INTERFACE TECNOLÓGICA

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, DEFINIÇÕES E APLICAÇÕES: o uso de sistemas inteligentes em benefício da medicina

ARTIFICIAL INTELLIGENCE, DEFINITIONS AND APPLICATIONS: the use of intelligent systems for the benefit of medicine

Andressa Maxwara Jovino dos Santos – dessajovino@gmail.com
Gustavo Henrique Del Vechio – gustavo.vechio@fatectq.edu.br
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (Fatec) – Taquaritinga – São Paulo – Brasil
DOI: 10.31510/infa.v17i1.782

RESUMO

A Inteligência Artificial é uma realidade em diferentes áreas da ciência, seja aplicada em um dispositivo móvel de fácil acesso às pessoas, seja em sistemas autônomos capazes de gerir indústrias inteiras ou realizar operações complexas. Este estudo se propõe a entender melhor o que é o conceito de Inteligência Artificial, resgatando, inclusive, o Teste de Turing, que permite avaliar se uma máquina é capaz de ter consciência para tomar decisões, semelhante a um cérebro humano. Tendo em vista as diferentes aplicações da Inteligência Artificial, o estudo, em seguida, se aprofunda em uma área específica, que é a medicina, a fim de trazer alguns exemplos em que sistemas inteligentes já fazem a diferença em relação à detecção de doenças, realização de diagnósticos, procedimentos cirúrgicos e tratamentos. O que se percebe, a partir deste estudo, é que a Inteligência Artificial tem um enorme potencial de mudar a forma como cada procedimento é realizado, o que pode ser valioso para a evolução das diferentes áreas que se apoiam nestas tecnologias, incluindo, por certo, a medicina.

Palavras-chave: Inteligência artificial. Teste de Turing. Inteligência artificial na medicina. Nanotecnologia. Nano-robôs.

ABSTRACT

Artificial Intelligence is a reality in different areas of science, whether applied to the mobile device that is easily accessible to people, or in autonomous systems capable of using the entire tools or performing complex operations. This study described how to better understand what the concept of Artificial Intelligence is, rescue, including the Turing test, which allows us to assess whether a machine is capable of being aware of making decisions, affecting a human brain. In view of the different applications of Artificial Intelligence, the study, followed, if a specific area, which is a drug, in order to show some examples in intelligent systems already makes a difference in the list of diseases, diagnostic performances, surgical procedures and procedures . Who realizes, from this study, that Artificial Intelligence has a huge potential to change the way each procedure is performed, or that it can be valuable for an evolution of the different areas that can support these technologies, including, for certain, medicine.

Keywords: Artificial intelligence. Turing test. Artificial intelligence in medicine. Nanotechnology. Nano-robots.

1 INTRODUÇÃO

Este estudo tem o objetivo de avaliar o conceito de Inteligência Artificial e suas definições, como sendo um campo da ciência emergente e que pode trazer diversos benefícios a inúmeras áreas, permitindo considerável evolução de sistemas e procedimentos.

Para alcançar este objetivo, a metodologia do estudo se define pela revisão de livros, artigos e matérias especializadas, a fim de compreender, primeiramente, o que é Inteligência Artificial e como o conceito evoluiu ao longo dos tempos. Após estas análises, o estudo avança a uma avaliação sobre os benefícios da Inteligência Artificial a um campo científico específico, neste caso a medicina, demonstrando o quanto tal tecnologia tem o potencial de não apenas ajudar médicos em seus diagnósticos, mas também revolucionar procedimentos como um todo.

O estudo se justifica por verificar que, cada vez mais, novos equipamentos com recursos automatizados e inteligente são lançados, tendo forte influência em diversos campos científicos, incluindo a medicina, estudada com mais ênfase neste trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Definição de Inteligência Artificial

Se a Inteligência Artificial (IA) fosse entendida apenas como a capacidade de atribuir consciência a objetos inanimados, para que pensem por conta e realizem certas funções, então este conceito pode ser tão antigo quanto o surgimento das primeiras sociedades humanas. Desde muito tempo a magia tanto quanto as religiões, mesmo as mais primitivas, baseadas em figuras totêmicas (DURKHEIM, 1996) acreditavam na possibilidade de conferir poderes mágicos ou divinos a objetos, transformando-os em seres com capacidades cognitivas. No entanto, não é de magia ou poderes divinos que o conceito de Inteligência Artificial trata.

