

GESTÃO DA INOVAÇÃO EM ETANOL 2G: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA BRASILEIRA

JULIA ANGELI

Universidade Federal de São Paulo, Departamento de Administração, Brasil
23juliaangeli@gmail.com

POLLYANA C. VARRICHIO

Universidade Federal de São Paulo, Departamento de Administração, Brasil
pvarrichio@gmail.com

RESUMO

Grande parte das fontes de energia utilizadas em todo mundo são provenientes de fontes não renováveis. O caso do Brasil é diferente, visto que possui uma matriz energética relativamente diversificada. O país utiliza cerca de 46,8% de fontes renováveis em sua matriz energética. Tal fato se relaciona com a competitividade histórica do país em etanol de cana-de-açúcar. Nesta trajetória, merece destaque o programa Proálcool, dentre outras iniciativas que consolidaram a competitividade do etanol de primeira geração. Dentre os desafios recentes da indústria sucroalcooleira encontra-se o chamado etanol de segunda geração, um combustível produzido a partir da palha e do bagaço da cana de açúcar, que se utiliza de processos diferenciados como pré-tratamento e fermentação para obtenção do combustível. No Brasil um grupo restrito de empresas tem investido em esforços para a produção do etanol 2G, dentre elas encontra-se a GranBio. Neste contexto, o trabalho tem como objetivo examinar o processo de gestão da inovação na empresa GranBio, com o objetivo de compreender sua estrutura de parcerias para inovação bem como os mecanismos internos de aprendizado tecnológico e transferência de tecnologias. A metodologia da pesquisa consistiu em um estudo de caso exploratório, com abordagem qualitativa, que se fundamentou na coleta de dados primários e secundários através de levantamento bibliográfico e da realização de entrevista na empresa. Os resultados da pesquisa apontaram que a empresa se mostra envolvida em uma ampla rede de parcerias para viabilizar a produção do etanol 2G, caracterizando assim uma gestão da inovação tipicamente aberta. Há ainda evidências dos esforços de aprendizado tecnológico comprovadas pelo levantamento dos depósitos de pedidos de patentes realizados no INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial), USPTO (*United States Patent and Trademark Office*) e Espacenet entre 2014-2016. O trabalho contribui, portanto, para políticas públicas de fomento à produção de etanol 2G no Brasil e gestão da inovação em empresas do setor sucroalcooleiro.

Palavras chave: *etanol de segunda geração, inovação aberta, GranBio, transferência de tecnologia*

1. INTRODUÇÃO

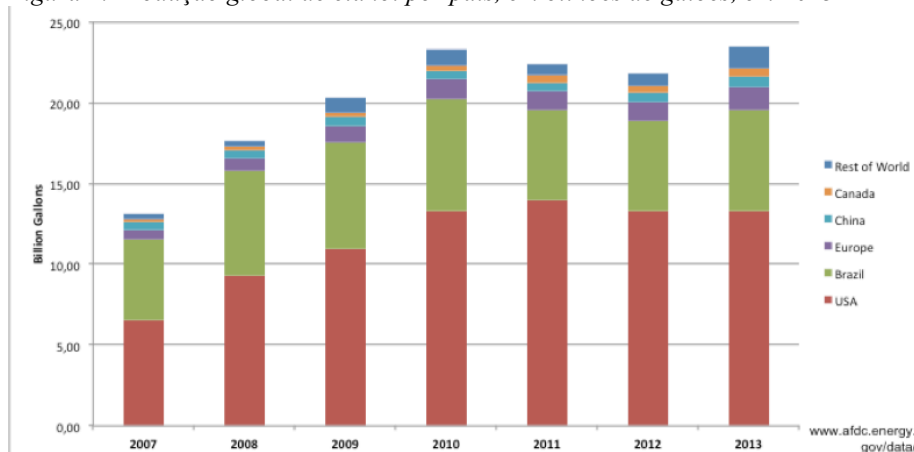
1.1. A competitividade do etanol do Brasil

A competitividade brasileira produção de etanol de cana-de-açúcar, o denominado etanol de primeira geração, é reconhecidamente importante frente às demais fontes de matéria-prima existentes no mundo. O Brasil atualmente encontra-se como o maior produtor de cana-de-açúcar mundial e o segundo maior produtor de etanol, atrás apenas dos EUA. A viabilidade da cana-de-açúcar no Brasil é inquestionável frente as demais fontes de matéria-prima e possui grande destaque, utilizando cerca de 46,8% de sua matriz energética oriunda de fontes renováveis, enquanto a média mundial é de apenas 14% (Araujo *et al*, 2013).

