

## A relação entre ciência e tecnologia a partir de três modelos teóricos distintos

Gilmar Evandro Szczepanik

cienciamaluca@yahoo.com.br

Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (Unicentro), Guarapuava, Brasil

**Resumo:** Este artigo tem por objetivo explorar as possíveis relações estabelecidas entre ciência e a tecnologia a partir de três modelos teóricos distintos. O primeiro modelo teórico é chamado de hierárquico e pressupõe uma relação de subordinação entre ciência e a tecnologia. O segundo modelo é denominado de não hierárquico e sustenta que ciência e a tecnologia se encontram fundidas de tal modo que não faz mais sentido tentar entendê-las separadamente. Por fim, o terceiro modelo teórico designado de emancipatório explora alguns elementos que permitem compreender a ciência e a tecnologia ainda como atividades distintas, embora possam trabalhar conjuntamente algumas vezes.

**Palavras-chave:** ciência; tecnologia; modelo hierárquico; modelo não hierárquico; modelo emancipatório.

**Abstract:** This paper aims to understand the possible relations between science and technology from three different theoretical models. The first theoretical model is called hierarchical and implies a subordinate relationship between science and technology. The second model is called non-hierarchical and argues that science and technology are fused so that it makes more sense to try to understand them separately. Finally, the third theoretical model is called emancipatory and explores some elements that allow us to understand science and technology as separate activities, although they may sometimes work together.

**Keywords:** science; technology; hierarchical model; non-hierarchical model; emancipatory model.

A consolidação da filosofia da tecnologia<sup>1</sup> como um ramo específico dentro filosofia<sup>2</sup>, além de possibilitar a investigação sistemática de problemas específicos e fornecer uma vasta bibliografia<sup>3</sup> sobre os diferentes assuntos em forma de artigos, teses e livros, permitiu compreender melhor a amplitude e a complexidade que permeiam a tecnologia. Esse processo de reestruturação e/ou revisão filosófica produzido pelo desenvolvimento da filosofia da tecnologia produziu implicações também na forma como os filósofos profissionais avaliam e entendem a relação entre a ciência e a tecnologia. Neste trabalho apresentaremos as possíveis relações que a ciência e a tecnologia estabelecem a partir de três modelos<sup>4</sup> distintos, buscando compreender quais são os elementos que estão envolvidos quando somos levados a pensar sobre ambas as áreas.

### 1. O MODELO HIERÁRQUICO DA RELAÇÃO ENTRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Ana Cuevas (CUEVAS, 2005) apresenta de forma bastante esclarecedora aquilo que ela denomina de um modelo hierárquico da relação entre ciência e tecnologia. Tal modelo encontra-se muito difundido no senso comum e é constantemente invocado para explicar e caracterizar a relação entre essas duas áreas. Conforme esse modelo:

Há uma relação de subordinação entre a ciência e a tecnologia. Sem o desenvolvimento de uma área não há a possibilidade de desenvolvimento de outra. Há duas versões diferentes: uma mantém que a tecnologia é o resultado da aplicação do conhecimento científico. A outra assegura que sem uma infraestrutura

tecnológica especial não há conhecimento científico (Cuevas 2005: 3).

Analisaremos primeiramente as implicações contidas no modelo hierárquico onde a ciência antecede à tecnologia, indo para tanto além do material oferecido no texto de Cuevas.

Um dos principais argumentos em prol desta visão é apresentado por Bunge (BUNGE, 1966) em um artigo chamado *Technology as Applied Science*, no qual ele entende a tecnologia como um vasto campo que utiliza os conhecimentos científicos com a finalidade de controlar as coisas ou os processos naturais. Nessa abordagem a tecnologia é compreendida essencialmente como o resultado de um processo científico, uma espécie de materialização da própria ciência. Assim, o desenvolvimento tecnológico e a criação de novos artefatos e dispositivos é precedida por um intenso período de análises, pesquisas e testes científicos. Visto dessa forma, há uma relação de dependência entre ciência e tecnologia. Neste caso, para haver avanços e progressos tecnológicos é preciso investir prioritariamente em ciência. Entendido dessa forma, o desenvolvimento científico apresenta-se como condição de possibilidade para o avanço tecnológico. Assim, quando a ciência precede à tecnologia, somos levados a caracterizar a tecnologia como ciência aplicada<sup>5</sup>.

A concepção de tecnologia como ciência aplicada começou a ser questionada à medida que os estudos sobre a filosofia da tecnologia foram se disseminando e novas abordagens foram sendo dadas a esse tema. Teóricos da história da tecnologia como Petroski (PETROSKI, 1994) e Inkster (INKSTER, 2009) nos oferecem numerosos exemplos de artefatos tecnológicos que foram desenvolvidos sem a fundamentação de um conhecimento científico. Essa temática também é enfatizada pelo filósofo da tecnologia Dusek (DUSEK, 2009) – um dos primeiros teóricos da área traduzido para o português – na seguinte passagem:

A tecnologia moderna é empreendida primariamente pelos que têm um histórico científico e dentro de uma estrutura da ciência moderna, mas muitas das invenções são produtos do acaso ou de ensaio e erro, não uma aplicação direta da teoria científica para a obtenção de um objetivo pressuposto. O vidro de segurança foi descoberto quando uma solução química caiu em um pedaço de aparelho laboratorial de vidro; o vidro caiu por acidente no chão e não se quebrou. A penicilina foi descoberta quando uma cultura de bactérias foi acidentalmente contaminada por bolor. A cromatografia por papel foi descoberta quando uma cientista derramou acidentalmente uma substância química em um filtro de papel e esta se dividiu em dois componentes enquanto embebia o papel. (DUSEK, 2009, p.51,52)

Vários filósofos problematizam e contestam a subordinação da tecnologia à ciência, pois perguntam: o que significa “ciência aplicada”? Será uma espécie de conversão do conhecimento teórico em artefatos técnicos passíveis de serem manipulados? Como é possível efetuar a correspondência entre os enunciados teóricos das teorias científicas e os objetos do mundo real?

