

CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTO PARA ABERTURA CONTROLADA DE MONITORES DE COMPUTADORES DESCARTADOS

Pesquisador Responsável

Prof. Dr. Eduardo Bellini Ferreira

Departamento de Engenharia de Materiais – EESC/USP

Demais membros da equipe executora

Prof. Dr. Dennis Brandão

Departamento de Engenharia Elétrica – EESC/USP

Representante do Programa Recicl@tesc

Eng. Raúl Julián Revelo Tobar

Mestrando no PPG Ciência e Engenharia de Materiais – EESC/USP

Roberto Ragonesi

Serviço Técnico de Informática – STI/EESC

RESUMO

A problemática de disposição dos resíduos eletroeletrônicos (REEE) vem ganhando importância e cobrando solução, nos últimos anos, a nível mundial e local. A legislação no tema abrange a responsabilidade compartilhada, desde o fabricante até o consumidor final, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei No. 12.305 de 2010. A reutilização e a reciclagem de REEEs representa uma ótima alternativa na diminuição do impacto ambiental. A reciclagem dos monitores de computador de tecnologia CRT é uma tarefa complexa por ser considerado um resíduo perigoso, além, de ter poucas alternativas de reutilização, o que tem gerado um passivo ambiental. O presente projeto busca construir um equipamento para a abertura e desintoxicação de tubos de raios catódicos (CRT) provenientes dos monitores descartados pelos campi da USP para sua correta gestão integral. Este trabalho será feito em parceria com o Recicl@atesc que vem realizando atividades de reutilização, desmanufatura e destinação correta de materiais REEE desde 2009, em parceria com a USP. A importância do mesmo se embasa em que a USP atuará de maneira mais sustentável na disposição dos equipamentos eletrônicos que utiliza e participará em processos de recuperação e reutilização de resíduos que contribuem no desenvolvimento sustentável nos seus Campi.

INTRODUÇÃO.

Nos últimos anos, com o acelerado desenvolvimento da informática, computadores cada vez mais rápidos e com melhores hardwares têm sido produzidos para suprir uma demanda crescente por computação e conectividade, facilitando a execução das mais variadas tarefas. O amplo acesso da população às tecnologias de informação tem tornado os dispositivos digitais indispensáveis para as principais atividades das pessoas. O rápido avanço da tecnologia de fabricação de televisores e monitores de computador, em particular, tem causado a frequente troca desses aparelhos por produtos mais novos e modernos, como as telas de cristal líquido (LCD), plasma (PDP) e ultimamente LED. Simultaneamente, a vida útil dos aparelhos decresce com o tempo e com o alcance de uma maior parcela da população a essas tecnologias. A obsolescência aumenta a cada ano e como consequência os resíduos de equipamento eletroeletrônicos (REEE) também aumentam.

A disposição após o uso dos REEE tem-se convertido em um problema significativo em nossa sociedade, em especial na última década, onde o incremento desses resíduos tem sido apreciável. Uma gestão adequada dos mesmos envolve alguns aspectos chave, como o descarte, a coleta e a identificação das substâncias perigosas ou tóxicas¹.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regulamentada pela Lei No. 12.305 de 2010 institui no artigo 30 a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e no artigo 33 da mesma lei exige a execução de sistemas de logística reversa para os REEE, nos quais são corresponsáveis os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos, mas não estabelece sanções, nem medidas para fazer cumprir essa obrigação.

A Lei No. 12.305 de 2010, através dos:

“Art. 30. É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, consoante as atribuições e procedimentos previstos nesta Seção.”¹

“Art. 33. São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retornos dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores distribuidores e comerciantes de: Agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes, produtos eletroeletrônicos e seus componentes.”¹

Na mesma Lei, o artigo 13 define resíduos perigosos como sendo:

“II- quanto à periculosidade

Resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica”.¹

Os computadores, monitores e seus componentes têm presença de materiais tóxicos com potencial de dano à saúde ou ao meio ambiente, pelos quais deve-se estabelecer um sistema de gestão dos REEE gerados que minimize seus impactos negativos.^{2,3} Na Tabela 1 são apresentados alguns metais pesados presentes em equipamentos eletroeletrônicos.