O etanol pode ser proveniente de outras fontes, além da cana-de-açúcar. No caso dos EUA, é utilizado o milho, e em países da Europa, uva e madeira, entre outras fontes, o que pode vir a afetar a produção desses alimentos no futuro e gerar uma insegurança alimentar em escala mundial. Portanto, pode-se considerar que o etanol proveniente de cana-de-açúcar é o mais vantajoso economicamente, além das questões energéticas relacionadas à redução dos gases que provocam o efeito estufa. Além disso, em termos econômicos, observa-se o menor custo de produção para o etanol de cana-de-açúcar, isso se repete nos indicadores de produtividade por área em comparação com as demais fontes de matérias-primas (Varrichio, 2012). A tecnologia de produção de etanol de primeira geração é tida como “madura”, sendo que inovações incrementais ainda oferecem oportunidades para desenvolvimento tecnológico, mas somente em processos específicos. Além disso, há indícios de que inicia-se um processo de esgotamento do incremento da produtividade na produção de etanol nesta rota tecnológica.

Outra evidência disso são as estatísticas recentes do setor. O período “entresafra” na cana-de-açúcar é crítico para o Brasil, visto que tradicionalmente há uma expansão das importações de etanol para atendimento do mercado interno. Entretanto, em fevereiro de 2017, houve uma importação total de 259,1 milhões de litros de etanol, um recorde histórico para este período, sendo quase o dobro do recorde anterior, registrado no ano de 2012 (Novacana, 2017).

Figura 1. Produção global de etanol por país, em bilhões de galões, em 2013



Fonte: www.afdc.energy.gov/data/ acesso em 30/04/2015.

Diante disso, torna-se indispensável buscar novas formas de resgatar a atratividade econômica da produção de etanol no Brasil, cuja competitividade se reduziu nos últimos anos (Nyko *et al*, 2010). Para superar esses problemas do setor, é importante que o país desenvolva iniciativas e capacidades científicas, tecnológicas e produtivas em uma nova rota tecnológica – o **etanol celulósico ou etanol de segunda geração (2G)** - o qual utiliza processos químicos e biológicos, além da fermentação tradicional da cana-de-açúcar.

Estima-se que a produção de etanol celulósico, através da utilização de palha e bagaço de cana, possa aumentar a produtividade do setor em 45% (Cortez, 2013). Existem ainda inúmeros desafios tecnológicos para viabilizar a transição da produção de etanol celulósico da escala piloto para a escala industrial, o que justifica o cenário de incertezas nesta nova rota tecnológica. O desenvolvimento da produção industrial em larga escala do etanol de segunda geração, a partir da hidrólise de materiais celulósicos, é o grande desafio da atualidade e demanda de inovações tecnológicas radicais no processo de produção¹. As empresas brasileiras ainda apresentam esforços tímidos nos investimentos das tecnologias de segunda geração, embora este seja um passo crítico para o desenvolvimento científico e tecnológico frente à competitividade do setor no longo prazo, tanto no Brasil como no mundo.

¹ Existem diferenças importantes entre as tecnologias utilizadas para a produção de etanol de primeira e segunda geração. Os métodos de produção atuais utilizam como matéria-prima o caldo da cana-de-açúcar (sacarose) para a fabricação de etanol, mas há ainda energia disponível no bagaço e na palha, que respondem por dois terços da energia da planta, e que não são convertidos em biocombustíveis (Goldemberg, 2010). O etanol produzido a partir de materiais celulósicos, como o bagaço e a palha, é considerado de segunda geração, sendo que as tecnologias mais conhecidas para converter celulose em etanol são a pirólise, a gaseificação e a hidrólise ácida e enzimática (Buckeridge *et al*, 2010).

A produção de etanol lignocelulósico ainda não é economicamente viável, já que ainda demanda elevados investimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), sendo que outros países tem dispendido esforços mais vigorosos para viabilizar a produção do etanol de segunda geração, o que pode comprometer liderança tecnológica brasileira conquistada na produção de etanol de primeira geração (Nyko, 2010). Os principais benefícios do etanol de segunda geração podem ser considerados a seguir: aproveitamento da cana-de-açúcar e seus subprodutos; utilização de insumos disponíveis nas unidades, apresentando vantagem logística; aumento na fabricação de etanol em até 50% sem ampliar área de cultivo; produção de biocombustível mesmo durante a entressafra da cana e redução da emissão de carbono durante a produção, gerando um combustível limpo (Raizen, 2014).

