

O potencial disruptivo das biotecnologias desenvolvidas em universidades públicas brasileiras

Ana Sílvia Rocha Ipiranga

*Curso de Mestrado Acadêmico em Administração de Empresas, Universidade Estadual do Ceará,
anasilviaipi@uol.com.br*

Lorena Bezerra de Souza Matos

*Curso de Doutorado Acadêmico em Administração de Empresas, Fundação Getúlio Vargas EAESP-FGV,
lorenabmatos@gmail.com*

Laércio de Matos Ferreira

Catching up consultoria, laerciomatosf@gmail.com

Resumo

O objetivo deste trabalho é contribuir ao desenvolvimento em um enfoque mais amplo, baseado na identificação e descrição da história do potencial disruptivo das tecnologias em biotecnologia em uma universidade pública brasileira, por ser um setor estratégico para o País. Devido à amplitude de possibilidades que apresenta o estudo empírico do tema, foi delineado como objeto de pesquisa para o estudo do potencial disruptivo da biotecnologia "Desenvolvimento de vacinas utilizando um sistema vegetal como biofábrica". Esta tecnologia foi desenvolvida em uma unidade de P&D do Laboratório de Bioquímica Humana da Universidade Estadual do Ceará – UECE, vinculada à Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO. É justificável, por isso, a escolha deste tema, o campo e o objeto da pesquisa, uma vez que o setor de vacinas, em termos de P&D, requer um constante processo de desenvolvimento e inovação em aplicações; mesmo assim, têm surgido novas tecnologias que não conseguem reduzir custos, mas sim incrementar cada vez mais os custos gerais, mantendo assim o "status quo" do mercado. Neste contexto, a pergunta que orienta o problema da investigação é: Qual o potencial de inovação disruptiva na biotecnologia "Desenvolvimento de vacinas utilizando um sistema vegetal como biofábrica"? Realizou-se uma pesquisa descritiva com um viés histórico. Para constituir o corpo empírico foram utilizadas pesquisa documental e bibliográfica, observação direta, anotações no caderno de campo e entrevistas abertas e em profundidade junto aos atores-chaves.

Palabras clave

Inovações disruptivas; universidades públicas; desenvolvimento de vacinas.

1 Introdução

Para Christensen (1997) empresas entrantes, muito embora apresentem uma performance inferior, podem ganhar mercado antes dominado por empresas existentes, ao romper com antigos modelos de negócio, remodelando assim as bases de competição existentes (ADNER, 2002; CHRISTENSEN, 1997; CHRISTENSEN; RAYNOR, 2003).

Nesse sentido, setores altamente baseados em ciência e “alta tecnologia”, como semicondutores, comunicação, biotecnologia e internet (HITT, 2005), oferecem reais oportunidades de inovação e de aumento de competitividade para países *latecomers*, uma vez que possibilitam a exploração de novas oportunidades de negócio, seja no preenchimento de espaço em um mercado novo, seja na conquista de fatias de mercado já consolidado, como é o caso das inovações disruptivas.

Deste modo, as inovações de disrupção em economias de industrialização recente, como o Brasil, caracterizadas pelo baixo grau de geração de inovações, infraestruturas tecnológicas e industriais precárias, distância dos principais mercados, além de universidades e centros de formação de conhecimento científico e tecnológico nem sempre bem equipados, ocupam lugar de destaque, ao oferecerem potencial de geração de valor e benefícios para a economia nacional.

Considerando estas discussões, o intuito dessa pesquisa é contribuir para o desenvolvimento de uma abordagem mais ampla a partir da identificação e descrição da história do potencial disruptivo de tecnologias na área da biotecnologia, por se tratar de um setor estratégico para o País, uma vez que impacta os principais setores da vida humana: saúde animal, saúde humana, agricultura, meio ambiente, bioenergia e insumos (FUNDAÇÃO BIOMINAS, 2011). Assim, numa época em que o Brasil caminha para o desenvolvimento, necessitando acelerar seu processo de acumulação de capacidades inovadoras, um estudo dessa natureza é importante para a gestão da inovação na indústria biotecnológica.

Os estudos voltados à identificação de inovações de disrupção, bem como da medição de seu potencial de ruptura são realizados usualmente a partir da coleta e análise de dados e tendências de mercado, requerendo análises complexas, além de cientistas da informação especializados.

Nesse sentido, devido à amplitude de possibilidades do estudo empírico do tema, inclusive através de análises históricas de casos, delimitou-se como objeto da presente pesquisa o estudo do potencial de ruptura da Biotecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”. Esta tecnologia foi desenvolvida no laboratório de P & D Laboratório de Bioquímica Humana da Universidade Estadual do Ceará – UECE, vinculado à Rede Nordeste de Biotecnologia - RENORBIO.

A Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO, rede do setor biotecnológico formada por instituições de ensino, laboratórios de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e empresas (aproximadamente 40 instituições), visa à consolidação gradativa de núcleos de excelência em biotecnologia com padrões globais de competitividade na região Nordeste, bem como ao estabelecimento e estímulo da massa crítica de profissionais na região, com competência em

biotecnología e áreas afins, para executar projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D &I) de importância para o desenvolvimento do Nordeste (RENORBIO, 2012).

Justifica-se, portanto, a escolha desse tema, campo e objeto de pesquisa, uma vez que o setor de vacinas, em termos de P&D, exige um processo constante de desenvolvimento e aplicações de inovações, no entanto, as novas tecnologias surgidas, ao invés de diminuir os custos, vêm aumentando os custos globais cada vez mais, mantendo assim o *status quo* do mercado. Nesse sentido, inovações disruptivas nessa área simplificam e diminuem os custos, permitindo uma acessibilidade maior à saúde.

Segundo a Organização das Nações Unidas – ONS (2012), ocorrem cerca de 100 milhões de casos/ano de dengue, em população de risco de 2,5 a 3 bilhões de seres humanos. A tecnologia sob estudo combate os quatro sorotipos do vírus da dengue, incluindo o hemorrágico, representando assim uma tecnologia com potencial inovativo estratégico para o País, uma vez que no setor nacional de vacinas há ainda dependência do mercado externo.

Nesse contexto, a questão guia que orienta a problemática da presente pesquisa foi: qual o potencial de inovação de ruptura da Biotecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”?