Mitcham<sup>6</sup> (MITCHAM, 1994), por exemplo, argumenta que há várias ideias tecnológicas que não são derivadas da química, da física ou da biologia, mas que surgiram da engenharia civil, da engenharia elétrica, da engenharia mecânica e da engenharia industrial. Mas é no livro *Philosophy and technology: Readings in the Philosophical Problems of Technology*<sup>7</sup> que encontramos bons argumentos contrários ao entendimento de tecnologia como ciência aplicada. Reconstruiremos brevemente as justificativas apresentadas por Feibleman (FEIBLEMAN, 1983), Skolimowski (SKOLIMOWSKI, 1983) e Jarvie (JARVIE, 1983) a respeito da irredutibilidade da tecnologia à ciência aplicada.

Feibleman, por exemplo, apresenta três argumentos contrários à caracterização da tecnologia como ciência aplicada. O primeiro deles refere-se ao aspecto temporal, pois, segundo ele, inúmeras teorias científicas somente demonstram alguma aplicabilidade prática depois de alguns séculos de terem sido descobertas. Ao longo da história da ciência é possível observar que várias teorias científicas não tiveram uma aplicabilidade imediata em áreas tecnológicas, nem foram utilizadas diretamente para a construção de um artefato tecnológico. Muitas teorias científicas permaneceram distantes dos laboratórios tecnológicos e ficaram esquecidas por longos períodos de tempo. Acrescente-se a isso o fato de que no momento da criação de uma teoria científica amiúde não há o desejo ou a motivação para desenvolver um dispositivo funcional. A motivação inicial pode girar apenas em torno de dar conta do problema teórico em questão. Em segundo lugar, algumas teorias científicas são *demasiadamente abstratas* e necessitam de teorias intermediárias para que possam ser colocadas em prática, isto é, é preciso construir teorias e procedimentos alternativos que sejam capazes de estabelecer uma mediação entre conceitos teóricos

idealizados e a prática ordinária de um laboratório. Em outras palavras, é preciso converter os princípios científicos abstratos em mecanismos funcionais e isso não é uma tarefa simples, nem pode ser realizada por qualquer indivíduo ou em qualquer espaço. Assim, entre a descoberta do Bóson de Higgs – também conhecida popularmente como a “partícula de Deus” – até a utilização funcional eficiente desta partícula em algum dispositivo tecnológico há um longo caminho a ser percorrido – se é que há algum – e, na maioria das vezes, os cientistas não conseguem prever qual será esta aplicabilidade. Raramente, os cientistas acompanham o processo até a fase final na qual é realizada a conversão. Ao longo desta trajetória o cientista é “substituído” – ou abdica da caminhada por vontade própria – por outros profissionais que se sentem mais preparados ou mais motivados para lidarem com o elemento em questão. Por fim, Feibleman identifica que a ciência aplicada e a tecnologia têm pontos de partida distintos, isto é, a ciência aplicada parte de elementos teóricos e busca aplicações práticas enquanto que a tecnologia parece fazer o caminho contrário, pois suas investigações iniciam a partir da identificação de problemas práticos.

Assim como Feibleman, o filósofo polonês Skolimowski também acredita ser errôneo considerar a tecnologia uma ciência aplicada. Segundo Skolimowski (em MITCHAM e MACKEY, 1983, p.44) “na ciência nós *investigamos* a realidade que nos é dada; na tecnologia, nós *criamos* uma realidade de acordo com nossos desejos”. Enquanto que a ciência tem o objetivo de conhecer o que há no mundo, a tecnologia tem a possibilidade de criar novos elementos de acordo com os nossos desejos e as nossas necessidades. Mas Skolimowski, diferentemente de Feibleman, adota a noção de progresso para evitar o reducionismo da tecnologia à ciência aplicada, pois, para ele, o progresso tecnológico não é originalmente um problema cognitivo, mas um problema técnico. Nesse sentido, para o filósofo polonês os critérios utilizados para avaliar o progresso científico (como por exemplo, teorias verdadeiras ou aproximadamente verdadeiras, melhores teorias, teorias mais simples ou mais universais, teorias com maior poder preditivo ou com maior poder explicativo) são insuficientes para explicar de modo satisfatório o progresso tecnológico.

A tecnologia, por sua vez, apresenta critérios distintos como, por exemplo, maior durabilidade, maior praticidade, melhor performance, menor custo, satisfação estética e conforto, etc., que, por sua vez, não são derivados da ciência nem podem ser diretamente extraídos dos critérios científicos. Resumidamente, poderíamos dizer que enquanto a tecnologia toma como principal critério o ideal de eficiência, a ciência tem seus próprios critérios epistêmicos para avaliar e legitimar sua atividade. Skolimowski (ibidem) reconhece que há vários *links* entre ciência e tecnologia, mas afirma que é preciso reconhecer a complexidade da metodologia tecnológica e dar autonomia para evitar a estagnação deste campo de investigação.

O filósofo da tecnologia e antropólogo Jarvie (In: MITCHAM e MACKEY, 1983) segue os argumentos apresentados por Feibleman e por Skolimowski segundo os quais a tecnologia não pode ser identificada simplesmente como ciência, possuindo uma filosofia e uma metodologia específica<sup>8</sup>. Para Jarvie, os filósofos da ciência têm desdenhado a tecnologia apesar de nós estarmos vivendo na idade da tecnologia e não na idade da ciência. Segundo o autor, a idade da ciência se deu na Grécia Antiga e na sociedade europeia dos séculos XVII e XVIII. Nesses períodos, os cientistas tinham grande respeito e prestígio social devido às suas grandes ideias e suas descobertas revolucionárias. No entanto, hoje estamos inseridos em uma idade tecnológica na qual os artefatos e os dispositivos são considerados mais importantes do que as descobertas científicas. Jarvie caracteriza a tecnologia como o “conhecimento do que funciona”, como uma atividade prática capaz de condensar e sintetizar o conhecimento teórico (*know that*) e o conhecimento prático (*know how*).

Assim compreendido, o conhecimento tecnológico tem como princípio regulativo o ideal da eficiência, enquanto que o conhecimento científico segue padrões cognitivos relacionados à verdade, à adequação empírica, à simplicidade, etc. Assim, a independência epistêmica da tecnologia é corroborada a partir da constatação de que a veracidade de uma teoria não implica necessariamente em um bom funcionamento dos artefatos. Além do mais, muitos artefatos são construídos ou empregados utilizando-se teorias científicas que já foram superadas. Para exemplificar que a eficiência não tem um vínculo necessário com a verdade, Jarvie (JARVIE, 1983b, p.55) menciona que a mecânica celestial newtoniana é ainda eficaz enquanto instrumento de navegação, embora cientificamente esteja superada pela mecânica relativista de Einstein.