Tabela 1 Metais pesados no computador.

Elementos	Parte do equipamento	Quantidade (% peso)
Pb	Circuito integrado, soldas, bateria	6,3
Cd	Bateria, chip, semicondutor	0,01
Hg	Bateria, soldagem, termostatos Monitores	0,0022
Co	Placa de circuito impresso	0,0157
Be	Condutores térmicos, conectores	0,0157

O reuso e a reutilização de computadores ou de suas partes descartados em bom estado é um ótima alternativa para a diminuição dos REEE. Essa prática pode gerar impacto social quando esta à prática de doação ou revenda de baixo custo. Na Figura 1 apresenta-se um mapa conceitual das possíveis alternativas na gestão dos REEE.

O potencial de reaproveitamento dos REEE junto com a pressão por um desenvolvimento sustentável têm estimulado cada vez mais empresas e instituições a organizarem ações de reutilização e reciclagem de equipamentos, partes e peças de computadores e monitores, que representam o maior potencial de reversão do ciclo de vida desses produtos, em função de seu benefício econômico.

Muitos dos materiais usados na fabricação de computadores e monitores podem ser recuperados no processo de reciclagem visando seu reaproveitamento. Por exemplo, as placas eletrônicas

geralmente possuem porcentagens significativas de cobre, alumínio e metais nobres, como ouro ou platina. A rápida obsolescência dos computadores tem se convertido em fonte valiosa desses materiais. A desmontagem e separação são consideradas as etapas fundamentais para a valorização dos resíduos, mediante as quais determinados componentes de um produto são selecionados de acordo com seu valor de reaproveitamento. Na Tabela 2 apresenta-se a composição percentual de um desktop e um monitor ^{2,4,5}.