O etanol de segunda geração é considerado uma inovação de processo, e como citado novamente por Tidd, Bessant e Pavitt (2008), inovações de processo caracterizam-se mudanças na forma em que os produtos/serviços são criados e entregues. Assim, é possível fazer uma análise dessa inovação: o etanol de primeira geração era produzido majoritariamente a partir do açúcar da cana de açúcar e nessa inovação de processo o etanol de segunda geração é produzido a partir da palha e do bagaço de cana de açúcar, ou seja, o produto final continua sendo etanol, porém com mudanças em seu processo de produção

Hoje, existem no mundo, cerca de seis plantas produtivas efetivamente em operação de etanol celulósico em escala comercial, nas quais o grande desafio tem sido a etapa de pré-tratamento em todas as empresas – Raizen, Granbio, Poet, Beta Renewables, Abengoa e DuPont (NovaCana 2017).

1.2. A produção do etanol de segunda geração no Brasil

Os biocombustíveis, como o etanol, são uma solução em relação as fontes de energia não renováveis, como o petróleo. Porém, para sua obtenção, é necessário que existam áreas cultiváveis que podem conflitar com a produção de alimentos mundial. Relacionando esse cenário com as crescentes preocupações ambientais, o etanol de segunda geração destaca-se por solucionar esse *gap*, visto que sua principal matéria prima é a biomassa residual de composição lignocelulósica (Ferreira, 2015).

A produção de etanol de segunda geração envolve tratamentos mais complexos, geralmente com processos biológicos antes da fermentação. Neste caso as matérias primas são a celulose, a hemicelulose ou a lignina, originária inclusive de resíduos, como a palha e o bagaço da cana-de-açúcar. O etanol de segunda geração a partir do bagaço e da palha da cana de açúcar possui um processo de obtenção diferente do que é utilizado no de primeira geração. A primeira delas é que sua principal matéria prima utilizada no processo de produção é a biomassa residual de composição lignocelulósica. Os materiais lignocelulósicos são formados por estruturas duras e fibrosas, compostas majoritariamente pelos polissacarídeos, celulose e hemicelulose (cerca de 70% da massa seca) (Lee, 1997).

Sabe-se que a celulose encontra-se em maiores proporções, seguida da hemicelulose e, por fim, da lignina. Mesmo presente em quantidades menores em relação à fração celulósica, a lignina confere limitação suficiente para retardar, ou mesmo impedir completamente o processo de sacarificação, importante para a produção de bioetanol, o que ocasiona a necessidade de um pré-tratamento do material lignocelulósico (Silva, 2012). Para obter-se o etanol celulósico, é necessário que seja realizado o processo de hidrólise, que ocorre em quatro etapas: pré-tratamento, hidrólise enzimática, fermentação e destilação. O pré-tratamento é uma das fases mais importantes, visto que a hidrólise enzimática é muito lenta e difícil de se obter altos níveis de açúcar se a biomassa não for previamente tratada. No pré-tratamento, acontece a remoção da lignina e da hemicelulose da palha e do bagaço da cana (Ferreira, 2015). Há trabalhos que demonstram a existência de forte relação entre processos de mudança tecnológica e ganhos de competitividade, que vem se expandindo devido ao fator globalização e a necessidade de inovar para tornar-se competitivo, ou seja, a nova rota tecnológica para a produção do etanol de segunda geração pode, efetivamente, revolucionar o setor sucroalcooleiro (Trevizoli e Neves, 2015).

A produção de etanol 2G a partir da palha e do bagaço da cana-de-açúcar pode ser considerada um grande marco no desenvolvimento do setor sucroalcooleiro, já que, como discutido por Schumpeter (1988), a inovação tecnológica cria uma ruptura no sistema econômico, tirando-a do estado de equilíbrio, alterando padrões de produção e Assim, a “inovação” é definida como “a introdução de novos produtos, novos métodos de produção, abertura de novos mercados, a conquista de novas fontes de fornecimento e a adoção de novas formas de organização” (Schumpeter, 1988).

1.3. Gestão da Inovação Aberta e o papel das Interações de Ciência e Tecnologia

A importância dos mecanismos de aprendizado na Economia do Conhecimento e da articulação entre os agentes na perspectiva do Sistema Nacional de Inovação (SNI), é vista como um consenso na literatura. Neste contexto, o ativo crítico é a capacidade constante de aprender e converter o estoque de conhecimento existente em novas capacidades tecnológicas (Lundvall, 1992; Nelson, 1993).

Nos estudos sobre gestão da inovação, é necessário ressaltar que há distinção entre gestão da inovação aberta ou fechada. Segundo Santos, Fazon e Meroe (2011), a gestão fechada da inovação é caracterizada por um processo de geração conhecimentos limitados, conexões e tecnologias desenvolvidos dentro das organizações, sem participação de instituições externas ou outras empresas no processo.

Já a gestão da inovação aberta considera como parte do processo inovador o conhecimento e tecnologias externas aos da organização, envolvendo universidades, organizações parceiras e mercados, através dos consumidores, fornecedores e canais de distribuição.

