# Ciência aberta,
## questões abertas

**Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT)**

*Diretora do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia*
**Cecília Leite Oliveira**

*Coordenadora de Ensino e Pesquisa, Ciência e Tecnologia da Informação*
**Lena Vania Ribeiro Pinheiro**

*Coordenador de Editoração*
**Ramón Martins Sodoma da Fonseca**

**Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (Unirio)**

*Reitor*
**Luiz Pedro San Gil Jutuca**

*Coordenação de Educação a Distância*
**Giane Moliari Amaral Serra**
**Ludmila dos Santos Guimarães**

# Ciência aberta,
## questões abertas

Sarita Albagli
Maria Lucia Maciel
Alexandre Hannud Abdo
Organizadores

ibict
Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia

UNIRIO

**2015**

**Este obra está licenciado com uma** Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional. http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR

*Tradução*

**Maria Cristina Matos Nogueira**

**Sandra Cristina Possas**

*Copydesk and revisão de texto*

**Cândida Leite Georgopoulos**

**Isabel Vitória Pernambuco de Fraga Rodrigues**

*Normalização de texto*

**Ilce Gonçalves Milet Cavalcanti**

*Capa*

**Adriana Ballesté**

*Assistente de edição*

**Helena Antunes Faia**

---

C569 Ciência aberta, questões abertas / Sarita Albagli, Maria Lucia Maciel e Alexandre Hannud Abdo organizadores. – Brasília: IBICT; Rio de Janeiro: UNIRIO, 2015. 312 p.

ISBN 978-85-7013-108-9
eISBN 978-85-7013-109-6

1. Ciência da informação. 2.Ciência política. 3. Cidadania. 4. Dados científicos. I. Albagli, Sarita. II. Maciel, Maria Lucia. III. Abdo, Alexandre Hannud. IV. Título.

CDD 020

---

IBICT – Instituto Brasileiro de
Informação em Ciência e Tecnologia
SAS, Quadra 5, Bloco H, Lote 6,
70070 – Brasília/DF - Brasil

Unirio – Universidade Federal
do Estado do Rio de Janeiro
Avenida Pasteur, 296 – Urca
22290-240 – Rio de Janeiro/RJ – Brasil

# 8

# Ciência aberta: dos hipertextos aos hiperobjetos

*Rafael Peretti Pezzi*

## INTRODUÇÃO

Participantes do movimento de ciência aberta argumentam que, para que a ciência funcione adequadamente e resulte nos devidos benefícios para toda a população humana, é essencial o livre acesso aos detalhes operacionais da prática científica, tais como caderno científico aberto (*open notebook science*), dados abertos, divulgação dos códigos fontes de programas de computador científicos (*open code manifesto*) e acesso universal às publicações científicas e aos dados correspondentes (*open access*, *Panton Principles*). A tese defendida aqui afirma a existência de elementos adicionais da prática científica que podem ser compartilhados a fim de se atingirem os benefícios presumidos. Estes elementos correspondem ao funcionamento, ao uso e à construção de aparatos científicos, e às ferramentas utilizadas para sua concepção e materialização, ou seja, a documentação de desenvolvimento e uso dos equipamentos científicos e suas aplicações. A disponibilização desta documentação visa fomentar, e em alguns casos até mesmo viabilizar, a reprodução de experimentos científicos, aprimorando os mecanismos de disseminação do conhecimento e suas aplicações. Um dos mecanismos desta disseminação será a utilização e o estudo desses equipamentos no ensino técnico e universitário.

A fim de embasar a sugestão apresentada neste capítulo, traçaremos paralelos entre a infraestrutura livre, que levou ao advento da *World Wide Web* para a criação e comunicação de conteúdo multimídia, e a criação e comunicação de conteúdo que resulte na concepção de elementos materiais — em específico, de instrumentos científicos. Esta analogia é conveniente, pois a WWW surgiu como um conjunto de padrões e ferramentas colocadas em domínio público por um grande laboratório científico[1], a Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear, conhecida como CERN (antigo acrônimo para Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), viabilizando a construção, a publicação e o acesso a hipertextos para fins de otimização da comunicação científica. Isto se mostrou de grande importância, não apenas para a ciência isolada, mas para a sociedade como um todo, levando-nos a uma nova era informacional.

A informática, além de ampliar o acesso a dados, textos e gráficos, permitiu o compartilhamento de códigos para a realização de análises numéricas e simulações científicas. Seguindo esta tendência, podemos pensar no próximo passo da informática como uma infraestrutura que facilite a concepção, o compartilhamento e a fabricação de objetos materiais, tais como aparatos científicos. Com isso, chegaremos à concepção de uma infraestrutura aberta para a construção de hiperobjetos científicos. Tal infraestrutura engloba ferramentas livres para desenho, estudo e fabricação digitais, como CAD (*Computer Aided Design*), CAMs (*Computer Aided Manufacturing*) e máquinas CNC (Controles Numéricos Computadorizados).

Adiante são abordados aspectos conceituais que fundamentam a WWW, tomando o hipertexto como base para a construção do conceito de hiperobjeto. Em seguida são aprofundados os aspectos técnicos e legais que viabilizam hipertextos científicos e mostram

[1] O *software* que impulsiona a WWW foi posto em domínio público pelo CERN em 30 de abril de 1993. Ver http://home.web.cern.ch/about/updates/2013/04/twenty-years-free--open-web. Acesso em: 2 de abril de 2014.

como estes podem ser estendidos para hiperobjetos. Por fim, são propostos elementos de uma infraestrutura ideal para criação, compartilhamento, modificação e materialização de hiperobjetos científicos e suas aplicações.

## Não rivalidade do conhecimento

A não rivalidade é uma das propriedades básicas do conhecimento e de suas representações, efetivamente explorada com sucesso em muitos hipertextos da WWW.

> O termo vem da economia: é rival aquele bem ou recurso cujo uso por alguém impede (ou compete com) o uso por outra pessoa. Os bens materiais são sempre rivais: o meu uso de uma cadeira, uma maçã ou um exemplar de um livro impede (ou compete com) o uso desses mesmos objetos por outra pessoa.
>
> Um bem ou recurso não rival, por sua vez, é aquele que admite usos simultâneos que não competem entre si. [....] como as ideias, os programas de computador, as obras artísticas, científicas e culturais — são, em geral, não rivais. (SIMON, 2008, p. 16)

Esta não rivalidade permite que hiperlinks presentes em hipertextos e seus conteúdos possam ser utilizados simultaneamente por um grande número de pessoas. Ao contrário dos bens e objetos materiais, o conhecimento ou os objetos digitais não requerem uso exclusivo, e sua disponibilidade não é diminuída com o uso. Na prática, seu uso é não rival.

Quando estamos lidando com objetos físicos, tais como instrumentos científicos, seus usos são evidentemente rivais. Duas pessoas não podem utilizar o mesmo instrumento científico para realizar simultaneamente dois experimentos. Entretanto, o conhecimento e as representações digitais relacionados a qualquer objeto físico, como o instrumento científico, são não rivais e podem ser

utilizados para a construção de dois equipamentos similares. A tese apresentada aqui sugere qualificar e sistematizar a organização e a publicação de informações digitais relacionadas aos objetos científicos, a fim de se obter pleno aproveitamento dos seus aspectos não rivais. Este potencial pode ser efetivamente aproveitado não apenas para fins de reprodução e estudo dos instrumentos, mas também para seu desenvolvimento e adaptação. A realização deste potencial está se tornando evidente pelos avanços e redução de custos dos equipamentos de fabricação personalizada, tais como impressoras 3D e máquinas de usinagem de código aberto (PEARCE, 2012). As mesmas características não rivais também são usufruídas por *software* livre científico, geralmente baseado em compiladores e linguagens de programação livres, permitindo o livre compartilhamento dos códigos e seus usos e reusos.

