

Os Pesticidas, Seus Riscos e Movimento no Meio Ambiente

Glaucia Maria Ferreira Pinto

(Pós-Doutora em Engenharia Química, Doutora em Ciências, Mestre em Química Analítica e Graduada em Bacharel em Química com Atribuições Tecnológicas pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Professora e Coordenadora de Curso na FACP - Faculdade de Paulínia glaucia.maria.facp@gmail.com)

RESUMO: Os pesticidas, cujos nomes politicamente mais corretos são defensivos agrícolas ou agroquímicos, são substâncias inseridas no meio ambiente com a intenção de matar ou controlar criaturas ou espécies indesejadas. A situação se agrava, pois paralelo ao fato da necessidade de serem tóxicos para desempenhar adequadamente o papel esperado, são utilizadas em larga escala e de forma nem sempre controlada. Podem permanecer no meio ambiente e contaminar várias espécies ou nichos do ecossistema. Assim, torna-se necessário conhecê-los e caracterizá-los a fim de minimizar os impactos negativos de seu uso crescente.

PALAVRAS-CHAVE: Pesticidas, meio ambiente, toxicidade.

Introdução

Os pesticidas são uma categoria de substâncias químicas que estão em uso e desenvolvimento crescente e que pode ter um impacto muito grande na sociedade. O contínuo aumento da população mundial gera a necessidade de aumentar os suprimentos de alimentos. Como resultado, o uso de pesticidas no mundo tem aumentado rapidamente, particularmente em países mais desenvolvidos, onde há uma forte preocupação com o extermínio de pragas, porém dispensa-se uma atenção relativamente menor à saúde do usuário, do consumidor e ao meio ambiente.

Os Pesticidas

Pesticida é um termo geral para inseticidas (pesticidas que matam insetos), acaricidas (pesticidas que matam ácaros), ronicidas (pesticidas que matam roedores), herbicidas (pesticidas que matam ervas), fungicidas (pesticidas que matam fungos) e produtos de ação similar (RUZICKA, 1973; PINTO, 2002).

Este termo geralmente indica algum composto químico, agente biológico, ou suas misturas, usados como ingredientes ativos de produtos que têm a função de controlar pestes e doenças de plantações, ectoparasitas de animais e pestes da saúde pública (MANO, 1991). Os termos pesticidas, praguicidas, biocidas, fitossanitários, agrotóxicos, defensivos agrícolas, venenos, remédios expressam as várias denominações dadas a um mesmo grupo de substâncias químicas (SILVA et al., 2005). O termo "agrotóxicos", preferido recentemente, está definido segundo o decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamentou a lei nº 7.802/1989 (revisado pelo decreto nº 5.549, de 22 de setembro de 2005), sendo descrito como: “produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias de produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento” (BRASIL, 2002 e 2005).

O Manual Analítico de Pesticidas (do inglês *Pesticide Analytical Manual*, PAM) lista mais de 600 ingredientes ativos. Considerando que há inúmeras formulações diferentes calcula-se que há entre 60 e 70 mil compostos químicos em uso comum. Além disso, o número total dos pesticidas disponíveis, bem como a quantidade produzida e aplicada, está aumentando progressivamente (MANO, 1991; MAKОВI et al., 1994). No Brasil, em 2002, o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal (SINDIVEG), apontou a presença de 278 ingredientes ativos em comercialização com finalidade pesticida, dos quais 29,1% eram herbicidas; 28,4% inseticidas; 25,9% fungicidas; 5,8% acaricidas e 10,8% pertencem a outros grupos. Segundo informações do SINDIVEG o Brasil aparece na oitava posição em relação aos países de maior consumo de agrotóxicos, chegando a 3,2 kg/ha de agrotóxicos, sendo que a Holanda, que ocupa o primeiro

lugar, consome 17,5 kg/ha. Além disso, os dados também mostram um aumento de 84 ingredientes ativos em comercialização no Brasil nos últimos 10 anos. A indústria de defensivos agrícolas movimentou US\$ 11,454 bilhões em 2013, contra US\$ 9,710 bilhões em 2012. Atualmente, o setor gera em torno de 10 mil empregos diretos e 50 mil indiretos, e financia diretamente ao agricultor mais de 90% das vendas que realiza (SINDIVEG, 2015).