O modelo de inovação aberta, também conhecido como “*Open Innovation*” afirma que as organizações tem capacidade de articular o uso de recursos internos e externos, e isso abre fronteiras para as empresas viabilizarem inovações a partir de combinações internas e externas de recursos, com dois objetivos principais: absorver recursos externos e permitir que os internos que não forem utilizados pelo negócio possam ser licenciados para fora, de forma que outras empresas possam aproveitá-los.

O principal autor que tratou desse tema e que utilizaremos seus conceitos nessa pesquisa foi Henry Chesbrough. Este define o conceito de inovação aberta como o uso intencional dos fluxos internos e externos de conhecimento para acelerar a inovação aberta e a expansão de mercado para uso externo das organizações. O autor considera como parte do processo inovador também o conhecimento das universidades e outras organizações e parceiras, além do mercado, é o chamado modelo de “Inovação Aberta”. Este acredita que as empresas deveriam gerar suas próprias ideias, desenvolvê-las, lança-las no mercado e distribuí-las.

Chesbrough (2006) ressalta que criar e inovar são necessidades constantes dentro das empresas, e essas tornam-se ainda mais urgentes em empresas com inovação aberta. O mesmo afirma que a organização de um espaço voltado para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) contribui para o desenvolvimento de novas soluções e aprimoramentos tecnológicos e que a fronteira entre a organização e o ambiente a sua volta é porosa, habilitando uma maior mobilidade das inovações entre os dois.

É interessante ressaltar que hoje dificilmente a área de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) é capaz de alcançar os resultados almejados pelas empresas de forma isolada, ou seja, sem a realização de parcerias e interação com agentes externos isolada. A inovação deixa de ser alavancada somente nesta área e passa a ser preocupação também de outras dentro da empresa e de suas redes (Santos, Fazon e Meroe, 2011).

Tigre (2006) ressalta que “as universidades e os centros de pesquisa representam uma fonte independente de tecnologia (...) as universidades podem licenciar tecnologias novas, já que não tem interesse em explorá-las diretamente. A transferência de tecnologia, nesse caso, envolve investimentos de P&D de ambas as partes.” Ou seja, a maior parte das atividades de P&D que geram novas tecnologias parte ou de empresas ou de universidades e centros de pesquisas, estas representando fontes independentes de tecnologia, já que não estão diretamente ligadas à produção de bens e serviços.

Além disso, se houver um ambiente favorável para a realização de investimentos, a relação entre empresas e universidades poderão gerar novos processos ou produtos. Lundvall (1992) demonstra que o aprendizado é um processo essencialmente interativo, ou seja, derivado de relações comerciais entre diferentes instituições. Alinhando-se a essa abordagem, Tidd (2008), ressalta que “inovação é um processo, não um evento isolado, e precisa ser gerenciada como tal”.

Nesse sentido, estabelecer rotinas organizacionais torna-se fundamental. Tais rotinas podem ser agrupadas em quatro-temas chaves, nos quais o sucesso para o gerenciamento da inovação envolve: (i) Elaborar uma estratégia apropriada de inovação e do seu gerenciamento; (ii) Desenvolver e utilizar mecanismos e estruturas para implementação; (iii) Desenvolver um contexto organizacional que suporte a inovação; (iv) Construir de maneira efetiva interfaces externas à organização. Existe ainda fatores fundamentais para a promoção da inovação dentro das organizações, como: treinamento e desenvolvimento, indivíduos-chaves, foco em inovação, comunicação interna, clima criativo e trabalho em equipe.

Tabela 1. Exemplos de fontes de tecnologia para a empresa

Fontes de tecnologia	Exemplos
Desenvolvimento tecnológico próprio	P&D, engenharia reversa e experimentação
Contratos de transferência de tecnologia	Licenças e patentes, contratos com universidades e centros de pesquisa
Tecnologia incorporada	Máquinas, equipamentos e software embutido
Conhecimento codificado	Livros, manuais, revistas, feiras, exposições, cursos e programas educacionais
Conhecimento tácito	Consultoria, contratação de RH experiente, informações de clientes, estágios e treinamento prático
Aprendizado cumulativo	Processo de aprender fazendo, usando, interagindo, devidamente documentado e difundido na empresa

Fonte: Tigre (2006).

Assim, a inovação é vista como parte da estratégia e requer gerenciamento efetivo. Considerando que a gestão dos esforços em inovação é um processo complexo e multifacetado, o presente trabalho pretende examinar a gestão da inovação em uma empresa brasileira que vem realizando esforços na produção de etanol de segunda geração, a GranBio.

2. METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia adotada na execução desta pesquisa consistiu em um estudo de caso, de caráter exploratório, utilizando-se do método de abordagem qualitativo, fundamentado na coleta e sistematização de dados primários e secundários. A justificativa para se utilizar o estudo de caso como método desta pesquisa, essencialmente qualitativa, (Yin, 2009) foram: i) a pesquisa fundamentou-se em questões propostas “como” ou “por que” para explicar o funcionamento de determinado fenômeno social; ii) os pesquisadores não detêm qualquer tipo de controle sobre os eventos a serem estudados; iii) o enfoque é em um fenômeno contemporâneo.

O estudo de caso é o mais adequado, pois visa entender e investigar como estrutura-se a gestão da inovação na empresa GranBio, pioneira na produção de etanol de segunda geração no hemisfério sul, ou seja, examinar “um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes” (Yin, 2009: 39).

O caráter exploratório refere-se a necessidade de maior conhecimento acerca do fato estudado, para que, a partir disso, sejam realizadas discussões e fundamentações teóricas. O principal objetivo da pesquisa exploratória é proporcionar uma visão geral acerca do fato estudado, especialmente quando o “tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis. Muitas vezes as pesquisas exploratórias constituem a primeira etapa de uma investigação mais ampla” (Gil, 2014: 27).

Foram coletados dados primários e secundários. A coleta de dados secundários foi feita através de levantamento bibliográfico sobre o tema em periódicos eletrônicos, publicações científicas, revistas especializadas e jornais eletrônicos, com sua respectiva análise e sistematização.

Foi realizado ainda um mapeamento dos depósitos de patentes realizados pela empresa no mundo a fim de demonstrar estes esforços que vem sendo realizados para proteção da propriedade intelectual desenvolvida nesta nova rota tecnológica nas bases de patentes do INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial), USPTO (*United States Patent and Trademark Office*) e Espacenet (base da EPO – *European Patent Office*). Já os dados primários foram coletados e sistematizados após entrevista realizada com colaborador da GranBio por meio de questionário semi-estruturado, realizada remotamente em fevereiro de 2016.

3. UM ESTUDO SOBRE OS ESFORÇOS DE INOVAÇÃO NA PRODUÇÃO DE ETANOL 2G DE UMA EMPRESA BRASILEIRA

3.1. Histórico da GranBio

A empresa pioneira nesse processo de produção de etanol celulósico no Brasil e objeto de estudo deste projeto de pesquisa é a empresa GranBio. A GranBio foi fundada em junho de 2011, como uma empresa nacional de biotecnologia, com a visão de revolucionar a indústria de biocombustíveis e bioquímicos. A empresa inaugurou a primeira unidade comercial para produção de etanol celulósico no Brasil, a Bioflex, em São Miguel dos Campos/Alagoas em 2014, com um investimento de mais de R\$ 350 milhões, para o processamento de 350 mil toneladas de massa seca por ano e produção de 82 milhões de litros de etanol por ano. Controlada pela Gran Investimentos (85%), a GranBio tem como sócio o BNDESPAR (BNDES Participações S/A - 15%), braço de participações do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), desde janeiro de 2013. Além disso, o governo da Califórnia (Conselho de Qualidade do Ar da Califórnia) aprovou o etanol de segunda geração produzido pela GranBio como o mais limpo entre os biocombustíveis do gênero segundo o Padrão de Combustíveis de Baixo Carbono, a regulação mais exigente neste aspecto dos EUA.

A GranBio atua em todas as etapas de sua cadeia produtiva, desde a produção e desenvolvimento de cultivares de biomassa (a chamada “cana energia”) até conversão e logística de seus produtos. Um conjunto de tecnologias que envolve pré-tratamento, hidrólise enzimática e fermentação permitem a transformação da palha e do bagaço de cana-de-açúcar em um combustível que pode ser considerado avançado, limpo e que não compete com a produção de alimentos.

3.2. Esforços de aprendizado tecnológico

A empresa GranBio começou sua atuação no setor de etanol de segunda geração brasileiro no ano de 2011, e atua do começo ao fim da cadeia produtiva, procurando soluções científicas e tecnológicas para a produção desse novo combustível (Oliveira, 2015). Atualmente, segundo GranBio (2016), a empresa é formada por três subsidiárias controladas pela GranBio Investimentos Ltda, controlada pela GranInvestimentos S.A.:

- (i) BioCelere: Centro de Pesquisas em Biologia Sintética, responsável por pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias para o grupo;

- (ii) Bioflex 1: primeira usina de etanol de 2G da GranBio controlada pela Gran Investimentos;
- (iii) BioVertis: estação experimental, com projetos voltados para sistema de coleta de palha, logística e estocagem e responsável pela produção de biomassa e novas variedades.