Figura 1. Mapa conceitual da gestão dos REEE. ³

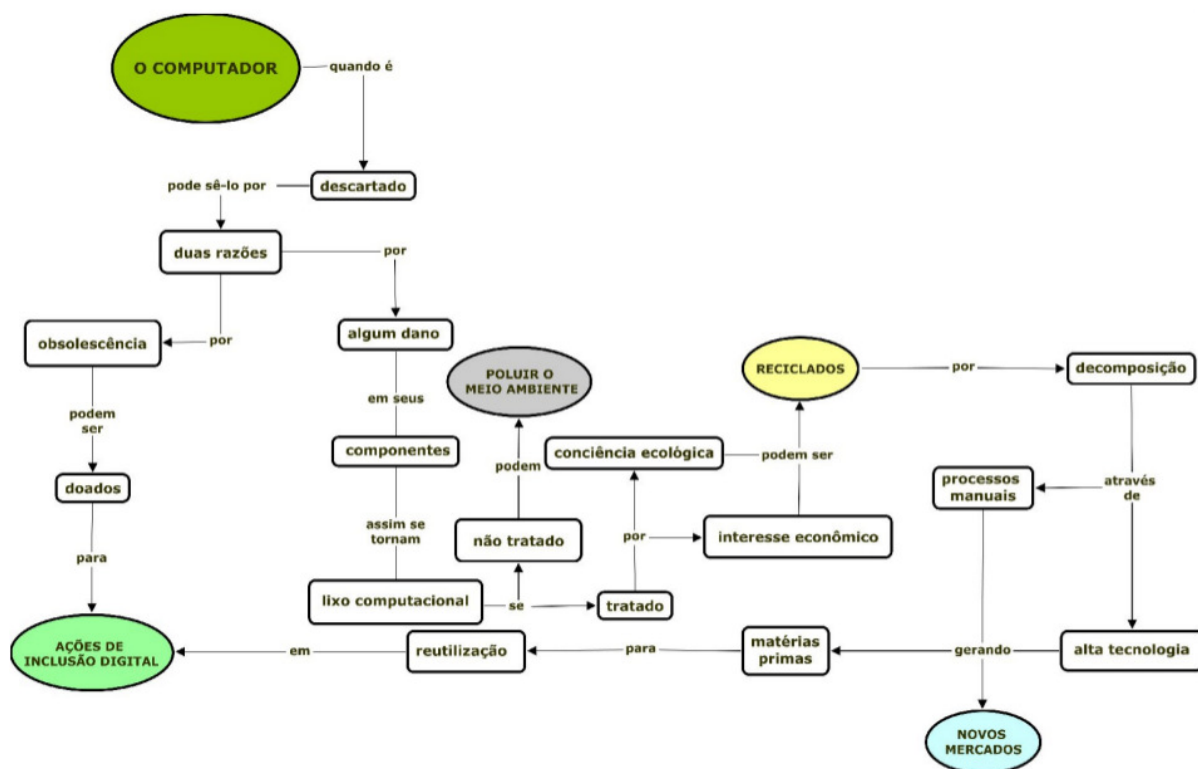


Tabela 2 Porcentagem aproximado de materiais em equipamentos eletroeletrônicos. ^{2,4}

Materiais	Desktop	Monitor CRT
Ferro e metais ferrosos	67	4
Placas de circuito impresso	15	12
Plástico	7	18
Alumínio	6	-
Fios e cabos	7	4
Vidro de CRT	-	62

O cinescópio dos monitores, também conhecido como tubo de raios catódicos (CRT, do inglês Cathode Ray Tube), corresponde a aproximadamente dois terços do peso total dos monitores baseados nessa tecnologia. Os CRTs geralmente são compostos por quatro vidros diferentes, cada um com uma composição química particular. A reciclagem dos CRTs não é uma tarefa fácil pelo conteúdo de chumbo e bário nas composições dos vidros, além do perigo potencial devido à toxicidade das camadas de material luminescente aplicadas em sua superfície interna, compostas de substâncias contendo metais de transição e terras raras de diversos tipos ⁴.

Na procura de soluções para a correta gestão dos REEE gerados no Campus, a Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP) participou do projeto de criação do Recicl@tesc – Reciclagem Tecnológica de São Carlos, fundado em 2009 como resultado da parceria entre a EESC/USP, a Rede Social São Carlos (uma iniciativa do SESC) e o Nosso Lar, uma instituição de assistência a crianças de baixa renda de São Carlos. O Recicl@tesc é um projeto de reciclagem tecnológica que envolve a recepção, a desmanufatura e o condicionamento de equipamentos de informática para doação a instituições assistenciais, para fins de inclusão digital e sociais. Através dessa ação, muitos equipamentos antes destinados à sucata passaram a ser reutilizados. Os equipamentos sem possibilidade de reparo são desmanufaturados e enviados a empresas especializadas para reaproveitamento de materiais ou descarte apropriado.

O Recicl@tesc funciona de acordo com uma metodologia própria de Rede Social, integrando parceiros na execução de atividades. A Rede Social São Carlos integra várias organizações sociais da cidade e uma delas, o Nosso Lar entrou no projeto construindo o Centro de Reciclagem Tecnológica e contribuindo, além do espaço físico, com pessoal técnico especializado em manutenção e recuperação de equipamentos de informática. Nessa Rede Social, outro parceiro importante, o SENAC São Carlos, atua na capacitação e na assessoria ao projeto. A Escola de Engenharia de São Carlos / USP participa do projeto por meio do “USP Recicla”, que é um programa permanente para Assuntos Relativos à Educação Ambiental e Gestão Compartilhada de Resíduos, e atua na área de pesquisa, desenvolvimento e capacitações. ⁶

O projeto abrange as cinco cidades do interior do Estado de São Paulo onde se encontram campi da USP: São Carlos, Ribeirão Preto, Bauru, Piracicaba e Pirassununga. Essas cidades passaram a ter como centro de disposição dos REEE da USP a cidade de São Carlos, onde ficam as instalações do Recicl@tesc, evitando assim enviar os resíduos até a cidade de São Paulo, diminuindo os custos de logística e transporte. A Tabela 3 mostra as distâncias para disposição de REEE da USP. A soma das distâncias para uma operação de transporte de ida e volta de cada

uma dessas cidades para um centro reciclador (São Carlos ou São Paulo) mostra que enviar os resíduos para São Paulo representa percorrer uma distância três vezes mais longa que centralizar a reciclagem em São Carlos.