Juntamente com o uso, o interesse pelos efeitos dos pesticidas no homem (GOMIDE, 2005; SLOVIC, 1987; PERES, 2003; ALAVANJA et al., 2004; KAMANYIRE, 2004; COCCO, 2002; FLORES, 2004; CAMPOS et al, 2015) e no meio ambiente (PINTO & JARDIM, 2002; PINTO & JARDIM, 2000; PINTO & JARDIM, 2000; PINTO & JARDIM 1999; RAYNE & IKONOMOU, 2003; BRONDI & LANÇAS, 2005; DÓREA et al., 1997; POSSAVATZ et al, 2014), também tem aumentado.

Os pesticidas têm sido usados pelo homem a muitos séculos. Alguns compostos inorgânicos, como enxofre e arsênio, são provavelmente os pesticidas mais antigos em uso na Europa e Ásia. Na Odisséia de Homero (700-600 D.C.) o herói grego usou enxofre queimado para purificar a casa e em Plínio, o Ancião da História Natural (23-79 A.C.), muitos outros exemplos são dados. No século 10, sulfeto de arsênio era usado como inseticida. Os compostos de cobre já eram empregados no século XIX como fungicidas. As propriedades tóxicas do ácido hidrociânico eram conhecidas pelos egípcios e romanos, que utilizavam este composto, bem como o dissulfito de carbono, como fumegantes. Tabaco e nicotina têm sido utilizados na Europa desde o século XVII como inseticidas. Também foram encontradas evidências arqueológicas do uso de métodos químicos para proteger plantações na Grécia e Roma antiga (MANO, 1991).

O início da história dos pesticidas modernos ocorreu nos anos 30, quando as propriedades inseticidas do diclorodifeniltricloro-etano (DDT) foram descobertas por Paul Muller, ganhador do Prêmio Nobel. Antes do desenvolvimento dos pesticidas modernos eram utilizadas substâncias muito tóxicas, como: ácido sulfúrico, arsenitos (herbicidas), estriquinina (rodenticida) e dinitro-*o*-cresol (multi-uso) (MANO, 1991).

Um resumo ilustrando a seqüência do desenvolvimento dos pesticidas modernos está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Desenvolvimento de muitos pesticidas modernos.

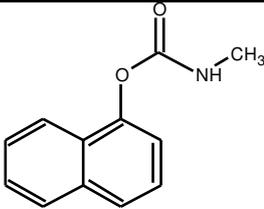
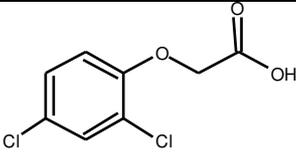
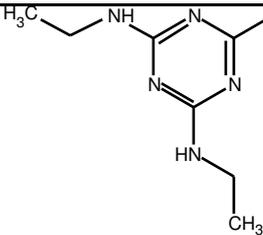
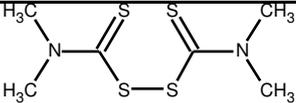
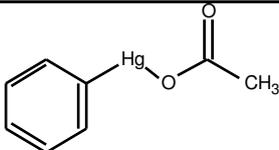
<i>Ano</i>	<i>Composto</i>
1939	DDT
1940-50	Outros hidrocarbonetos clorados
Anos 40	Inseticidas organofosforados
1944	Paration
Anos 50	Carbamatos
1941/42, 1944	2,4D; 2,4,5-T
1958	Paraquat e atrazina
Anos 70	Piretróides sintéticos
1954 - anos 80	Inseticidas microbianos

Fonte: MANO, 1991.