## ECOLOGIA COGNITIVA: DA ORALIDADE AOS HIPEROBJETOS

Ao longo da história, observa-se o advento de novas formas de comunicação: a oralidade, a escrita, a imprensa, a informática. O surgimento de cada uma delas altera profundamente a cultura humana por também alterar as formas de saber e conhecer. No que tange à ciência, os reflexos da escrita até a criação da imprensa já podem ser bem identificados; entretanto, as implicações da informática ainda estão sendo assimiladas (LEVY, 1993; NIELSEN, 2012).

A informática, por meio do maior sistema de hipertexto da atualidade, a *World Wide Web*, e de outros programas de computador, viabilizou um meio de suporte e transmissão de representações do conhecimento que desfruta das propriedades mais próximas àquelas da própria cognição humana, do nosso potencial intelectual: o pensamento, as ideias, a linguagem e a comunicação são fluidas, transformam-se, adaptam-se e se propagam com ou sem

modificações, com naturalidade. Pierre Lévy apresenta o hipertexto como representante da conectividade entre as representações no contexto da era informacional. Além disto, Lévy caracteriza os potenciais das ferramentas de comunicação pelo conceito de ecologia cognitiva:

> O meio ecológico no qual as representações se propagam é composto por dois grandes conjuntos: as mentes humanas e as redes técnicas de armazenamento, de transformação e de transmissão das representações. A aparição de tecnologias intelectuais como a escrita ou a informática transforma o meio no qual se propagam as representações. (LEVY, 1993, p. 84)

É claro que o sucesso da propagação das representações do conhecimento é diretamente dependente de padrões de representação inteligíveis para as partes envolvidas, a exemplo de um idioma: a existência de um idioma comum é o padrão fundamental para a eficiente propagação direta de conhecimento entre indivíduos, por palavras escritas ou faladas. Quando a troca de informação é mediada por instrumentos tais como computadores, padrões digitais que especificam sinais elétricos e codificações binárias devem ser precisamente definidos e implementados, para que as informações sejam trocadas entre máquinas. Além disso, estando a implementação técnica associada a práticas de licenciamento permissivo, estabelecem-se os fundamentos de uma ecologia cognitiva que prima pela disseminação e pelo uso do conhecimento, suas representações, suas aplicações e sua evolução (vide seção *Questões técnicas e legais* deste capítulo). Ou seja, o verdadeiro potencial da ecologia cognitiva da WWW é revelado quando os aspectos técnicos e legais são orquestrados de maneira a permitir novas formas de geração e acesso de informação como, por exemplo, a Wikipédia. Buscaremos então algo semelhante, que possa ser utilizado como referencial para a construção de objetos cujas informações e potencial de

materialização e uso estão organizados e acessíveis de maneira análoga à dos hipertextos – aqui chamados de hiperobjetos.

## Hipertextos

> Hipertexto é o termo que remete a um texto ao qual se agregam outros conjuntos de informação na forma de blocos de textos, palavras, imagens ou sons, cujo acesso se dá através de referências específicas que, no meio digital, são denominadas *hiperlinks*[2], ou simplesmente *links*. Esses *links* ocorrem na forma de identificadores destacados no corpo de texto, ícones gráficos ou imagens e têm a função de interconectar os diversos conjuntos de informação, oferecendo acesso sob demanda às informações que estendem ou complementam o texto principal. (WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre).

Os hiperlinks têm como função "[....] oferece(r) acesso sob demanda às informações[...]". Ou seja, espera-se que o caminho de um hiperlink ofereça acesso às informações desejadas. Caso a informação não esteja disponível ou seja ininteligível, o link pode ser considerado quebrado, sendo então de pouco ou nenhum valor. Se o conteúdo destino estiver codificado de maneira não padronizada, ele não será legível para o usuário. Por outro lado, se estiver disponível sob termos de licenças permissivas — tais como algumas licenças Creative Commons, como é o caso da Wikipédia — o valor do conteúdo é ainda maior para quem o acessa, dadas as possibilidades de reuso.

No que tange à pesquisa científica, a *World Wide Web* teve sua origem na busca por um meio de agilizar a forma na qual informação era compartilhada entre cientistas, ou seja, para dinamizar as

---

[2] Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Hiperliga%C3%A7%C3%A3o . Acesso em 21 jun.2015.

colaborações científicas. Em 1993 o CERN colocou os programas da WWW em domínio público[3] para maximizar a sua disseminação, já que Tim Barners-Lee, líder do projeto, concebeu-o para suprir a demanda de troca de informação entre cientistas, universidades e instituições ao redor do mundo[4].

Aplicando o conceito de ecologia cognitiva ao caso dos hipertextos, não apenas o idioma é necessário para a eficiente propagação das representações: também são fundamentais os padrões adicionais da WWW que devem estar implementados com precisão em editores de hipertextos, servidores web, navegadores e protocolos de comunicação de rede, para que seja possível a navegação pelos hiperlinks, garantindo o "(....) acesso sob demanda às informações que estendem ou complementam o texto". O grande mérito do CERN foi ter criado e integrado elementos básicos necessários para que tal navegação fosse possível e, reconhecendo o seu valor, tê-los lançado publicamente, permitindo a sua adoção universal, tal como acontece com qualquer idioma. Hoje vivemos em uma sociedade altamente conectada, onde o hipertexto é uma representação familiar graças à popularidade da *World Wide Web*.

---

[3] Disponível em: http://home.web.cern.ch/about/updates/2013/04/twenty-years-free--open-web .Acesso em 2 abril 2014.

[4] Neste contexto é fácil perceber que links quebrados em hipertextos são impedimentos ao avanço de uma pesquisa ou de um estudo. Em um artigo científico atual, estes hiperlinks apontam para materiais suplementares, assim como referências bibliográficas – outros artigos científicos – todos fundamentais para a avaliação, validação e reprodução dos objetos de pesquisa do artigo científico. Percebemos então que referências inacessíveis, apontadas por hiperlinks em hipertextos científicos, são indicativas de hipertextos quebrados. Em muitos casos, o hipertexto científico só será válido (sem hiperlinks quebrados) para quem dispõe de assinatura das revistas científicas citadas ou dispõe de recursos para aquisição das referências individuais. A aquisição das referências individuais pode facilmente chegar de centenas a milhares de dólares para cobrir todas as referências de um único artigo científico. Assim, o movimento do acesso aberto pode ser entendido como uma reação natural de uma sociedade que reconhece as vantagens do hipertexto frente ao texto convencional, e considera não apenas frustrante, mas danosa, a existência sistemática de links quebrados nos hipertextos científicos.