Em Dezembro de 2015, possuía um total de 258 funcionários em todas as suas subsidiárias. A BioCelere possui equipes de inovação e regulatório, especialistas em propriedade intelectual, em biossegurança e em questões legais, como contratos e parcerias.

A usina Bioflex 1 foi a primeira usina de etanol celulósico do Hemisfério Sul e o projeto mais inovador da indústria sucroalcooleira desde o Próalcool (NovaCana, 2014). Além disso, a usina Bioflex 1 foi a primeira usina de etanol 2G a receber a certificação do Air Resource Board (ARB), da Califórnia. Essa certificação avalia a quantidade de carbono do biocombustível, desde a extração da matéria prima, transformando-o em etanol, até a distribuição do produto em um porto da Califórnia. Um dos grandes mercados alvo da empresa é justamente a Califórnia, devido a certificação obtida. Para os EUA a companhia pretende enviar, até metade de sua produção, que precisa ser de um lastro de 10 milhões de litros.

A empresa GranBio possui um centro especializado em P&D denominado BioCelere. Esse possui 23 funcionários entre doutores, mestres e técnicos, e 9 bolsistas CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). Segundo a revista Oliveira (2015), “os avanços tecnológicos e o crescimento da GranBio ampliaram a importância do centro de P&D, que passou a ser uma subsidiária com o nome de BioCelere”. Na BioCelere são elaborados diversos projetos de P&D interno e externo, seguindo um modelo de inovação aberta. Além disso, muitos projetos são elaborados em parceria com Unicamp (Universidade Estadual de Campinas), UFAL (Universidade Federal do Alagoas), IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) e USP (Universidade de São Paulo), reforçando o contexto de inovação aberta e exemplificando a relação empresa-universidade (Granbio, 2016).

A adoção do modelo de inovação aberta e a realização de P&D conversam com as definições de inovação aberta contextualizadas por Santos, Fazon e Meroe (2011) de que a inovação aberta considera como parte do processo inovador o conhecimento e tecnologias externas aos da organização, envolvendo universidades, organizações parceiras e mercados, através dos consumidores, fornecedores e canais de distribuição, reforçada em conjunto com a definição de Chesbrough (2006). É possível constatar ainda que o centro de Pesquisa e Desenvolvimento possui tanto foco no desenvolvimento interno quanto externo, de produtos e processos. Os dois principais produtos desenvolvidos internamente e contando com parcerias externas no centro de P&D da GranBio são a levedura geneticamente modificada e a cana-energia.

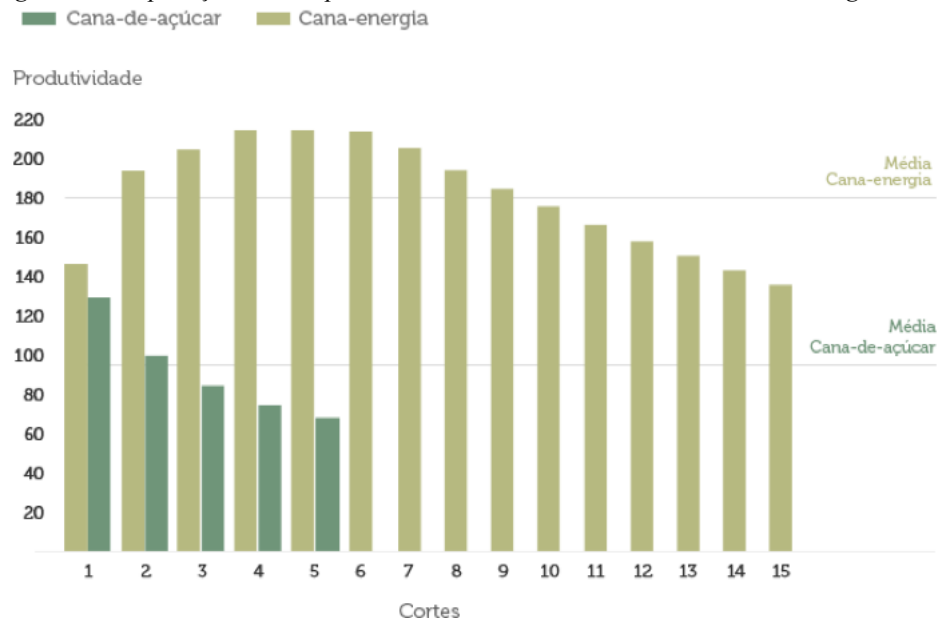
A levedura geneticamente modificada produzida pela BioCelere é a primeira a ser desenvolvida para o etanol de segunda geração brasileiro. Segundo GranBio (2016), existem outras leveduras que consomem açúcares de cinco e seis carbonos, porém todas são importadas de multinacionais estrangeiras. Essa levedura, denominada Celere-2L foi teve sua liberação comercial aprovada recentemente pela CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança), necessária para que um organismo geneticamente modificado seja utilizado nas usinas.