Em função da natureza do problema outrora apresentado, realizou-se uma pesquisa do tipo descritiva e com um viés histórico, predominantemente qualitativa. Barnes, Bloor e Henry (1996) enfatizam como e por que a análise sociológica se torna um complemento essencial no processo de compreensão do conhecimento científico, e, nesse contexto, sugerem os autores, o método principal deve se basear na apresentação de estudos de casos históricos.

Para a constituição do *corpus* empírico foram utilizadas pesquisa documental e bibliográfica, observação direta no laboratório da tecnologia sob estudo, anotações no caderno de campo e entrevistas abertas e em profundidade com atores-chave. Além dos pesquisadores do laboratório, para a escolha dos atores-chave foi observada a ideia de “laboratório extenso” (CALLON, 1989; TEIXEIRA, 2001) envolvendo na pesquisa os atores de outras instituições externas e adjacentes ao laboratório.

2 A inovação disruptiva

A teoria da inovação de ruptura esclarece o processo pelo qual produtos e serviços caros e complexos são simplificados e democratizados, tornando-se assim disponíveis. Na Figura 1 abaixo, consegue-se visualizar seus constructos básicos na representação do desempenho de produto ou serviço ao longo do tempo. Observando-se atentamente a Figura 1, podem ser percebidos dois tipos de trajetórias de melhoria em cada mercado.

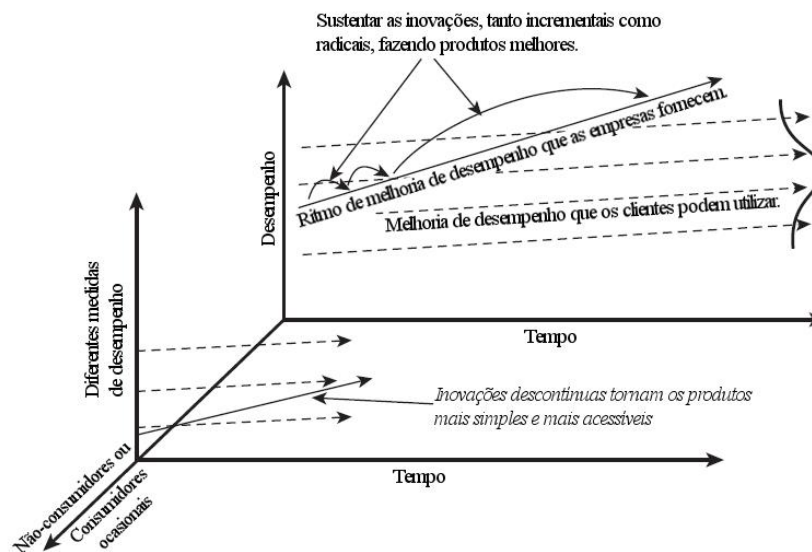


Figura 1. Modelo de inovação disruptiva.

Fonte: CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009, p. 43.

A primeira trajetória, representada pela linha contínua, descreve o ritmo do aperfeiçoamento em produtos e serviços oferecidos aos clientes. Refere-se às inovações de sustentação, podendo ser melhorias de natureza radical, quanto incremental (rotineiras). Essas inovações de sustentação, independente de sua natureza, cumprem o propósito competitivo de manutenção da trajetória de melhoria de desempenho no mercado estabelecido.

As linhas pontilhadas, por sua vez, representam o índice de melhoria do desempenho que os clientes estão aptos a aproveitar, dependendo do tipo de consumidor. A linha pontilhada mais abaixo, representa os consumidores que se contentam com menos, e a linha acima representa os consumidores mais exigentes. Como se pode perceber a partir da intersecção entre a trajetória contínua e o espaço entre as linhas pontilhadas, as necessidades dos clientes tendem a ser relativamente estáveis por um período de tempo. Assim, empresas que constantemente aprimoram seus produtos em um ritmo acelerado, com o intuito de perpetuar o sucesso histórico de seus produtos, findam por oferecer produtos e serviços com mais recursos e funções do que os consumidores precisam realmente, ultrapassando assim suas capacidades de absorção.

Ocorre que esses produtos e serviços oferecidos pelas empresas líderes normalmente são caros e complexos, de modo que somente os consumidores presentes nas linhas pontilhadas mais

altas estão dispostos a pagar por essas melhorias de desempenho. De acordo com Christensen (1997) e Hart e Christensen (2002), as empresas líderes de mercado falham por utilizarem as mesmas práticas administrativas que as tornaram líderes, ou seja, elas se condicionaram a oferecer inovações em caráter progressivo de aperfeiçoamento e melhoria contínua de seus produtos e serviços (inovações sustentadoras).

Por contraste, uma tecnologia "disruptiva" introduz produtos ou serviços com características inferiores aos comercializados pelas empresas líderes nos grande mercados. Assim, ao invés de sustentar a trajetória de aprimoramento de produto contida no plano original de competição, a inovação disruptiva oferece soluções mais simples e acessíveis, embora inferiores.

2.1 Elementos do processo de ruptura

De acordo com Christensen, Grossman e Hwang (2009), o processo de ruptura é constituído por três elementos principais que permitem que problemas fundamentais de um setor sejam tratados a menores escala, custo e capacidade humana do que o comumente exigido. O primeiro elemento é um *Capacitador tecnológico* (tecnologia sofisticada que tem por intuito simplificar). O segundo elemento é uma *Inovação do modelo de gestão*, oferecendo aos consumidores soluções disponíveis e acessíveis. O terceiro elemento é *Sistema comercial* formado por uma cadeia de valor inteiramente nova.

Um Capacitador Tecnológico permite que problemas básicos de um setor em específico sejam resolvidos com menores dispêndios de escalas, custos e recursos humanos, sendo, portanto, a espinha dorsal dos modelos de gestão de ruptura (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009).

Christensen, Grossman e Hwang (2009) citam a área de saúde como exemplo, mostrando que o setor está carregado de novas tecnologias, algumas dessas resultados de anos de pesquisas e investimentos em laboratórios de P&D, outras licenciadas em todo ou em parte, e ainda há aquelas adaptadas de outro setor produtivo distinto. Nesse sentido, enormes gastos na área da saúde em economias desenvolvidas, bem como em economias em desenvolvimento, decorrem da incapacidade de diagnosticar com precisão doenças, ou seja, o tratamento é realizado tendo como base o método de tentativa e erro, e não a partir das reais causas da doença, se genéticas, infecciosas ou mesmo desconhecidas.