Como temos visto até aqui, intuitivamente pode parecer simples compreender a tecnologia como ciência aplicada, mas esta postura é problemática, pois muitas vezes não fica claro como converter uma



descoberta científica em um dispositivo tecnológico. Da mesma forma, ao observarmos um artefato tecnológico não somos capazes de identificar quais teorias científicas foram utilizadas para desenvolvê-lo. Perguntas do tipo: “como utilizar a ciência para produzir novas tecnologias?” ou “como transformar teorias científicas em artefatos tecnológicos?” não são facilmente respondidas. Cuevas observa que “não há explicação a respeito de como uma nova descoberta científica é transformada em um novo artefato tecnológico. É, de fato, muito difícil explicar como uma lei científica idealizada pode ser usada em uma situação tecnológica específica” (CUEVAS, 2005, p.5).

No entanto, a crítica a concepção de tecnologia como ciência aplicada não nos permite negar a existência de vínculos e/ou influências entre essas duas áreas. Da mesma forma, não se busca negar a possibilidade de haver ciência aplicada, mas apenas apontar que a tentativa de definir e caracterizar a tecnologia meramente como ciência aplicada nos parece ser enganosa e inadequada.

Por outro lado, o modelo hierárquico também pode ser compreendido em uma direção oposta àquela apresentada até aqui. Segundo essa nova concepção, a tecnologia não é o resultado da ciência, mas é compreendida como um elemento indispensável que antecede a própria prática científica. Ao invés da tecnologia ser concebida como a última etapa do processo científico, ela passa a ser interpretada como um elemento básico e inicial que condiciona toda a atividade científica. Apresentaremos resumidamente a abordagem de alguns filósofos que defendem que a tecnologia precede e, ao mesmo tempo, potencializa a prática científica.

Cuevas cita o famoso historiador Derek de Solla Prince, que enfatizou a dependência da ciência com relação à tecnologia, desde seus primórdios. Conforme esse autor,

[...] o padrão dominante da interação ciência/tecnologia resulta ser que ambas, a inovação científica e a tecnológica podem proceder da mesma invenção adventícia de um novo instrumento. Na ciência, o resultado típico de uma dessas mudanças grandes é a irrupção ou a mudança de um paradigma. Na tecnologia, temos uma inovação significativa, e a possibilidade de produtos que não estavam à venda [ainda] no ano passado.” (PRICE1984, p.15, In: CUEVAS, 2005, p. 5)

Pitt (PITT, 2000, 2009, 2010, 2011) – professor do departamento de filosofia do Instituto Politécnico da Virgínia e estudioso da história e filosofia da ciência e da tecnologia – trabalha com a noção de “infraestrutura tecnológica da ciência”. De acordo com essa noção, a atividade científica contemporânea é totalmente dependente dos mecanismos, artefatos e instrumentos fornecidos pela tecnologia. Sem esses recursos, a atividade científica estaria comprometida e os cientistas não teriam condições de chegar a resultados muito expressivos. Para que um cientista conduza suas pesquisas de um modo satisfatório, ele geralmente precisa do auxílio de um laboratório e este deve estar equipado com os instrumentos adequados. Em geral, observa Pitt (Cf. PITT, 2010), a ciência moderna conta com uma vasta e variada estrutura tecnológica para realizar suas investigações. Para corroborar esse argumento, podemos lembrar a decisiva sustentação que alguns instrumentos, como os aceleradores de partículas, os telescópios atômicos, os microscópios eletrônicos de varredura e os satélites, fornecem aos vários ramos científicos. Já é um lugar comum dizer que o telescópio e o microscópio produziram uma verdadeira revolução na física e na biologia, ampliando significativamente o alcance da visão, gerando novas descobertas e possibilitando o desenvolvimento de novas áreas de pesquisa. Assim apresentada, a tecnologia antecede a própria ciência. Por isso, segundo nosso autor:

A ciência não nos diz o que é correto e não faz o conhecimento mudar. A ciência não é responsável por nossa nova visão do universo e pela sua expansão. Não pode ser creditada à ciência a revelação, em seus mínimos detalhes, da estrutura, por exemplo, do genoma humano. No mínimo, a ciência não pode fazer todas essas coisas ela mesma. Em vez de creditar à ciência o aumento de nosso conhecimento, prefiro argumentar que a estrutura tecnológica da ciência, em vez da própria ciência, é responsável por essa mudança monumental (PITT, 2011, p.58).

O argumento apresentado por Pitt é bastante persuasivo e acaba refutando uma visão ingênua de que “a ciência” (sem maiores esclarecimentos) é responsável pela nossa mudança do conhecimento a respeito do mundo.

O professor catedrático de filosofia da Universidade de Sevilha, Ramón Queralto, possui uma postura ainda mais radical daquela apresentada por Pitt a respeito da interferência da tecnologia na



prática científica. Segundo ele:

A tecnologia possui hoje uma posição central na constituição do conhecimento científico e no progresso da ciência. Praticamente em todos os campos científicos o uso de sofisticados meios tecnológicos é uma condição *sine qua non* para o desenvolvimento da atividade científica. Nesse sentido, é possível afirmar que a tecnologia é indubitavelmente uma condição de possibilidade do conhecimento científico. Sem tecnologia é impossível desenvolver a ciência hoje (QUERALTÓ, 1998, p.95).

Queraltó entende que a tecnologia não é um mero instrumento para a ciência, mas apresenta-se como uma “mediação epistemológica” da mesma (QUERALTÓ, 1998, p.96). Isso fica mais claro a partir do momento em que o autor estabelece a diferenciação entre instrumento e mediação. Segundo ele, os instrumentos são meios empregados para realizar determinada ação. Assim que os fins são atingidos, os meios são descartados. A mediação, por sua vez, envolve uma interferência durante a realização da ação, sendo que influencia nos resultados finais. Neste último caso, o núcleo da ciência é afetado. Por exemplo, a utilização de um aparelho descalibrado ou mal regulado acaba distorcendo e interferindo nos resultados científicos. E de modo geral, o constante aperfeiçoamento dos instrumentos tecnológicos potencializa novas pesquisas e, conseqüentemente, novas descobertas.

