

**III Colóquio Internacional Redes e Cibercidades  
Ciberurbe: a cidade na sociedade da informação“**

**14/abril/2004**

## *Lixo Digital*

Raimundo Macêdo

Laboratório de Sistemas Distribuídos – LaSiD  
Departamento de Ciência da Computação  
Universidade Federal da Bahia – UFBA

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

1

### Tópicos

- Breve introdução
- Como funciona e são fabricados os computadores
- Contaminação Ambiental do e-lixo : fabricação, uso e sucateamento
- Quais Medidas Podemos Tomar
- Referências (*links* e publicações)

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

2

## Principais problemas ambientais atuais

Poluição do AR  
Poluição da Água  
Poluição do Solo

→ Efeitos

Aquecimento da Terra  
Destruição da camada de ozônio  
Doenças Genéticas  
Câncer e Outras Doenças

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

3

### *Fontes de poluição do E-lixo*

**Processo de Fabricação dos Computadores**- alto consumo de energia, de ácido, foto-químicos, solventes.



**Utilização** – alto consumo de energia, poluição eletromagnética

**Sucateamento**– onde colocar o E-lixo e materiais poluentes nele contido ?  
E o perigo de sua reciclagem ?  
Mercúrio, chumbo, níquel, Arsênio e cádmio.



30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

## Objetivos da palestra

1) chamar a atenção para o problema ambiental causado pelo processo de fabricação, utilização e sucateamento dos computadores.

2) Apontar formas de minimizar o problema



30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

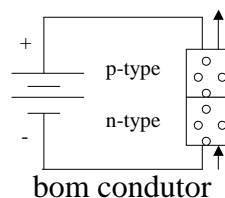
5

Transistores podem ser construídos no Silício (um semiconductor) alterado com a introdução de outros elementos como o Fósforo e Boro.

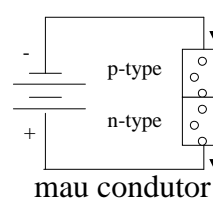
A última camada de elétrons no átomo de Silício tem 4 elétrons, a de Fósforo 5 e a Boro 3.

Se átomos de Fósforo são inseridos num cristal de Silício, aparecerão elétrons instáveis que poderão ser usados para gerar fluxo de corrente elétrica (material *n-type doped*). n vem de negativo (elétrons)

Se átomos de Boro são inseridos num cristal de Silício, aparecerão espaços para elétrons que poderão ser usados para passar fluxo de corrente elétrica (material *p-type doped*). p vem de positivo (protons)



bom condutor



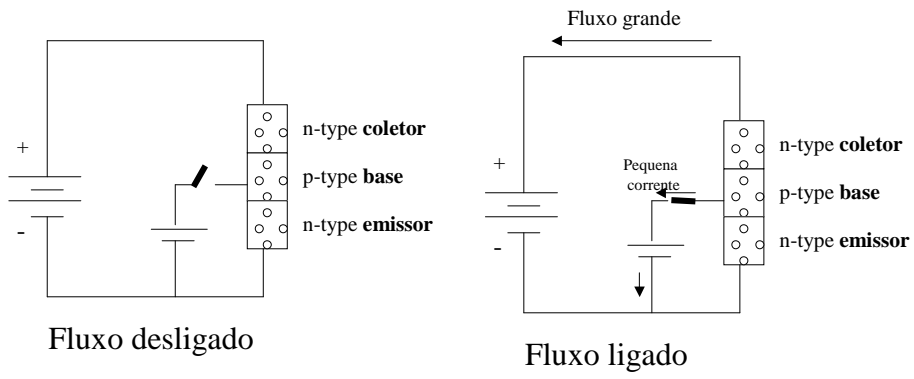
mau condutor

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

6

## Como funciona um transistor (bipolar) no Silício

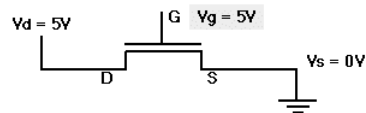
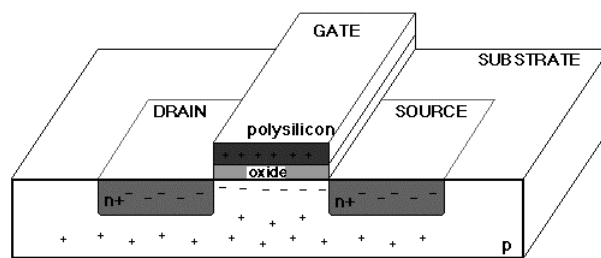


