnO, KOH)" and several thin, layered pieces labeled "Separators (paper)".

- **Batteries characterization**
- **Incineration operation conditions**
- **Incineration process modelling**

Results - 1 battery

<p>Inputs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ammonia solution: 0.016 g • Calcium hydroxide: 0.23 g • Activated carbon: 0.34 mg • Fly ash stabilization additives: 3.4 g • Water: 6.6 ml • Electricity: 1,5x10⁻⁷ kW <p>Outputs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bottom ash: 13.1 g • Ferrous materials recovered: 4.7 g • Fly ash: 3.0 g • Electricity: 8.1 x 10⁻³ kW 	<p>Air emissions</p> <ul style="list-style-type: none"> • CO₂ – 3.6 g • SO₂ – 0.013 mg • HCl – 5.1 mg • Dust – 15.1 mg • Cd – 0.0001 mg Hg – 0.00008 mg • Pb – 0.005 mg Cu – 0.0008 mg • Mn – 0.028 mg Zn – 2.6 mg • CO – 0.83 mg • COV – 0.17 mg • Dioxins/furans – 0.0017 mg • NO_x – 4.5 mg
--	---

- Preliminary inventory of alkaline batteries landfilling

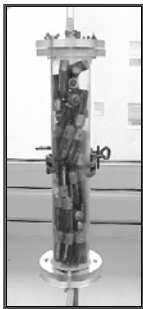
ISWA 2002
Istanbul, Turquia



- **Batteries characterization**
- Landfill characterization
- Landfilling process modelling
- Leaching experiments >>>>
- Results and conclusions



Leaching experiments



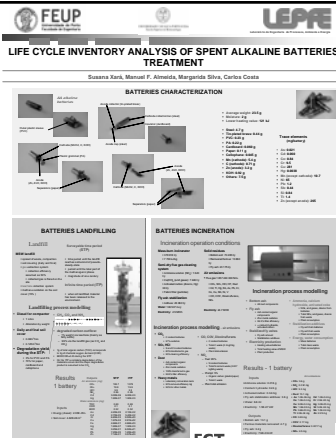
- Based on the standard **NEN 7343**

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ❑ Column 1 • entire batteries • nitric acid solution • 25 days ❑ Column 2 • entire batteries • deionised water • 25 days | <ul style="list-style-type: none"> ❑ Column 3 • cross-cut batteries • nitric acid solution • 21 days ❑ Column 4 • cross-cut batteries • deionised water • 21 days |
|---|---|



- LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS OF SPENT ALKALINE BATTERIES TREATMENT

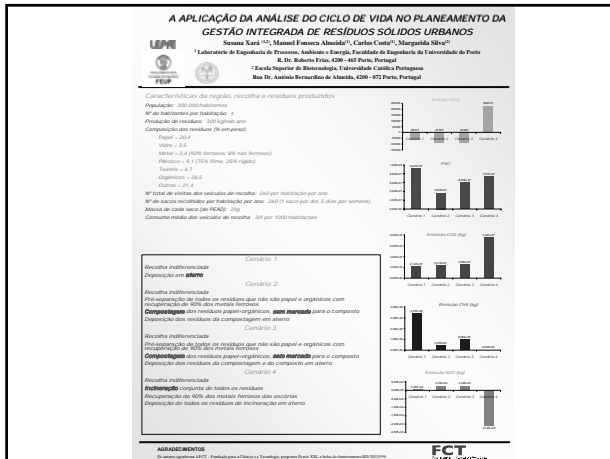
SETAC 2002
Viena, Áustria



- A aplicação da análise do ciclo de vida no planeamento da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos

CHEMPOR 2001
Aveiro, Portugal





- Life cycle inventory for municipal solid waste management options

NATO workshop
 Dnepropetrovsk, Ucrânia

Model and methodology

- Uses the model developed by White et al
- Quantifies energy consumption and greenhouse gases emissions
 - carbon dioxide, methane and nitrous oxide
- In one region similar to Porto city
 - population 300 000 inhabitants
 - production of 300 kg/person.year
- With this MSW collection system
 - during one year
 - commingled in plastic bags, every week days

Operations included

- MSW collection and transport
 - Polyethylene production
- Landfill
 - Waste transport
 - Collection and gas burning
- Incineration
 - Electricity generation
 - Ash and fly ash transport to landfill
- Composting/Biogasification
 - Presort
 - Transport of presort residues to landfill
- Diesel, electricity and natural gas production and use
- Ferrous metals recovery

Scenarios 1 and 2

- Landfilling
- Incineration
 - energy recovery
 - 90% of ferrous metals recovered from bottom ash
 - ultimate residues are landfilled