Ihde<sup>9</sup> (IHDE, 1990, p.45), assim como Queraltó, sustenta que a tecnologia não deve ser entendida meramente como uma fomentadora de mecanismos instrumentais dotados de neutralidade, que estão a serviço dos cientistas e que estes podem utilizar e descartar aleatoriamente. Ele defende que a observação científica encontra-se mediada pelos modernos artefatos tecnológicos. Neste caso, a visão encontra-se incorporada tecnologicamente, isto é, os instrumentos não são compreendidos como dispositivos neutros que mostram o mundo como ele é, pois eles acabam interferindo nos rumos e nos resultados da própria ciência. Ao contrário dos instrumentos que podem ser eliminados ao término de uma pesquisa científica, a mediação não pode ser descartada, pois está inserida nos próprios resultados obtidos.

Resumidamente, podemos dizer que o modelo hierárquico e seu caráter bifocal (tecnologia como ciência aplicada; tecnologia como condição *sine qua non* para a ciência) fornece uma interessante exposição referente à relação entre a ciência e a tecnologia. No entanto, já argumentamos anteriormente sobre as dificuldades enfrentadas em sustentar e justificar a noção de tecnologia como ciência aplicada. Da mesma forma, é difícil aderir à concepção da tecnologia apenas como condição de possibilidade para a prática científica, uma noção que nos parece muito reducionista, pois tende a conceber a tecnologia como uma ferramenta desprovida de aspectos epistêmicos próprios e que está meramente a serviço da ciência. Embora alguns autores apontem para as interferências que a mediação tecnológica exerce sobre a ciência, isso ainda nos parece ser uma postura bastante tímida, até porque os produtos tecnológicos não existem tão somente para possibilitar a ciência. Assim, enquanto formos levados a pensar a ciência e a tecnologia como senhora ou escrava uma da outra teremos apenas uma compreensão parcial a respeito de ambas. O grande desafio filosófico que se impõe consiste em saber se uma visão unificada da ciência e da tecnologia será capaz de nos fornecer uma visão mais adequada e mais precisa a respeito de ambas. A próxima seção é destinada a essa temática.

## 2. O MODELO NÃO HIERÁRQUICO DA RELAÇÃO

Uma das abordagens mais significativas a respeito do vínculo não subordinado no qual a ciência e tecnologia atuam conjuntamente nos é oferecida pelo filósofo espanhol Echeverría<sup>10</sup> (ÉCHEVERRÍA, 2003, p.42) que considera “que a ciência e a tecnologia foram autônomas entre si até a emergência e a consolidação da tecnociência”. Echeverría parte do princípio de que o século XX não proporcionou apenas o aumento e a aceleração do crescimento científico, mas afetou diretamente a “estrutura da atividade científica, pois não se tratou apenas de uma alteração epistemológica ou metodológica como aquela provocada pela Revolução Científica do século XVII, que afetou a pesquisa e a forma como as pessoas viam e compreendiam o mundo.

Na tentativa de compreender o processo de desenvolvimento e a atividade científica, Echeverría identifica dois enfoques distintos, a saber, a microciência e a macrociência [Big Science]<sup>11</sup>. O principal critério utilizado para efetuar a demarcação entre a microciência e a macrociência é o ritmo de desenvolvimento (englobando a abrangência dos projetos e ao volume de recursos envolvidos) que elas tiveram durante o passar dos tempos. A microciência – com um ritmo lento de crescimento – desenvolveu-



se historicamente entre os séculos XVII, XVIII e XIX enquanto que a macrociência – contanto com um ritmo bastante acelerado de crescimento – começou a ser desenvolvida no século XX. Segundo Echeverría (ECHEVERRÍA, 2003, p.29 ss), a macrociência surgiu como obra inicialmente dos Estados Unidos em seu esforço para vencer a Segunda Guerra Mundial (o “Projeto Manhattan”, que produziu a bomba atômica, foi sua realização mais marcante). A macrociência tem algumas características que lhe são peculiares, entre as quais se destacam: i) o *financiamento governamental*, fazendo que com que a investigação científica deixasse de ser uma responsabilidade restrita das instituições acadêmicas (a macrociência, desde a sua origem, contou com altos investimentos do governo, sendo que estes tinham a finalidade de desenvolver projetos relevantes do ponto de vista social e político, possibilitando o aumento do poder militar e industrial, assim como a melhoria da saúde e do prestígio da própria nação); ii) a *integração de cientistas e tecnólogos*, fazendo que ambos tipos de profissionais trabalhassem conjuntamente para atingir os objetivos traçados; iii) o *“contrato social da ciência”*, isto é, a macrociência não foi desenvolvida unicamente em laboratórios, mas envolveu também um complexo de indústrias científicas administradas e dirigidas segundo os modelos de organização militar e empresarial da época; iv) a *atividade industrializada*, ou seja, a investigação macrocientífica necessita de grandes laboratórios que não pertencem apenas a um grupo restrito de pesquisadores, mas são compartilhados por várias equipes de pesquisa. Assim, quebra-se com a tradição da ciência acadêmica, na qual cada instituição tinha seu próprio laboratório para desenvolver suas pesquisas; v) a *atividade militarizada*, pois muitos macroprojetos científicos tiveram apoio e financiamento militar, sendo desenvolvidos secretamente, contrariando novamente a tradição da ciência moderna baseada na publicação dos resultados da pesquisa; v) *uma política científica*, com planejamento de objetivos e assuntos privilegiados, na qual se tornou claro o vínculo entre ciência e poder, sendo que muitos cientistas passaram a ocupar cargos de assessores nos gabinetes de políticos. E, por fim, vi) *uma agência<sup>12</sup> macrocientífica*, na qual a atividade dos cientistas individuais foi substituída pelas equipes (de cientistas e não cientistas), verdadeiro sujeito coletivo da ciência. A partir das características apontadas acima, pode-se dizer que a macrociência representou uma nova etapa do desenvolvimento da ciência marcado principalmente pelo seu rápido desenvolvimento, devido aos grandes investimentos efetuados pelo governo.

A tecnociência, por sua vez, deixa de ter o Estado como seu principal investidor, e acaba buscando recursos e financiamentos nas grandes empresas e indústrias da iniciativa privada. Enquanto que na macrociência os recursos necessários para os projetos de investigação eram fornecidos pelo governo, na tecnociência os projetos são custeados a partir de investimentos oriundos das grandes empresas e dos grandes laboratórios. Concebida desta maneira, a tecnociência se caracteriza pela a instrumentalização privada do conhecimento científico-tecnológico. O conhecimento implicado por esse processo deixa de ser um fim em si mesmo e se transforma em *commodity* que passa a ser comercializado nas Bolsas de Valores. Busca-se agora, por exemplo, uma maneira de sintetizar um remédio, de aperfeiçoar determinada produção industrial, de aprimorar uma arma ou um sistema de defesa, e não de ampliar o saber em matéria de química, física ou biologia. As organizações tecnocientíficas se transformam em grandes empresas criadoras de produtos, dispositivos, bens e serviços para o consumo.

