

Design da informação para artefatos computacionais: fluxos e interações

Information design for computational artifacts: flows and interactions

Érico Franco Mineiro, Claudio Freitas de Magalhães

Design da informação, artefatos computacionais, sistemas embarcados

Este artigo tem como objetivo produzir subsídios que auxiliem a compreensão de implicações da difusão de tecnologias computacionais embarcadas sobre práticas de design e de design da informação. Para tanto foi conduzida uma revisão bibliográfica e documental visando caracterizar artefatos com computação embarcada (artefatos computacionais) e evidenciar particularidades de projeto e desenvolvimento destes artefatos. A trajetória tecnológica dos sistemas computacionais embarcados é introduzida com ênfase nos aspectos relacionados à sua difusão. Em seguida os artefatos computacionais são caracterizados em termos de sua estrutura e em termos comparativos com artefatos existentes. Particularidades de projeto e desenvolvimento de artefatos computacionais são evidenciadas e formas típicas de aprendizagem são identificadas, incluindo as comunidades de prática que se formaram em torno desta difusão tecnológica. Por fim, discute-se as implicações desta difusão tecnológica para o design. Sugere-se uma ampliação de escopo e de objeto de estudo e projeto para o design da informação a fim de viabilizar contribuições efetivas para o design de artefatos computacionais.

Information design, computational artifacts, embedded systems

This article aims the production of subsidies that help the understanding of the implications of the diffusion of embedded computational technologies for information design and design practices. In this sense a bibliographic and documental review was conducted to characterize computing artifacts and to highlight particularities of design and development of these artifacts. The technological trajectory of the embedded systems is introduced with emphasis on the processes related to its diffusion. Next, computational artifacts are characterized in terms of their structure and compared with existing artifacts. Particularities of design and development of computational artifacts are evidenced and typical forms of learning are highlighted, including the communities of practice that are formed around these technologies. Finally, implications of this technological diffusion for design are discussed. It is suggested an extension of the scope and the object of study and practices of information design in order to make feasible effective contributions for the design of computational artifacts.

1 Introdução

O advento da difusão do acesso à internet abriu espaço para o surgimento de novas subáreas de prática e de conhecimento. Os sistemas de interação homem-máquina, ajustados ao novo contexto, passaram a ser entendidos como sistemas de interação humano-computador (IHC). Uma terminologia e um conjunto de práticas relacionadas ao design de interfaces (*User Interface design*) e ao design de experiências (*UX design*) passaram a integrar o jargão do design.

Já no início deste século XXI, a difusão de tecnologias para prototipagem e produção de artefatos baseados em sistemas computacionais foi acompanhada de novas inserções terminológicas e novas práticas, como a computação criativa e a computação física, a internet das coisas (*Internet of Things*), os artefatos computacionais vestíveis (*wearables*) ou os projetos que se valem da interoperabilidade baseada em dados sistematizados por programas de terceiros (*APIs, Big Data*).

Na contemporaneidade as subdivisões disciplinares bem conhecidas não parecem resistir à complexidade das práticas de design enquanto a interdisciplinaridade em grupos criativos e mesmo em práticas individuais tem importância crescente.

Neste contexto surge uma multiplicidade de questões para a pesquisa em design, entre as quais cabe perguntar quais seriam as implicações das mudanças tecnológicas recentes para o design e para o design da informação.

Embora estas sejam perguntas pertinentes e presumivelmente necessárias, não há respostas rápidas possíveis. Em parte isto se deve ao fato de que há uma imprevisibilidade inerente à exploração das possibilidades abertas para o design, decorrentes da difusão tecnológica. Em parte, as divisões disciplinares e subdisciplinares do conhecimento coexistem com práticas inter- e transdisciplinares, sendo que nem sempre se estabelece uma relação dialógica entre teoria e prática, relação esta que é ainda mais improvável quando se trata de fenômenos contemporâneos.

Nesse sentido, este artigo tem como objetivo produzir subsídios que auxiliem a compreensão de implicações da difusão de tecnologias computacionais embarcadas sobre práticas de design e de design da informação.

Para tanto foi conduzida uma revisão bibliográfica e documental visando caracterizar artefatos com computação embarcada (artefatos computacionais) e evidenciar particularidades de projeto e desenvolvimento destes artefatos.