Talvez um ponto de vista mais próximo do conceito de Inteligência Artificial se encontre um pouco mais adiante na história. Na Grécia Antiga, por volta de 350 a.C., Aristóteles imaginava a possibilidade de certos objetos, como uma vassoura, terem a capacidade de realizar

tarefas comuns aos escravos da época, o que lhes pouparia o sacrifício do trabalho repetitivo diário (MARAR *apud* PRADO, 2016). Nota-se, neste pensamento, não a ideia de conferir magicamente uma habilidade, mas sim de projetar um utensílio, em termos tecnológicos, para que tenha consciência e, neste caso em específico, possa varrer e limpar.

É de se notar que não parece haver, entre os pesquisadores da área, uma definição exata que consiga explicar o que é Inteligência Artificial. Como observa Rosa (2011), embora a palavra "artificial" seja relativamente simples de compreender, já que tem relação com "aquilo que é feito pelo homem" (e, por isso, distingue-se da magia ou de certos ritos religiosos), a palavra "inteligência" parece bem mais complicada. Pereira (s.d.) lembra que, do ponto de vista teológico, o termo pode ser considerado um dom divino que torna o homem semelhante ao Criador; do ponto de vista filosófico, trata-se de um princípio abstrato que é a fonte da intelectualidade; e, do ponto de vista psicológico, refere-se à capacidade de resolver problemas novos com rapidez e êxito. Logo, por não haver um consenso sobre o significado de inteligência, é difícil delinear um significado para "inteligência artificial".

No entanto, tanto Rosa (2011) quanto Pereira (s.d.), Luger (2013) e Russel e Norvig (2013) entendem Inteligência Artificial como uma área inerente à Ciência da Computação e que tem relação com a capacidade de os computadores realizarem tarefas as quais, até o presente momento, são feitas pelo homem. Procura, mais especificamente, não apenas compreender, mas construir entidades inteligentes por meio de algoritmos computacionais.

Posto dessa forma, Russel e Norvig (2013, p. 25) dividem certas definições, de vários autores da área ao longo das décadas, em 4 principais seções: a primeira delas entende Inteligência Artificial como uma aproximação ao ato de pensar como um humano; na segunda, há o conceito de uma máquina pensar racionalmente, a fim de tomar decisões e agir; já a terceira evoca a perspectiva de agir como um humano, desempenhando, inclusive, de maneira aprimorada, tarefas que hoje são realizadas por pessoas; e a quarta deve-se ao pensamento de agir racionalmente, isto é, de projetar agentes inteligentes que tomem decisões por conta.

Em suma, como se percebe, embora não haja um consenso quanto à definição de "Inteligência Artificial", deve-se tê-la como uma área inerente à computação e que busca, por meio de algoritmos sofisticados, atribuir certas funções inteligentes à objetos de diferentes naturezas, conferindo-lhes a habilidade de não apenas realizar funções de maneira imperativa, mas sim, de responder a comandos e definir o que fazer mediante cada situação (ou seja, trata-se da consciência para tomada de decisões).

2.2 Teste de Turing

Para confirmar a possibilidade de existir Inteligência Artificial, isto é, de um computador tomar decisões por conta (cognição), o matemático e cientista da computação britânico Alan Turing propôs, ainda na década de 1950, a realização de um teste para avaliar a capacidade de uma máquina em se comportar de maneira semelhante a um ser humano. O teste consiste em um humano entrevistar remotamente um agente (sem saber quem é), simulando uma conversa por um tempo determinado: caso não seja possível identificar se o agente é uma máquina ou pessoa, a hipótese de haver Inteligência Artificial pode ser validada, entendendo-se que a máquina se comportou de forma inteligente (PEREIRA, s.d., p. 1-2).

Mais especificamente, Russel e Norvig (2013, p. 25) argumentam que, para passar no Teste de Turing, o computador deveria apresentar as seguintes habilidades:

- **Processamento de linguagem natural**: comunicar com sucesso em um idioma nativo do ser humano (como o português, espanhol, inglês etc.);
- **Representação de conhecimento**: ser capaz de armazenar o que sabe ou ouve;
- **Raciocínio automatizado**: armazenar informações, com a finalidade de responder às perguntas e obter novas conclusões;
- **Aprendizado de máquina**: se adaptar às circunstâncias, detectar e extrapolar padrões.