Tabela 3 Comparação entre as distancias dos campi da USP até São Carlos e São Paulo.

Campi da USP no interior	São Carlos	São Paulo
São Carlos	-	275 km
Ribeirão Preto	103 km	330 km
Bauru	157 km	336 km
Piracicaba	100 km	160 km
Pirassununga	77 km	216 km
Total (estimativa para uma viagem de ida e volta)	874 km	2.634 km

JUSTIFICATIVA.

A reciclagem de monitores de tecnologia CRT gera custos extras em relação à CPU dos computadores, pela necessidade de uma correta disposição dos mesmos. A desmontagem e a limpeza devem ser feitas com equipamentos e requerimentos técnicos adequados mínimos. A operação envolve a abertura controlada dos monitores, os quais possuem um vácuo selado em seu interior. Essa abertura deve ser realizada em ambiente com exaustão, e é seguida de sucção e concentração adequada do composto luminescente (fósforo) aplicado na parte interna do painel onde a imagem se forma. Atualmente a USP São Carlos doa os monitores e equipamentos eletrônicos que descarta para o Recicl@tesc, que vem realizando atividades de reutilização, desmanufatura e destinação correta de materiais REEE desde 2009. A taxa de captação dos equipamentos é aproximadamente de 3 ton/mês. Entretanto, parte do total de equipamentos é constituída de monitores, cuja recepção pelo Recicl@tesc vem pressionando seus custos e inviabilizando a atividade no tempo. O Recicl@tesc não tem capacidade para processar monitores em São Carlos e os envia até uma empresa em São Paulo, quem faz sua desmontagem, desintoxicação e disposição, aumentando assim os custos da operação por conta do pagamento do frete e da contratação dos serviços de disposição. O panorama mudaria se a operação fosse feita pelo próprio Recicl@tesc, pois não só economizaria os custos de frete e limpeza dos monitores, mas também obteria uma receita adicional pela venda do vidro recuperado. Nesse processo de limpeza e desmontagem pode-se recuperar todo o conteúdo vítreo, que representa

aproximadamente até 60% do peso total do monitor, além de outros materiais como polímeros e metais. E esses vidros podem ser utilizados localmente como matéria-prima para a indústria de revestimentos cerâmicos do polo de Santa Gertrudes.

O setor de revestimentos cerâmicos no Brasil cresce de forma consistente desde 2005 e ocupa a segunda posição mundial, tanto em produção como em consumo, menor apenas que a China. O Estado de São Paulo é o maior produtor do Brasil e das Américas, e o polo de Santa Gertrudes representa mais de 50% da produção nacional. Esse polo está localizado a 70 km de São Carlos, na região de Rio Claro, e abrange vários municípios. Além de empresas fabricantes de revestimentos cerâmicos, vários fornecedores de suplementos mantêm atividades na região, em particular fabricantes de fritas, matérias-primas de corantes e esmaltes cerâmicos. Nesse sentido, destinar cacos de vidro reciclados de cinescópios como insumos para fabricação de vidrados e outras matérias-primas alternativas para a indústria de revestimento é uma grande oportunidade de negócio.

O presente projeto busca então construir um equipamento adequado e capacitar o Recicl@tesc para a abertura e desintoxicação de cinescópios provenientes dos monitores descartados pelos campi da USP para sua correta gestão integral. Como grande centro consumidor de Equipamentos Elétricos, a USP visa assim dar um passo além no projeto Recil@tesc e gerar um centro de reciclagem mais sustentável para os resíduos correspondentes.