Como observaram O'Sullivan e Igoe (2004), ocorre que no projeto destes artefatos computacionais dificilmente o conceito antecede a execução técnica. Isto porque com frequência a aquisição de habilidades e conhecimentos técnicos informa e modifica o conceito. Ideias surgem ao longo do desenvolvimento do projeto, não necessariamente antes.

A segunda seção deste artigo apresenta aspectos da trajetória tecnológica da computação embarcada em artefatos, das suas origens à contemporaneidade, com ênfase nos fatores que facilitaram a difusão destes sistemas.

A terceira seção caracteriza artefatos com computação embarcada. Inicialmente é apresentada uma estrutura genérica destes artefatos que são, em seguida, caracterizados em comparação com outros artefatos e em termos de seus graus de novidade.

Na quarta seção são evidenciadas particularidades de projeto e desenvolvimento dos artefatos computacionais bem como são identificadas formas típicas de aprendizagem técnica necessária ao design destes artefatos, incluindo a aprendizagem pela participação em comunidades de prática e de desenvolvimento aberto.

Por fim, na quinta seção, são discutidas implicações para o design. O design de artefatos computacionais, inerentemente interdisciplinar, é posicionado em relação ao design de produtos eletroeletrônicos e ao design da informação, fica claro que uma aproximação entre as especialidades é desejável, uma vez que nem uma nem outra está pronta para dar conta deste tipo de projeto. Em relação ao design da informação é proposta uma ampliação de escopo e de objeto de projeto e de pesquisa.

2 Trajetória tecnológica e difusão dos sistemas computacionais embarcados

Em 1959, pouco mais de uma década da invenção do transistor, foi introduzida uma nova tecnologia baseada em silício que viria a transformar profundamente os artefatos materiais e a sociedade.

Tipicamente o silício é purificado para a fabricação de transistores, mas se tratado com certas impurezas pode ser usado como material condutor, se modelado e tratado de outra maneira, funciona como um resistor. Diferentes tratamentos levam a funções diferentes do material. Se as diversas partes de um circuito podem ser feitas de um mesmo material, elas podem ser fabricadas em um sólido monolítico (KAPLAN, 2009, p. 79).

Jack Kilb, premiado com o Nobel de física em 2000, é conhecido como o inventor desta tecnologia, conhecida como circuito integrado (chip ou microchip).

Ao fazer todas as partes a partir de um mesmo bloco de material e adicionar o metal necessário para conectá-las na forma de uma camada, não havia mais a necessidade de componentes individuais discretos. Fios e componentes não precisavam mais ser montados manualmente. Os circuitos poderiam ser fabricados menores e o processo produtivo poderia ser automatizado. (NOBEL MEDIA, 2003).

Os circuitos integrados tornaram possíveis calculadoras e relógios digitais, eletrodomésticos programáveis e o que entendemos metaforicamente como o 'cérebro' do computador: o microprocessador.

O que se seguiu foi um fenômeno previsto pela chamada lei de Moore: a densidade de transistores em cada chip crescerá exponencialmente, enquanto o custo se mantém constante.

A previsão de Moore se concretizou, mas um efeito secundário importante recebeu menos atenção: como o preço de microprocessadores de tecnologia de ponta se mantém estável mesmo com os imensos incrementos de desempenho, microprocessadores que não são mais considerados tecnologias de ponta mas que têm grande capacidade de processamento são cada vez mais acessíveis (KUNIAVSKY, 2010).

Um exemplo concreto deste efeito são os processadores ATTiny que alcançam velocidade de processamento equivalente à de um processador de computador da década de 1990 embora custem centavos, consumam muito menos energia e sejam muito menores (*Ibid.*)

Assim três fatores, a redução de custo, a redução dimensional e o incremento de desempenho favorecem aplicações destes microprocessadores em sistemas computacionais embarcados em objetos, artefatos computacionais com propósito específico, ou seja, criados para executar um conjunto limitado de operações pré-definidas.

Estima-se que apenas cerca de 2% dos bilhões de processadores fabricados anualmente são usados em computadores. Mais de 95% dos processadores operam em sistemas embarcados em relógios, televisões, automóveis, aparelhos de telefonia e em diversos outros bens duráveis (BARR e MASSA, 2006).