## Hiperobjetos

Percebendo que o hipertexto transcendeu o texto nas suas formas de representação de conhecimento, podemos utilizar o conceito para compreender a transformação de objetos em hiperobjetos:

> Hiperobjeto é o termo que remete a um objeto ao qual se agregam ações e/ou conjuntos de informação na forma de blocos de códigos, textos, palavras, imagens, sons, funções e ações, cujo acesso se dá através de referências específicas que, no meio digital, são denominadas hiperlinks, ou simplesmente links. Esses links ocorrem na forma de identificadores destacados no objeto ou em suas representações na forma de textos (tags), ícones gráficos ou imagens, e têm a função de interconectar os diversos conjuntos de informações, oferecendo acesso, sob demanda, às informações que estendem ou complementam o hiperobjeto. (Adaptação de Hipertexto em Wikipédia, a enciclopédia livre).

Com efeito, um objeto pode ser transformado em hiperobjeto pela disponibilização de *hiperlinks* que dinamizam o acesso ao que se conhece ou é relevante saber sobre o objeto em cada contexto. Por exemplo, um eletrodoméstico pode ser considerado um hiperobjeto quando informações tais como um manual de usuário, rede de assistência técnica, lojas de peças e acessórios podem ser facilmente acessados, seja por *hiperlinks* presentes no objeto físico — como códigos de barra, *QR Codes* — ou através de representações digitais interativas como realidade aumentada.

No caso científico e educacional, o interesse reside em hiperobjetos cujos *links* apontam para informações como modelos teóricos, digitais ou matemáticos do objeto, instruções de uso e manutenção, aplicações, códigos e programas de computador e *firmware* (programas embarcados no próprio objeto). Também

podem ser inseridos *hiperlinks* que dão acesso a funções ou ações do objeto, a representações digitais que facilitam a sua materialização, a simulações físicas, mecânicas ou suas transformações. Os hiperobjetos podem conter diferentes níveis de detalhamento, de acordo com o seu objetivo e contexto. As aplicações científicas e educacionais dos hiperobjetos são modelos ideais para estes, em que a omissão e o obscurecimento de informações não são desejados.

## HIPERINSTRUMENTOS NA PRÁTICA

As realizações de hiperinstrumentos, tal como propostas neste texto, requerem a consolidação de aspectos técnicos, legais, e boas práticas que lhes permitam desfrutar das possibilidades não rivais análogas às dos hipertextos. Os modelos de desenvolvimento de software livre e de conteúdo livre, tais como, respectivamente, o Kernel GNU/Linux e a Wikipédia, são os pontos de partida para a construção de hiperobjetos, para os quais os aspectos legais e técnicos ampliam mais ainda as possibilidades de uso, mas agora considerando, também, novas características materiais.

### Questões técnicas e legais

Para garantir sustentabilidade e ampla adoção da ecologia cognitiva dos hiperobjetos, elementos técnicos e legais devem ser satisfeitos. Espera-se, desta ecologia cognitiva, o livre acesso aos conteúdos apontados pelos hiperlinks, e que estes conteúdos, por sua vez, desfrutem das propriedades não rivais do conhecimento, a fim de que possam ser usados, estudados, modificados e distribuídos. Com isto, os hiperobjetos poderão ser moldados e transformados com todo o potencial das ferramentas digitais e das mentes humanas.

### *Formatos de dados, programas de computador e máquinas de fabricação digital*

A ação de navegar pelos hiperobjetos e a ação de transformá-los, mesmo que digitalmente, seja pela criação de novos hiperlinks, seja pela alteração daqueles existentes, requerem que dois aspectos sejam integrados: i) a implementação de padrões abertos para dados em arquivos de computador e protocolos de comunicação; e ii) o uso de ferramentas livres, programas de computador e máquinas de fabricação digital que permitam o acesso e a modificação do conteúdo dos hiperlinks através da interpretação dos arquivos de computador e dos protocolos de comunicação e sua execução/materialização. A respeito da primeira categoria, "Um formato aberto é uma especificação publicada para armazenar dados digitais, mantida geralmente por uma organização de padrões não proprietária, e livre de limitações legais no uso." (WIKIPÉDIA)[5]

Alguns formatos abertos já são bem definidos para textos, materiais multimídia, linguagens de programação, armazenamento de dados e bancos de dados, permitindo o compartilhamento e o uso de boa parte do conteúdo de interesse científico. Entretanto, ainda existe uma grande lacuna nos formatos de dados pertinentes para hiperobjetos que não foram definidos como padrões abertos ou que carecem de validação para aplicações técnicas e científicas de precisão. Entre estes, cabe ressaltar a falta de, ao menos, um formato aberto para descrição de objetos tridimensionais e suas propriedades para fins de estudo, desenho, construção e simulação de instrumentos científicos[6]. A materialização dos objetos em

---

[5] Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Formato_aberto .Acesso em 26 de outubro de 2014.

[6] Existem padrões abertos para objetos 3D como o AMF (Additive Manufacturing File Format) e o X3D, porém suas aplicações para CAD de precisão científica e implementações em programas CAD livres para uso em hiperobjetos ainda está aberta. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/X3D e https://en.wikipedia.org/wiki/Additive_Manufacturing_File_Format . Acesso em 14 out. 2014.

representação digital será tratada a seguir, neste capítulo, na seção sobre Infraestrutura para hiperobjetos.

No que tange aos programas de computador, o seu uso corresponde à parte operacional da metodologia científica realizada por meio de computadores. O uso e a evolução destes programas são fundamentais para o avanço da ciência. O acesso ao código fonte dos programas é, inclusive, considerado, pelos adeptos da ciência aberta, uma premissa para o processo de validação de publicações científicas que deles fazem uso[7].

No mesmo sentido, o CERN, em nota técnica de Tecnologia da Informação elaborada por força tarefa para licenciamento de software, recomenda que:

- sempre que possível, o *software* de propriedade do CERN, no todo ou em parte, deve ser feito disponível como *software* livre;
- todo *software* livre licenciado pelo CERN deve utilizar licenças aprovadas pela Open Source Initiative (OSI)[8].

Seguindo estes princípios, o CERN e o Fermilab — outro laboratório de física de altas energias — contribuem para o desenvolvimento e a manutenção de um sistema operacional e programas de suporte à pesquisa científica, chamado Scientific Linux[9]. Iniciativas semelhantes podem ser encontradas na Nasa (sigla em inglês de National Aeronautics and Space Administration – Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço)[10].

---

[7] Disponível em: http://sciencecodemanifesto.org/ Acesso em 26 de outubro de 2014.

[8] Final Report of the Open Source Software Licence Task Force CERN; CERN-IT-Note-2012-029;Jan, 2012.

[9] Disponível em: https://www.scientificlinux.org/. Acesso em 21 jun. 2015

[10] Disponível em: http://ti.arc.nasa.gov/opensource/ Acesso em 21 jun. 2015. A licença dos programas abertos da NASA não pode ser considerada uma licença de *software* livre pois esta não permite que se faça a integração destes programas com códigos/programas de terceiros.