30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

7

## Um transistor



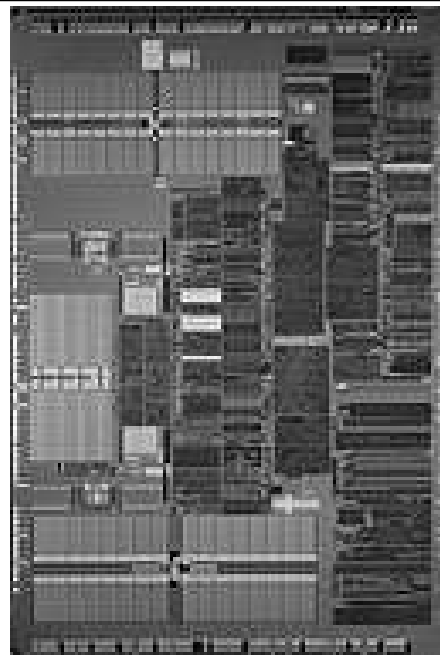
30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

8

Um circuito integrado –

Rede eletrônica fabricada  
em um único pedado de  
material semiconductor  
(SILÍCIO)

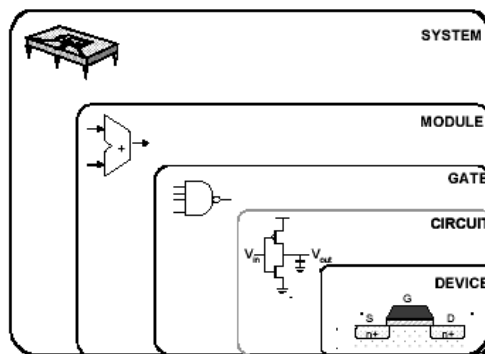


30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

9

### Níveis de Abstração de Projeto



CSE477 L02 Design Metrics.30

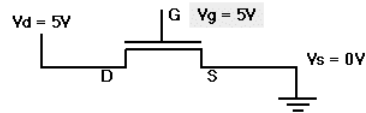
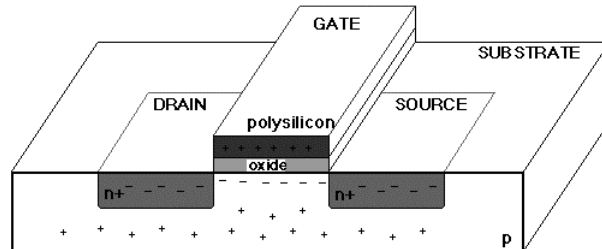
IrwinEJagay, PSU, 2003