Sistemas embarcados estão tão presentes no nosso entorno que se criou o termo ‘ubicomputing’, ou ubiquidade computacional para descrever este fenômeno, ou seja, computadores estão em toda parte. A ubiquidade computacional supõe que os computadores são de tal maneira integrados aos ambientes que sequer percebemos que os estamos usando (PREECE, ROGERS e SHARP, 2005).

Os primeiros fabricantes de chips em larga escala desenvolveram além de chips padronizados circuitos customizados para atender a demandas específicas de grandes clientes. Esta prática ainda é adotada em casos específicos que envolvem o desenvolvimento de chips de grande complexidade. Entretanto o custo de um protótipo é muito caro e restrito a demandas de grandes volumes (THOMKE, 2003).

Para além da customização na fábrica, tecnologias programáveis em campo (FPGA) foram desenvolvidas tornando viável a configuração de chips por engenheiros especializados fora da indústria de circuitos integrados.

Como resultado o processo de desenvolvimento de aplicações específicas passou para as mãos das empresas compradoras de chips enquanto que os fornecedores centralizaram seus esforços no desenvolvimento de chips programáveis e plataformas de desenvolvimento (*toolkits*) com as quais custos e tempo de desenvolvimento de aplicações específicas caíram substancialmente (*Ibid.*).

Esta abordagem de criar ferramentas de desenvolvimento e por decorrência transferir parte do processo de projeto para clientes surgiu no setor de fabricação de circuitos integrados com o propósito de minimizar custos e aumentar a efetividade da compreensão de necessidades de clientes (VON HIPPEL, 2001). Ao fornecer ferramentas que facilitam a descoberta das necessidades pelos próprios clientes, estes desenvolvedores externos à indústria de circuitos integrados passam a aprender-fazendo (*learning-by-doing*) sobre como produtos podem atender às suas próprias necessidades.

[...] concentrar as tarefas de design relacionadas a necessidades completamente junto ao usuário elimina a necessidade de alternar a resolução de problemas no vai-e-volta entre usuário e indústria durante os ciclos de tentativa e erro envolvidos no aprender-fazendo. (von HIPPEL, 2001, p. 249).

Inicialmente a abordagem consistia na entrega de ferramentas de customização que permitiam a experimentação pelo cliente seguida do retorno de especificações para a produção de grandes volumes pela indústria. Com o passar do tempo os chips customizáveis e plataformas de desenvolvimento passaram a ser eles próprios produtos fabricados em larga escala pela indústria.

Esta mudança de abordagem fez com que o projetista passasse a ser também, de certo modo, codesenvolvedor dos chips para aplicações específicas por meio da customização de chips fabricados em larga escala (THOMKE, 2003).

2.1 Microprocessadores e microcontroladores

Em paralelo ao desenvolvimento dos microprocessadores o desenvolvimento de microcontroladores foi particularmente importante para os sistemas embarcados.

1 Memórias ROM (Read-Only Memory) são estáveis, ou seja, não se apagam quando um aparelho é desligado; memórias RAM (Random Access Memory) são voláteis, ou seja, se apagam sem suprimento de energia.

Enquanto microprocessadores são dependentes de circuitos externos complexos, de outro lado, microcontroladores usualmente integram um microprocessador, recursos de memória ROM (estável) e RAM (volátil)¹, pinos de entrada e saída (*Input/Output*) e outras funções periféricas em um único chip de pequenas dimensões.

Estes sistemas podem ser tão completos que em alguns casos tudo o que é preciso para criar uma aplicação é adicionar um *software*, ou seja, nestes casos microcontroladores são um sistema completo de *hardware* (HEATH, 2003).

Por outro lado, a integração destes componentes em microcontroladores é acompanhada de redução de desempenho. Enquanto microprocessadores dedicados são adequados para tarefas simultâneas e cálculos complexos (e.g. gerenciamento multimídia), microcontroladores servem a tarefas mais simples, com baixa capacidade de acúmulo de funções.

As grandes empresas desenvolvedoras de microcontroladores têm se empenhado em ultrapassar estas limitações promovendo

avanços em pequenos microcontroladores que ao mesmo tempo consomem pouca energia e dão conta de maior complexidade operacional (KVERNLAND, 2016).