De acordo com a estrutura química, os pesticidas podem ser classificados em fosforados, clorados, carbamatos, piretróides, tiocarbamatos, derivados de uréia e etc. A Tabela 2 apresenta os principais tipos de pesticidas, um exemplo de cada classe, com a estrutura correspondente e a ação típica (RUZICKA, 1973; MANO, 1991; MAKОВI et al., 1994).

Tabela 2. Classificação química dos pesticidas de acordo com o uso ou ação.

<i>Tipo químico</i>	<i>Exemplo</i>	<i>Estrutura</i>	<i>Ação típica</i>
Organofosforado	Malation		inseticida
Organoclorado	p-p'-DDT		inseticida

Carbamato	Carbaril		inseticida
Ácido clorofenóxi	2,4D		herbicida
heterocíclico	Simazina		herbicida
ditiocarbamato	Tiram		fungicida
organo metálico	Acetato de fenilmercúrio		fungicida

Fonte: Adaptado de RUZICKA, 1973; MAKOVI et al., 1994

Diferentes pesticidas apresentam diferentes perigos para os usuários, de acordo com sua toxicidade para os mamíferos. A avaliação toxicológica mais comum é dada pela dose letal que afeta metade da população avaliada (DL_{50}), que geralmente é estudada utilizando ratos albinos ou outros animais de laboratório. A toxidez, de acordo com a DL_{50} , mais importante é a dose oral aguda, que ocorre quando a exposição ao composto tóxico se dá através de uma dose única e pela boca. Quando a exposição ocorre pela pele tem-se a DL_{50} dérmica e quando a exposição ocorre pelas vias respiratórias tem-se a DL_{50} inalatória (GARP, 1999).

A DL_{50} é definida como "a dose que previsivelmente causará uma resposta de 50% em uma população na qual se procura determinar o efeito letal", sendo sua unidade mg/kg. A classificação em classes de perigo, extremamente tóxica, moderadamente tóxica e etc., também é feita em relação aos valores de DL_{50} , e este tipo de classificação está apresentada na Tabela 3 (GARP, 1999; EPA, 2015; WHO, 2009).

Tabela 3. Classificação de substâncias químicas baseada nos valores de DL_{50} oral aguda.

<i>Classificação</i>	<i>DL_{50} (mg/kg)</i>
Extremamente tóxica	até 5
Altamente tóxica	5 a 50
Moderadamente tóxica	50 a 500
Levemente tóxica	500 a 5000
Relativamente tóxica	> 5000

Fonte: Adaptado de EPA, 2015.

Observa-se, geralmente, que entre os pesticidas, os inseticidas são os mais tóxicos, o que pode ser comprovado pelos valores de DL_{50} (oral aguda, por exemplo) que são mais baixos (1 a 500 mg/kg) que para herbicidas ou fungicidas (geralmente acima de 5000 mg/kg). Isto pode ser entendido pelo simples fato de que os inseticidas, que têm como alvo insetos, afetam mais ao homem e a animais superiores devido ao modo e local de ação, que é comumente o sistema nervoso. Por outro lado, os herbicidas e fungicidas, que têm como alvo ervas e microorganismos vegetais, respectivamente, possuem modo e local de ação muito diferentes, pois os organismos em questão são bem diferentes (GARP, 1999).

Atualmente, os pesticidas são poluentes particularmente importantes dentre os compostos orgânicos, devido ao seu uso comum e descontrolado. De acordo com um relatório publicado nos Estados Unidos, pela US Environmental Protection Agency (EPA, 2015), mais de 500.000 toneladas de pesticidas foram usados em 1985. Na Europa, o uso de pesticidas é difícil de estimar, porém o UK reportou o uso de 14000 toneladas por ano durante o período de 1980-1983. Observando os dados para o uso de pesticidas específicos, como, por exemplo, a atrazina, verifica-se que ele foi de 90000 toneladas em 1980 (EPA, 2015). Dentre os pesticidas, os herbicidas representam um problema especial de resíduos no meio ambiente, pois são aplicados diretamente no solo em pré-emergência (seletivo) ou como esterilizante do solo (não-seletivo) (VAN MIDDELEM, 1966).