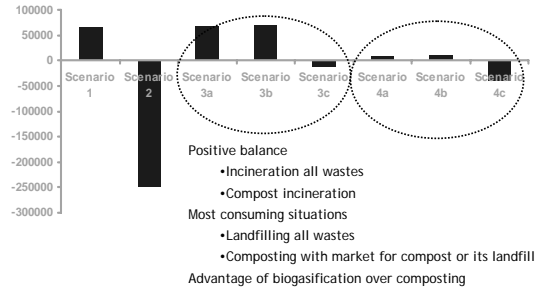
Scenarios 3 - composting

- Presort of all wastes categories other than paper and organics
- 90% of ferrous metals are recovered
- 3a. Composting of paper and organics; **market** for the compost produced
- 3b. Composting of paper and organics; **compost landfilling**
- 3c. Composting of paper and organics; **compost incineration**
 - Landfilling of sorting residues

Scenarios 4 - biogasification

- Presort of all wastes categories other than paper and organics
 - 90% of ferrous metals are recovered
- 4a. Biogasification of paper and organics; **market** for the compost produced
- 4b. Biogasification of paper and organics; **compost landfilling**
- 4c. Biogasification of paper and organics; **compost incineration**
- Landfilling of sorting residues

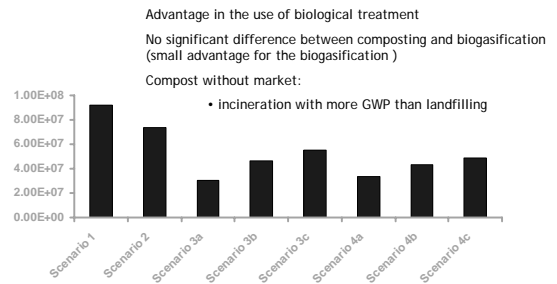
Energy consumption (GJ)



Global warming potential

- greenhouse gases emissions are aggregated using global warming potential weighting factors according to the recommendations of the Intergovernmental Panel on Climate Change
- Carbon dioxide: 1
 - Methane: 21
 - Nitrous oxide: 310

Global warming potential



- The effect on the GHG emissions of MSW management practices based on EU legislation targets - a municipal case study

EUROSUSTAIN 2002
Rhodes, Grécia

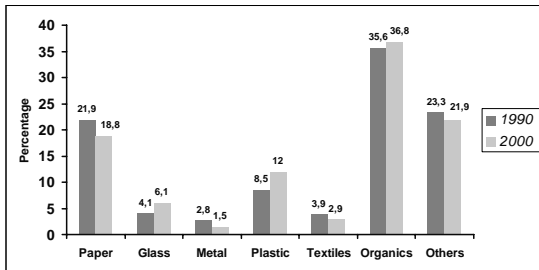
The Future of Waste Management in Europe 2002
Estrasburgo, França



Porto – population and waste

1990	2000
<ul style="list-style-type: none"> • 302 500 inhabitants • 383 kg/person/year • Collection <ul style="list-style-type: none"> - Kerbside mixed (99,1%) <ul style="list-style-type: none"> • Bags, Containers • 6 x week - Glass banks • Treatment methods <ul style="list-style-type: none"> - Composting (70%) - Landfill (30%) - Recycling of glass 	<ul style="list-style-type: none"> • 280 000 inhabitants • 518 kg/person/year • Collection <ul style="list-style-type: none"> - Kerbside mixed (96,4%) <ul style="list-style-type: none"> • Bags and Containers • 6 x week - Kerbside dry recyclables <ul style="list-style-type: none"> • Paper/cardboard, packages(1 x week) - Central collection sites - Collection banks • Treatment methods <ul style="list-style-type: none"> - Composting (19,7%-mixed) - Incineration (79,2%) - Landfill (1,1%) - Recycling (glass, plastic, paper)

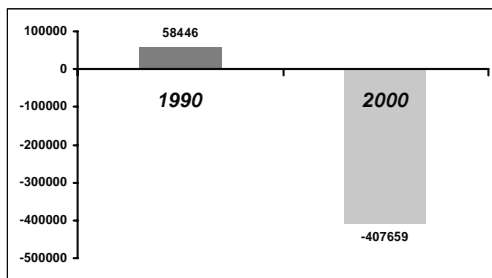
Porto – waste composition



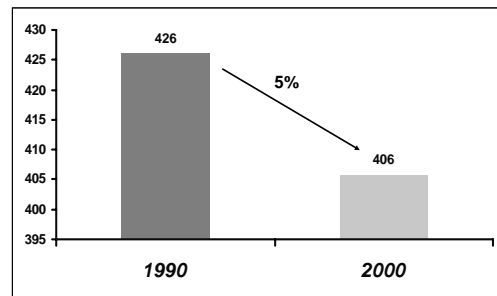
Model and methodology

- MSW collected during one year
- model developed by White et al
- quantification of energy consumption and greenhouse gases emissions
 - carbon dioxide, methane and nitrous oxide
- aggregation of greenhouse gases emissions
 - using the Global Warming Potentials (GWP) proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change