Segundo Oliveira (2015), essa aprovação pela CTNBio aconteceu em 2015, e a levedura tem por principal finalidade processar um tipo de açúcar presente na folha e na palha da cana.

A cana-energia possui pedido de registro de cultivar no Brasil, o que garante um direito territorial ao produto, fazendo com que qualquer empresa que desejar utilizá-la em sua produção terá que formalizar uma licença. Dessa forma, a proteção ao conhecimento é garantida, como será discutido na próxima seção. Outro grande desenvolvimento é a chamada cana-energia, e esta pode-se considerar como um dos principais fatores para que os preços do etanol de segunda geração sejam inferiores ao etanol de primeira geração. A cana-energia, uma variedade nova, não transgênica, elaborado em conjunto com a Rede Universitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA) de Alagoas e o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Com esta cana, aumentou-se a quantidade de fibras da mesma, em vez da quantidade de açúcar. Possui maior longevidade, é mais alta e é mais resistente ao ataque de pragas. A função de todo esse desenvolvimento é equacionar a função de biomassa para plantas de cana e produzir uma planta que deverá ter custo de produção baixo(Oliveira, 2015). Segundo Mariano (2015), a cana-de-açúcar plantada em larga escala no Brasil é resultado de uma série de cruzamentos, mas que possuem a característica predominante da espécie *Saccharum officinarum*: elevado teor de açúcar e baixa quantidade de fibra. Já a cana-energia teve seus cruzamentos direcionados para aproveitar mais os descendentes da *Saccharum spontaneum*, com alto teor de fibra. A cana energia pode influenciar muito positivamente a produção de etanol de segunda geração no Brasil.

Para Mariano (2015), “utilizando a mesma área plantada, a cana-energia oferece uma produção de etanol 232% maior, além de um impressionante aumento de 1.200% na produção de energia elétrica”. A questão da maior quantidade de cortes, citada pelos autores assim, pode ser analisada na figura a seguir:

Figura 2. Comparação entre a produtividade da cana tradicional e a cana-energia



Fonte: NovaCana.

Observa-se ainda que a cana energia foi a primeira variedade de cana desenvolvida internamente e já registrada. É importante ressaltar que a cana energia foi desenvolvida tanto em parcerias, como por exemplo com o IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) e com a RIDESA (Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético²), quanto por meio do programa de melhoramento da empresa, realizado em conjunto com a BioVertis, na qual se encontra a estação experimental (GranBio, 2016). A variedade já é registrada no Brasil e a estratégia da empresa GranBio, que já se encontra em ação, é licenciar a cana energia para outros produtores. Essa medida já encontra-se em processo de estruturação para comercialização, ou seja, a cana energia futuramente será licenciada para terceiros. No caso da levedura geneticamente modificada, existem propostas para o seu licenciamento e comercialização, porém esta ainda será avaliada posteriormente pela empresa.

A cana energia apresenta maior nível de tolerância ao frio, requer menos uso de fertilizantes e água e replantio a cada dez anos, com uma produtividade de 200t/ha. Além disso, se desenvolver em menor tempo e possibilita maior número de colheitas com relação à cana tradicional, como demonstra a tabela 2 a seguir.

² Mais informações podem ser consultadas em <http://www.ridesa.com.br/historia> (acesso em 12/07/2017).

Tabela 2. Comparação das características da cana-de-açúcar tradicional com a cana energia

Características	Cana-de-açúcar	Cana energia
Produtividade	85 t/há	200 t/há
Ganho genético	1,5 %/ano	5%/Ano
Exigência de fertilidade	Alta	Baixa
Resistência a pragas e doenças	Baixa	Alta
Nº de colheitas	4 a 5	12 a 15
Taxa de multiplicação	1:10	1:30
Tempo para desenvolvimento	8 a 12 anos	3 a 5 anos

Fonte: Serra et al (2008) *apud* Segundo, 2014: 04.

Desta forma, se observa que a gestão da inovação da GranBio, é essencialmente aberta, portanto avaliam-se as tecnologias internas e externas (interagindo com parceiros para possíveis licenciamentos, desenvolvimento cooperativo de um novo produto, entre outros), co-desenvolvimento com universidades, desenvolvimento de novos microorganismos (como por exemplo leveduras e bactérias), melhorias e aprimoramentos do processo de pré-tratamento da biomassa, de processos de fermentação, desenvolvimento de novas variedades de biomassa com maiores conteúdos de celulose e o desenvolvimento das melhores tecnologias para o grupo (através da identificação de uma nova tecnologia no mercado que possa ser licenciada, uma tecnologia sendo desenvolvida em conjunto com uma Instituição de Ciência e Tecnologia (ICT – universidades ou institutos de pesquisas - ou desenvolvida internamente).