Os pesticidas e o meio ambiente

Os pesticidas que são aplicados na lavoura, eventualmente, são transportados para as águas superficiais através de vários mecanismos e seus resíduos podem permanecer no meio ambiente, devido a sua persistência, causando riscos potenciais à saúde humana (PINTO, 2002). As principais vias de entrada de compostos orgânicos nos organismos humano e animal são a gastrointestinal, respiratória e dérmica. Uma vez no organismo, tanto de animais como de humanos, os pesticidas sofrem transformações e são excretados na urina, fezes e leite. Os pesticidas acumulam-se no organismo em tecidos lipídicos, fígados, rins, cérebro e coração. Como um agravante, muitos dos alimentos que fazem parte da dieta humana sofrem enriquecimento em relação a concentração inicial de pesticidas, como o leite, peixes de água doce ou salgada, crustáceos e vegetais. A cadeia alimentar aquática é um bom exemplo de como ocorre a acumulação. Se for considerada uma concentração arbitrária de 1 para traços de um inseticida na água, então a concentração em um

plancton será de 10, em um crustáceo será de 500, em um peixe pequeno será de 2500, em um peixe carnívoro será de 5000 e em um pássaro, que come peixes, será de 125000 (BIZIUK et al., 1996).

O impacto no meio ambiente causado pelo uso de pesticidas está esquematizado na Figura 1 (MURTI & NAG., 1991).

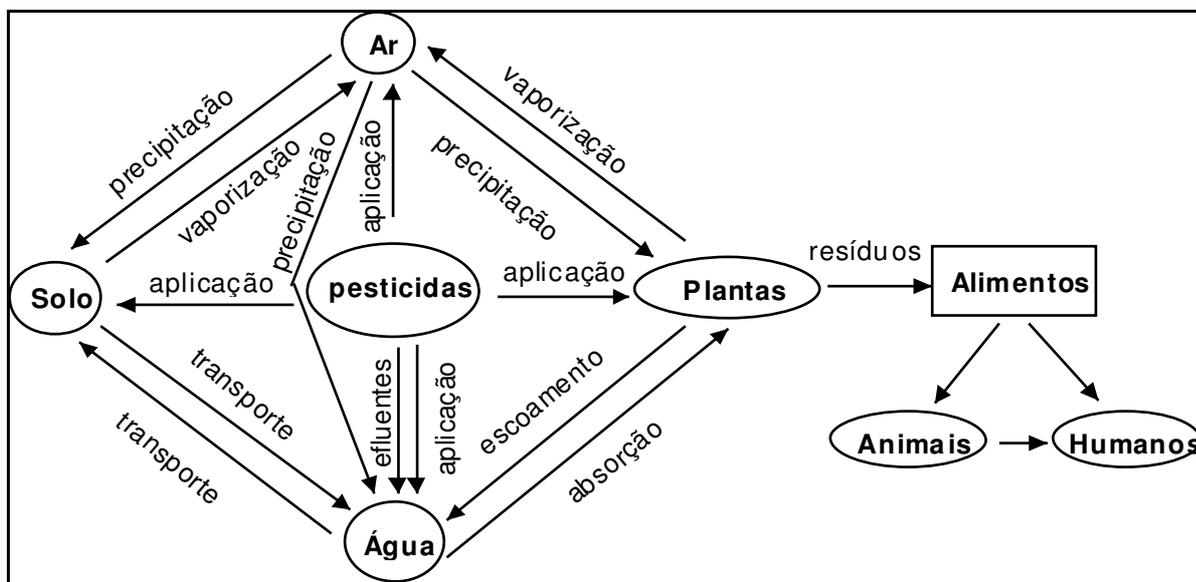


Figura 1. Impacto ambiental causado pelos pesticidas (MURTI & NAG., 1991).