2.2 Difusão das plataformas de prototipagem e desenvolvimento para além dos setores de engenharia das grandes empresas em direção a designers e artistas

A inovação de ruptura recente mais expressiva nesta trajetória tecnológica é o Arduino, mais pela facilidade de uso que proporciona do que por avanços técnicos.

O Arduino pode ser descrito como um sistema aberto (código e *hardware* abertos) que compreende: (1) uma placa para programação de microcontroladores; (2) um *software* que proporciona um ambiente de programação de pequenos programas e a gravação no microcontrolador; e (3) um código pré-gravado no microcontrolador (*bootloader*) que acompanha a placa de desenvolvimento.

A placa é desenhada de modo a facilitar montagens provisórias e contatos com o microcontrolador, ou seja, é uma plataforma de prototipagem de sistemas embarcados simples.

As origens do Arduino remontam a criação do *Processing*, um *software* cujo desenvolvimento teve como objetivo oferecer um ambiente digital de aprendizagem de programação facilitada para artistas e designers, criado por Ben Fry e Casey Reas em 2001 no *MIT Media Lab* (PROCESSING FOUNDATION, 2018).

Em 2003, na Itália, no *Interaction Design Institute Ivrea*, Casey Reas, Massimo Banzi e Hernando Barragán trabalharam no desenvolvimento de um sistema capaz de facilitar a criação de sistemas microcontrolados por artistas e designers.

O *Processing* foi usado como base para a criação deste sistema, cuja primeira versão foi chamada de *Wiring*. Depois de reformulações e desenvolvimento adicional em 2005 foi lançado o primeiro modelo do Arduino (ARDUINO LLC, 2018; BARRAGÁN, 2018).

O Arduino representa um fenômeno que têm conseguido levar uma plataforma de prototipagem e desenvolvimento de artefatos computacionais para além dos setores de engenharia das empresas especializadas em direção ao uso difundido por designers e artistas.

Há diferentes modelos de placas, incluindo variações dimensionais, modelos considerados básicos, outros voltados para aplicações conectadas com a internet (internet das coisas) e outros para aplicações vestíveis (*wearables*).

Além destas placas de desenvolvimento há inúmeras outras. Entre estas as fornecidas pelos próprios fabricantes de microcontroladores, que exigem formação técnica especializada, outras que operam com microprocessadores poderosos e não com microcontroladores, ou seja, são de fato pequenos computadores

(e.g. Raspberry Pi e BeagleBone) e ainda outras derivadas do Arduino, criadas a partir de seu *hardware* aberto.

3 Artefatos computacionais, estrutura e caracterização

Não há uma estrutura única para todos os sistemas embarcados com microcontroladores, mas há uma lógica essencial genérica segundo a qual sensores coletam informações (entradas/*inputs*) que são transmitidas a um microcontrolador que processa estes sinais e encaminha outros sinais (saídas/*outputs*) a atuadores. Esta estrutura genérica é ilustrada na Figura 1.

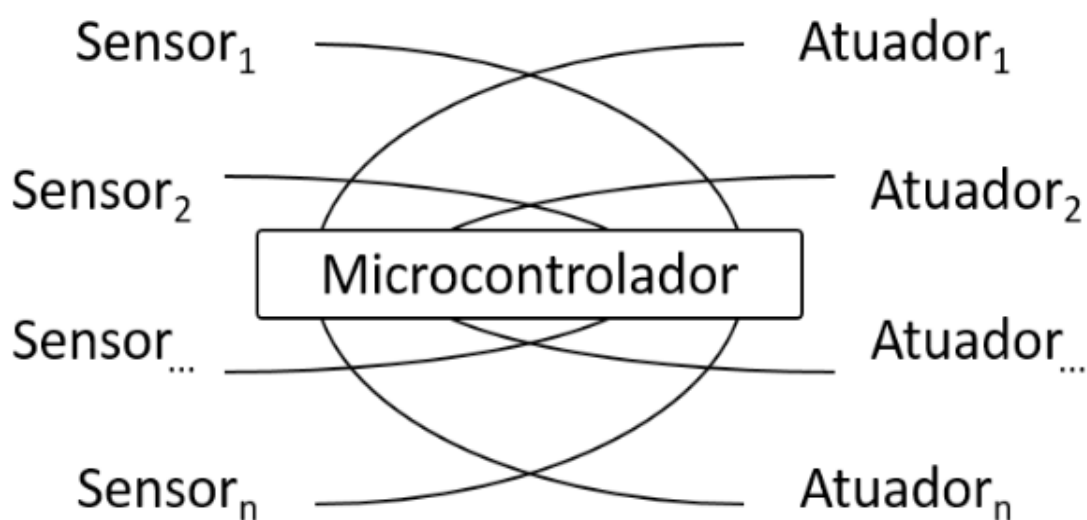


Figura 1 Estrutura genérica de um artefato computacional. Fonte: Elaborado pelos autores.