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

10

## Um transistor



30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

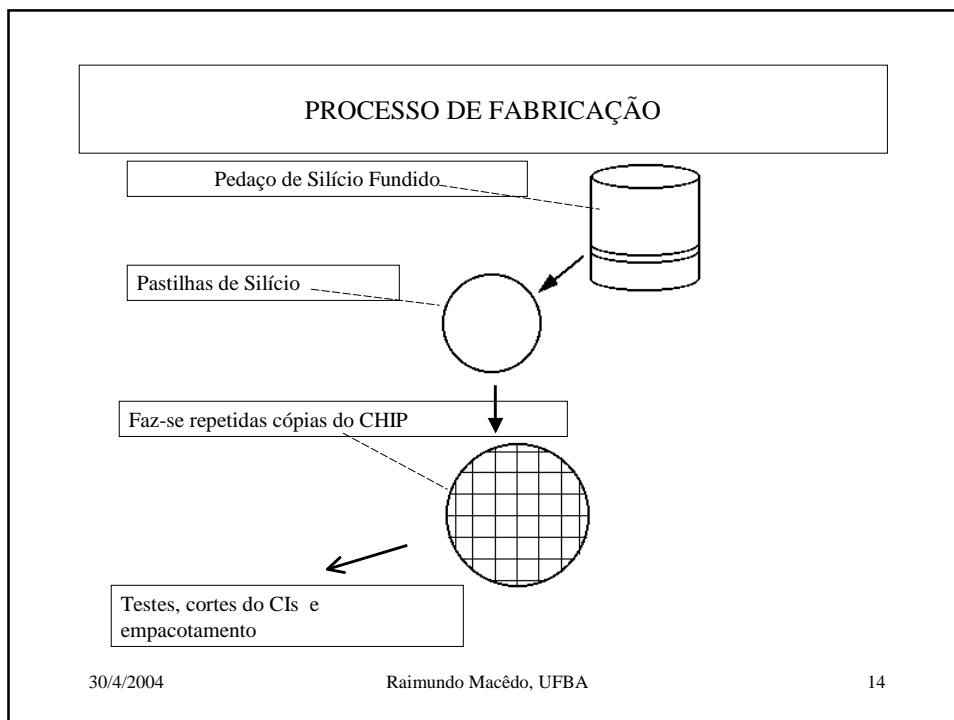
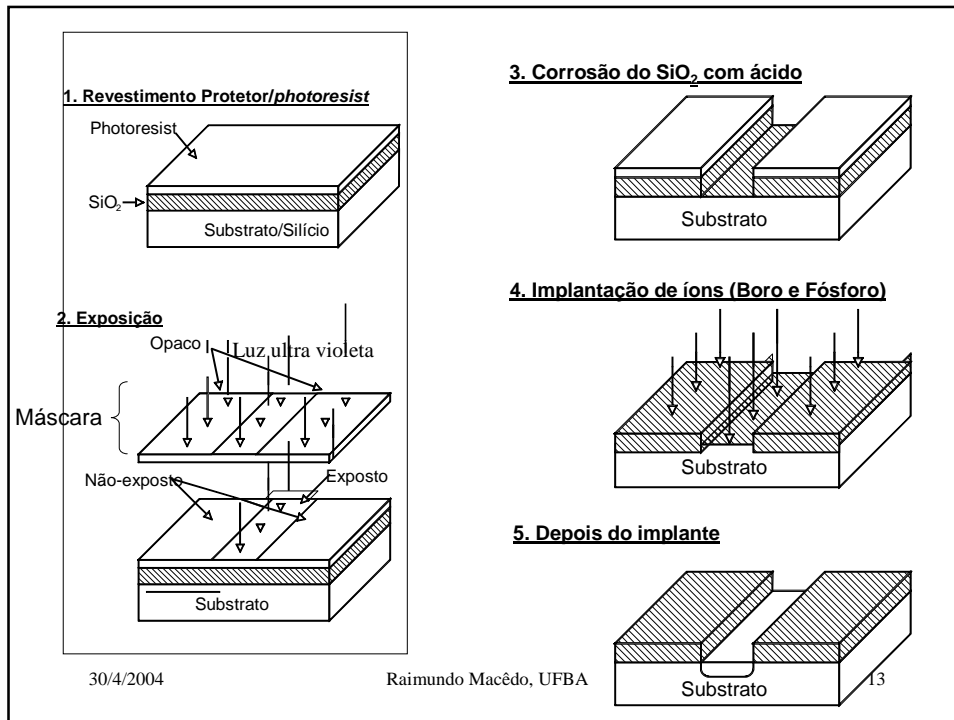
11

# Uma Visão Simplificada do Processo de Fabricação CMOS

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

12



## ✓ Processo de Fabricação (chips, discos e placas de CI)

### Os efeitos no meio ambiente

No processo de fabricação, para cada quilo de PC, são gerados 3 quilos de *E-lixo*

⇒ Envolve grandes quantidades de elementos químicos e gases tóxicos

⇒ Emissão de gases, contaminação da água do solo, destruição da **camada de ozônio** (CFC).

⇒ Milhares de quilos de poluentes a cada ano : contamina o ar e contribui para o **aquecimento Global**

#### ⇒ Aparência limpa

Mas o vale do silício é a região mais poluída do EUA

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

15

## ✓ Processo de Fabricação (chips, discos e placas de CI)

### Contaminação da água

⇒ Os solventes usados são armazenados dentro das fábricas ou em tanques subterrâneos

⇒ 85% dos tanques no vale do silício (EUA) apresentaram vazamento, atingindo o suprimento de água (nas fábricas da IBM e HP). O número de nascimentos com problemas congênitos foi 3 vezes maior em relação ao resto do EUA

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

16



✓ **Processo de Fabricação (chips, discos e placas de CI)**

**Destruição da Camada de Ozônio**

Uma das indústrias que mais usaram CFC (processo de limpeza dos CIs)

→ Câncer de pele, cataratas, etc.

