



Universidade de São Paulo

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Departamento de Engenharia de Biosistemas



Aula 7

Análise de Ciclo de Vida - ACV

Prof. Thiago L. Romanelli

romanelli@usp.br

ACV em recursos energéticos

Varun, I.K.B.; Prakash, R. 2009. LCA of renewable energy for electricity generation systems – A review. **Renewable and Sustainability Energy Reviews**. 13: 1067-1073.

Eólica

#	Ano	Local	Pot (kW)	Vida útil (ano)	kWh/kWh	gCO2/kWh
1	1997	Dinamarca	30	20	0,100	ND
2	1996	Japão	100	20	0,456	123,7
3	2001	Brasil	500	20	0,069	ND
4	1999	Índia	1500	20	0,032	ND
5	1996	UK	6600	20	ND	25,0
6	2001	Japão	100	25	0,160	39,4
7	2005	Japão	300	ND	ND	29,5
8	1981	EUA	3	ND	1,016	ND
9	2000	Dinamarca	5000 / 9000	20	ND	16,5 / 9,7
10	2005	Suíça	30-800	20	ND	11,0

Fotovoltaica

#	Ano	Local	Tipo	Pot (kW)	gCO2/kWh
1	2005	Japão	a-Si	ND	53,4
2	1992	Alemanha	c-Si	300/1500	250/150
3	1992	Alemanha	mc-Si	300/1500	250/110
4	1992	Alemanha	a-Si	300/1500	170/100
5	1997	Japão	c-Si	3,0	91
6	2000	Itália	c-Si + thin film	3300	50-60
7	2006	Cingapura	c-Si	2,7	165
8	2005	Grécia	mc-Si	3,0	104

Solar

#	Ano	Local	Tipo	Vida útil (yr)	Pot (MW)	gCO2/kWh
1	2006	Itália	Disco parabólico	30	1	13,6
2	2006	Espanha	Torre central	25	17	202
3	2006	Espanha	Concentrador parabólico	25	50	196
4	1990	EUA	Receptor central	30	100	43

Biomassa

#	Ano	Processo	Pot	gCO2/kWh
1	2004	Carvão mineral + cogeração e sequestro de CO2	457 MW	43
2	2005	Gaseificação + absorção química de CO2	204,5 MW	178
3	2005	Cogeração de biogás	80 kW	78
4	1999	90% carvão min + 10% palha 90% carvão min + 10% madeira	509 MW	37 35
5	1999	Ciclo combinado com gaseificação integrada	1 MWh	110

Hidroelétrica

#	Ano	Local	Tipo	Vida (yr)	Pot (MW)	gCO2/kWh
1	1997	Japão	Represa	100	4000	237
2	1996	Suíça	Fluxo do rio	80	3,2	3,7
			Represa	70-200	8,6	4,5
3	1996	Japão	Fluxo do rio	30	10	18

Comparação

Fases da ACV	Carvão min.	Petróleo	Gás	Nuclear
	g CO2/kWh			
Combustão	886,8	704,3	477,9	-
Construção	3,6	2,3	2,9	2,8
Operação	32,0	35,2	117,7	20,9
CH4	52,9	0,3	9,1	0,4
Total	975,3	742,1	607,6	24,2

Comparação

Comparação da emissão de GEE

Sistemas convencionais		Sistemas renováveis	
Sistema	g CO2/kWh	Sistema	g CO2/kWh
Carvão	975,3	Eólica	9,7-123,7
Petróleo	742,1	PV	53,4-250
Gás	607,6	Biomassa	35-178
Nuclear	24,2	Solar	13,6-202
		Hidro	3,7-237

Análise do ciclo de vida (ACV)

É um método para a avaliação dos sistemas de produção ou serviços que considera os aspectos ambientais em todas as fases da sua vida, estabelecendo vínculos entre esses aspectos e categorias de impacto potencial, ligados: ao consumo de recursos naturais, à saúde humana e à ecologia.