As entradas e saídas desta estrutura podem ser analógicas ou digitais. O número de sensores e atuadores é limitado apenas pela disponibilidade de pinos de conexão (entradas e saídas I/O) e pela capacidade de processamento e armazenamento de código na memória do microcontrolador.

Em caráter ilustrativo, o Quadro 1 apresenta alguns exemplos de sensores e atuadores comuns.

Sensores	Atuadores
Sensores de luminosidade	Motores (cc, passo, servos)
Sensores de temperatura e umidade	Lâmpadas e LEDs
Sensores de pressão	Displays gráficos e alfanuméricos
Sensores de proximidade e distância	Sinalizadores sonoros
Sensores de movimento	Atuadores termoelétricos
Botões	Válvulas solenoides
(...)	(...)

Quadro 1 Exemplos de sensores e atuadores. Fonte: Elaborado pelos autores.

Além de sensores e atuadores, uma diversidade de outros componentes e circuitos secundários pode ser incorporada em um artefato computacional. Um artefato computacional pode ser conectado com outros em rede, trocar dados via internet e ser acessado por computadores.

As placas de prototipagem e desenvolvimento de artefatos computacionais são plataformas para a experimentação criadas para facilitar montagens provisórias que podem posteriormente ser construídas em placas independentes de circuito impresso.

Um dos aspectos mais interessantes que algumas placas de prototipagem populares têm é que, uma vez programado, o microcontrolador pode ser removido da placa de desenvolvimento e instalado em uma aplicação independente (McROBERTS, 2011).

Em seguida outro microcontrolador pode ser inserido na placa e receber um novo código, ser integrado em uma nova aplicação e assim subsequentemente.

Uma das questões mais instigantes sobre artefatos com computação embarcada diz respeito ao potencial transformador que a computação embarcada pode realizar de fato.

Uma pesquisa realizada sobre sistemas computacionais embarcados em produtos indicou que muitos destes artefatos são produtos já conhecidos melhorados ou com incremento de funções, sem mudanças em sua função primária (MINEIRO, *et al.*, 2012). Os artefatos analisados neste trabalho foram organizados em uma tipologia que compreende quatro categorias.

- _ artefatos que apresentam apenas melhoria de desempenho;
- _ artefatos que apresentam apenas incremento de funções;
- _ artefatos com incrementos de funções e melhorias de desempenho;
- _ artefatos de fato inovadores, que não se encaixam em categorias existentes.

Esta tipologia de artefatos computacionais é exemplificada no Quadro 2.

Grau de novidade	Exemplos de aplicações
Incremento de funções	Eletrodomésticos programáveis
Melhoria de desempenho	Injeção eletrônica de combustíveis
Incremento de funções e melhoria de desempenho	<i>smart TVs</i> e <i>smartphones</i>
Inovações sistêmicas e de ruptura	Artefato computacional vestível que monitora sinais vitais de recém-nascidos; sistemas produto-serviço de monitoramento de corridas com circuitos embarcados em calçados esportivos

Quadro 2 Graus de novidade em artefatos computacionais. Fonte: Elaborado pelos autores.

Diversas outras variáveis podem ser adotadas para caracterizar estes artefatos: se a interface com usuários é física ou digital; se os artefatos são fixos ou móveis, se são isolados ou se comunicam com outros artefatos; se o artefato assume o caráter de um subsistema em rede; se operam com fluxos de informações pela internet ou não.

As redes podem ser fechadas e limitadas a artefatos pré-determinados, (como ocorre com sistemas convencionais de controle remoto) mas também podem vencer barreiras geográficas quando estão conectadas à internet.