Para Christensen (2012), após a identificação de um capacitador tecnológico, é necessário que seja elaborada uma estratégia adequada para a sua comercialização, voltando-se assim os esforços para a análise do contexto organizacional. Nesse ponto, avalia-se o modelo de gestão mais estratégico: mudar os valores e a cultura da organização principal ou criar uma nova organização (CHRISTENSEN, 2012). Conforme o entendimento de Christensen, Grossman e Hwang (2009), um modelo de gestão é um sistema independente formado por quatro elementos principais: i) *proposição de valor*; ii) *fórmula de lucro*; iii) *processos organizacionais*, e; iv) *recursos*.

O ponto principal para um modelo de negócio é sua *proposição de valor* (*the value proposition*), ou seja, “um produto ou serviço que permita aos clientes visados dar conta da tarefa que tentam realizar de uma maneira mais eficiente, conveniente e acessível”

(CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009, p. 47). No entanto, para que as empresas consigam oferecer essa *proposição de valor* aos clientes, é necessário que os gestores utilizem a vasta gama de *recursos (resources)* da organização, como pessoas, instalações, aportes financeiros, produtos, equipamentos, treinamentos, estrutura de custos, padrões, entre outros.

A utilização dos *recursos* a fim de se obter uma *proposição de valor* somente é conseguida mediante os *processos organizacionais (processes)*, no sentido de que são as formas habituais de trabalho que determinam como os *recursos* deverão ser combinados. Como resultado dessa combinação, resulta a *fórmula de lucro (profit formula)*, definidora das margens de lucro, preços e os aportes necessários para custear a utilização de *recursos* e *processos* requeridos para a *proposição de valor*.

Ocorre que as organizações só podem oferecer ao mercado as *proposições de valor* que se adequam aos *recursos, processos e fórmula de lucro* da organização, ou seja, os gestores só podem adotar novas tecnologias por meios que suportem o modelo de gestão dentro do qual operam (CHRISTENSEN; GROSSMAN; HWANG, 2009). Nesse sentido, os mesmos elementos principais que compõem um modelo de gestão podem ser limitantes para a realização de uma ruptura em todo o seu potencial.

Logo, uma gestão que não contemple a necessidade de mudanças, finda por acomodar-se às velhas estruturas estáveis, culminando assim em perda de vantagem competitiva. Para Henderson e Clark (1990), além do reconhecimento das mudanças a serem feitas, são necessárias sua construção e aplicação nas dimensões organizacionais. Acontece que esse processo não é simples, uma vez que demanda tempo, recursos e processos de aprendizagem diferenciados, necessitando, portanto, de maestria e sensibilidade por parte dos gestores.

Nesse sentido, para Christensen (2012), organizações pequenas e independentes como *spin-offs* ou *startups* seriam apropriadas quando se confronta com uma inovação de ruptura, uma vez que possuem uma organização especialmente dedicada dentro da rede de valor emergente (CHRISTENSEN, 2012).

Apesar da nomenclatura diferenciada, *startups* e *spin-offs* enfrentam problemas semelhantes para conseguir chegar ao mercado. Particularmente, o termo *spin-off* se refere geralmente a empresas com base tecnológica que têm origem em universidades ou em outra instituição de pesquisa (DECLEYN; BRAET, 2007). Portanto, para a consecução deste trabalho, por se tratar de uma empresa registrada e incubada na incubadora da Universidade Estadual do Ceará – UECE, utilizar-se-á o termo *spin-off* por ser adequado ao contexto.

Por fim, o terceiro capacitador da ruptura elencado pelos autores versa sobre um novo sistema de valor comercial, que consiste em uma cadeia de valor completamente distinta da precedente vinculada aos novos modelos de gestão então surgidos.

No contexto da presente pesquisa, sistemas de saúde são construções sociais normalmente criadas pelos Estados, visando o acesso da sociedade à saúde. Um sistema comercial é constituído por estruturas com atividades distintas, mas interligadas: as estruturas assistenciais e as estruturas que proporcionam a realização das funções do sistema. A primeira espécie é composta pela rede de serviços, como hospitais, ambulatórios, consultórios, laboratórios

clínicos e radiológicos, bem como por profissionais e técnicos com formação específica em saúde. O segundo grupo se refere às estruturas responsáveis pela organização e regulação do funcionamento do sistema, como, no caso do Brasil, os Ministérios, Secretarias e Agências Reguladoras (USP, 2013).

Como mostrado por Christensen, Grossman e Hwang (2009), a fragmentação de um sistema comercial é complexa, uma vez que requer a mobilização de vários atores conjuntamente, necessitando assim de um nível alto de integração entre médicos, hospitais, empresas, agências e ministérios. O ponto mais difícil é conseguir mover os líderes do sistema vigente, haja vista as muitas barreiras regulatórias que obstam o processo, podendo a levar décadas de transição.

Assim, se e quando uma curva de disrupção no mercado progredir a ponto de satisfazer o nível, bem como a natureza do desempenho tecnológico oferecido pelo outro sistema comercial, a tecnologia de ruptura poderá invadi-lo com velocidade surpreendente, alterando assim a configuração do sistema comercial então vigente (CHRISTENSEN, 2012).

As inovações de ruptura são analisadas, de modo geral, sob uma perspectiva econômica, mais técnica, deixando em segundo plano de análise sua condição social. Assim, pretende-se analisar o potencial de inovações disruptivas no setor da biotecnologia, a partir de uma perspectiva sociológica. Para tanto, no capítulo seguinte será apresentado o arcabouço metodológico.

3 Metodologia

Em função da natureza do problema outrora apresentado, realizou-se uma pesquisa do tipo descritiva e com um viés histórico, com abordagem predominantemente qualitativa. Barnes, Bloor e Henry (1996) enfatizam como e por que a análise histórica se torna um complemento essencial no processo de compreensão do conhecimento científico, e, nesse contexto, sugerem os autores, o método principal deve se basear na apresentação de estudos de casos históricos.