A Figura 1 mostra que devido a aplicação, os pesticidas podem ser localizados no solo, no ar (névoas), na água ou nas plantas. O transporte dos pesticidas presentes em diferentes compartimentos do meio ambiente pode ocorrer através de diversos mecanismos, como: vaporização (do solo para o ar, ou das plantas para o ar), precipitação (do ar para o solo, ou do ar para as plantas, ou do ar para a água), escoamento (das plantas para a água), transporte (do solo para água e vice-versa), absorção (da água para as plantas), e etc. Além disso, os resíduos dos pesticidas podem atingir os alimentos e assim os animais e o homem.

O deslocamento dos pesticidas no meio ambiente depende da maneira como eles são aplicados, da natureza química de seus compostos, de sua formulação e de fatores climáticos como chuva, vento e sol.

O homem é exposto aos pesticidas através do ar que ele respira, da comida que ele consome e da água que ele bebe. Suspeita-se que os rios e os lagos estejam contaminados por quantidades

apreciáveis de inseticidas organoclorados, e aceleram-se as pesquisas para determinar outros pesticidas poluentes que também possam estar presentes nas fontes de água potável.

Desta maneira, a situação deve ser avaliada cuidadosamente, mas se o homem não priorizar preservar os recursos naturais, mesmo que isto represente encontrar outras maneiras de manter a produção agrícola elevada e a população a salvo de doenças, em breve não restará a quem alimentar ou proteger de mosquitos.

Conclusões

Os pesticidas apresentam uma dualidade: são benéficos devido à eficácia contra pragas e vetores de doenças, porém podem causar grandes problemas ambientais e de saúde pública;

Todos os compartimentos do meio ambiente são interligados e uma vez que um se encontra contaminado, todos os demais serão contaminados;

A preocupação e priorização na preservação dos recursos naturais deve ser o foco central de atenção para que os recursos naturais não sejam totalmente comprometidos e contaminados.

REFERÊNCIAS

ALAVANJA, M.C.R.; HOPPIN, J.A.; KAMEL, F. Health Effects of Chronic Pesticide Exposure: Cancer and Neurotoxicity. **Annu . Rev. Public Health**, v. 25, p. 157 - 197, 2004.

BIZIUK. M.: PRZYJAZNY. A.: CZERWINSKI. J.: WIERGOWISKI. M.: occurrence and determination of pesticides in natural and treated waters. **J. Chromatogr. A**, v. 754, p. 103-123, 1996.

BRONDI, S.G.H.; LANÇAS, FM. Development and validation of a multi-residue analytical methodology to determine the presence of selected pesticides in water through liquid chromatography. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 16 (3B), p. 650-653, 2005.

CAMPOS, Élida; FREIRE, Carmen; NOVAES, Cristiane de Oliveira; KOIFMAN, Rosalina J.; KOIFMAN, Sérgio, Exposição a pesticidas organoclorados e desenvolvimento cognitivo em crianças e adolescentes residentes em uma área contaminada no Brasil. **Rev. Bras. Saúde Matern. Infant.**, 15 (1): 105-120 jan. / mar., 2015.

COCCO, P. On the rumors about the silent spring. Review of the scientific evidence linking occupational and environmental pesticide exposure to endocrine disruption health effects. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18 (2), p.379-402, 2002.

DÓREA, H.S.; BARBIRATO, M.A.; LANÇAS, FM.; Pesticidas. **R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente**; v. 7, p. 109, 1997.

EPA - Environmental Protection Agency **Pest Control and Pesticide Safety for Consumers - US EPA**. Disponível em: < www2.epa.gov/safepestcontrol>. Acessado em 20 ago 2015.

FLORES, A.V.; RIBEIRO, J.N.; NEVES; A.A.; QUEIROZ, E.L.R. Organoclorados: um problema de saúde pública. **Ambient. & Soc.**, v. VII (2), p.111-125, 2004.

GOMIDE, M. Agrotóxico: que nome dar? **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10 (4), p. 1047-1054, 2005.

KAMANYIRE, R.; KARALLIED, L. Organophosphate toxicity and occupational exposure. **Occupational Medicine**, v. 54(2), p. 69-75, 2004.

MAKOVI, C.M. (Editor); McMAHON B.M. (Editor Emerita). **Pesticide analytical manual**, Volume I, 3rd edition, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service Food and Drug Administration, 1994 (Revised, October 1999).