Nesse sentido a internet das coisas (*IoT - Internet of Things*) é uma área promissora para artefatos computacionais. Grandes corporações têm se envolvido no desenvolvimento de padrões, produtos e programas para esta área². As propostas de desenvolvimento envolvem aplicações em ambientes residenciais, comerciais e industriais.

As associações de artefatos com sistemas embarcados em rede levantam questões de interoperabilidade que fazem do seu desenvolvimento um desafio mais complexo do que o dos artefatos isolados. Além disso questões relacionadas à segurança e privacidade são apontadas como um desafio a ser enfrentado³.

Esta tipologia de artefatos computacionais corrobora o argumento de Kuniavsky (2010) de que a mera combinação de sistemas computacionais com produtos tradicionais não é suficiente para a criação de um artefato com computação embarcada bem-sucedido.

O caminho para uma contribuição do design para os artefatos computacionais parece estar mais no design de novos sistemas do que em melhorias de desempenho e incrementos de funções.

4 Particularidades de projeto de artefatos computacionais e aprendizagem técnica

O projeto de artefatos computacionais com sistemas embarcados tem sido historicamente uma atividade realizada mais por engenheiros especializados do que por designers (KUNIAVSKY, 2010).

Designers, que não compartilham a mesma formação técnica dos engenheiros, apenas recentemente vêm ganhando acesso às

² ZibBee Alliance
<<http://www.zigbee.org/zigbeealliance/>>.
Acesso em 05 nov. 2018.

³ Internet of Things – Microchip <<https://www.microchip.com/design-centers/internet-of-things>>.
Acesso em 05 nov. 2018.

condições que permitem a experimentação com estas tecnologias e, ao aprender fazendo, podem não apenas ampliar sua compreensão sobre o que é factível (espaço da solução) como também desenvolver uma perspectiva crítica-reflexiva sobre os artefatos com computação embarcada existentes (precedentes).

Além das plataformas criadas para facilitar a prototipagem e o desenvolvimento de artefatos computacionais por designers e artistas algumas particularidades do projeto de artefatos computacionais, em especial a possibilidade de uso de bibliotecas e módulos, favorecem a criação destes artefatos.

Uma biblioteca é um conjunto de código (*software*) que pode ser incluído em um programa e utilizado por meio de chamadas de comandos simples. Em outras palavras, bibliotecas prontas podem ser incluídas em um programa facilitando o uso de códigos complexos pelo usuário, uma vez que estes já foram pré-programados por terceiros.

De maneira análoga os módulos são circuitos eletrônicos (*hardware*) pré-desenvolvidos para facilitar o uso de componentes como sensores, atuadores, registradores de dados (e.g. gravadores de cartões de memória) entre outros.

Bibliotecas e outros módulos pré-desenvolvidos e testados são parte importante de qualquer plataforma de desenvolvimento por usuários (*toolkits*), evitam que usuários tenham que reinventar soluções e permitem o foco nos elementos realmente novos do projeto (THOMKE, 2003; VON HIPPEL, 2001).

Assim, bibliotecas e módulos facilitam a criação de projetos complexos customizados por usuários e constituem parte importante de artefatos computacionais criados por pessoas que não são especialistas técnicos.

A título de exemplo o ambiente de desenvolvimento do Arduino acompanha mais de dez bibliotecas padrão e há dezenas de outras disponíveis na internet para uso imediato. Há também muitos módulos disponíveis que, embora sejam comercializados, com frequência são também projetos abertos e suas configurações estão disponíveis para quem se interessar em construí-los.

Por fim, cabe explorar as formas de aprendizagem técnica mais comuns para o projeto de artefatos computacionais.

A aprendizagem técnica necessária ao projeto de artefatos computacionais é promovida pelos fabricantes de microcontroladores e componentes eletrônicos de formas diversas.

O recurso mais comum talvez seja o das fichas técnicas (*datasheet*) disponibilizadas para cada componente. Estas fichas contêm informações sobre modos de funcionamento e a compatibilidade entre componentes na montagem de circuitos eletrônicos.

Entretanto quando se trata de microcontroladores esse tipo de documento passa a ser mais um material de referência do que de fato um material de estudo. As fichas técnicas de alguns dos

microcontroladores mais simples podem ter mais de 200 páginas de informação em linguagem técnica (e.g. AVR 8-bit Attiny).