Análise do ciclo de vida (ACV)

- Abrange toda a "vida" do produto ou processo, desde o seu início (desde a extração das matérias-primas no caso de um produto) até o final da vida (quando o produto deixa de ter uso e é descartado como resíduo), passando por todas as etapas intermediárias (manufatura, transporte, uso).
- Do berço ao túmulo (*cradle-to-grave*)
- Do berço ao berço (*cradle-to-cradle*)

Análise do ciclo de vida (ACV)

- ✓ a produção de energia;
- ✓ os processos que envolvem a manufatura;
- ✓ as embalagens;
- ✓ o transporte;
- ✓ o consumo de energia não renovável;
- ✓ os impactos relacionados com o uso, ou aproveitamento e
- ✓ o reuso do produto ou mesmo questões relacionadas com o lixo ou recuperação / reciclagem.

Análise do ciclo de vida (ACV)

Ferramenta útil para comparar

- o impacto ambiental de diferentes produtos com similar função (ex.: etanol x gasolina);
- o impacto ambiental de diferentes tipos de tratamento de resíduos (incineração vs. aterro sanitário);
- o impacto ambiental de diferentes destinos para um determinado resíduo especificamente (reciclagem X compostagem de papel).

Análise do ciclo de vida (ACV)

Ferramenta também útil para:

- o desenvolvimento de produtos;
- a escolha de tecnologias;
- a identificação da fase do Ciclo de Vida em que os impactos ocorrem;
- a seleção de indicadores ambientais relevantes para avaliação de projetos e
- a reformulação de produtos ou processo.

Análise do ciclo de vida (ACV)

Permite uma análise completa de um determinado sistema.

Muitas vezes acredita-se que determinada prática é ambientalmente correta, quando na verdade não é.

Exemplo: Forma que se produz alimentos orgânicos

Auxilia o gerenciamento e a tomada de decisão na estratégia ambiental da empresa

Normatização ACV

A ACV é regulada por normas internacionais como a série ISO 14040 de Gestão ambiental.

- ✓ ISO 14040: Princípios e Estrutura
- ✓ ISO 14041: Definições de escopo e análise do inventário
- ✓ ISO 14042: Avaliação do impacto do ciclo de vida
- ✓ ISO 14043: Interpretação do ciclo de vida
- ✓ ISO TR 14047: Exemplos para a aplicação da ISO 14042
- ✓ ISO TS14048: Formato da apresentação de dados
- ✓ ISO TR 14049: Exemplos de aplicação da ISO 14041 para definição de objetivos e escopo e análise de inventário

ETAPAS

Elinhas gerais, a ACV de um produto ou serviço consiste da **definição do seu objetivo** e escopo, da realização de um **levantamento quantificado de dados** (inventário) de todas as **entradas** (materiais, energia e recursos) e **saídas** (produtos, subprodutos, emissões, etc) **durante todo o ciclo de vida**, da identificação dos os impactos ambientais potenciais ao longo do ciclo de vida e da **interpretação** dos resultados do estudo.

Fase 1: Definição do Objeto

Uma clara e inequívoca definição do “Objetivo” e “Escopo” (NBR ISO 14041) é fundamental para a condução do estudo.

Envolve a definição da chamada “unidade funcional”, o que pode não ser trivial, mas que está intimamente ligada ao uso, à finalidade última do sistema de produto.

Fase 1: Definição do Objeto

Nesta fase, definem-se também as fronteiras e limites do estudo, simplificações adotadas, modelos matemáticos, bem como outros aspectos cruciais para o desenvolvimento do estudo.

Unidade funcional: Área de parede pintada X volume de tinta gasto

Fase 1: Definição do Objeto

Nesta fase do estudo deve-se considerar:

- o **sistema** a ser estudado;
- a definição dos **limites** do sistema;
- a definição das **unidades** do sistema;
- o estabelecimento da **função** e da **unidade funcional** do sistema;
- os procedimentos de alocação;
- os requisitos dos **dados**;
- as **hipóteses** de limitações;
- a avaliação de impacto, quando necessária e a **metodologia** a ser adotada;
- a **interpretação dos dados**, quando necessária e a metodologia a ser adotada e
- o **tipo** e o formato do **relatório** importante para o estudo e a definição dos critérios para a revisão crítica, se necessário.