Há, ainda, uma versão mais complexa deste teste, na qual as habilidades de percepção também são testadas; neste caso, por meio de vídeo, é requerido que a máquina:

- Tenha **visão computacional** para perceber objetos;
- Use **padrões de robótica** para manipular objetos e se movimentar;

Até hoje não há relatos de sistemas de Inteligência Artificial que foram capazes de superar o Teste de Turing, exceto uma publicação de 2014, em que Kevin Warwick, professor da Universidade de Reading, anunciou ter desenvolvido uma máquina que, pela primeira vez na história, poderia passar nesse teste. Trata-se de um *software* desenvolvido por ele e um grupo de pesquisadores ucranianos, que simula um menino de 13 anos capaz de avaliar perguntas e

responder em inglês. À época, tal *software* teria confundido mais de 33% dos juízes humanos, que achavam estar realmente conversando com uma pessoa.

No entanto, Masnick (2014) argumenta que há contestações quanto à consistência desse teste, pois, principalmente, a máquina que supostamente passou no exame não é um supercomputador com inteligência, mas sim um *chatbot*[1] (com as tecnologias atuais, não é muito difícil criar um sistema como esse, capaz de automatizar respostas). Ou seja, trata-se de um aplicativo que tenta imitar a comunicação humana e não exatamente um supercomputador cuja inteligência pode se equiparar ao poder ou capacidade da inteligência humana.

Embora Alan Turing mereça o crédito por projetar um teste de Inteligência Artificial que permanece relevante até hoje, vale destacar, como argumentam Russel e Norvig (2013, p. 26) que, na prática, os pesquisadores e especialistas na área dedicam poucos esforços à aprovação no Teste de Turing, por acreditarem ser mais importante estudar e evoluir com os princípios básicos da inteligência do que reproduzir um experimento.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Inteligência Artificial e medicina

Após compreender melhor o conceito de Inteligência Artificial, pode-se agora avaliar como esta tecnologia é empregada de maneira concreta em uma área científica em específico. Para este artigo, escolheu-se estudar o campo da medicina, visto que um sistema inteligente (que pode incluir o uso de nanotecnologia) pode proporcionar diversos avanços e melhorias, desde o suporte a diagnósticos, detecção de grupo de riscos e previsão de doenças até monitoramentos e operações cirúrgicas complexas.

É verdade que a utilização de sistemas de Inteligência Artificial não assegura total isenção quanto a diagnósticos errados, o que pode ser um problema, haja visto a confiança atribuída a esses sistemas especializados para se chegar a um diagnóstico. Entretanto, tendo em vista a evolução expressiva dos métodos para tomada de decisões, é possível detectar, em um erro, se houve negligência médica analisando se os procedimentos foram realizados

[1] *Chatbot* é um programa de computador capaz de responder, via mensagem de texto, perguntas enviadas por seres humanos. Muitas empresas atualmente utilizam esse recurso para otimizar o atendimento on-line aos consumidores e outros públicos de interesse.

corretamente, tornando os profissionais responsáveis pela compreensão e decisão de seguir ou não as recomendações do sistema inteligente. Em um cenário em que sistemas especializados superam diagnósticos humanos, nos quesitos de confiança e precisão, o médico que não seguir as recomendações do sistema se torna o responsável por erros, podendo responder pelos seus atos perante a lei (RUSSEL; NORVIG, 2013, p. 1190).

Para se ter ideia, uma pesquisa realizada há alguns anos por Lobo atesta que:

> ...32% dos erros médicos nos EUA resultavam da diminuição do tempo de interação do médico com os pacientes, produzindo diagnósticos equivocados, não reconhecimento da urgência ou piora da evolução do paciente que demandariam prescrever ou realizar ações pertinentes. Mesmo em hospitais que disponham de prontuários médicos eletrônicos, com a possibilidade de melhor coleta de dados, admite-se que 78,9% dos erros médicos estariam relacionados a problemas na relação médico-paciente, exame clínico deficiente, falha de avaliação dos dados do paciente ou falta de exames que comprovassem a hipótese diagnóstica (LOBO, 2017, p. 187).