Outro formato adotado pelos fabricantes são as notas de aplicação. Notas de aplicação podem ser bastante acessíveis e contêm orientações para projetos ou situações técnicas específicas.

4 e.g. Atmel Community < <http://community.atmel.com/>>; PIClist, < <http://www.piclist.com/>>. Acesso em 05 nov. 2018.

Os fabricantes de microcontroladores ainda disponibilizam outras formas de treinamento, como vídeos e seminários *online*. Os principais fabricantes de microcontroladores mantêm comunidades *online*⁴ com fóruns temáticos e em alguns casos com exemplos de projetos.

No entanto todo este material é direcionado a profissionais da engenharia o que faz com que sejam pouco acessíveis às pessoas que não têm esta formação especializada.

De outro lado a popularização de placas de desenvolvimento (em especial do Arduino) foi acompanhada do crescimento de participações de amadores e hobbistas em comunidades de prática *online*. Estas comunidades de prática funcionam como repositório de conhecimentos técnicos e disponibilizam acesso aberto a centenas de projetos realizados, tutoriais, demonstrações e experimentos.

Como Gershenfeld (2005) observou, o processo de aprendizagem técnica por não-especialistas se dá mais por demanda de conhecimentos do que de maneira programática, em um tipo de modelo educacional '*just-in-time*'.

Naturalmente as comunidades de práticas de desenvolvimento de sistemas embarcados contam com apoio constante de especialistas de disciplinas como as engenharias, ciência da computação e robótica, que falam idiomas decorrentes de suas formações ao mesmo tempo em que tendem enxergar problemas e oportunidades a partir de suas perspectivas disciplinares. É usual que os participantes destas comunidades se mostrem dispostos a contribuir nas mais diversas atividades de desenvolvimento.

Ao assumir uma postura de desenvolvimento aberto, publicando configurações e códigos parciais, muitos desenvolvedores recebem contribuições para o andamento de projetos estagnados por falta de conhecimento técnico.

5 Implicações para o design e para o design da informação

Na última década temos testemunhado a difusão das tecnologias de computação embarcada em artefatos. Esta difusão é marcada pela redução de custos aliada ao desenvolvimento técnico e à redução dimensional dos microcontroladores; pela disponibilidade de plataformas que facilitam prototipagem e desenvolvimento para não especialistas; pela disponibilidade de desenvolvimentos tecnológicos abertos de uso livre (*software e hardware*) e de comunidades de prática que servem como repositórios de conhecimentos e experimentos.

No entanto as potencialidades do design de artefatos computacionais ainda parecem pouco exploradas, embora se esperasse

por um movimento neste sentido. Bürdek (2006), por exemplo, anteviu que o design dos objetos se modificaria de maneira dramática com a introdução dos sistemas embarcados.

Tradicionalmente na prática profissional e nos cursos de design, 'design de eletroeletrônicos' diz respeito ao arranjo espacial de circuitos pré-concebidos e ao design dos gabinetes destes produtos.

A pesquisa apresentada neste artigo indica que é tempo de abraçar as possibilidades abertas pelas facilidades de prototipagem e desenvolvimento de artefatos computacionais com suas plataformas de experimentação de baixo custo, bibliotecas de *software* e módulos de *hardware* e comunidades de prática e de desenvolvimento aberto.

Um engajamento de designers aponta para o aumento da diversidade conceitual de artefatos computacionais, previsivelmente mais conectados com interesses e necessidades reais de usuários do que os artefatos produzidos e reproduzidos pela prática descompromissada de hobbistas que atualmente é preponderante fora do contexto industrial.

Já o design da informação encontra seu objeto de estudo e de projeto em artefatos e sistemas informacionais. Tipicamente estes objetos têm caráter gráfico e podem ser estáticos, dinâmicos ou interativos.

São objetos recorrentes do design da informação os diagramas e esquemas gráficos, infográficos, símbolos gráficos, sequências pictóricas de procedimentos, sistemas de sinalização e outros sistemas informacionais.

A inserção dos artefatos computacionais como objeto de design da informação implicaria em uma ampliação de escopo, que parte da configuração de modelos estáveis em direção à criação de condições que viabilizem fluxos informacionais e interações únicas.