O princípio da responsabilidade compartilhada do ciclo de vida dos produtos, segundo a Lei 12.305, abrange não só os fabricantes e os titulares de serviços públicos de limpeza, mas também o consumidor ou usuário final. Com o envolvimento na problemática dos monitores CRT, a USP estará atuando de maneira mais global e sustentável para a disposição dos equipamentos eletrônicos que utiliza. No momento ainda não há acordos setoriais entre o Poder Público e os fabricantes para o tratamento e disposição final dos REEE

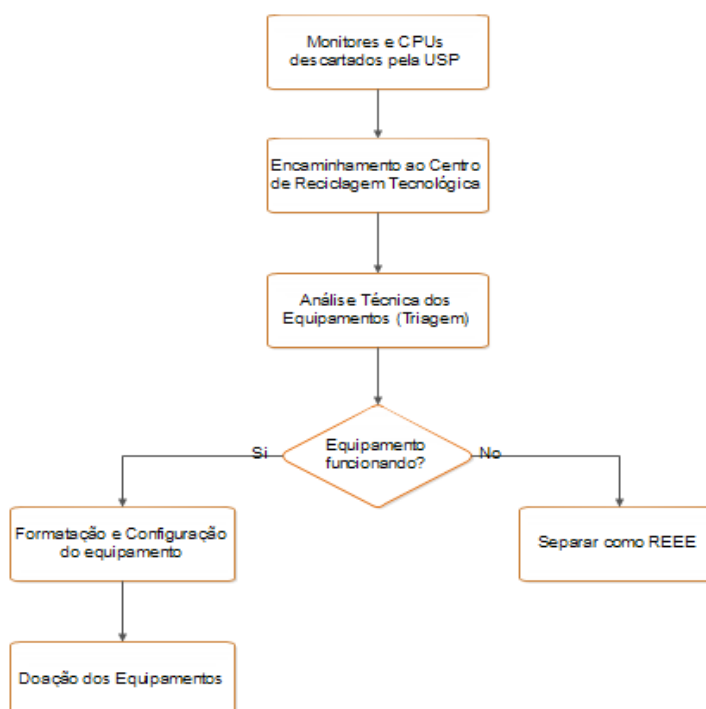
A importância do projeto decorre no aproveitamento integral dos REEE. A reutilização dos materiais recuperados contribui com a diminuição da exploração de recursos e o consumo de matérias-primas naturais. O tratamento e a disposição adequada desses resíduos diminuem os possíveis riscos à saúde e ao meio ambiente. Processos de recuperação e reutilização de resíduos como o proposto neste projeto contribuem para o desenvolvimento sustentável nos Campi da USP, das indústrias envolvidas e da região em geral, pois reconhece na valorização dos REEE, na forma de um resíduo sólido reutilizável e reciclável, um bem econômico e de valor social, gerador de empregos e renda, e promotor de desenvolvimento.

Um aspecto importante do projeto é que com o desenvolvimento de novas tecnologias, o tratamento dos REEE tende a se tornar mais complexo e sofisticado, o que já se observa, por exemplo, com a substituição dos monitores CRT por telas de plasma e LED. Portanto, a capacitação e participação da USP no desenvolvimento e implantação de processos de reciclagem e descarte adequados, capacitando seu entorno e a sociedade com tecnologia, é estratégica para as demandas presentes e futuras de sustentabilidade nesse quesito. A própria USP, com isso, consolida seus setores responsáveis pela gestão e fiscalização da adequada destinação de seus resíduos.

MATERIAIS E METODOS.

As operações no projeto Recicl@tesc funcionam da seguinte forma: inicialmente os monitores e outros equipamentos eletrônicos doados pelos campi da USP do interior do Estado de São Paulo, bem como por pessoas físicas e outras instituições, são transportados até o Centro de Reciclagem Tecnológica. O custo dessa operação é pulverizado e eventual, à cargo do Recicl@atesc e das pessoas ou instituições envolvidas. Após essa etapa, os equipamentos são triados e analisados e, caso estejam funcionando, são remontados e doados a instituições sociais. Se os equipamentos não passarem na etapa de triagem, eles são desmontados e separados como REEE. A Figura 2 apresenta o fluxo do processo do material coletado.