A historiografia do progresso tecnológico permite que sejam visualizados os aspectos-chave para o entendimento e compreensão do processo de desenvolvimento tecnológico de inovações (ROSENBERG, 2006). Como afirma Rosenberg (2006, p. 87): “A tecnologia deve ser entendida como um processo social. A história das invenções não é, decididamente, a história dos inventores”, pelo contrário, o progresso tecnológico é o resultado de complexas relações entre fatores e agentes influenciadores desse processo, sejam institucionais, econômicos ou tecnológicos.

Consoante com a discussão, Rabinow (2002) coaduna e problematiza esta escolha metodológica quando afirma que a ciência “é uma exploração da racionalidade em ação”, nas palavras do autor:

Tão firme quanto uma crença na ciência, percebe-se aí uma crença na sua historicidade e pluralidade. Diversas ciências em ação somente existem em momentos históricos particulares: física não é biologia; a história natural do século XVIII não é a genética do final desde século (RABINOW, 2002, p. 126).

Rabinow (2002) ao analisar etnograficamente a história da indústria da biotecnologia, partindo da invenção do PCR (Reação da Cadeia da Polimerase - Projeto Genoma) e das instituições a ela associadas, invenção essa que transformou profundamente as práticas e os potenciais de biologia molecular ao identificar e manipular o material genético, entende que:

A história da ciência desempenha um conjunto semelhante de operações sobre objetos científicos. O objeto do discurso histórico é a historicidade do discurso científico na medida em que esta história executa um projeto guiado por suas próprias normas internas, mas atravessado por acidentes interrompidos por crises, ou seja, por momentos de juízo e verdade (RABINOW, 2002, p. 126).

Assim, foram elegidos os fundamentos da pesquisa histórica enquanto pressuposto metodológico ao permitir a relação com novas fontes, problemas e abordagens, bem como o confronto com fontes orais e escritas e sua utilização multidisciplinar. O uso dessa abordagem dentro da Administração nos últimos anos, muito embora ainda em número incipiente, vem contribuindo para uma melhor compreensão do pensamento administrativo brasileiro, ao aproximar os pesquisadores de sua realidade social, potencializando assim uma posição de engajamento e compromisso consciente (GUERREIRO RAMOS, 1996).

Nesse sentido, a inserção da perspectiva histórica na área da Administração contribui para o avanço da área, uma vez que promove a geração de novas abordagens, noções e percepções mais reflexivas com relação aos objetos de estudo (CLARK; ROWLINSON, 2004; BOOTH; ROWLINSON, 2006; VIZEU, 2007). Nesses termos e tendo como base a colocação de

Barnes, Bloor e Henry (1996), utilizar-se-á a análise histórica da Biotecnologia sob estudo - “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”.

Considerando estas premissas foi escolhida uma disciplina – a biotecnologia – e uma situação – laboratórios científicos no Brasil - ligada à Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO - <http://www.renorbio.org.br>). Entre estes laboratórios se destaca o Laboratório Bioquímica Humana que atualmente desenvolve a tecnologia sob estudo denominada “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”. O levantamento de materiais empíricos envolveu a documentação indireta e direta em uma extensa base de dados heterogênea, tendo sido realizado no período de 11 (onze) meses.

Neste artigo, fundamentou a análise os seguintes conjuntos de documentos referentes à tecnologia em estudo, dentre eles: relatórios de pesquisa, cadernos de laboratório, informações tecnológicas, patentes e documentos institucionais. A segunda fase da pesquisa bibliográfica se refere ao mapeamento das tecnologias voltadas à área de vacinas, através dos *softwares online Questel Orbit e Silobreaker*, visando à identificação de possíveis inovações disruptivas, bem como de suas dinâmicas econômicas (pesquisadores e instituições envolvidas - laboratórios e empresas; áreas de aplicação; e mercados potenciais).

Foi realizado também levantamento de material a partir da pesquisa empírica de campo, mediante procedimentos observacionais dentro do Laboratório de Bioquímica Humana, vinculado à RENORBIO e no qual foi desenvolvida a tecnologia sob estudo, bem como a realização de entrevistas abertas e em profundidade com atores-chave para a investigação e anotações no caderno de campo. Foram entrevistados: a cientista responsável pelo desenvolvimento da biotecnologia sob estudo; o Coordenador do Núcleo de Inovação tecnológica da UECE, e; a representante comercial da *spin-off Greenbean*.

O *corpus* da pesquisa foi analisado mediante a técnica de codificação aberta (COFFEY; ATKINSON, 1996), resultando 13 (treze) códigos, após quatro revisões do material. Para o presente artigo, foram utilizados apenas os códigos referentes ao potencial disruptivo da Biotecnologia.

4 Contextualização da biotecnologia sob estudo

O objeto de estudo dessa pesquisa se delimita no contexto multidisciplinar da Imunologia, Biologia Molecular e Biotecnologia e foi desenvolvido no Laboratório de Bioquímica Humana integrante da Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO). A biotecnologia desenvolvida pela Cientista bioquímica tem por finalidade a criação de vacina vegetal contra o vírus da dengue, produzida a partir de proteínas recombinantes em modelo procarionte para os quatro sorotipos do vírus dengue utilizando plantas como biofábricas de produção dessas proteínas. No processo de patenteamento, a tecnologia recebeu o título “Processo de produção de proteínas do vírus da dengue em plantas, e uso de proteínas na preparação de vacina contra a dengue” (FUNECE, 2011).

A biotecnologia em estudo tem por finalidade a produção de proteínas do vírus da dengue utilizando sistemas vegetais como biofábrica e o uso dessas proteínas na preparação de vacina contra a dengue. O uso de sistemas vegetais para a produção de vacinas tem se mostrado uma alternativa atrativa aos sistemas de produção tradicionais.

Os vírus da dengue (DEN) pertencem à família *Flaviviridae*, gênero *Flavivirus*, e ocorrem de quatro sorotipos antigenicamente relacionados, mas distintos entre si DEN – 1, 2, 3, 4. Dentre as proteínas expressas pelo vírus dengue, a existente no envelope (E) é a única que provê anticorpos neutralizadores, ou seja, é o principal imunógeno para a neutralização do vírus, sendo também a única que permite a entrada do vírus na célula do hospedeiro. Por essas razões, a proteína E tem sido extensamente estudada na área de biotecnologia (FUNECE, 2011).