Desse modo, a tecnociência supõe e provoca também uma reestruturação dos valores que orientam a atividade científica. Os critérios epistêmicos como verdade, adequação empírica, coerência e consistência teórica, precisam dividir espaço com outros critérios associados aos valores tecnológicos, econômicos, políticos, militares, sociais, ambientais e estéticos. Os valores considerados pela tradição filosófica como “extracientíficos” e que durante muito tempo foram menosprezados por muitos filósofos da ciência, assumem um papel de destaque no modelo tecnocientífico.

Assim, tecnociência se apresenta como um procedimento híbrido por natureza no qual há praticamente uma total interdependência entre a ciência e a tecnologia. De acordo com Echeverría:

Se os tecnocientistas pretendem produzir novo conhecimento empreendem ações científicas para isso (demonstrar, calcular, observar, medir, experimentar, etc.), essas ações são literalmente inviáveis sem apoio tecnológico. Reciprocamente, as destrezas técnicas e as inovações tecnológicas têm de estar estritamente baseadas no conhecimento científico, não apenas vinculadas a ele, porque assim se aumenta a eficiência econômica das ações tecnológicas (ECHEVERRÍA, 2003, p.68)

A compreensão da ciência e da tecnologia através de um cenário “tecnocientífico” introduz um significativo grau de complexidade, pois novos agentes são incluídos no processo. Conforme argumenta

Echeverría, a tecnociência tem vários agentes:

[...] inclui, no mínimo, um cientista, um engenheiro, um empresário, um militar e um político, embora possa ser mais amplo e variado, possibilitando a entrada de um jurista, um avaliador, um *expert* em gestão e um inversor, sem esquecer-se dos *experts* em *marketing* e dos administradores. Cada um desses agentes atua em função de seus próprios valores (ECHEVERRIA, 2003, p.83).

Observa-se, nesse sentido, que a tecnociência tem uma grande tendência *transdisciplinar*, isto é, várias áreas de ciência tradicional são invocadas para solucionar um problema específico. Para ilustrar o caráter transdisciplinar da ciência, podemos tomar como exemplo o *Projeto Manhattan* que culminou com a construção da bomba atômica. Esse projeto constitui-se em um modelo de integração da física com outras disciplinas científicas e tecnológicas, contando também com a participação decisiva das tecnologias da informática, da disponibilidade de recursos financeiros e do apoio oficial do governo. Outro exemplo que recentemente tem ganhado notoriedade é o projeto tecnocientífico do CERN (o *European Organization for Nuclear Research*) – o maior laboratório de física do mundo – que conta com a colaboração de profissionais de diversas áreas e o suporte financeiro de mais de 20 países.

No entanto, é preciso adotar uma postura cautelosa e refletir sobre algumas questões: podemos denominar toda e qualquer relação entre ciência e tecnologia de tecnociência? É inegável que os megaprojetos tecnocientíficos afetam e modificam a atividade científica e tecnológica, mas isso nos permite dizer que a ciência acadêmica está “morta” ou que ela tenha se transformado apenas um meio necessário para a realização dos projetos tecnocientíficos? A tecnociência é uma ameaça à ciência?

Echeverría (ECHEVERRIA, 2003, p.45) afirma que “nem tudo é tecnociência”. Na sua análise, o domínio tecnocientífico não alcança todas as áreas e todos os projetos de pesquisa da ciência e da tecnologia. A tecnociência tem grande respaldo e goza de muito prestígio, pois lida com grandes projetos que consomem milhões de dólares e demandam uma grande equipe multidisciplinar que está empenhada em desenvolver novos dispositivos. Em contrapartida, há inúmeros projetos de pesquisa de menor proporção – e que não estão direcionados à criação e ao desenvolvimento de um artefato tecnológico específico que possa ser comercializado, mas à obtenção de novos conhecimentos – que ainda são financiados pelo Estado e são desenvolvidos em laboratórios das universidades.

Não parece possível negar a existência da tecnociência, assim como também não negamos anteriormente a possibilidade da tecnologia ser compreendida em alguns casos como ciência aplicada e em outros como uma condição de possibilidade para a própria investigação científica. Assim, consideramos que as abordagens fornecidas a respeito da relação entre a ciência e a tecnologia no modelo hierárquico como no modelo não hierárquico nos fornecem modos interessantes de interpretar e compreender a ciência e a tecnologia e o modo como elas se relacionam. Contudo, há várias lacunas que permanecem em aberto e sem solução. A ciência e a tecnologia parecem ostentar características que impossibilitam a redução delas a um denominador comum denominado de “tecnociência”.

### 3. UM MODELO EMANCIPATÓRIO

Um terceiro modelo da relação entre a ciência e a tecnologia encontra-se no texto de Wybo Houkes *The nature of technological knowledge*, no qual o autor investiga a possibilidade de se estabelecer uma “emancipação” epistêmica da tecnologia em relação à ciência. Em relação a isso, Houkes observa que é possível pensar esta emancipação de duas formas distintas, a saber, uma em um sentido forte – na qual há uma ruptura entre ciência e tecnologia e ambas passam a ser fundamentadas em princípios epistêmicos distintos – e outra, em um sentido fraco – na qual a tecnologia não seria apenas uma derivação da ciência, mas teria um estatuto epistêmico próprio. A postura que propicia uma emancipação em um sentido forte seria obviamente mais ousada e mais desafiadora, pois exigiria que novos alicerces teóricos e práticos fossem construídos e os mesmos precisariam ser distintos daqueles já utilizados para fundamentar a ciência.

Ao fazer uma revisão da literatura existente que discute a temática da emancipação epistêmica forte (HOUKES, p.342), Houkes mostra que os autores tentaram estabelecê-la de diferentes modos. No entanto, poucas maneiras foram desenvolvidas além do estágio embrionário e nenhuma delas conseguiu dar uma discussão elaborada nem teve argumentos ou pontos de vista muito refinados. Todas falharam em estabelecer uma emancipação forte.