Fase 2: Inventário do Ciclo de Vida

A “Análise do Inventário” (NBR ISO 14041) refere-se à coleta de dados e ao estabelecimento dos procedimentos de cálculo para que se possa facilitar o agrupamento destes dados em categorias ambientais normalmente utilizáveis e comparáveis, de modo semelhante a um balanço contábil.

Fase 2: Inventário do Ciclo de Vida

Considera-se nessa fase que tudo que entra deve ser igual ao que sai do sistema em estudo, em termos de energia ou massa, desde a extração das matérias-primas até o descarte final do produto.

Fase 2: Inventário do Ciclo de Vida

Deve-se levar em consideração:

- a necessidade de uma estratégia cuidadosa na **preparação** para a coleta de dados;
- a **coleta** de dados;
- o **refinamento dos limites** do sistema;
- a determinação dos **procedimentos de cálculo**; e
- os **procedimentos de alocação**.

Fase 3: Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

A Avaliação do Impacto (NBR ISO 14042) refere-se à identificação e avaliação em termos de impactos potenciais ao meio ambiente que podem ser associados aos dados levantados no inventário.

Fase 3: Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

Avaliações mais simples podem ser realizadas apenas com os dados obtidos na fase do inventário.

Quando são detectadas grandes diferenças nos parâmetros de impacto ou quando houver necessidade de se relacionar os dados do inventário aos problemas ambientais, o uso de uma metodologia específica, como a estabelecida na norma NBR ISO 14042 é de grande utilidade.

Fase 3: Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

As diferentes formas existentes para avaliação do impacto ambiental têm gerado grandes debates científicos.

Há que se considerar as limitações do conhecimento científico no estabelecimento dos impactos potenciais, aspectos como subjetividade nas análises ou diferenças entre indicadores e impactos.

Fase 3: Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

A ISO 14042 propõe uma estrutura para o processo de avaliação incluindo basicamente 3 etapas:

- ✓ Seleção e definição das categorias: que devem ser estabelecidas com base no conhecimento científico;
- ✓ Classificação: os dados são classificados e apurados nas diversas categorias selecionadas;
- ✓ Caracterização: os dados são modelados por categoria de forma que cada um possa ter o seu indicador numérico.

Fase 4: Interpretação da Avaliação do Ciclo de Vida

A interpretação dos resultados de ACV (ISO 14043) é uma das etapas mais sensíveis, pois as hipóteses estabelecidas durante as fases anteriores, assim como as adaptações que podem ter ocorrido em função de ajustes necessários, podem afetar o resultado final do estudo.

Fase 4: Interpretação da Avaliação do Ciclo de Vida

Relatório Final: o relatório final deve ser elaborado de forma a possibilitar a utilização dos resultados e sua interpretação de acordo com os objetivos estabelecidos para o estudo. Este relatório deve seguir as prescrições das normas NBR ISO 14.040 e NBR ISO 14.041.

Fase 4: Interpretação da Avaliação do Ciclo de Vida

Apesar da orientação normativa, os estudos de ACV continuam a ser descrições imperfeitas do sistema de produção. Existe um **potencial de incerteza** relativa à qualidade dos dados, e mesmo involuntariamente, **uma certa subjetividade** pode estar presente desde o início dos estudos.

Fase 4: Interpretação da Avaliação do Ciclo de Vida

Para reduzir os riscos de manipulações, abusos na condução ou mesmo erros involuntários devido à complexidade dos estudos, a norma NBR ISO 14.040 salienta que uma **revisão crítica** pode ser realizada por um **especialista** independente do estudo de ACV. (*Auditoria técnica*)

Fase 4: Interpretação da Avaliação do Ciclo de Vida

Análises Críticas: para diminuir a probabilidade de mal-entendidos ou efeitos negativos em relação às partes interessadas externas, devem ser conduzidas análises críticas em estudos de ACV quando os resultados são usados para apoiar afirmações comparativas.