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

17

✓ **Processo de Fabricação (chips, discos e placas de CI)**

**Risco para trabalhadores da indústria de computadores**

A exposição a gases e resíduos químicos é em média 3 vezes maior que outras indústrias

→ câncer, coração, disfunção hormonal

Em 1984, 250 mulheres processaram a GTE Lenkurt por terem contraído câncer nos ovários e útero (e foram indenizadas)

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

18

## Poluição e riscos pela UTILIZACAO DOS CMPUTADORES

### ✓ **Poluição (da radiação) Eletromagnética**

(proximidade de CRT (Vídeos), fontes, etc.

Problemas detectados em vários estudos (embora há controvérsias em relação  
A quantidade de exposição) : Leucemia, câncer, problemas relacionados com o stress

### ✓ **Consumo de Energia**

+/- 10% da energia das instalações comerciais.

Um PC que consome 200 watts

8h/dia, 5 dias/semana e 52 semanas/ano

→ 400 Kilowatts por ano.

→ 1 kilowatt = uma lâmpada de 100watts por 10 horas

Implicações:

Econômicas (no Caso do Brasil principalmente)

+ Queima de Carvão e Óleo → chuva ácida e aquecimento na terra

**½ da energia de um PC é  
consumido pelo monitor**

**> tamanho > resolução  
→ + energia**

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

19

## O SUCATEAMENTO

### **Alguns dados preocupantes !**

Estima-se que até 2004, deverão ser descartados 315 milhões de computadores pessoais em todo o planeta.

$0,4 \text{ m} \times 315.000.000 = 126 \text{ mil quilômetros em linha !!! + de 4 voltas na terra !!!}$

$6 \text{ kg} \times 315.000.000 = 1.890.000 \text{ TONELADAS !!}$

No Brasil, essa estimativa era de 850 mil máquinas descartadas até o fim de 2001.

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

20

⇒ E-lixo cresce de 3% a 5% ao ano (3 vezes mais rápido que os demais lixos)

⇒ 5% do lixo de uma cidade média europeia é E-lixo

⇒ De 1998 a 2010 o e-lixo vai duplicar na Europa

⇒ Em 500 milhões de computadores tem-se

- Mais de 3 bilhões de quilos de plástico
- 700 milhões de quilos de chumbo
- 1,5 milhões de quilo de cádmio
- 1 milhão de quilos de cromo
- 300 mil quilos de mercúrio

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

21

## O SUCATEAMENTO

### ✓ Principais ameaças do E-LIXO !!!!

#### **Chumbo**

**onde:** monitores, soldas em CI e outros componentes  
**como :** sistema nervoso, rins, sistema reprodutivo, sistema endócrino (efeitos no desenvolvimento cerebral de crianças), efeitos graves em animais e plantas

#### **Cádmio**

**onde:** detectores infra-vermelho, resistores, semicondutores  
**como :** afeta irreversivelmente a saúde (em especial os rins)

#### **Mercúrio**

**onde :** sensores, termostatos, *relays*, chaves circuitos impressos, baterias, vídeos planos (que estão substituindo os CRTs ) etc.

**como :** Danos no cérebro, rins, feto ...

**Tem efeito cumulativo nos organismos vivos, ex: através do consumo de peixe contaminado.**

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

22

✓ **Principais perigos do E-LIXO !!!!**

**Anti-corrosivo (hexavalent chromium; chromium VI)**

Onde: nos CIs

Como: Extremamente tóxico, efeitos no DNA

**Plásticos (PVC)**

onde: Cabos de computadores

como: Tóxico quando submetido a alta temperatura (dioxin)

**Bário**

onde: CRT para proteger contra radiação

como: Inchação cerebral, enfraquecimento muscular, coração, fígado.