Houkes, além de identificar as fragilidades nas tentativas de emancipação radical da tecnologia em relação à ciência, critica o fato de poucos autores terem sido capazes de ir além da intuição de que a ciência busca a verdade e a tecnologia, a utilidade, para separar ambas as atividades. Segundo o autor, essa intuição não nos permite estabelecer uma emancipação epistêmica de todos os aspectos relacionados a essas duas áreas, pois nos fornece uma compreensão muito simplificada de ambas. Tanto a ciência quanto a tecnologia são atividades muito mais complexas e podem ser compreendidas a partir de múltiplos enfoques. Assim, a simples intuição (verdade e utilidade) não é suficiente para emancipar (em um sentido forte) a tecnologia da ciência, pois essa intuição torna-se problemática à medida que se adota uma interpretação instrumentalista da ciência. Se a ciência é concebida tendo como pano de fundo o aspecto instrumental, há uma coincidência entre alguns valores da ciência e da tecnologia, não sendo possível, conseqüentemente, separá-las. A proposta de Houkes (HOUKES, 2009, p.311) de emancipação fraca deve ser interpretada levando em consideração a crítica à concepção de tecnologia como ciência aplicada, pois ele considera que a prática científica e a prática tecnológica resultam de um corpo de conhecimento que são distintos. Além disso, considera que é possível desenvolver uma taxonomia própria para o conhecimento tecnológico, além de valorizar a natureza tácita e prescritiva do conhecimento tecnológico.

A argumentação introdutória oferecida por Houkes (HOUKES, 2009) resulta-nos bastante persuasiva. Por sua vez, a emancipação fraca parece ser um assunto ainda pouco explorado, e, ao mesmo tempo, apresenta-se como um terreno bastante promissor, pois através desta investigação acreditamos ser possível explorar algumas peculiaridades que dizem respeito à tecnologia<sup>13</sup>. Assim, não colocaríamos a emancipação como o primeiro item na agenda de pesquisa, mas tentariamos mostrar alguns resultados interessantes em se trabalhar com essa hipótese.

Talvez a busca pela independência ou a análise das similaridades entre ciência e tecnologia pudesse ser mais facilmente compreendida a partir do momento em que se identificarem os objetivos últimos dessas áreas, isto é, a partir do instante em que se souber exatamente qual é a finalidade da ciência e qual é a finalidade da tecnologia, afirma Hughes em seu artigo *Practical reasoning and engineering* (HUGHES, 2009). Para o autor em questão, o cientista e o engenheiro trabalham de forma diferenciada, pois almejam objetivos distintos que vão além da concepção dualista de *verdade-utilidade*. Assim, por terem objetivos distintos, tanto os cientistas quanto os engenheiros adotam procedimentos peculiares para atingi-los. Assim ele escreve:

Se quisermos analisar a prática científica, nós devemos compreendê-la em termos de seus objetivos últimos: [isto é] a descoberta de fatos a respeito do mundo que nos cerca. O método científico é a prescrição para julgamentos confiáveis a respeito de hipóteses científicas e é natural analisar e avaliar esse método, em sua forma geral e em aplicações particulares, em termos epistemológicos. (HUGHES, 2009, p.375)

Seguindo essa mesma abordagem, Radder (RADDER, 2009) também acredita ser possível diferenciar a ciência da tecnologia observando quais são os objetivos perseguidos por ambas as áreas. No entanto, essa não é uma tarefa fácil, pois observa que:

Muitos autores reivindicam que o objetivo da ciência é epistêmico e, em particular, a aquisição de conhecimento. O objetivo da tecnologia, ao contrário, refere-se à construção de coisas ou processos com alguma função útil socialmente. Muitos outros autores, entretanto, reivindicam que uma especificação teórico-conceitual da ciência e da tecnologia não faz justiça à riqueza e à variedade das práticas científicas e tecnológicas (RADDER, 2009, p.66).

Segundo o autor, nós precisamos partir de alguma perspectiva interpretativa sobre o que nós consideramos como os aspectos básicos da ciência e da tecnologia. A partir da identificação desses elementos, devemos articular e testar essa interpretação sobre a base do estudo empírico, dando a esta interpretação uma força normativa.

Bijker (BIJKER, 2009, p.14), filósofo holandês e professor do departamento de Ciência Social e Tecnologia da Universidade Maastricht, endossa a concepção de que o objetivo da ciência natural é o conhecimento teórico como um fim em si mesmo, ao passo que a tecnologia visa o conhecimento útil.

A ciência, prossegue o autor, é disciplinar, enquanto que a tecnologia tem um caráter mais voltado à interdisciplinaridade. No aspecto metodológico, a ciência prefere o isolamento e a abstração, trabalhando com objetos ideais, enquanto que a tecnologia lida com a produção de artefatos reais. Quanto aos

resultados, na ciência eles são avaliados mediante a corroboração experimental, a consistência teórica e a aprovação da comunidade científica, ao passo que na tecnologia a avaliação se dá através do sucesso prático de determinado artefato.

Hindle (HINDLE, 1966, p.4-5) – estudioso norteamericano da história da ciência e da tecnologia, com formação em arquitetura naval – também abordou em vários de seus escritos a divergência de objetivos que cercam a ciência e a tecnologia. A ciência, segundo ele, está à procura de um entendimento básico, desenvolvendo ideias e conceitos que possam ser expressos em termos linguísticos ou matemáticos. A tecnologia, por sua vez, busca encontrar meios para fabricar coisas e, na medida do possível, utiliza imagens tridimensionais para se expressar. Assim, ao contrário da ciência que está voltada ao conhecimento, a tecnologia tem um propósito praxiológico. De acordo com o já mencionado Layton, “enquanto que a ciência procura expandir o conhecimento através da investigação e da compreensão da realidade, a tecnologia procura utilizar o conhecimento para criar uma realidade física e organizacional de acordo com o projeto humano” (LAYTON, 1974, p, 40).

Parece, portanto, não haver motivos para grandes divergências entre os estudiosos em pressupor que a ciência e a tecnologia possuam objetivos distintos. O desafio que se apresenta agora é identificar e compreender o caminho que os cientistas e os tecnólogos percorrem até atingir os objetivos traçados por cada área. Na maioria das vezes, o estabelecimento dos objetivos básicos, seja nas áreas científicas ou tecnológicas, acaba condicionando a seleção e o uso de conjunto de estratégias e produzindo o distanciamento de outras.