Na tecnologia, conforme relatado pela cientista, a proteína E é obtida das folhas da *Vigna unguiculata L* (feijão-de-corda), sendo utilizadas como imunógenos protetores contra a dengue. Assim, para a obtenção dessas proteínas, foram utilizadas técnicas de biologia molecular nos vírus dengue e CPMV (*Cowpea mosaic virus*) – genoma do vírus da planta (mosaico *caupi*), que apresenta altas taxas de desenvolvimento em seu hospedeiro natural.

Ao ser realizado o estudo prospectivo de vacinas contra a dengue mediante o software Questel Orbit, verificou-se que o uso de sistemas vegetais como biofábrica se mostra como uma técnica promissora ao proporcionar custo barato, simplicidade no processo de produção, produção em alta escala, além de ser uma técnica biologicamente segura. Nesse sentido, a tecnologia em estudo permite a inserção das sequências de DNA do vírus dengue para a produção de proteína do envelope do vírus dengue (proteína E), sem a necessidade de obtenção ou uso de plantas transgênicas.

Assim, a pesquisa visa, através do sequenciamento genético, isolar e clonar do fragmento referente ao domínio III da proteína E do vírus dengue peptídeos que foram inseridos no DNA do vírus do mosaico do caupi (CPMV) e inoculados em folhas de *Vigna unguiculata* (feijão-de-corda), sete dias após a germinação. A planta é então mantida em casas de vegetação por aproximadamente 21 dias, até o surgimento dos sintomas característicos do vírus CPMV e, posteriormente, sejam extraídos peptídeos derivados da proteína E com características imunogênicas.

De acordo com a Cientista responsável pelo desenvolvimento da tecnologia, os resultados obtidos até o momento mostram que, devido aos altos títulos de anticorpos induzidos pelas proteínas recombinantes produzidas em plantas (proteína E), a proposta é viável e poderá abrir perspectivas para a produção da primeira vacina eficaz e de baixo custo contra a dengue. Ademais, parece ser a única proposta de uma vacina que pode impedir a entrada dos quatro sorotipos do vírus na célula do hospedeiro, podendo assim evitar a doença.

4.1 Uma história da Biotecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”: caracterização da disrupção

Considerando as motivações que impulsionaram o desenvolvimento da Biotecnologia na busca de uma solução para o problema da dengue, constatou-se dos relatos da cientista que os exames clínicos comumente realizados fornecem informações úteis, mas não comprovam o diagnóstico de dengue, pois a alteração das taxas sanguíneas pode estar atrelada a outras infecções (VARELLA, 2012). De acordo com as notas tomadas durante a pesquisa de campo, entendeu-se que o diagnóstico inicial da dengue ainda é probabilístico, partindo-se do exame físico do paciente e de seu histórico, bem como da exclusão de outras doenças, como a doença meningocócica (meningite ou meningococemia), ou a leptospirose.

Nesse sentido, a Cientista verificou uma lacuna no conhecimento relativa à necessidade de um diagnóstico precoce da dengue:

(...) nossas pesquisas são direcionadas para resolver o problema do diagnóstico precoce da dengue (...) é muito triste você ver todo o dia as pessoas morrerem de dengue (...) porque ainda não conseguiram diagnosticar a dengue? Então eu descobri que o campo de pesquisa da dengue era muito árido existia uma lacuna imensa com relação à pesquisa. (relatos da Cientista). O que eu percebi nesse momento é que a pesquisa da dengue era voltada pra clínica (...) e o Brasil não estava fazendo nada contra a dengue da maneira que eu pensava, como eu via o problema. Então eu comecei primeiro: produção de anticorpos para desenvolver uma técnica sorológica. (relatos da Cientista).

Os primeiros projetos voltados ao estudo da dengue se iniciaram no ano de 2004 no Laboratório de Bioquímica Humana da Universidade Estadual do Ceará – UECE quando a Cientista, a partir de seus conhecimentos nas áreas de Virologia, Imunologia e Biotecnologia, começou a refletir sobre como poderia desenvolver uma tecnologia que solucionasse o problema de saúde pública da dengue. No entanto, o laboratório carecia de recursos, assim, a Cientista submeteu projetos para fundos de subvenção, além de conseguir parcerias com Institutos e pesquisadores internacionais.

A impossibilidade de se fabricar vacina usando os métodos tradicionais decorre do fato de que a doença da dengue se manifesta em quatro sorotipos parecidos, porém diferentes (notas de campo). Deste modo, é praticamente impossível aplicar os quatro sorotipos ao mesmo tempo em uma pessoa. Esses foram um dos problemas que fizeram com que a Cientista refletisse diferentemente sobre o problema da dengue, pensando em soluções para tanto.

Apesar de não se configurar o critério de novidade absoluta, tendo em vista já existir no mundo tecnologia semelhante de produção de vacinas a partir de sistemas vegetais, contudo,

ainda não havia vacinas produzidas com vegetais especificamente contra a dengue (Notas de campo – pesquisa prospectiva no mercado de vacinas, a partir *do software online QUESTEL ORBIT*).

Estes episódios históricos relatados evidenciam que a tecnologia em estudo apresenta uma solução viável, um processo vantajoso de produção de vacina contra a dengue. Além disso, conforme relatado nos cadernos de campo após observação no laboratório e na empresa *Spin-Off*, frente ao estado da técnica, a tecnologia oferece como diferenciais a diminuição considerável nos custos, a simplicidade na produção, a produção em alta escala, a redução de reações alérgicas típicas das vacinas desenvolvidas através dos métodos tradicionais (utilização de organismos vivos e vírus atenuados), e a segurança biológica, adequando-se, portanto, ao conceito proposto por Christensen, Grossman e Hwang (2009) de inovação de ruptura. Sobre o diferencial da vacina desenvolvida, a Cientista relata:

Então o, que é que nós verificamos com essa produção de vírus de planta? Que você pode fazer uma vacina pra dengue via oral, sem problema, sem adjuvante que é uma via natural, não é agressivo, qualquer bebezinho pode tomar, qualquer pessoa idosa pode tomar que não vai haver agressão porque é oral e, além disso, pode-se chamar de uma vacina fitoterápica porque é uma vacina produzida em planta. Ela não tem efeito colateral, não tem proteínas tóxicas na planta, quer seja na folha de feijão, quer seja na folha de boldo, não importa. É uma vacina que usa uma tecnologia altamente avançada, então por que não apostar nessa vacina que não tem risco nenhum e acreditar numa vacina que é importada da França, que é baseada em vírus atenuado? (relatos da Cientista)

E a esse ponto, os relatos e enredos históricos ouvidos e observados evidenciaram que a tecnologia se mostra como um instrumento importante para o fomento de políticas públicas voltadas para a prevenção da dengue, haja vista os altos gastos governamentais com o tratamento da doença. De acordo com o estudo publicado pela Universidade Brandeis (EUA), no *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* (2011), a dengue causa prejuízo de R\$ 3,5 bilhões (US\$ 2,1 bilhões) por ano nas Américas (COMBATE À DENGUE, 2014). Assim, por ser produzida utilizando um sistema vegetal como biofábrica, a vacina possui um alto grau de pureza, diminuindo os custos de produção. Deste modo, como observado pela Cientista, “o custo de prevenção da doença pode ser menor do que os tratamentos convencionais de pacientes infectados”.