**Carbono preto**

onde: (Tonner)

como: <sup>30/4/2004</sup> câncer, irritação respiratória. Raimundo Macêdo, UFBA

23

✓ **CONTAMINAÇÃO**

**Quando acontece ???**

**No processo de reciclagem tenta-se retirar as partes plásticas e metálicas através de processos químicos (solventes e ácidos) e físico (queima).**

**→ se deixar no solo pode poluir a água subterrânea**

**→ queima gera gases altamente tóxicos (metais em forma de vapor – chumbo)**

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

24



Aquecimento com água regia : mistura ácida altamente tóxica para retirada de pequeníssimas quantidades de ouro. A lama gerada vai diretamente para rio e o gás para os pulmões dos trabalhadores e atmosfera.  
Guiyu, China, Dez/2001

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

25



Mulheres Catando Cabos feitos de PVC para serem queimados próximos de Suas Residências (câncer). China, dez/2001  
The Basel Action Network

26



Typical E-Scrap operations in Guiyu, China. 100,000 such migrant workers labor in Guiyu breaking down imported computers in hundreds of small operations like this one in a 4 village area surrounding the Lianjiang River. Guiyu, China. December 2001. © BAN

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

27



BAN investigator Clement Lam taking a soil sample along riverside where circuit boards were treated with acid and burned openly. Massive amounts of dumping of imported computer waste takes place along the riverways. Guiyu, China. December 2001. © BAN

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

28

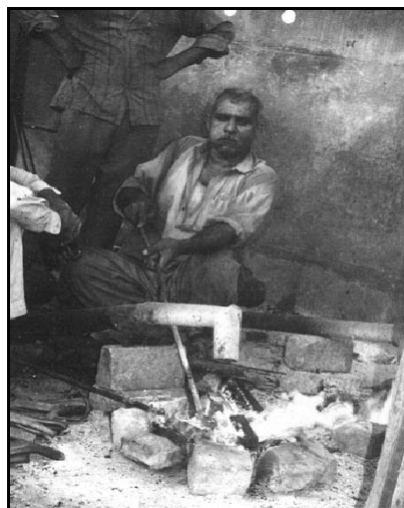


Broken leaded cathode ray tube (CRT) glass found dumped in rice irrigation canals now turned into disposal sites for imported computer monitors. Guiyu, China. December 2001. © BAN

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

29



"Goldsmith" at the "adda" melting down gold bead extracted after acid stripping process. © SCOPE

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

30



*Very typical on-street E-waste dismantling operation in Guiyu. Using hammers and chisels and their bare hands, workers separate the waste into aluminum, steel, copper, plastic and circuit boards. © BAN*



30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

31



*Young boy separating parts from circuit boards, Delhi. © Toxics Link India*

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

32





*Laborer de-soldering circuit boards over a coal-fired grill. Rock in the box is where boards are hit to remove solder. Pliers are used to pluck off chips which go into various buckets. The boards are then tossed into a pile for open burning. © BAN*

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

33

## 5. Quais Medidas Podemos Tomar

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

34

## Como evitar a poluição ???

Novas técnicas e materiais (pesquisa)

Novas legislações (política)

Novas atitudes (consciência ecológica)

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

35

## Novas Técnicas

-novos materiais com menos recursos naturais consumidos e lixo gerado

**Ex: na fabricação de circuitos impresso, colocar cobre onde necessário, ou invés de começar com uma placa de cobre e remover com ácido o metal não necessário**

-“Desconstrução” para reaproveitamento

-Novos processos de fabricação

-Computadores que consomem menos energia

- Processos de fabricação mais limpos

Ex: uso de cobre ao invés de Chumbo para soldas

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

36

## Novas Técnicas

→Aumento do tempo de vida do computador

Computadores e componentes que podem ser usados por mais tempo e reutilizáveis

### Exemplos:

- Mais *conectores* de expansão para acomodar novos cartões nos barramentos
- Placa mãe e arquitetura de barramento mais potentes do que necessário para acomodar melhores CPUs, memórias e placas e I/O para novos dispositivos

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

37

## Novas Atitudes

Desenvolver a consciência ecológica

Evitar o consumismo irracional

Dar preferência a produtos que respeitam o meio ambiente



European Union



Germany "Blue Angel"



Norway "Nordic Swan"



Sweden "TCO"



Apoiar as ONGs nas ações governamentais

30/4/2004

The Basel Action Network (BAN)  
Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC)