Por outro lado, também existem meios científicos nos quais tarefas corriqueiras dos cientistas, tais como operações aritméticas, cálculos numéricos, criação de gráficos e edição de texto são realizadas em grande parte por meio de programas proprietários, enquanto existe uma diversidade de programas, livres e de qualidade, disponíveis para os mesmos propósitos. O uso de programas proprietários cria barreiras para que a prática científica se dissemine pela sociedade — por exemplo, limitando o escopo das atividades universitárias de ensino e extensão. Como consequência, o uso de *software* proprietário no meio acadêmico reduz a possibilidade de oferecimento ou relevância de atividades de ensino e extensão que envolvem o treinamento no uso do computador. Assim, a disseminação do conhecimento acadêmico e sua aplicação fora dos grupos de pesquisa, seja em escolas ou comunidades populares, seja em ambiente industrial/tecnológico, fica limitada àqueles que têm acesso aos programas utilizados[11].

### *Licenciamento de hiperobjetos*

Para que se desfrute dos aspectos não rivais dos hiperobjetos de acordo com as habilidades intelectuais humanas associadas às possibilidades das tecnologias digitais é necessário que, além do acesso ao conteúdo destino de cada hiperlink e à disponibilização das ferramentas necessárias para acessá-lo, tenhamos autorização para seu uso, estudo, modificação e distribuição. Para isto, o conteúdo deve estar disponível de acordo com a definição de

[11] Cabe apontar que, infelizmente, muitas vezes o acesso aos programas proprietários se dá por cópias clandestinas, preocupantemente propagando um vício velado no uso indevido de *software* proprietários através da pirataria.

conhecimento aberto[12], a definição de *software* livre[13], e a definição de *hardware* aberto[14], para cada tipo de categoria de informação a ser utilizada.

Atualmente, os aspectos legais são pontos fundamentais da prática científica e educacional. A diversidade de leis e jurisdições resulta em grande dificuldade para cientistas e educadores. Estas misturam elementos de leis de propriedade intelectual que caem em duas categorias: i) direito autoral e ii) propriedade industrial; e merecem esclarecimento.

O primeiro aspecto compreende as obras intelectuais, artísticas, literárias, programas de computador. Elas podem ser categorizadas em licenças de *software* e licenças de conteúdo. Nas últimas décadas, especialistas e organizações têm elucidado formas de licenciamento para as diferentes categorias de licenças, formando um arcabouço legal para a criação de hiperobjetos[15], e tornando inteligível o ecossistema de licenciamento que permite também a remixagem, a combinação de objetos. A tabela 1 apresenta um cronograma temporal das primeiras licenças de *software*, conteúdo e *hardware* abertos e suas autorias.

---

[12] Disponível em: http://opendefinition.org/od/1.1/pt/ Acesso em: 14 de Outubro de 2014.

[13] Disponível em: https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html Acesso em: 14 de Outubro de 2014.

[14] Disponível em: http://www.oshwa.org/definition/portuguese/ Acesso em: 14 de Outubro de 2014.

[15] A Fundação Software Livre (FSF – Free Software Foundation) mantém uma página com comentários a respeito de diversas licenças de *software* e outros tipos de conteúdo em https://www.gnu.org/licenses/license-list.html . Acesso em: 14 de Outubro de 2014.

*Tabela 1* - Cronograma temporal das licenças de *software* livre, conteúdos livres e *hardware* abertos e suas autorias.

| Ano | Alvo da Licença | Nome da Licença | Origem / Autor |
|---|---|---|---|
| 1989 | *Software* livre | *General Public Licence* (GPL) | *Free Software Foundation Richard Stallman* |
| 2002 | Conteúdo em geral | *Creative Commons* | *Creative Commons / Lawrence Lessig* |
| 2007 | *Hardware* aberto | *TAPR Open Hardware Licence* | *Tucson Amateur Packet Radio / John R. Ackermann* |

**Fonte:** Elaboração própria.

As licenças de *software* e conteúdo já fazem parte de ecossistemas cognitivos que integram os aspectos legais e técnicos os quais permitem a sua sustentação, como os exemplos citados da Wikipédia e os sistemas operacionais GNU/Linux. Projetos de *hardware* abertos e livres começaram sendo licenciados com os mesmos tipos de licença que *software* e conteúdo, como o Arduino. Entretanto, como a fabricação de equipamentos está regida pelo regime da propriedade industrial, as licenças de *softwar*e livre e conteúdo, como as Creative Commons, não são inteiramente adequadas para estes. Desta maneira, o *hardware* aberto merece licenças específicas.

### *Licenças de* hardware *aberto*

São recentes as discussões sobre equipamentos (*hardware*) que oferecem a seus usuários a liberdade de uso, estudo, modificação e distribuição — aquelas definidas para o *software* livre. A conversa a respeito do *hardware* aberto se iniciou entre hobistas (ACKERMANN, 2009) e resultou na publicação da Licença de Hardware Aberto TAPR

em 2007[16]. Atualmente o principal mercado de *hardware* aberto é o de amadores e adeptos do *faça você mesmo* (DIY – *do it yourself*). A ciência e a educação constituem iniciativas que podem ser imediatamente beneficiadas com a adoção destes princípios, pois eles estão alinhados com os seus propósitos de avanço e disseminação do conhecimento. Grande impulso foi dado a este movimento com o lançamento da Licença de *Hardware* Aberto do CERN.

### *Hardware aberto do CERN*

Em março de 2011, o CERN lançou a versão 1.0 da Licença de Hardware Aberto do CERN (a última versão, 1.2, publicada em setembro de 2013). No lançamento inicial, a nota pública do CERN informa o seguinte:

> No espírito de disseminação de conhecimento e tecnologia, a Licença de *Hardware* Aberto do *CERN* foi criada para governar o uso, cópia, modificação e distribuição de documentação de desenhos de hardware e a manufatura e distribuição de produtos. A documentação de desenho de hardware inclui diagramas esquemáticos, desenhos, circuitos ou leiaute de placas de circuito, desenhos mecânicos, fluxogramas e textos descritivos, assim como outros materiais explicativos[17].

Atualmente, a Licença de Hardware Aberto do CERN tem sido utilizada para a publicação de diversos instrumentos científicos, educacionais e industriais. Uma boa amostra destes equipamentos e de suas aplicações pode ser encontrada no repositório de *hardware*

---

[16] TARP OHL - Tucson Amateur Packet Radio Open Hardware Licence – Disponível em: http://www.tapr.org/OHL Acesso em 24 Out. 2014.

[17] Disponível em: http://press.web.cern.ch/press-releases/2011/07/cern-launches-open-hardware-initiative Acesso em: 24 Out. 2014.

aberto[18] e nos projetos do Public Laboratory for Open Technology and Science (PLOTS)[19].

## Boas práticas

Além das questões técnicas e legais já apontadas, o sucesso da disseminação dos hiperobjetos depende de elementos práticos que facilitem ou até mesmo permitam a sua utilização: a qualidade da sua documentação. Podemos fazer um paralelo entre a navegabilidade de um website e o seu leiaute, sua organização. O conteúdo pode estar lá, e seu licenciamento pode estar adequado; porém a forma de apresentação do conteúdo e de seus hiperlinks afeta a experiência de alguém que utiliza um sítio na internet. A necessidade de programas especiais para acesso aos elementos que não utilizam os padrões definidos também é impeditivo para o uso adequado do conteúdo. Esta é a razão para a existência de organizações que definem padrões, como o W3C (World Wide Web Consortium), responsável por manter o padrão de linguagem de marcação de hipertexto (HTML – Hypertext Markup Language).