Por ser uma tecnologia limpa, a pesquisa foi reconhecida como uma das 100 tecnologias de destaque para a criação de uma Economia Verde no século 21 pelo *Bright Green Book – O Livro Verde do Século 21*. De acordo com a Cientista, uma única planta (*Vigna unguiculata*) pode gerar inúmeras doses de vacina, além disso, seu custo de produção é aproximadamente 75% mais barato do que o preço do principal concorrente (valor de produção de proteína necessária para a vacina contra a dengue).

Diante do exposto, entende-se aqui que a tecnologia em estudo responde ao primeiro elemento do processo de ruptura, o *Capacitador Tecnológico*, uma vez que oferece soluções economicamente viáveis, simples, sustentáveis e, além disso, proporciona a acessibilidade à saúde ao contribuir para uma medicina de precisão no caso da dengue. Dá-se prosseguimento

então à análise do próximo elemento de disrupção, com o intuito de caracterizar o potencial disruptivo da tecnologia em estudo.

4.2 A história do patenteamento e comercialização da Biotecnologia

Acompanhou-se o processo de patenteamento da biotecnologia, com reuniões periódicas com a Cientista e com o Coordenador da REDENIT para definição do escopo da proteção. Após o depósito do pedido de patente da biotecnologia, houve uma repercussão grande na imprensa, despertando o interesse da FIOCRUZ (Notas de campo e observação participante). A Instituição, que, à época estava prestes a fechar uma parceria de 6 bilhões de reais com uma instituição de pesquisa de Israel (Franhauber) para o desenvolvimento de uma vacina contra a dengue, entrou em contato com a Cientista, visando melhor conhecer a tecnologia em estudo.

Em relação à implementação de ferramentas de gestão que auxiliem o desenvolvimento e coloquem a tecnologia no mercado (HARPUM, 2010), verificou-se das entrevistas com a Cientista e com o Coordenador da REDENIT que, para a comercialização da tecnologia, torna-se importante a busca de novas alianças, com o intuito de facilitar a comercialização propriamente dita e o escoamento da tecnologia no mercado. Para tanto, o Laboratório de Bioquímica Humana da RENORBIO ainda não reuniu alianças estratégicas – científicas, sociais, econômicas e políticas suficientes para a concretização dos testes clínicos (etapa necessária para a comercialização da tecnologia). Dessa forma, não foi ainda possível a produção da vacina em escala comercial. Nesse período de tempo, observou-se dos enredos que esforços estão sendo envidados com o envolvimento na rede de atores como o Governo do Estado, visando a reforma e ampliação do laboratório da RENORBIO, condições para a ativação da participação da FIOCRUZ nessa etapa.

Assim, foi criada uma *spin-off* – a *Greenbean* - com o objetivo de gerar condições para a biotecnologia chegar ao mercado, diminuindo o *gap* entre a pesquisa desenvolvida nos institutos científicos e os setores produtivos (ROSE, 2012).

Para Christensen (2012), organizações pequenas e independentes (*spin-offs*) seriam apropriadas quando se confronta com uma inovação de ruptura, uma vez que possuem uma organização especialmente dedicada dentro da rede de valor emergente (CHRISTENSEN, 2012). Nesse sentido e conforme anteriormente descrito, foi criada a empresa *Greenbean*, registrada e em processos de incubação na incubadora de empresas da UECE, atuando nas áreas de biotecnologia, imunologia, microbiologia, bioquímica e biologia molecular. A *Greenbean* possui tecnologia para a produção de proteínas transientes recombinantes para o desenvolvimento de kits de diagnósticos, fármacos, vacinas, bem como desenvolve alimentos funcionais para atender os mercados humano e animal (GREENBEAN, 2013).

Além de Christensen (1997), a criação da *spin-off Greenbean* vai de encontro com às discussões colocadas por Rose (2012). Rose (2012) ao fazer referência à “economia da vitalidade” evidencia que os atores anteriores como as grandes corporações farmacêuticas se transformaram como resultado de suas relações com a ciência, surgindo nesse processo, novos atores, como as empresa emergentes tipo *spin-off* de biotecnologia.

Nesse sentido, foi criada a *Greenbean*, *spin-off* registrada e sendo preparada para ser incubada na incubadora da UECE. Ocorre que a empresa atualmente se encontra localizada nas dependências do Laboratório de Bioquímica Humana da RENORBIO-UECE, estando, por essa razão, impedida de produzir em escala comercial, mas somente de forma experimental, por ser um laboratório científico pertencente à estrutura de uma Universidade Pública. Assim, para a produção comercial, é necessário também que seja construído o laboratório comercial da própria *Spin-Off*. Acontece que a estruturação de um laboratório dessa natureza requer o aporte financeiro aproximado em 3 milhões de Reais, precisando assim da presença de novos aliados – dessa vez de investidores.

Outro ponto que obsta o prosseguimento da produção e comercialização da tecnologia verificado no campo é de âmbito institucional e se refere aos embargos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. A dificuldade de acesso aos regulamentos e procedimentos legais necessários à produção de vacinas em âmbito nacional retarda o prosseguimento da ampla comercialização da tecnologia, uma vez que a falta de critérios políticos e institucionais causa insegurança técnica e jurídica para a fabricação.

Já entramos em contato com a ANVISA e com a FIOCRUZ e nenhuma das duas Instituições até agora nos forneceram os regulamentos necessários para a produção de vacina (relatos da Representante comercial da *Greenbean*).