Sistemas especializados armazenam e cruzam os dados do paciente, incluindo medicações feitas por mais de um profissional, o que evita consideravelmente o tratamento inadequado e contribui para uma melhor tomada de decisão ao diagnóstico ou prescrição.

Grandes empresas, tais como a IBM, já fazem uso real de Inteligência Artificial na medicina por meio de certas plataformas especializadas, tais como o Watson Health. Como exemplo, em análises realizadas com cerca de 35 mil imagens de retina, Lobo (2018) demonstra haver uma acurácia de 86% no diagnóstico de retinopatia, a partir da tecnologia EyePACs, que identifica lesões e outros sinais detectados em vasos sanguíneos. O sistema Watson é aproveitado por um número significativo de instituições de saúde no EUA, e cerca de 80% das informações médicas estão armazenadas no banco de dados do Watson.

Outro exemplo é a indústria Fleury Medicina e Saúde, que se tornou o primeiro parceiro da IBM Watson em saúde na América Latina, dando início ao programa Watson Genomics, que tem o intuito de auxiliar médicos na identificação de medicamentos e ensaios clínicos relevantes, baseados nas alterações genômicas do indivíduo e dados literários médicos. Com o uso do Watson no setor de saúde, os oncologistas podem obter conhecimentos cruciais advindos de importantes centros de pesquisas e tratamentos mundiais do câncer (LOBO, 2017, p. 191).

Redes neurais viabilizam, ainda, experimentos como os de Sebastian Thurn, da Universidade de Stanford, que projetou um sistema para diagnosticar lesões benignas, malignas e crescimentos não cancerosos. O sistema apresentou 72% de acerto, comparado a 66% alcançado por dermatologista qualificados. (LOBO, 2017, p. 190). A Inteligência Artificial

também está sendo aplicada na saúde por métodos 3D para identificar e medir a estrutura de tecidos patológicos na área de radiologia, histologia e oftalmologia, além de ser utilizada na identificação e monitoramento de casos de insuficiência cardíaca. Já na terapêutica, o destaque fica por conta da robótica, tanto na execução de cirurgias, quanto na urologia, além de disponibilizar ferramentas inteligentes para terapia intensiva (CALEGARI, 2019).

No Brasil o Hospital Israelita Albert Einstein, localizado em São Paulo-SP, já possui aparelhos de imagens que agem sem a intervenção humana. Ao identificar anomalias em testes, o sistema notifica automaticamente os médicos responsáveis, que podem tomar decisões prontamente e com mais acurácia. Aliás, por conta da pandemia de Coronavirus (Covid-19) em 2020, os especialistas deste hospital, juntamente com os cientistas do laboratório *Labdaps* da Universidade de São Paulo (USP-SP), desenvolveram um algoritmo exclusivo de Inteligência Artificial, capaz de cruzar informações tais como resultados de exame de sangue com informações de internação de pessoas na unidade hospitalar, a fim de facilitar a detecção de pacientes infectados pelo vírus. Somente em março deste ano, mais de 200 pacientes já haviam passado pelos testes que usam esse suporte de Inteligência Artificial (RIBEIRO, 2020).

Muitos outros exemplos poderiam ser mencionados, mas estes já são suficientes para se perceber o quanto a Inteligência Artificial é cada vez mais utilizada na medicina, seja para de tratar doenças, oferecer mais precisão em relação ao resultado de exames, na associação de diferentes sintomas, no armazenamento de dados para uso futuro ou ainda para alertar médicos, em tempo real, sobre o estado dos pacientes. Como argumenta uma matéria no site ProDoctor (INTELIGÊNCIA..., 2018), todas essas aplicações não apenas podem simplificar o trabalho dos médicos e profissionais, como também evoluir consideravelmente os métodos e recursos para o tratamento de inúmeras doenças e enfermidades.