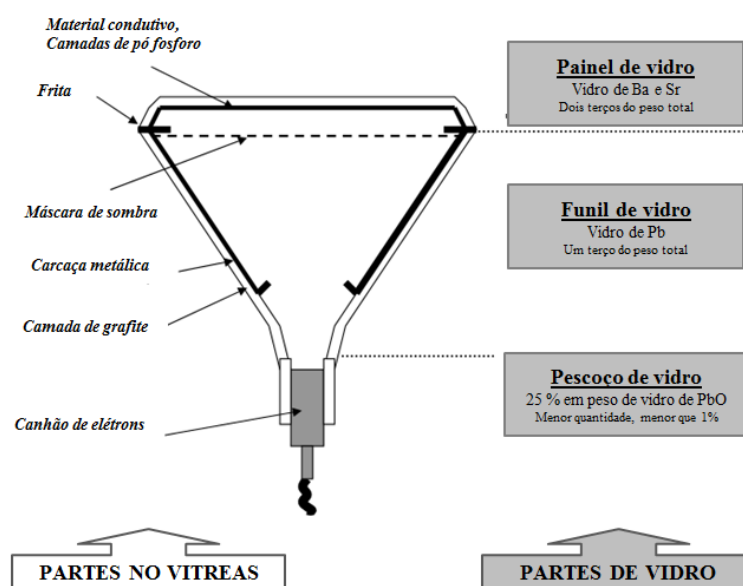
Figura 2 Fluxo de processo da operação dos REEE.



Dentre os REEE que não passam pela etapa de triagem se encontram os monitores descartados, que precisam passar por processos de desmontagem e desintoxicação que atualmente não podem ser realizados no âmbito do próprio Projeto, pois o mesmo não possui um equipamento que consiga realizá-las de acordo com os requerimentos técnicos e de segurança exigidos. Em seguida fazemos uma descrição básica do desenho e funcionamento de tal equipamento.

A máquina é constituída por uma bancada com um compartimento onde se realiza a abertura, separação e limpeza dos vidros do cinescópio. O mecanismo de operação do equipamento é relativamente simples, a ligação dos diferentes vidros do monitor é feita por soldagem de frita de vidro (um pó de vidro moído usado no processo de fabricação do monitor). A figura 3 apresenta o esquema de um cinescópio com suas diferentes partes, as principais sendo a parte onde se forma a imagem, mais plana, denominada painel, e a parte oposta de formato cônico denominada funil. Para separar os vidros é preciso gerar uma trinca e deixar que ela se propague ao redor da zona da ligação até rompê-la e assim separar o painel do funil. Para gerar a trinca é necessário aquecer um fio em contato com a junção de frita até uma temperatura próxima de sua transição vítrea e resfriar essa junção rapidamente, gerando uma contração térmica no vidro que resulta em fratura pela propagação da trinca. Uma vez separado o painel do funil, um aspirador de pó industrial é utilizado para aspirar as camadas de pó fosfórico que cobre a parte interior do painel, coletado em filtros de mangas, para evitar que o material particulado se disperse no ar.

Figura 3. Esquema de um cinescópio com suas partes. ⁷



O equipamento será instalado no Recicl@tesc, em um espaço com as instalações elétricas e técnicas necessárias, e pessoal capacitado para a operação de desmontagem dos monitores. A operação tem três fases: 1) desmontagem do monitor, remoção da carcaça e separação de peças metálicas e poliméricas; 2) desmontagem do cinescópio no equipamento a ser construído, através do aquecimento e trincamento da solda de frita e separação do painel do funil; e 3) aspiração da camada de pó fosfórico.

O equipamento de desmontagem e limpeza de monitores de cinescópios é esquematizado na figura 4, composto por:

- Frame em acrílico, com dimensão suficiente para manipulação de monitores de 22"
- Plataforma giratória manual para facilitar montagem do fio
- Dispositivo para armazenamento e liberação do fio
- Controle de corrente para aquecimento homogêneo do fio
- Sistema de exaustão/filtragem do ar
- Aspirador de pó industrial para sucção do pó fosfórico
- 4 bicos de refrigeração
- Compressor industrial para fornecimento de ar comprimido
- CLP para controle temporizado das fases de aquecimento e resfriamento da peça

O tempo estimado do ciclo de desmontagem, desconsiderados carga e descarga é menor que 1 minuto.