Analogamente, a navegabilidade por um hiperobjeto é afetada pela disposição de hiperlinks, do conteúdo para o qual estes apontam, de como os conteúdos evoluem no tempo, e da facilidade para participação desta evolução. Esta é uma questão de organização e documentação de hiperobjetos — enfim, boas práticas.

Bons exemplos destas boas práticas, que servem de referência, são os projetos de *software*, conteúdo e *hardware* abertos, que utilizam metodologias às quais o conceito de hiperobjeto pode ser imediatamente aplicado, e nos quais até se inspira. Estes projetos comumente utilizam:

---

[18] Disponível em: http://www.ohwr.org – Open Hardware Repository .Acesso em: 24 Out. 2014.

[19] Disponível em: http://publiclab.org/ Acesso em: 31 Março 2015.

- ferramentas abertas de desenvolvimento;
- controle de versão;
- repositórios de acesso público;
- *wikis* de documentação;
- fóruns e listas de *e-mails* para usuários e desenvolvedores;
- sistema de gerenciamento de defeitos (*bugs*).

O desenvolvimento do *kernel* GNU/Linux[20], a Wikipédia[21] e a impressora auto-replicante RepRap[22] são casos exemplares. A familiarização com as ferramentas destas iniciativas para uso e reciclagem de códigos, dados e instrumentos científicos, é de importância crescente para a prática científica. O treinamento científico nas metodologias colaborativas é algo a ser incentivado para as novas gerações de cientistas, engenheiros, técnicos e professores[23]. Para isto, participantes do Centro de Tecnologia Acadêmica da UFRGS criaram e mantêm um modelo padrão para a documentação de projetos, que inclui seções específicas para documentação de desenvolvimento, de uso, além de aplicações educacionais[24].

## Infraestrutura para hiperobjetos

Novas ecologias cognitivas surgem quando os elementos de suporte ao armazenamento, transmissão e processamento de conhecimento e suas representações são adotados por uma massa crítica capaz de utilizá-los e disso beneficiar-se. A infraestrutura da ecologia cognitiva, além de existir, deve estar acessível e ser adaptável

[20] Disponível em: https://www.kernel.org/ Acesso em: 24 Out. 2014.

[21] Disponível em: https://www.wikipedia.org Acesso em: 24 Out. 2014.

[22] Disponível em: http://reprap.org/ Acesso em: 24 Out. 2014.

[23] Destaque para controle de versão com o *git*, textos *wiki* como o MediaWiki, ou similares.

[24] Disponível em: http://cta.if.ufrgs.br/projects/suporte-cta/wiki/Modelo_de_Documentação_Padrão Acesso em: 20 Fev. 2015.

para que possa ser difundida, sustentável e de benefício a toda a humanidade.

Já abordamos o tema da infraestrutura disponibilizada pelo CERN para a criação da WWW: meios que permitem a criação de hipertextos, sua publicação e sua navegação. Em uma abordagem simplificada, podemos considerar que a infraestrutura técnica que viabilizou a ecologia cognitiva do *software* livre foi um editor de texto livre e um compilador de programas de computador também livre, tornando possível o desenvolvimento e a disseminação de códigos de computador que evoluíram para formar o sistema operacional GNU/Linux e muitos de seus programas.

Programas livres são fundamentais para a criação de hiperobjetos livres. Entretanto, por serem intangíveis ou não rivais, não são suficientes para fundamentar a ecologia cognitiva dos hiperobjetos, que incluem a sua materialização através de instrumentos de fabricação personalizada. A um protótipo mínimo da infraestrutura para a criação e navegação de hiperobjetos chamaremos de Bancada de Código Aberto, ou *OpenSourceWorkbench*.

### *Bancada de Código Aberto*

A Bancada de Código Aberto apresentada aqui consiste de um grupo de instrumentos mínimos, de baixo custo, capazes de criar hiperobjetos científicos e educacionais. Essas ferramentas de *hardware* aberto e *software* livre viabilizam fluxos de trabalho desde a concepção conceitual do projeto até a materialização de instrumentos pelas máquinas de fabricação digital[25]. A própria bancada é composta de hiperobjetos.

---

[25] Existe uma iniciativa complementar à Bancada de Código Aberto chamada Replab, iniciado no Open Source Ecology. A bancada de código aberto não compete com o RepLab, pois este visa à concepção de instrumentos mais pesados do que aqueles propostos para a Bancada de Código Aberto. Ambas compartilham valores similares e se complementam. Disponível em: http://opensourceecology.org/wiki/RepLab . Acesso em: 24 Out. 2014.

A bancada de código aberto também visa contribuir para a qualificação educacional, podendo ser utilizada de duas maneiras. A mais direta consiste na sua aplicação para a reprodução de instrumentos científicos e educacionais disponíveis em repositórios *on-line*. Um pacote de arquivos adequados para serem enviados às máquinas de fabricação digital da bancada é obtido da internet, e utilizado para a fabricação das peças do instrumento de interesse, que é então montado e utilizado. A segunda maneira de utilização das máquinas consiste no próprio estudo da máquina e da sua evolução. Professores e estudantes de engenharias, ciências e outras áreas técnicas podem conhecer os elementos básicos das máquinas, as partes mecânicas e sua programação. Em ambos os casos, além de cultivar a curiosidade e o interesse de estudantes de todas as idades, o potencial criativo despertado pela familiarização com a fabricação digital desmistifica o desenvolvimento tecnológico e empodera os indivíduos, que passam de um papel passivo (consumidores de produtos prontos) para o papel de agentes ativos, desenvolvedores da tecnologia.

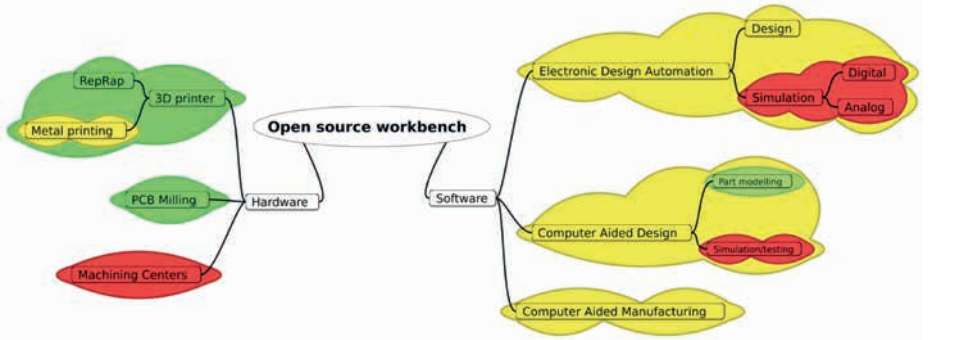
### *Fabricação digital*

*Fabricação digital* ou *fabricação personalizada* consiste na materialização de objetos a partir de desenhos e representações digitais utilizando-se métodos aditivos ou subtrativos de materiais controlados numericamente por computador (CNC), a fim de se obter um objeto físico com as características desejadas. Pode-se citar os seguintes métodos de fabricação digital:

- Fabricação aditiva (impressão 3D)
  - Impressão de termoplásticos (polímeros)
  - Impressão de metais
  - Impressão a partir de pó (cerâmicas e metais)
- Fabricação subtrativa
  - Fresadoras e tornos CNC

- Usinagem por descarga elétrica (Electrical Discharge Machining – EDM)
- Cortadoras a laser e a plasma
- Centros de usinagem

*Figura 1* – Mapa da Bancada de Código Aberto em março de 2015. Verde: disponível como tecnologia aberta; amarelo: projeto aberto em desenvolvimento; vermelho: ferramenta aberta inexistente, ou que carece de elementos importantes para difusão de seu uso (falta de interface amigável ou documentação).