3.2 Inteligência artificial somada à nanotecnologia

O uso da Inteligência Artificial aplicada à medicina fica ainda mais potencial quando combinada com nanotecnologia, que tem a finalidade de manipular a matéria em nível molecular ou atômico, proporcionando a elaboração de sistemas funcionais incrivelmente minúsculos (nanométricos), tais como nano-robôs capazes de viajar por veias e artérias do corpo humano e oferecer diagnósticos precisos de doenças e outros males a um computador com um enorme banco de dados, cujo conhecimento poderia oferecer laudos muito mais precisos do que

um ser humano poderia (LIMA; QUEIROZ, s.d.). Mais especificamente, nano-robôs que circulam pelo sistema de um paciente poderiam informar a um computador externo, como o Watson, da IBM, cada detalhe do organismo para, assim, em tempo real, assegurar sua saúde ou identificar qualquer anormalidade. Como constata Harari (2016, p. 319): "com um Watson como esse nas imediações, não há muita necessidade de um Sherlock [isto é, necessidade de depender das descobertas de um especialista]."

Um exemplo de combinação de Inteligência Artificial com nanotecnologia é a terapia fotodinâmica, que é capaz de aumentar a velocidade em diagnosticar, além de reduzir o índice de rejeição em transplantes de materiais para regeneração de osso e tecidos humanos. De acordo com o físico brasileiro Cylon Silva, é estimado que até o ano de 2023, já será possível:

> [...] um indivíduo engolir uma cápsula que terá em seu interior sensores nanométricos. Essa pílula percorrerá seu organismo e realizará uma série de análises clínicas, podendo, inclusive, gerar imagens. Com isso, será possível identificar, por exemplo, uma célula inicial na qual viria a se instalar um tumor (SILVA *apud* SANTOS JUNIOR, 2013 p. 35).

De acordo com Romanelli (2019), cientistas da Universidade Estadual do Arizona, em colaboração com o Centro Nacional de Nanociência e Tecnologia da China (NCNST) e do Instituto de Pesquisa Médica (QIMR) da Austrália, produziram, a partir de DNA, nano-robôs capazes rastrear células cancerosas com o intuito de destruí-las. Neste processo, realizado por injeção intravenosa, os nano-robôs iniciam as buscas por tumores e ao encontrá-los, introduzem drogas que interrompem o fluxo sanguíneo e os removem.

Todo o procedimento é executado sem agredir células saudáveis em sua trajetória. Os testes foram feitos em camundongos com câncer de mama, pele, ovário e pulmão; nestes testes, em 48 horas os nano-robôs efetuaram com sucesso as operações para as quais foram programados, dobrando o índice de sobrevivência, além de 3 entre 8 casos de câncer de pele obterem regressão total. Apesar da técnica não ter sido testada em humanos, este pode ser um enorme avanço para a ciência na luta contra o câncer (ROMANELLI, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como é possível verificar, a partir dos vários exemplos citados, a Inteligência Artificial tem um enorme potencial para ajudar o campo da medicina a se desenvolver cada vez mais. Por

meio de sistemas inteligentes, é possível não apenas assegurar diagnósticos mais precisos e específicos a cada paciente, mas também permite que médicos e profissionais tenham alto suporte a realizar operações, tomar decisões, bem como acompanhar e tratar seus pacientes.

Aliás, a Inteligência Artificial aplicada à medicina torna-se ainda mais potente quando combinada com nanotecnologia. Fica evidente que esta combinação tecnológica tende a mudar, inclusive, os métodos cirúrgicos e tratamentos para as mais diversas enfermidades. Não é surpresa, afinal, a Sociedade Brasileira de Nanomedicina (SAIBA..., 2019) estimar que, em breve, existirão nano-robôs capazes de eliminar células cancerígenas, vírus e bactérias, combater infecções, evitar doenças genéticas através da alteração do código genético e até mesmo intervir nos neurônios. Tais estimativas não são meras especulações; ao contrário, considerando a velocidade com que novas tecnologias são lançadas ou se atualizam, talvez esta seja uma realidade mais próxima do que se imagina.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora não haja um consenso quanto a definição do conceito de Inteligência Artificial, é possível entendê-la como uma área inerente à computação, que busca atribuir funções inteligentes a objetos de diferentes naturezas, dando-lhes cognição para tomada de decisões.