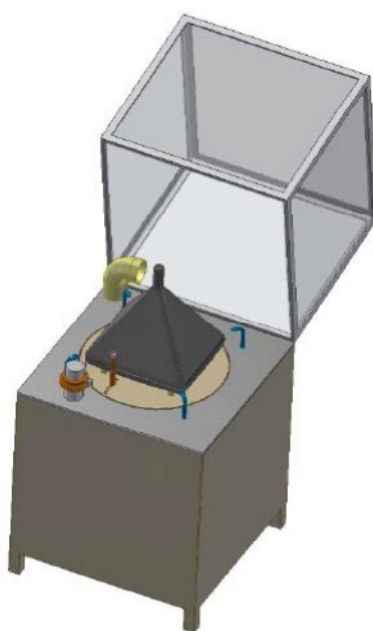


Figura 4. Desenho de uma bancada de desmontagem e limpeza de CRT.

RESULTADOS ESPERADOS.

Na tabela 4 apresenta-se a quantidade de CPU e monitores coletados e tratadas pelo Recicl@tesc durante o ano 2012. Nas entradas está o material encaminhado pela USP e o recebido nos postos de coleta, enquanto o material de saída vai para doação a instituições sociais ou é descartado para sua correta disposição. Tendo em conta esses dados, o projeto visa desmontar e limpar uma quantidade aproximada de 1,60 ton/mês de sucata de monitores somente provenientes dos campi da USP, sem contar os equipamentos recebidos nos postos de coleta. Além disso, no curto prazo busca-se disponibilizar o serviço a outras instituições que precisem de uma correta disposição dos monitores descartados, contribuindo assim para a diminuição do passivo ambiental causado pela falta de alternativas de tratamento desse tipo de resíduo na região. Os custos de operação gerados para disposição na cidade de São Paulo são de aproximadamente de R\$ 1.500,00 por tonelada de monitores descartados. Na tabela 5 mostram-se os valores descritos pelas atividades realizadas. O painel recuperado da separação e limpeza dos monitores poderá ser vendido como caco de vidro para a indústria de fritas e esmaltes cerâmicos, principalmente da região de Rio Claro e Santa Gertrudes. Por sua composição e pela proximidade das indústrias de revestimentos, essa é uma matéria-prima muito requerida. O valor de uma tonelada de caco de vidro no mercado depende de muitas variáveis, de acordo com a indústria que o utiliza, mas um valor médio é de aproximadamente R\$ 200,00 por tonelada. O painel representa dois terços do peso total de um monitor. Um resumo dos valores e as quantidades que o Recicl@tesc processou durante 2012 são apresentados na tabela 6. Sem contar os custos da operação do equipamento, o projeto representará uma economia de mais de R\$ 27.000,00 por ano, além, de mais de R\$ 2.163,00 adicionais por receitas da venda do vidro recuperado e limpo.

Tabela 4. Quantidade de monitores tratados pelo Recicl@tesc no ano 2012.

Material	MONITORES	
	Unidades	kg
Entradas	1.400	19.600
Campi da USP	1.269	17.766
Pontos de coleta	131	1.834
Saídas	1.400	19.600
Doações	112	1.568
Descarte	1.288	18.032

Tabela 5. Custos da operação pela disposição correta dos monitores.

Atividade		Valor Monitor	
	R\$/kg	R\$/kg	R\$/ton
Coleta do REEE	0,04	1,50	1.500,00
Armazenagem	0,47		
Transporte até o centro de triagem	0,16		
Pessoal	0,08		
Triagem do resíduo	0,75		

Tabela 6. Resumo da operação do Recicl@tesc no 2012.

TOTAL DE INGRESSOS	29.211,80	R\$/ano
CUSTOS DE OPERAÇÃO	27.048,00	R\$/ano
Operação	1.500,00	R\$/ton
Monitores descartados	18,0	ton/ano
VENDA DO PAINEL	2.163,80	R\$/ano
Venda do painel	200,00	R\$/ton
Painel recuperado	10,8	ton/ano