A fabricação digital se tornou popular com o lançamento do projeto RepRap, iniciado em 2004 por Adrian Bowyer, na Inglaterra (JONES et al., 2011) A RepRap iniciou uma linhagem de impressoras 3D de código aberto (CANO, 2011) que se mostraram capazes de reduzir em até 8 vezes o custo de instrumentação científica (PEARCE, 2012), não só demonstrando um novo potencial para a criação de experimentos científicos, mas também ampliando o acesso aos equipamentos de laboratório e facilitando a sua adaptação e manutenção. Os trabalhos de Jones e Pearce (JONES et al., 2011, PEARCE, 2012) demonstram o potencial da fabricação digital para a ecologia cognitiva dos hiperobjetos e suas aplicações para ciência e educação abertas. Entretanto, dadas as limitações das máquinas abertas e de baixo custo disponíveis na atualidade, podemos afirmar que a fabricação

digital de código aberto ainda está na sua infância, mas, dado o entusiasmo de acadêmicos e não acadêmicos, em franco desenvolvimento.

Um dos gargalos da fabricação digital está nas limitações das ferramentas livres disponíveis para o desenho auxiliado por computador (CAD) e para a fabricação de *hardware*, esta praticamente limitada a objetos plásticos. Outra limitação está associada às propriedades físico-químicas e mecânicas das peças de plástico polimérico, pois, para que sejam passíveis de utilização em ambientes mais adversos — por temperatura, pressão ou desgaste — também é necessária a elaboração de instrumentos especializados, utilizando-se outros materiais como metais, minerais e cerâmicas especiais.

Tão importantes quanto equipamentos de fabricação digital de baixo custo são as ferramentas em *software* livre para desenho, visualização, simulação eletrônica, mecânica e geométrica (montagem) das partes e instrumentos a serem construídos com estes aparelhos[26], como apontado pelas regiões amarelas e vermelhas da figura 1.

Um dos elementos mais recentes adicionados ao rol de máquinas de fabricação digital de baixo custo consiste em uma fresadora para placas de circuito impresso (PCI).

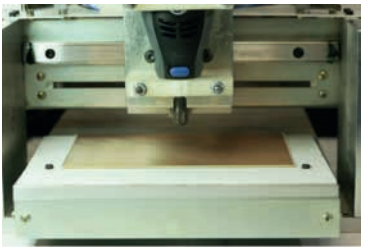
### *Fresadora PCI João-de-barro (Furnarius rufus Milling Machine)*

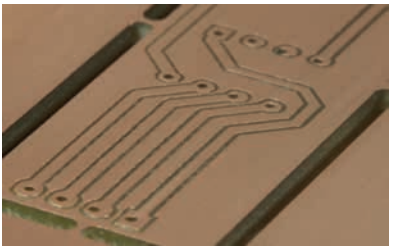
O Centro de Tecnologia Acadêmica do Instituto de Física da UFRGS está atuando no desenvolvimento de elementos da Bancada de Código Aberto. Sua primeira contribuição consiste na concepção de uma máquina aberta para a prototipagem de placas de circuito impresso, a Fresadora PCI João-de-barro, concebida pelo engenheiro

[26] Na verdade, muitas funcionalidades avançadas podem estar implementadas em programas do tipo *software* livre; entretanto a qualidade deste *software* está muito aquém dos equivalentes proprietários, pois carecem de integração, apresentam interfaces de usuário não intuitivas, alta taxa de *bugs*; e são de difícil aprendizado.

Germano Postal. Seu primeiro protótipo funcional foi lançado em setembro de 2014 sob os termos da Licença de Hardware Aberto do CERN v 1.2[27] (ver figura 2). Esta iniciativa busca reduzir o custo e a barreira para a prototipagem de placas de circuito impresso para fins científicos e educacionais através de um instrumento que seja fácil de fabricar e adaptar. O nome do projeto é homenagem ao pássaro João-de-barro (*Furnarius rufus*), que constrói seu ninho com barro, de maneira muito semelhante à das modernas máquinas de fabricação digitais aditivas, como as impressoras 3D.

*Figura 2* – A Fresadora PCI João-de-barro: pronta para usinar (esquerda) e resultado de usinagem para a construção de *shield* gravador de microcontrolador AVR ATtiny para Arduino (direita).





O projeto da Fresadora PCI João-de-barro tem os seguintes objetivos:

- baixo custo (~ US$ 1000) para as peças;
- alta precisão: capaz de prototipar placas de circuitos convencionais (*through-hole*) e circuitos SMD;
- facilidade de montagem: a maioria das partes pode ser montada com furadeira de bancada, corte e dobra de chapas de metal, disponíveis como serviços nos maiores centros urbanos.

[27] Disponível em: http://ohwr.org/cernohl . Acesso em: 24 set. 2014.

### *Documentação do projeto*

A fim de garantir ampla disseminação em uma comunidade de usuários e desenvolvedores, o projeto da Fresadora PCI João-de-barro está sendo documentado em detalhes que incluem informações sobre cada peça da máquina, em formatos para impressão (pdf) e CAD (dxf)[28]. O repositório também contém descrições de como cada peça do primeiro protótipo foi construída. A documentação do projeto pode ser encontrada no *site* do *Centro de Tecnologia Acadêmica*[29]; e sua versão em inglês, para a comunidade internacional, no repositório de *hardware* Aberto do CERN[30]. No momento da elaboração deste texto, o primeiro protótipo da Fresadora PCI João-de-barro havia sido concluído; e o repositório já contém os diagramas de cada parte mecânica da máquina, além de um guia passo-a-passo para a sua utilização, empregando-se exclusivamente *software* livre.

### *Software livre*

A comunidade científica e educacional já faz uso de diversas ferramentas livres para elaboração de textos, imagens e programas de computador, porém carece de programas CAD livres para a elaboração e o compartilhamento de objetos e projetos 3D. Uma infraestrutura digital intangível eficiente se faz necessária para que os empreendimentos científicos e educacionais possam atingir seus objetivos com mais facilidade, através da colaboração para a criação de instrumentos que possam ser compartilhados por todos.

---

[28] Pela ausência de um *software* livre adequado, a fresadora foi projetada em CAD proprietário de baixo custo.

[29] Disponível em: http://cta.if.ufrgs.br/projects/fresadora-pci-joao-de-barro/wiki Acesso em: 24 set. de 2014.

[30] Disponível em: http://www.ohwr.org/projects/fr_pcb_mm/wiki Acesso em: 26 set. 2014.