MANO, M. **Toxicology and Risk Assessment of Pesticides**. In RICHARDSON, M.L. (Ed.). *Chemistry, Agriculture and the Environment*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1991, p. 466-490.

GARP -Associação Grupo de Analistas de Resíduos de Pesticidas, **Manual de Resíduos de Pesticidas em Alimentos** (apostila) 1999.

MURTI. C.R.K.; NAG. D. **Human Health Impact of Pesticides in the Environment**. In RICHARDSON, M.L. (Ed.). *Chemistry, Agriculture and the Environment*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1991, p. 491-510.

PERES, F., MOREIRA, J.C., and DUBOIS, G.S. **Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema**. In: PERES, F. and MOREIRA, J.C., orgs. *É veneno ou é remédio?: agrotóxicos, saúde e ambiente* [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2003, p. 21-41. ISBN 85-7541-031-8.

PINTO, G.M.F. **Desenvolvimento de metodologia para determinação de multirresíduos de herbicidas e seus metabólitos em água e em solo por cromatografia líquida de alta eficiência**. 182f. Tese de Doutorado – Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2002.

PINTO, G.M.F.; JARDIM, I.C.S.F. Use of solid phase extraction and HPLC for determination of herbicide multiresidue recoveries in water . **J. Liquid Chromatogr. & Related Technol.**, v. 25, p. 1093-1101, 2002.

PINTO, G.M.F.; JARDIM, I.C.S.F. Mobile phase optimization for the separation of some herbicide sample using HPLC. **J. Liquid Chromatogr. & Related Technol.**, v. 23, p. 1353-1363, 2000.

PINTO, G.M.F.; JARDIM, I.C.S.F. Use of solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography for the determination of triazine residues in water: validation of the method, **J. Chromatogr. A**, v. 869, p. 463-469, 2000.

PINTO, G.M.F.; JARDIM, I.C.S.F. Determination of bentazon residues in water by high performance liquid chromatography Validation of the method, 11/1999, *Journal of Chromatography*, **J. Chromatogr. A**, v. 846, p.369-374, 1999.

POSSAVATZ, Juliana; ZEILHOFER, Peter; PINTO, Alicio Alves; TIVES, André Luiz; DORES, Eliana Freire Gaspar de Carvalho, Resíduos de pesticidas em sedimento de fundo de rio na Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá, Mato Grosso, Brasil **Rev. Ambient. Água**, vol. 9, n. 1, -Jan. /Mar., 83-96, 2014.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5549.htm>. Acessado em 05/01/2015.

RAYNE, S. IKONOMOU, M. G. Development of a Multiple-Class High-Resolution Gas Chromatographic Relative Retention Time Model for Halogenated Environmental Contaminants. **Anal. Chem.**, v.75, p.1049-1057, 2003.

RUZICKA, J.H. **Analysing for Pesticides Residues in the Environment**. In EDWARDS, C.A., (Ed.). Environmental Pollution by Pesticides, Plenum Press, London, p. 12-41, 1973.

SILVA, J.M.; NOVATO-SILVA, E.; FARIA, H.P.; PINHEIRO, T. M.M. Agrotóxico e trabalho: uma combinação perigosa para a saúde do trabalhador rural. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10 (4), p. 891-903, 2005.

SINDIVEG - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal, Disponível em: <<http://www.sindiveg.org.br/sindiveg.php>> Acessado em 05 jan 2015.

SLOVIC, P. Perception of risk. **Science**, v.230 p.280- 285, 1987.

VAN MIDDELEM, C.H. **Fate and Persistence of Organic Pesticides in the Environment**. In ROSEN, A.A.; KRAYBILL, H.F. (Ed.). **Organic Pesticides in the Environment**, American Chemistry Society, Washington, D.C., 1966, p 229-249.

WHO - World Health Organization. The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard. 2009. Disponível em: <http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_2009.pdf?ua=1> Acessado em: 20 dez 2014.