Mesmo considerando que a quantidade de monitores de tecnologia CRT seja cada vez menor e que as empresas fabricantes deixaram de produzi-los faz algum tempo, existe um passivo ambiental significativo que deve ser descartado corretamente no médio prazo. Além disso, há uma grande quantidade de equipamentos que ainda estão em funcionamento ou que estão armazenados em desuso nas universidades, escolas, empresas ou lares do Brasil, dos quais não se tem estáticas exatas de monitores. Por isso, estima-se em cinco anos a vida útil de operação do equipamento de desmontagem e limpeza de monitores, podendo se estender por até 10 anos. Mas os benefícios ambientais e sociais a serem obtidos, além da visibilidade do projeto de reaproveitamento de REEE são muito relevantes, contribuindo para o fechamento do ciclo de vida desse tipo de produto. A contribuição ao tratamento e a disposição final dos monitores delinea para a USP um rota a ser seguida para implementação de futuros planos de logística reversa de outros tipos de REEE, não só resíduos tradicionais recicláveis, mas os que ainda demandarão novas tecnologias de reciclagem e descarte, adiantando-se à regulamentação ambiental, além de envolver e trazer benefícios aos setores empresarial e social.

Outros resultados importantes que o projeto traz é a contribuição para a viabilidade econômica e operacional do Recicl@tesc em longo prazo, fornecendo alternativas de reciclagem à cidade, além de criar um valor social importante à missão da USP como promotora de desenvolvimento

ORÇAMENTO.

(Planilhas com lista de itens a serem financiados pela SGA e valores estimados).

Alínea	Descrição	Valor (R\$)
SERVIÇOS TÉCNICOS	Serviço de projeto do equipamento	5.300,00
	Serviço de fabricação e montagem dos módulos que compõem o equipamento	3.540,00
	Programação do módulo de controle do equipamento	1.750,00
	Outros serviços	2.000,00
MATERIAIS	Módulo estrutural Frame em acrílico, com dimensão suficiente para manipulação do monitor. Plataforma giratória manual para facilitar montagem do fio Dispositivo para armazenamento e liberação do fio	6.560,00
	Módulo de exaustão Sistema de exaustão Filtro de ar	1.640,00
	Módulo de aquecimento Fio/resistência de aquecimento Controle de corrente para aquecimento homogêneo do fio	2.950,00
	Módulo de resfriamento Sistema compressor para fornecimento de ar comprimido 4 bicos de refrigeração	2.460,00
	Módulo de aspiração Sistema de aspiração e armazenamento do pó	2.380,00
	Módulo de controle CLP para controle temporizado das fases de aquecimento e resfriamento	2.580,00
	Outros materiais	2.000,00
	ESTÁGIO	Bolsa de estágio para estudante de graduação.
ENSAIOS EXTERNOS	Ensaio de caracterização do material reciclado para aplicações em revestimentos cerâmicos	5.000,00
VISITAS TÉCNICAS	Visitas técnicas a laboratório de ensaios, plantas de fabricação de revestimento e testes de produção	2.000,00
CAPACITAÇÕES	Transporte e matéria para capacitações do pessoal da USP e Recicl@tesc	3.000,00
TOTAL		47.960,00

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Política Nacional de Resíduos Sólidos e Logística Reversa. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Presidência da República do Brasil.
2. H. X. Xavier et al., Aspectos socioambientais e técnicos da gestão de resíduos de equipamentos eletrônicos. Livreto IEE Curso Dezembro 2012, CEDIR, USP.
3. A. M. Calvão et al., O lixo computacional na sociedade contemporânea. Cascavel: I ENINED–Encontro Nacional de Informática e Educação (2009).
4. I. C. Nnorom, O. Osibanjo, M. O. C. Ogwuegbu, Global disposal strategies for waste cathode ray tubes. *Resources Conservation and Recycling* 2011, 55 (3), 275-290.
5. B. D. Silva et al., Resíduos eletroeletrônicos no Brasil. 2007.
6. D. Brandão et al., Projeto Recicl@tesc – Reciclagem Tecnológica de São Carlos (SP, Brasil). Visões e experiências Ibero-americanas de sustentabilidade nas universidades. Nov. 2011. São Carlos, Brasil.
7. F. Méar et al. The characterization of waste cathode-ray tube glass. *Waste management* (New York, N.Y.). *Waste Management* 26, (2006), 1468–1476.