Toxics Link India  
SCOPE (Pakistan)  
Greenpeace China

38

## Grupos Atuentes

- US Environmental Protection Agency <http://www.epa.gov>
- BASEL ACTION NETWORK (BAN) -- SECRETARIAT  
c/o Asia Pacific Environmental Exchange (APEX)  
1305 Fourth Ave., Suite 606  
Seattle, Washington 98101 USA  
Phone: 1.206.652.5555, Fax: 1.206.652.5750  
Email: [info@ban.org](mailto:info@ban.org)  
Website: <http://www.ban.org>
- Convenção de Basiléia  
<http://europa.eu.int/scadplus/leg/pt/lvb/l28043.htm>
- Comitê Técnico em Eletrônica e Meio-ambiente da IEEE, fundada em 1991
- International Symposium on Electronics and The Environment, desde 1993 (ecologia na indústria e desenvolvimento sustentável)  
30/4/2004 Raimundo Macêdo, UFBA

39

## Referencias e Links

- **Environmental effects of the computer age**, Crede, K.L.  
Professional Communication, IEEE Transactions on On page(s): 33-40 Volume: 38, Issue: 1, Mar 1995
- **The advent of "green" computer design**  
Goldberg, L.; Computer, Volume: 31 Issue: 9, Sep 1998
- **Green design: a review of issues and challenges**  
Glantschnig, W.J.; Electronics and the Environment, 1993., Proceedings of the 1993 IEEE International Symposium on, 10-12 May 1993 Page(s): 74-78
- **Components, Packaging, and Manufacturing Technology**, Part A, IEEE Transactions on [see also Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, IEEE Transactions on], Volume: 17 Issue: 4, Dec 1994
- **The continuing integration of the ecodesign tool with product development**  
Poyner, J.R.; Simon, M.; Electronics and the Environment, 1996. ISEE-1996., Proceedings of the 1996 IEEE International Symposium on, 6-8 May 1996
- **Incorporating Component Reuse, Remanufacture, and Recycle Into Product Portfolio Design** IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT, VOL. 49, NO. 4, NOVEMBER 2002 47. Donna Mangun and Deborah L. Thurston
- **Polição e Compatibilidade Eletromagnética em Sistemas de Comunicação** Golberi de Salvador Ferreira e Maurício Filho Cento de Tecnologia em Automação, Informática – SENAI/CTAI Rodovia SC 401, no. 40 3730 CEP 88.032-005 – Florianópolis – SC Raimundo Macêdo, UFBA

→**The quest for environmental and productivity improvements at the IBM<sub>R</sub> Demanufacturing and Asset Recovery Center**

*Grenchus, E.; Keene, R.; Nobs, C.; Yehle, L.;*

Electronics and the Environment, 2001. Proceedings of the 2001 IEEE International Symposium on , 2001  
Page(s): 25 –29

→**HP's worldwide take back and recycling programs: lessons on improving program implementation**

*Degher, A.;* Electronics and the Environment, 2002 IEEE International Symposium on , 2002

Page(s): 224 -227

→**Europe cracks down on e-waste**

**IEEE Spectrum** On page(s): 46-51

Volume: 39, Issue: 5, May 2002

→**Towards recyclable system requirements**

*Alexander, I.; Kiedaisch, F.;*

Engineering of Computer-Based Systems, 2002. Proceedings. Ninth Annual IEEE International Conference and Workshop on the , 2002 Page(s): 9 –16

→**Lixo eletrônico: um problema que não se deleta**

Maria Eduarda Mattar

Rets. Brasil, março de 2002. (Ciência e Tecnologia)

→**Exporting Harm: The High-Tech Trashing of Asia**

**The Canadian Story**

Prepared by the Basel Action Network

22 October 2002

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

41

## Exporting Harm

### The High-Tech Trashing of Asia

A melhor publicação !



February 25, 2002

Prepared by

The Basel Action Network (BAN)  
Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC)

With contributions by

Toxics Link India  
SCOPE (Pakistan)  
Greenpeace China

30/4/2004

Uma mensagem:

Toda vez que fizermos um chip duas vezes mais rápido, vamos também fazê-lo duas vezes menos danoso ao meio ambiente

**Ted Smith, fundador da “silicon Valley Toxics Coalition”, UMA ONG pelo desenvolvimento sustentável.**

Em reportagem no IEEE Spectrum, Jan/2000

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

43

Fim.

Obrigado.

30/4/2004

Raimundo Macêdo, UFBA

44