Abaixo são listados alguns programas CAD de interesse científico, que podem ser divididos em três categorias:

- AEC - Architecture, Engineering and Construction
  - Programas para auxílio de desenho de objetos com duas ou três dimensões, interessantes para arquitetura, engenharia e construção. FreeCAD, LibreCAD, OpenSCAD, BRLCAD são alguns exemplos.
- EDA – Electronic Design Automation
  - Programas para auxílio de desenho de esquemáticos e placas de circuitos eletrônicos. gEDA, KiCAD são alguns exemplos livres.
- CAM - Computer Aided Manufacturing
  - Programas que codificam a representação digital de uma peça concebida a partir de um CAD para o controle de máquinas de manufatura aditiva ou de usinagem. Printrun[31] e FlatCAM[32] são casos de CAMs para impressão 3D e usinagem de placas de circuito impresso, respectivamente.

### *CAD – Desenho auxiliado pelo computador para AEC e EDA*

Existe uma variedade de ferramentas para desenho auxiliado pelo computador (CAD), que estão disponíveis como *software* livre. O objetivo deste trabalho não é o de realizar uma comparação entre diferentes ferramentas[33]: quer-se apenas afirmar que os programas livres para CAD da atualidade carecem de funcionalidades avançadas, comumente encontradas em equivalentes proprietários. Em

[31] Disponível em: http://www.pronterface.com/ Acesso em: 28 Out. 2014.

[32] Disponível em: http://flatcam.org/ Acesso em: 28 Out. 2014.

[33] Existe uma iniciativa aberta na Wikiversidade para a avaliação colaborativa das ferramentas CAD livres existentes e levantamento das funcionalidades essenciais a fim de promover seu desenvolvimento. Disponível em português e inglês em: https://pt.wikiversity.org/wiki/Pesquisa:Ferramentas_livres:Desenvolvimento_de_CAD_Livre Acesso em: 1 set. 2014.

função do hiato existente entre o nível de usabilidade e as funcionalidades das opções livres e das ferramentas proprietárias de CAD, é prática corrente o uso das proprietárias para o desenho de instrumentos científicos, inclusive aqueles considerados *hardware* aberto[34]. Desta maneira, a colaboração aberta e o compartilhamento de desenhos de instrumentos científicos ficam bastante limitados, uma vez que o custo de ferramentas CAD pode alcançar facilmente dezenas de milhares de dólares por licença. Universidades e centros de pesquisas investem anualmente milhões na aquisição de licenças de *software*, recursos que poderiam ser muito melhor direcionados para o desenvolvimento de alternativas livres tornadas disponíveis para todos.

### *Desenho de Circuitos Eletrônicos (EDA)*

Existe uma variedade de *software* livre para o Desenho de Circuitos Eletrônicos (EDA – Electronic Design Automation, em inglês). Uma das opções é o Fritzing, um excelente ponto de partida para iniciantes, pois apresenta uma visão de *protoboard* — no qual as representações dos componentes são idênticas aos próprios, facilitando a familiarização com eletrônica — além das visualizações mais usuais, como esquemático de circuitos, onde os componentes são representados por símbolos, e placa de circuito para construção de trilhas de conexões entre componentes. Entretanto, o Fritzing é bastante limitado para aplicações avançadas. O programa CAD para EDA, ideal para a ecologia cognitiva dos hiperobjetos, deve ter as funcionalidades avançadas, ao mesmo tempo que é fácil de instalar e adequado para iniciantes realizarem seu aprendizado de eletrônica pelo desenho de circuitos simples e sua simulação.

---

[34] Como os desenhos de instrumentação eletrônica do repositório de *hardware* aberto mantido pelo CERN em http://www.ohwr.org . Acesso em: 28 Out. 2014.

A ferramenta CAD mais promissora para EDA avançado da atualidade é o KiCAD. Ele está sendo desenvolvido por uma comunidade de colaboradores, inclusive pesquisadores e desenvolvedores ligados ao CERN, que perceberam a importância de programas livres para a colaboração em desenhos de instrumentos científicos[35].

Uma das funcionalidades importantes ainda inexistentes em CAD e EDA refere-se à possibilidade de conduzir simulações do circuito de forma integrada com a interface do usuário. A simulação permite estimar o comportamento do circuito antes da sua fabricação/prototipagem, reduzindo o tempo de desenvolvimento e o desperdício de materiais.

### *Potencial da Bancada de Código Aberto*

A ciência e a educação compartilham muitos de seus fundamentos. Ambos os esforços objetivam o aperfeiçoamento e a disseminação do saber humano a fim de beneficiar a sociedade. A fronteira entre ciência e educação é bastante tênue. Programas de pós-graduação, de iniciação científica, que envolvem alunos de graduação ou ensino técnico, ou até mesmo iniciativas de ciência cidadã na escola, são exemplos nos quais as duas áreas estão diretamente interligadas.

A adoção de práticas, métodos e ferramentas científicas no contexto educacional é de benefício claro, pois evidencia as aplicações do que é visto em aula e seus desdobramentos. Ferramentas para a criação, navegação e adaptação de hiperinstrumentos científicos podem ser imediatamente aplicadas no contexto educacional. Enriquecem o conceito de Recursos Educacionais Abertos adotado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e

[35] Disponível em: https://giving.web.cern.ch/civicrm/contribute/transact?reset=1&id=6. Acesso em: 28 Out. 2014.

a Cultura (Unesco)[36] em 2002. Recursos Educacionais Abertos são "[...] os materiais de ensino, aprendizagem e investigação em quaisquer suportes, digitais ou outros, que se situem no domínio público ou que tenham sido divulgados sob licença aberta que permite acesso, uso, adaptação e redistribuição[37]".

Acesso à ampla infraestrutura científica não rival também reduz as barreiras para o empreendedorismo, que pode ser inspirado em modelos de negócios baseados em *software* livre: consultoria, suporte, treinamento, desenvolvimento personalizado, assim como modelos de negócio emergentes para *hardware* aberto[38] (RAASCH, 2009, MERKEL, 2012) tornando natural a integração entre ciência, educação e empreendedorismo.

## Hiperinstrumentos científicos e educacionais

Um hiperinstrumento científico ou educacional é um instrumento cujas representações digitais contêm detalhes que facilitem, a qualquer pessoa interessada, aprofundar seus conhecimentos nos diversos aspectos do instrumento, de modo a garantir o seu uso, estudo, reprodução, adaptação e disseminação. Por princípio, informações não são deliberadamente omitidas dos objetos científicos, de forma que os hiperlinks em hiperobjetos podem apontar para teorias, artigos, resultados e suas bases de dados, manuais, casos de uso, repositórios de peças e fornecedores, formas de fabricação, guias de manutenção, wikis, grupos de usuários, ferramentas de

---

[36] A Unesco adotou em 2002 o conceito de Recursos Educacionais Abertos. Disponível em: http://www.unesco.org/new/en/communication-and-information/access-to-knowledge/open-educational-resources/ . Acesso em: 25 out. 2014.

[37] Disponível em: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/WPFD2009/Portuguese_Declaration.html. Acesso em: 25 out. 2014.

[38] Disponível em: http://www.openp2pdesign.org/2011/open-design/business-models-for-open-hardware/ Acesso em: 26 out. 2014.

fabricação. A tabela 2 apresenta uma comparação da utilização de hiperlinks em hipertextos e para hiperobjetos científicos.