A aproximação entre especialidades do design é desejável, uma vez que em tese nem o design de eletroeletrônicos, nem o design da informação estão prontos para dar conta do projeto de artefatos computacionais.

Nesse sentido o design da informação pode ter um papel de apoio, contribuindo com projetos discretos de símbolos gráficos em interfaces ou com a elaboração de sequências pictóricas de procedimentos, por exemplo.

Em uma participação expandida, ao lado de outras especialidades, práticas de design da informação poderiam contribuir para a criação de sistemas informacionais completos, que considerem as interações abstratas e gráficas.

Contudo o papel mais significativo do design da informação na concepção de artefatos computacionais seria um protagonismo na concepção de fluxos informacionais amplos, que considerem não somente as informações gráficas e alfanuméricas, mas aquelas processadas como entradas e saídas analógicas nas interações com os artefatos computacionais, em termos de suas dinâmicas e respostas.

A competência em design de artefatos computacionais talvez se complete ao se assumir a criação da experiência dos usuários

como objeto de design. Para isto o escopo do design, ou do design da informação, deve abranger inclusive as possibilidades propositivas de sistemas de artefatos (físicos, computacionais ou digitais) e uma perspectiva ampla de interação humano-sistema.

Como foi colocado no início deste artigo, a imprevisibilidade inerente à exploração de novas tecnologias pelo design e as dificuldades dialógicas entre teoria e prática impedem que se esgote as possibilidades prospectivas. Contudo são as escolhas dos designers em suas atividades práticas e de pesquisa que determinarão se estes artefatos computacionais serão de fato assumidos como objetos de design e se o design será capaz de dar suas melhores contribuições ao avanço destes artefatos que, certamente, não seriam meramente artefatos técnicos.

Referências

- ARDUINO LLC. 2018. Arduino. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 05 nov. 2018.
- BARR, M.; MASSA, A. 2006. Programming Embedded Systems. 2. ed. Sebastopol: O'Reilly Media.
- BARRAGÁN, H. 2018. The Untold History of Arduino. Disponível em: <<https://arduinhistory.github.io/>>. Acesso em: 05 nov. 2018.
- BÜRDEK, B. E. 2006. História, Teoria e Prática do Design de Produtos. São Paulo: Edgard Blücher.
- GERSHENFELD, N. 2005. FAB: the coming revolution on your desktop. New York: Basic Books.
- HEATH, S. 2003. Embedded Systems Design. 2. ed. Oxford: Newnes - Elsevier Science.
- KUNIAVSKY, M. 2010. Smart Things: ubiquitous computing user experience design. Massachusetts: Elsevier.
- KVERNLAND, R. S. 2016. Small but Mighty: the tiny microcontrollers that shall prevail. Atmel Corporation.
- MCRBERTS, M. 2011. Arduino Básico. São Paulo: Novatec, 2011.
- MINEIRO, É. F. et al. 2012. Design e Desenvolvimento de Produtos com Software Embarcado: tipologia de produtos e implicações em projetos. 10^o Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. São Luis: ED UFMA. 1462-1471.
- NOBEL MEDIA. Nobelprize.org. 2003. The History of the Integrated Circuit. Disponível em: <http://www.nobelprize.org/educational/physics/integrated_circuit/history/>. Acesso em: 29 abr. 2016.
- O'SULLIVAN, D.; IGOE, T. 2004. Physical Computing: sensing and controlling the physical world with computers. Boston: Thomson.
- PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. 2005. Design de Interação: além da interação homem-computador. Porto Alegre: Bookman.
- PROCESSING FOUNDATION. 2018. Processing. Disponível em: <<https://processing.org/>>. Acesso em: 5 nov. 2018.
- THOMKE, S. 2003. Experimentation Matters: unlocking the potential of new technologies for innovation. Massachusetts: Harvard Business School Press.
- VON HIPPEL, E. User Toolkits for Innovation. The Journal of Product Innovation Management, v. 18, p. 247-257, 2001.

Sobre os autores

Érico Franco Mineiro

ericomineiro@ufmg.br

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Departamento de Tecnologia do Design, da Arquitetura e do Urbanismo

Claudio Freitas de Magalhães

claudio-design@puc-rio.br

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)

Departamento de Artes & Design

Artigo recebido em 06/11/2018

Artigo aceito em 14/01/2019