No entanto, e como vimos antes, nos parece simplório continuar a distinguir a ciência, simplesmente como produtora de conhecimento, e a tecnologia, como mera produtora de artefatos, pois esta última gera conhecimento *sui generis* e estimula/possibilita o conhecimento científico.

A apresentação que desenvolvemos até agora referente aos modelos de relação entre ciência e tecnologia é uma visão panorâmica a respeito dos principais problemas que dizem respeito a esse vínculo. Diante dos três modelos apresentados, com qual ficar? Qual é o mais significativo? Há que se dizer que todos os modelos apresentados são interessantes e fornecem boas razões para explicar parcialmente a relação entre a ciência e a tecnologia. Além do mais, a pluralidade de enfoques sobre a temática é muito interessante para a discussão filosófica. No entanto, para o nosso propósito, iremos nos aproximar mais do modelo emancipatório – entendido aqui em um sentido fraco, conforme a argumentação de Houkes exposta nas páginas precedentes. O distanciamento do modelo hierárquico e do modelo tecnocientífico se deve principalmente ao caráter reducionista que esses dois modelos impõem à relação entre ciência e tecnologia.

Admitimos que há ocasiões nas quais a tecnologia pode ser considerada “ciência aplicada” e outras situações em que a tecnologia fornece as condições indispensáveis para a prática científica. No entanto, a tecnologia é muito mais do que ciência aplicada, assim como a ciência transcende a instrumentalidade tecnológica. Da mesma forma, aceitamos os exemplos e ocorrências nas quais a ciência e a tecnologia se fundem, formando a “tecnociência”, na qual são indissociáveis. Contudo, ao que nos parece, nem tudo ainda é tecnociência. O enfoque emancipatório apresenta-se como um modelo bastante razoável, pois ele permite que a tecnologia conserve certa autonomia, mesmo que dependa da ciência. Ambas as atividades podem trabalhar conjuntamente, mas isso não as descaracteriza completamente. Acreditamos que é possível ampliar a reflexão em torno dessa emancipação epistêmica fraca indo além dos objetivos básicos perseguidos por ambas as áreas.

Julgamos ser possível sustentar uma emancipação fraca da tecnologia em relação à ciência partindo do princípio de que os cientistas e os tecnólogos trabalham de um modo distinto, ou seja, pressupondo que haja diferenças significativas nas metodologias utilizadas em ambas as áreas. Além disso, somos levados a pensar que a racionalidade é empregada de diferentes formas nas áreas científicas e nas áreas tecnológicas, pois os argumentos utilizados para justificar ou legitimar uma teoria científica são, na maioria das vezes, insuficientes para justificar um projeto tecnológico. Por fim, somos levados a pensar também em uma emancipação referente à noção de progresso, pois, ao que tudo indica os indicadores que são utilizados para avaliar o progresso científico são outros daqueles utilizados para mensurar o progresso tecnológico.



## NOTAS

1. A distinção entre os termos “técnica” e “tecnologia” é um problema em aberto na filosofia. Diferentes autores pertencentes às mais distintas áreas filosóficas e de diferentes períodos históricos já se ocuparam dessa problemática e acabaram proporcionando interessantes reflexões a respeito do uso de cada um deles. Por razões didáticas, neste artigo preferimos utilizar o termo “tecnologia” para nos referirmos aos procedimentos modernos e contemporâneos de produção de artefatos que supõem algum vínculo com a ciência. Por outro lado, empregamos o termo “técnica” para caracterizar aqueles procedimentos desenvolvidos pelo homem ao longo da história que não têm uma conexão com os métodos e os conhecimentos científicos modernos. Assim, por exemplo, pode-se dizer que há uma técnica para pescar, para cultivar a terra, para estudar, para fazer artesanato e uma tecnologia de monitoramento eletrônico ou para a transmissão de dados eletronicamente.
2. Embora essa consolidação ainda esteja instituída claramente no cenário filosófico brasileiro. As possíveis causas dessa situação são exploradas no texto de nossa autoria chamado “Un diagnóstico de los estudios filosóficos de la tecnología en Brasil” (SZCZEPANIK, 2013).
3. As referências bibliográficas sobre o tema, em sua grande maioria, não estão disponíveis em língua portuguesa. Por esse motivo, todas as citações disponíveis neste artigo são traduções nossa.
4. A relação entre ciência e tecnologia não se esgota nestes três modelos, pois certamente poderíamos desenvolver modelos alternativos que focassem elementos distintos dos aqui apresentados. Embora possam existir outros modelos, consideramos que esses três são os mais significativos para a nossa reflexão.
5. Contudo, Bunge, um dos fundadores da Filosofia da Tecnologia, parece ter mudado um pouco sua maneira de entender a tecnologia, como se aprecia na seguinte passagem de uma obra posterior: “Mas a tecnologia é mais que ciência aplicada: em primeiro lugar, porque ela tem seus próprios procedimentos de investigação adaptados às circunstâncias concretas que se distanciam dos casos puros que a ciência estuda. Em segundo lugar, porque todo ramo da tecnologia contém um acúmulo de regras empíricas descobertas antes dos princípios científicos nos quais são absorvidas. A tecnologia não é meramente o resultado da aplicação do conhecimento científico existente aos problemas práticos: a tecnologia viva é, essencialmente, o enfoque científico dos problemas práticos, isto é, o tratamento desses problemas tendo como pano de fundo o conhecimento científico e com a ajuda do método científico. Por isso, a tecnologia, seja das coisas ou dos homens, é fonte de novos conhecimentos” (BUNGE 1985, p.34-35). Sua posição inicial, todavia, é característica de muitos estudos sobre a relação ciência-tecnologia.
6. Carl Mitcham é um dos principais filósofos norte-americanos da tecnologia. Sua obra *Thinking through Technology: The Path between Engineering and Philosophy* publicada em 1994 é uma excelente referência, pois apresenta e discute os principais problemas enfrentados nessa área.
7. Livro editado por Carl Mitcham e Robert Mackey e publicado em 1972. Neste trabalho utilizaremos a segunda edição publicada em 1983.
8. Feibleman (Cf. FEIBLEMAN, 1983, p.36) sustenta que o tecnólogo, ao contrário do cientista, que é guiado por hipóteses deduzidas da teoria, trabalha prioritariamente baseado na estratégia de tentativa e erro. Além disso, o tecnólogo é um sujeito dotado de habilidades práticas específicas, capaz de lidar com experiências concretas.
9. Don Ihde (1934- ) é professor do departamento de filosofia da *Stony Brook University* e autor e organizador de vários livros sobre filosofia da tecnologia que exploram os impactos e as influências que a tecnologia tem sobre os indivíduos e sobre as culturas. Os argumentos de Don Ihde servem de crítica ao modelo hierárquico da relação entre ciência e tecnologia, mas também podem ser utilizados para sustentar a relação estreita entre ciência e tecnologia chamada “tecnociência”.
10. Echeverría (1948- ) é doutor em filosofia e licenciatura em matemática. Foi professor da Universidade Politécnica de Madrid e atualmente leciona no Instituto de Filosofia do Conselho Superior de Pesquisas Científicas da Espanha. É autor de vários livros sobre filosofia e metodologia da ciência, como também sobre os avanços dos sistemas de telecomunicações e de seus impactos sociais.
11. Segundo Echeverría (ECHEVEVERRIA, 2003, p.15, nota 2), “a expressão *Big Science* foi introduzida por Solla Price em 1968 em seu livro *Big Science, Little Science (...)*, embora já houvesse sido proposta em 1961 por Alvin Weinberg quando dirigia o *Oak Ridge Laboratory*. Essa denominação é comumente usada pelos cientistas”.
12. “Agência” é entendida aqui no sentido de “modo de agir”.