Constata-se que a estratégia utilizada pela Cientista, em aliança com o Núcleo de Inovação Tecnológica - NIT/UECE para viabilizar a comercialização da tecnologia se alinha à proposta de Christensen (1997), no que se refere à inovação no modelo de gestão ante uma tecnologia potencialmente disruptiva.

No que se refere ao terceiro capacitador da ruptura elencado por Christensen, Grossman e Hwang (2009) - novo sistema de valor comercial, após pesquisa prospectiva (SILOBREAKER, 2013), verificou-se que o sistema comercial da área de vacinas é constituído por grandes empresas farmacêuticas que formam uma estrutura oligopólica de alto nível de competição e concorrência, com gastos de P&D e volume de vendas na cifra de bilhões de dólares anuais. Atualmente, as seis principais empresas que dominam mundialmente o setor são: Novartis, Sanofi Pasteur, Merck, Roche, Sandoz, Lilly e Glaxo (GREENBEAN, 2013).

Das observações escritas no diário de campo, compreendeu-se que, no panorama nacional, há a distribuição de vacinas mais tradicionais de baixo custo, e as modernas com um custo mais elevado, sendo, portanto, mais restritas. De acordo com a Representante comercial da *Greenbean* “a capacidade competitiva dos produtores nacionais se mostra baixa, em comparação com os competidores internacionais”. Nesse sentido, tomando-se como referência as entrevistas e observações realizadas, bem como os documentos analisados, defende-se o potencial de ruptura da tecnologia por se tratar de uma tecnologia nova que, ao proporcionar diagnósticos mais precisos e terapias com maior eficácia contra a dengue, tem o potencial de transformar a área da assistência à saúde, mediante a ruptura.

No caso da dengue, as tentativas de produção estão espalhadas pelo mundo, envolvendo iniciativas em Instituições de Saúde, a gigante farmacêutica Sanofi Pasteur AS, bem como de

P&D no Brasil, Estados Unidos, Japão, Índia, Tailândia e Filipinas. Acontece que muitas dessas tentativas de produção de vacinas partem do vírus atenuado, estando em fase de testes, com a ocorrência de testes fracassados e efeitos colaterais (MEDICAL NEWS TODAY, 2013; NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH, 2013).

Por fim, a solução trazida pela tecnologia em estudo, por se tratar de uma análise de inovação de ruptura em potencial, tendo em vista que a tecnologia ainda não chegou ao mercado, não podem ser visualizadas modificações ou transições no atual sistema comercial. Não obstante isso, defende-se o potencial de ruptura no Sistema Comercial atual, por se tratar de uma tecnologia que oferece atributos de desempenho diferenciados.

5 Conclusões

A realização desta pesquisa teve por intuito contribuir para o desenvolvimento de uma abordagem mais ampla ao lançar mão dos pressupostos metodológicos da análise histórica, no que se refere ao estudo do potencial disruptivo de tecnologias, na área da biotecnologia, por se tratar de um setor estratégico para o País.

A utilização da abordagem histórica possibilitou a identificação e descrição do potencial disruptivo da Biotecnologia em estudo, com o intuito de responder à questão: qual o potencial de inovação de ruptura da Biotecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”? Essa questão foi responsável pelo norteamento da pesquisa, com o fim de atingir o objetivo geral proposto, a saber: identificar e descrever a história do potencial disruptivo da tecnologia “Desenvolvimento de Vacinas Utilizando um Sistema Vegetal como Biofábrica”, tomando como referência os pressupostos metodológicos da análise histórica.

O resgate histórico do potencial disruptivo da Biotecnologia em estudo foi realizado através de pesquisa documental, bibliográfica, bem como pesquisa empírica de campo, mediante procedimentos observacionais dentro do Laboratório de Bioquímica Humana, vinculado à RENORBIO e no qual foi desenvolvida a tecnologia sob estudo, bem como a realização de entrevistas abertas e em profundidade com atores-chave para a investigação e anotações no caderno de campo. O material compilado durante a composição do *corpus* da pesquisa foi organizado em forma de relatos e enredos, observando-se as passagens históricas.

Para Christensen, Grossman e Hwang (2009), o processo de ruptura é constituído por três elementos principais que permitem que problemas fundamentais de um setor sejam tratados a menores escala, custo e capacidade humana do que o comumente exigido: *Capacitador Tecnológico, Modelo de Gestão e Sistema Comercial*. Desta maneira, investigou-se a história do potencial de ruptura da tecnologia a partir desses elementos.

Entende-se que o elemento Capacitador Tecnológico se encontra configurado, uma vez que a tecnologia oferece soluções economicamente viáveis, simples, sustentáveis e, além disso, proporciona a acessibilidade à saúde ao contribuir para uma medicina de precisão no caso da dengue. Conforme relatado nos cadernos de campo após observação no laboratório e na empresa *Spin-Off*, frente ao estado da técnica, a tecnologia oferece como diferenciais a diminuição considerável nos custos, a simplicidade na produção, a produção em alta escala, a redução de reações alérgicas típicas das vacinas desenvolvidas através dos métodos tradicionais (utilização de organismos vivos e vírus atenuados), e a segurança biológica, adequando-se, portanto, ao conceito proposto por Christensen, Grossman e Hwang (2009) de inovação de ruptura.

No que se refere ao segundo elemento de ruptura, constata-se que a estratégia utilizada pela pesquisadora, em parceria com o NIT/UECE para viabilizar a comercialização da tecnologia, mediante a incubação de uma *spin-off*, alinha-se à proposta de Christensen no que se refere à inovação no modelo de gestão ante uma tecnologia potencialmente disruptiva.

Por fim, por se tratar de uma análise de inovação em potencial, não podem ser visualizadas modificações ou transições no atual sistema comercial. Das observações escritas no diário de campo, compreendeu-se que, no panorama nacional, há a distribuição de vacinas mais tradicionais de baixo custo, e as modernas com um custo mais elevado, sendo, portanto, mais restritas. Não obstante isso, defende-se o potencial de ruptura da tecnologia por se tratar de uma tecnologia nova internacionalmente, que oferece soluções econômicas, sustentáveis, sendo assim potencialmente capaz de definição de preços de mercado.