*Tabela 2:* Usos típicos de hiperlinks em hipertextos e hiperobjetos científicos.

| | **Hipertextos científicos** | **Hiperobjetos científicos** |
|---|---|---|
| **Hiperlinks para** | • Blocos de textos:<br>  ▪ Referências bibliográficas<br>  ▪ Materiais suplementares<br>• Imagens (gráficos, diagramas, fotos e vídeos)<br>• Programas e códigos científicos<br>• Bancos de dados | • Representações digitais<br>  ▪ Desenhos CAD<br>  ▪ Modelos: STL (3D), *gerber* (2D)<br>• Modelos, teorias e manuais<br>• Programas, firmwares<br>• Repositórios de peças e fornecedores<br>• Instruções de fabricação e montagem<br>• Ferramentas de fabricação<br>• Guias de uso, manutenção e ensino<br>• Grupos de usuários:<br>  ▪ Wikis<br>  ▪ Aplicações |

**Fonte:** Elaboração própria

Os hiperlinks de um hiperobjeto podem ser disponibilizados de diversas maneiras, entre elas:

- textos explicitamente presentes no objeto físico. Exemplo: URL de página *web*;
- códigos identificados por *software* de reconhecimento de imagem;
- mapa de *links* html (*imagemap*) sobre uma ou mais imagens do objeto;
- listas de hiperlinks em páginas html.

### *Exemplos de hiperinstrumentos científicos e educacionais*

Podem ser considerados hiperinstrumentos científicos aqueles que integram o virtual e o não virtual de maneira a facilitar o seu uso, estudo, modificação e distribuição. Existem diversos exemplos de instrumentos de interesse científico e/ou educacional que podem ser considerados hiperobjetos. Aqui serão referidos dois exemplos que contêm elementos de interesse em diversas disciplinas ou campos transdisciplinares: a impressora 3D RepRap da Universidade de Bath e as Estações Meteorológicas Modulares do Centro de Tecnologia Acadêmica IF/UFRGS.

#### ☐ *Impressora 3D RepRap*

A impressora 3D RepRap é um projeto originado em uma escola de engenharia mecânica inglesa da Universidade de Bath (JONES et al., 2011), cujas repercussões vão além da engenharia, atingindo diversos aspectos da ciência e da educação, bem como da economia.

A RepRap é vista como um hiperinstrumento quando percebemos que suas hiperligações permitem seu uso, sua fabricação e sua modificação. A RepRap e suas derivações podem ser utilizadas para a criação de objetos educacionais para crianças, para estudo de geometria, mecânica e programação, assim como para ciência dos materiais. É uma máquina que permite seu aprofundamento em diferentes disciplinas, de acordo com o contexto e interesse de cada um.

#### ☐ *Estações Meteorológicas Modulares de Código Aberto*

O projeto das Estações Meteorológicas Modulares do Centro de Tecnologia Acadêmica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul[39] busca integrar uma rede de monitoramento climático e

[39] Centro de Tecnologia Acadêmica. Disponível em: http://cta.if.ufrgs.br . Acesso em: 28 out. 2014.

ambiental mantida e operada por cidadãos. Porém o objetivo não é apenas o acúmulo de dados coletados por cidadãos[40], mas também promover a educação científica e tecnológica para que a própria construção dos instrumentos, sua programação, manutenção, desenvolvimento e calibração possam ser feitos por cientistas cidadãos.

O projeto desenvolve ações para integrar o cidadão às atividades de iniciação científica e iniciação tecnológica baseadas em tecnologias livres (SILVA, 2014), incluindo-o no processo de medição de grandezas científicas, de compartilhamento de dados e de discussões sobre suas repercussões. Convida cada cidadão a navegar no hiperinstrumento científico e a entender melhor o ambiente em que vive.

Busca-se, com este projeto, a consolidação de um programa de ensino em ciência e em tecnologia baseada em uma ecologia cognitiva, cujas ferramentas são, na medida do atualmente possível, livres para serem usadas, estudadas, modificadas e distribuídas. Neste contexto são oferecidos cursos de introdução à meteorologia, à eletrônica analógica e digital, e programação de microcontroladores, fabricação digital de placas de circuitos eletrônico e peças 3D, além de aquisição, visualização e interpretação de dados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou o conceito de hiperobjeto e a proposta de concepção de instrumentação científica nele baseada. Este conceito visa à criação de uma ecologia cognitiva, que promova a disseminação dos conhecimentos relacionados aos instrumentos

[40] Existem diversas iniciativas cidadãs de monitoramento climático e ambiental tais como http://www.smartcitizen.me/ e http://www.wunderground.com/. Acessos em: 28 de out.2014. A iniciativa do Centro de Tecnologia Acadêmica busca também a educação nos aspectos científicos e tecnológicos dos cidadãos envolvidos na aquisição de dados.

científicos e suas aplicações, fornecendo elementos para a expansão da infraestrutura de criação, construção, disseminação, aplicação e materialização destes objetos. O conceito de hiperobjeto se torna um modelo ideal para aplicação científica e educacional, pois nestas áreas não há razão para omissão ou obscurecimento de informações a respeito de hiperobjetos.

Por fim, é sugerido que uma pequena fração dos investimentos em pesquisa e infraestrutura seja direcionada para suporte e desenvolvimento da infraestrutura dos hiperobjetos, a fim de dinamizar o compartilhamento de informações de projetos e a fabricação de instrumentos científicos, ampliando seu acesso e reduzindo esforços redundantes, assim como custos. Esta infraestrutura também é de grande valor para uma educação alinhada com os princípios da ciência e dos Recursos Educacionais Abertos.

## REFERÊNCIAS

ACKERMANN, John R. Toward open source hardware, 34 U. *Dayton L. Rev*., v. 183, 2009.

CANO, Juan Luis Chulilla. The cambrian explosion of popular 3D printing, *International Journal of Artificial Intelligence and Interactive Multimedia*, v. 1, n. 4. p. 30-32, 2011.

JONES, R.; HAUFE, P.; SELLS, E., IRAVANI, P., OLLIVER, V., PALMER, C., ; BOWYER, A. *RepRap - The Replicating Rapid Prototyper, Robotica*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. v.29, p.177-191.

LÉVY, Pierre. *As tecnologias da inteligência*: o futuro do pensamento na era da informática. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.

MERKEL, Andreas; HOPF, Hendrik; MÜLLER, Egon. Accelerating the innovation process with the help of open source prototyping hardware. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal Of Engineering*, v.10, n.1, 2012.

NIELSEN, Michael. *Reinventing discovery: the new era of networked science*. Princeton: Princeton University Press, 2012.

PEARCE, Joshua M. Building research equipment with free, open-source hardware. *Science,* v. 337, n.6100, p. 1303–1304, 2012.

RAASCH, Christina; HERSTATT, Cornelius; BALKA, Kerstin Balka. On the open design of tangible goods. *R&D Management*, 2009. doi:10.1111/j.1467-9310.2009.00567.x.

SILVA, Renan Bohrer et al. Estações meteorológicas de código aberto: um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. Aceito para publicação na *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 2014.

SIMON, Imre; SAID VIEIRA, Miguel. O rossio não-rival" *In:* PRETTO, Nelson De Luca; SILVEIRA, Sérgio Amadeu da (orgs.). *Além das redes de colaboração*: internet, diversidade cultural e tecnologias do poder.Salvador: EDUFBA, 2008. Disponível em: http://dx.doi.org/10.7476/9788523208899 Acesso em: 20 jun. 2015.