13. Assunto este já discutido por Alberto Cupani (CUPANI, 2006).

## REFERÊNCIAS

- BIJKER, W. E. 2009. How is technology made? In: *Cambridge Journal of Economics*. N. 34, 2009. Disponível: <http://cje.oxfordjournals.org/content/34/1/63.full.pdf+html> Acesso em 10 de novembro de 2009.
- BUNGE, M. 1985. *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires: Ediciones Siglo Veinte.
- \_\_\_\_\_. 1966. Technology as Applied Science. In: *Technology and Culture*, 3: 329-347.
- CUEVAS, A. 2005. The many faces of Science and Technology Relationships. In: *Essays in Philosophy*: Vol. 6: Iss. 1, Article 3.
- CUPANI, A. 2006. La peculiaridad del conocimiento tecnológico. In: *Scientia&Studia*. São Paulo: v. 4,n.3, p. 353-71.
- DUSEK, V. 2006. *Filosofia da tecnologia*. [orig. 2006]. Trad. Luiz Carlos Borges. São Paulo: Edições Loyola.
- ECHEVERRÍA, J. 2003. *La revolución tecnocientífica*. Madrid: Fondo de Cultura Económica de España.
- FEIBLEMAN, J. 1983. Pure Science, Applied Science, and Technology: An Attempt at Definitions. In: *Philosophy and Technology: Readings in the Philosophical Problems of Technology*. New York: The Free Press.
- HINDLE, B. 1966. *Technology in early America*. Chapel Hill, N.C. University of North Carolina Press.
- HOUKES, W. 2009. The nature of technological knowledge. In: MEIJERS, Anthonie W.M. (Editor) *Philosophy of technology and engineering sciences* (Handbook of the philosophy of science). Amsterdam, Elsevier.
- HUGHES, J. 2009. Practical reasoning and engineering. In: MEIJERS, Anthonie W.M. (Editor) *Philosophy of technology and engineering sciences* (Handbook of the philosophy of science). Amsterdam, Elsevier.
- IHDE, D. 1990. *Technology and the lifeworld: from garden to earth*. Indiana University Press.
- INKSTER, I. (Ed.). 2009. *History of technology*. New York: Continuum.
- JARVIE, I.C. 1983a. Technology and the Structure of Knowledge. In: MITCHAM, C. MACKEY, R. *Philosophy and Technology*. Reading in the Philosophical Problems of Technology. New York: The Free Press.
- \_\_\_\_\_. 1983b. The social character of technological problems: Comments on Skolimowski's paper. In: MITCHAM, C. MACKEY, R. *Philosophy and Technology*. Reading in the Philosophical Problems of Technology. New York: The Free Press.
- LAYTON, E. 1974. Technology as knowledge. *Technology and culture*, 15(1), 31-41.
- MITCHAM, C. 1994. *Thinking through technology: the path between engineering and philosophy*. Chicago: The University of Chicago Press.
- MITCHAM, C.; MACKEY, R. (Ed.) 1983. *Philosophy and technology: reading in the philosophical problems of technology* (orig. 1972). New York: The Free Press.
- PETROSKI, H. 1994. *The evolution of useful things*. New York: Vintage.
- PITT, J. C. 2011. *Doing philosophy of technology: essay in a pragmatist spirit*. New York, Springer.
- \_\_\_\_\_. 2010. Philosophy, Engineering, and the Sciences. In: POEL, Ibo van de; GOLDBERG, David E (Editors). *Philosophy and Engineering: an emerging agenda*. New York, Springer.
- \_\_\_\_\_. 2009. Technological explanation. In: MEIJERS, Anthonie W.M. (Editor) *Philosophy of technology and engineering sciences* (Handbook of the philosophy of science). Amsterdam, Elsevier.
- \_\_\_\_\_. 2000. Thinking About Technology. In: Seven Bridges Press. New York. Disponível em: <http://www.phil.vt.edu/HTML/people/pittjoseph.htm>.
- PRICE, D.S. 1984 The Science/technology relationship, the craft of experimental science, and policy of improvement of high technology innovation. *Research policy*; 13:1” 320.
- QUERALTÓ, R. 1998. Technology as a new condition of possibility of scientific knowledge. In: *Phil & Tech* 4:2 Winter.
- RADDER, H. 2009. Science, technology and the science-technology relationship. In: MEIJERS, Anthonie W.M. (Editor) *Philosophy of technology and engineering sciences* (Handbook of the philosophy of science). Amsterdam, Elsevier.
- SKOLIMOWSKI, H. 1983. The Structure of Thinking in Technology. In: MITCHAM, C. MACKEY, R. *Philosophy and Technology*. Reading in the Philosophical Problems of Technology. New York: The Free Press.
- SZCZEPANIK, G. 2013. Un diagnóstico de los estudios filosóficos de la tecnología en Brasil: análisis actual y desafíos futuros. In: *Argumentos de Razón Técnica*. Sevilla: Universidad de Sevilla, vol. 16, pp. 165-175.