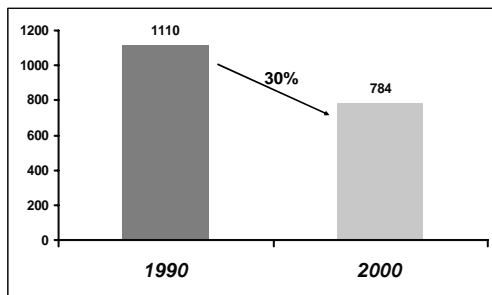
Energy balance (GJ)



GWP (Kg CO2 eq/person)

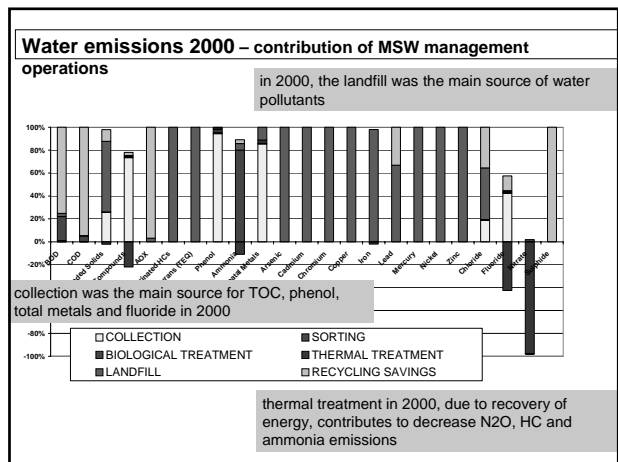
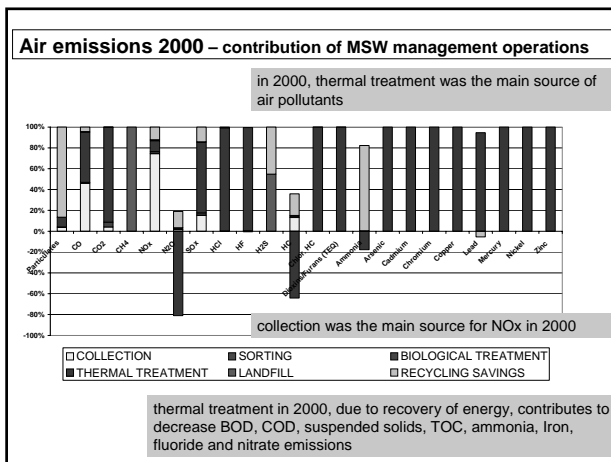
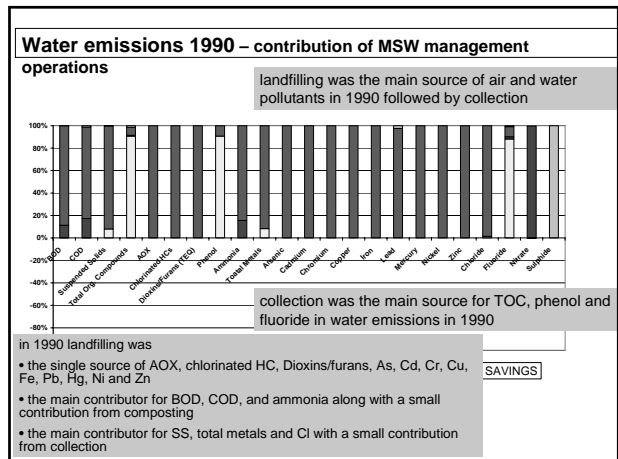
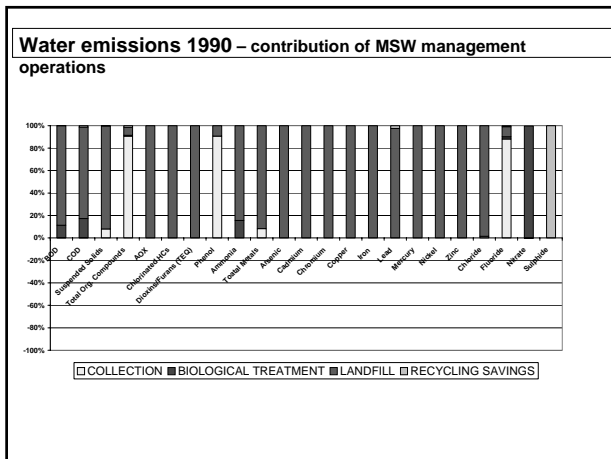


GWP (Kg CO2 eq/ton waste)



- Evaluation of MSW management practices in Portugal using *Life Cycle Assessment*

1st BOKU Waste Conference, 2005
Viena, Áustria



6

Agradeço a atenção!

Susana Xará
 Escola Superior de Biotecnologia - Universidade Católica Portuguesa
 R. Dr. António Bernardino de Almeida
 4200-072 Porto
 sxara@esb.ucp.pt

CATÓLICA
 Escola Superior de Biotecnologia