Algumas limitações acompanharam essa pesquisa. Contudo, espera-se que novos estudos possam aprofundar a análise realizada nessa pesquisa, voltando-se mais especificamente à análise da *spin-off* e seu processo de transferência de tecnologia. A análise de inovações no setor de biotecnologia, principalmente no que se refere às inovações disruptivas em economias *latecomers*, é um tema que ainda está longe de ser esgotado, sendo assim, essa pesquisa representa um esforço inicial de construção deste campo.

Referências

- Adner, R. (2002). When are technologies disruptive? A demand-based view of the emergence of competition. *Strategic Management Journal*, (pp. 667-688).
- Barnes, B.; Bloor, D. & Henry, J. (1996). *Scientific knowledge. A Sociological Analysis*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Booth, C; Rowlinson, M. (2006). Management and organizational history: prospects. *Management & Organizational History*, 1(1), 5 – 30.
- Bright Greenbook. (2013). *Vacina contra a dengue produzida do feijão*. Recuperado de: <http://www.brightgreencities.com/v1/pt/bright-green-book/brazil/vacina-contr-a-dengue-produzida-do-feijao/> [Setembro 22, 2013].
- Callon, M. (1989). *Introduction in la science et ses réseaux: genèse et circulation des faites scientifique*. Paris, La Découverte /UNESCO, (pp.7-33).
- Christensen, C. M. (1997). *The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail*. Cambridge, MA: Harvard Business School Press.
- _____. (2012). *Dilema da Inovação: Quando as Novas Tecnologias Levam Empresas ao Fracasso*. M. Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo.
- Christensen, C. M. & Raynor, M. E. (2003). *The Innovator's Solution*. Harvard: Business School Press.
- Christensen, C. M.; Grossman, J. & Hwang, J. (2009). *The innovator's prescription: a disruptive solution for health care*. New York: McGraw-Hill.
- Clark, P. & Rowlinson, M. (2004). *Time and narrative history: chattering historical narratives*. Academy of Management Meeting, Organization and Management History Division, Denver, August.
- Coffey, A. & Atkinson, P. (1996). *Making sense of qualitative data*. London: Sage.
- Decleyn, S. & Braet, J. (2007). *Research valorisation through spin-off ventures: Integration of existing concepts and typologies*. Faculty of Applied Economics. Department of Enviroment, Technology an Technology Management. Research paper. Recuperado de: <http://www.mendeley.com/profiles/sven-de-cleyn/> [Janeiro 07, 2004].
- Dengue Vaccine Shows Early Promise. (2013). *National Institutes of Health*. United States of America. Recuperado de: <http://www.nih.gov/researchmatters /february20 13/020 4201 3Dengue.htm> [Março 01, 2013].
- Dengue provoca prejuízo de R\$ 3,5 bilhões por ano nas Américas. (2011). *Combate à Dengue*. Recuperado de: <http://www.combateadengue.com.br/dengue-provoca-prejuizo-de-r-35-bilhoes-por-ano-nas-americas/#ixzz30910W0qO> [Janeiro 12, 2014].
- Early-Stage Trial Of NIH-Developed Candidate Dengue Vaccine Shows Promise. (2013). *Medical News Today*. Bexhill-on-Sea, United Kingdom. Recuperado de: <http://www.medicalnewstoday.com/releases/255346.php> [Fevereiro 22, 2013].
- Fundação Biominas. (2011). *Estudo de empresas de biotecnologia do Brasil*. Belo Horizonte: Fundação Biominas.
- Fundação Universidade Estadual do Ceará - FUNECE. (2011). Francisco Jarbas Santos de Sousa, Isaac Neto Goes da Silva, Lia Magalhães de Almeida, Maria Izabel Florindo Guedes, Maria Lucia Torres Franklin, Sérgio Marcelo Rodriguez Málaga. *Processo*

- de produção de proteínas do vírus da dengue em plantas, e uso de proteínas na preparação de vacina contra a dengue.* BR n. PI 1100532-7.
- Greenbean Biotechnology. (2013). *Apresentação Institucional*. Fortaleza. 1 CD ROM.
- Guerreiro Ramos, A. (1996). *A redução sociológica*. Rio de Janeiro: UFRJ.
- Harpum, P. (Ed.) (2010). *Portfolio, program, and project management in the pharmaceutical and biotechnology industries*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Hart, S. L. & Christensen, C. M. (2002). The great leap: Driving innovation from the base of the pyramid. *Sloan Management Review*, 44(1), 51-56.
- Henderson, R. M. & Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 9-30.
- Hitt, M. A. (2005). *Empreendedorismo e Inovação Corporativa*. In M. A. Hitt, Administração Estratégica. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, pp. 520-547.
- Organização das Nações Unidas. (2012). *Convenção sobre Diversidade Biológica*. Recuperado de: http://www.rbma.org.br/anuario/pdf/legislacao_01.pdf [Setembro 02, 2012].
- Rabinow, P. (2002). *Making PCR*. A story of Biotechnology. Chicago: The University Chicago Press.
- Renorbio – Rede Nordeste de Biotecnologia. (2012). *Desenvolvido por Renorbio, 2005-2010*. Recuperado de: <http://www.renorbio.org.br> [Julho 14, 2012].
- Rose, N. (2012). *Políticas de la vida*. Biomedicina, poder y subjetividad em el siglo XXI. La Plata: UNIPE.
- Roserbenrg, N. (2006). *Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia*. Campinas, SP: Editora da Unicamp.
- Teixeira, M. (2001). A ciência em ação: seguindo Bruno Latour. *História, Ciências, Saúde Manguinhos*, Rio de Janeiro, 8(1).
- Universidade de São Paulo - USP. (2013) Faculdade de Medicina. *Sistema de Saúde no Brasil*. Recuperado de: <http://fm.usp.br/cedem/did/atencao/4-%20Bibliografia%20Complementar%20-20Sistema%20de%20Sa%C3%BAde%20no%20Brasil%20FINAL.pdf> [Fevereiro 12, 2013].
- Varella, D. (2012). *Dengue: Quadro Clínico, Diagnóstico e Tratamento*. Recuperado de: <http://drauziovarella.com.br/wiki-saude/dengue-quadro-clinico-diagnostico-e-tratamento/> [Setembro 08, 2012].
- Vizeu, F. (2007). Em algum lugar do passado: contribuições da pesquisa histórica para os estudos organizacionais brasileiros. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓSGRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 31, 2007, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro: ANPAD.