A Inteligência Artificial tem ganhado cada vez mais espaço em diferentes áreas do conhecimento, o que não é diferente para o campo da medicina. Como é possível verificar a partir deste estudo, a medicina apresenta um enorme progresso em relação ao uso de sistemas inteligentes, agregando mais confiabilidade e segurança em diagnósticos e procedimentos médicos. Evidentemente, não se descarta a probabilidade de erros; no entanto, os erros podem ser menores caso se tenha o suporte de sistemas inteligentes e sofisticados. Um exemplo de tais sistemas é o Watson, da IBM, que há anos está sendo “treinado”, isto é, alimentado com uma enorme quantidade de informações médicas, a fim de auxiliar os profissionais em cada procedimento que realizam. Espera-se que, no futuro, a Inteligência Artificial, juntamente com a nanotecnologia, possa elevar ainda mais a medicina como um todo, garantindo muito mais rapidez, eficiência e sucesso em diagnósticos, tratamentos, cirurgias e curas de doenças.

REFERÊNCIAS

CALEGARI, Ana P. K. Medicina 4.0: um brinde a saúde na área da inteligência artificial. **DWIH São Paulo**, 6 maio 2019. Disponível em: < https://bit.ly/3c4fhJA >. Acesso em: 9 jan. 2020.

DURKHEIM, Émile. **As formas elementares da vida religiosa**: o sistema totêmico na Austrália. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

HARARI, Yuval N. **Homo Deus**: uma breve história do amanhã. São Paulo: Companhia das Letras: 2016.

INTELIGÊNCIA Artificial aplicada na medicina. **ProDoctor**, 13 nov. 2018. Disponível em: < https://bit.ly/2ygyLwe >. Acesso em: 20 maio 2020.

LIMA, Mariana C. P.; QUEIROZ, Paulo R. **Nanomedicina:** aplicação da nanotecnologia na medicina. PUC Goiás, s.d. Disponível em < https://bit.ly/2VgdKth >. Acesso em 9 mar. 2020.

LOBO, Luiz C. **Inteligência artificial e medicina.** Revista Brasileira de Educação Médica, vol. 41, n. 2, 2017. Disponível em < https://bit.ly/2VbSi8E >. Acesso em: 9 jan. 2020.

LOBO, Luiz C. **Inteligência artificial, o futuro da medicina e a educação médica.** Revista Brasileira de Educação Médica, vol. 42, n. 3, 2018. Disponível em: < https://bit.ly/3c7vcH7 >. Acesso em: 9 mar. 2020.

LUGER, George F. **Inteligência Artificial**. 6 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

MASNICK, Mike. No, A 'supercomputer' did not pass Turing Test for the first time and everyone should know better. **Techdirt**, 9 jun. 2014. Disponível em: < https://bit.ly/2VjEGbg >. Acesso em: 7 nov. 2019.

PEREIRA, Silvio L. **Introdução à Inteligência Artificial**. IME-USP, s.d. Disponível em: < https://www.ime.usp.br/~slago/IA-introducao.pdf >. Acesso em: 10 out. 2019.

PRADO, Jean. A inteligência artificial é mais antiga do que você imagina. **Tecnoblog**, 2016. Disponível em: < https://bit.ly/3e9rm1Z >. Acesso em 11 out. 2019.

RIBEIRO, Wandy. USP e Einstein usam Inteligência Artificial para diagnosticar coronavírus. **ICTQ**, 2020. Disponível em: < https://bit.ly/3e9W6PL >. Acesso em: 19 maio 2020.

ROMANELLI, Pedro. Cientistas estão usando nano robôs para combater o câncer. **Blog do Dr. Pedro Romanelli**, 8 fev. 2019. Disponível em: < https://bit.ly/2JTD6HX >. Acesso em: 11 fev. 2020.

ROSA, João L. G. **Fundamentos da Inteligência Artificial**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial**. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

SAIBA mais sobre a Sociedade Brasileira de Nanomedicina. **Sociedade Brasileira de Nanomedicina,** 2020. Disponível em: < https://www.nanomedicina.org.br/ >. Acesso em: 9 abr. 2020.

SANTOS JUNIOR, Jorge L. **Ciência do Futuro e futuro da ciência:** redes e políticas de nanociência e nanotecnologia no Brasil. Rio de Janeiro: UERJ, 2013.