Fase 4: Interpretação da Avaliação do Ciclo de Vida

Análises Críticas: pode ser efetuada tanto por um especialista externo quanto por uma comissão, a qual pode incluir representantes das partes interessadas.

A análise crítica devem ser incluídos no relatório de estudo de ACV.

Fase 5: Limitações na Elaboração do Estudo de ACV

A elaboração de estudos de ACV quase sempre acarreta em grande consumo de tempo, recursos financeiros e humanos.

Dependendo da profundidade do estudo que se pretende conduzir, a coleta de dados pode ainda ser dificultada.

A indisponibilidade de dados pode afetar o resultado final do estudo e a sua confiabilidade.

Fase 5: Limitações na Elaboração do Estudo de ACV

Uma avaliação criteriosa da relação **custo-benefício** para se atingir a **qualidade** desejada para o estudo é vital, levando-se em conta que tipo de dado deverá ser pesquisado, o **custo** e o **tempo** para sua coleta e os **recursos disponíveis** para a condução do estudo.

Fase 5: Limitações na Elaboração do Estudo de ACV

A ACV, por sua natureza, não é uma ferramenta capaz de medir qual produto ou processo é o mais eficiente tanto em relação ao custo quanto em relação a outros fatores, já que não mede, por exemplo, impactos **REAIS** ambientais, e sim impactos **POTENCIAIS**.

USOS DA ACV

1. Uso em Empresas;
2. Uso no governo; e
3. Uso na rotulagem ambiental

USOS DA ACV

1. Uso em Empresas;
2. Uso no governo; e
3. Uso na rotulagem ambiental

Uso em Empresas

- **Sociedade** – importante *stakeholder*;
- **Avaliação do ciclo de vida** - aprimoramento do processo produtivo e dos produtos ;
- **Estimativa dos impactos** – inclusão de impactos causados pelo processo produtivo, não considerados nos processos tradicionais de análise;
- **Dados** - identificam as transferências dos impactos ambientais de um meio para outro;
- **Gerenciamento Ambiental na Indústria** - sistematiza as questões associadas ao sistema de produção.

Uso nos Governos

- **Políticas:** O uso da ACV auxilia na definição de políticas mais consistentes, evitando que impactos ambientais sejam transferidos para outra fase do ciclo de vida do produto ou serviço.
- Países que usam: a Áustria, o Canadá, a Finlândia, a França, a Alemanha, o Japão, a Holanda, a Noruega, a Suécia e os EUA.

Uso na Rotulagem Ambiental

É um mecanismo de comunicação com o mercado sobre os aspectos ambientais do produto ou serviço com o objetivo de diferenciá-lo de outros produtos. Ela pode se materializar por meio de símbolos, marcas, textos ou gráficos.



Taiwan
Green Mark



Korea
Eco-Label



China
Environmental Label



EcoLogo[®] Symbol

Tipos de rotulagem (ISO)

- **Tipo I** – Programas de terceira-parte, baseados em múltiplos critérios, voluntários, que atribuem uma licença autorizando o uso de rótulos ambientais em produtos para indicar a preferibilidade ambiental;
- **Tipo II** – Autodeclarações ambientais informativas;
- **Tipo III** – Programas voluntários que fornecem dados ambientais quantificados de um produto, sobre categorias preestabelecidas de parâmetros, estabelecidos por uma terceira-parte qualificada e baseados numa avaliação de ciclo de vida, e verificados por essa ou outra terceira-parte qualificada.
- **Tipo IV** – Rótulos ambientais monocriteriosos, atribuídos por uma terceira-parte,.

Tipos de rotulagem (ISO)

- Tipos I - são os clássicos selos verdes;
- Tipos II - são as declarações efetuadas pelos próprios fornecedores, normalmente os próprios fabricantes;
- Tipo III - consistem essencialmente, no estabelecimento de categorias de parâmetros; a partir de uma ACV, e na divulgação dos dados quantitativos para esses parâmetros para cada produto, dados esses, verificados por uma terceira parte.