A maioria dos funcionários e pesquisadores que atua na BioCelere possuem projetos de pesquisa afim de desenvolver e otimizar processos de pré-tratamento, fermentação, microorganismos e biomassa lignocelulósica. Como ressaltado por Tigre (2006) anteriormente “A maior parte das ideias inovadoras e oportunidades tecnológicas acontecem quando existem vínculos entre instituições dedicadas à pesquisa fundamental (universidades, por exemplo) vinculam-se ao setor empresarial”, e desse modo percebe-se que a empresa possui grandes desenvolvimentos com parcerias externas, o que gera ideias inovadoras e oportunidades tecnológicas. Na construção da primeira planta de etanol de segunda geração da empresa, Bioflex 1, toda a tecnologia utilizada foi proveniente de terceiros por meio de parcerias tecnológicas, mas isso não faz com que a empresa deixe de gerar estímulos e conhecimento internamente, seja para desenvolvimento de novos produtos ou aperfeiçoamento de processos. Os principais parceiros da GranBio como fornecedores de tecnologia e equipamentos para a primeira planta da empresa são:

- (i) BetaRenewables: a tecnologia licenciada é destinada ao pré-tratamento e como o equipamento está instalado na fábrica, não há limite de tempo para seu uso.

- (ii) DSM³: licenciou a levedura geneticamente modificada para etanol 2G; no curto prazo, provavelmente será substituída pela levedura desenvolvida internamente.
- (iii) Novozymes: fornece o coquetel enzimático para a maioria das empresas produtoras de etanol 2G; como ainda não existe um coquetel enzimático próprio (desenvolvido internamente), continuarão utilizando tecnologias de terceiros.
- (iv) Biochemetex: foi a responsável pelo fornecimento de equipamento essenciais para o funcionamento da primeira planta da empresa.

Além dos parceiros citados acima, a GranBio possui parceria de co-geração com a Usina Caeté, pertencente ao Grupo Carlos Lyra, que, através de uma terceira empresa, a Companhia Energética São Miguel dos Campos. Instalado ao lado da Bioflex 1, o sistema de cogeração é alimentado com bagaço de cana-de-açúcar e lignina – subproduto gerado no processo de produção do etanol de segunda geração. A solução é inédita no Brasil e o uso da lignina traz a vantagem de oferecer menor umidade e, portanto, melhor eficiência na queima. É necessário ressaltar que a levedura utilizada na usina Bioflex 1 continua sendo fornecida pela empresa DSM, mas que futuramente a empresa possui planos de substituí-la pela levedura desenvolvida internamente pela BioCelere. Assim, é possível perceber que a GranBio, mesmo utilizando tecnologias externas e licenciando equipamentos e tecnologias de terceiros, possui uma forte atuação no desenvolvimento de suas próprias tecnologias, o que demonstra que há um esforço para adaptar e aperfeiçoar a tecnologia adquirida, para que não ocorra o chamado ganho de eficiência estático, visto que se esse ocorrer não haverá melhorias na produtividade, como argumenta Tigre (2006).

Além disso, é necessário que haja uma **capacitação dinâmica**, ou seja, novas capacidades científicas e tecnológicas que surjam através da interação do meio do aprendizado social e coletivo da empresa e não somente exploração dos recursos existente. Neste aspecto, observa-se que a empresa possui enfoque na capacitação dinâmica, visto que realiza interação entre seu meio interno e externo, utiliza-se de tecnologias licenciadas porém investe em pesquisa e desenvolvimento para criação e execução de produtos e processos internamente, além dos mecanismos informais de *learning by doing* e *learning by using*. Observou-se ainda um elevado grau de transferência de tecnologia por meio de redes informais, ou seja, através dos pesquisadores presentes na GranBio, que trazem sua bagagem de conhecimentos na área e suas experiências científicas e pelo estudo dos documentos técnicos e da literatura científica e tecnológica. Para a empresa, as iniciativas formais possuem uma relevância importante dentro da GranBio, principalmente dentro do centro de P&D, que engloba pesquisadores e estudantes que agregam conhecimentos de maneira informal.

³ Empresa Royal DSM, uma multinacional criada em 1902 pelo governo da Holanda, originalmente com atuação na indústria química. A sigla DSM refere-se à tradução inglesa do nome original da empresa – *Dutch State Mines*. Hoje a empresa atua em saúde, nutrição e materiais com mais de 21 mil colaboradores e destaque de atuação em P&D – “*DSM is a global science based company active in health, nutrition and materials*”. Mais informações podem ser consultadas em https://www.dsm.clm/content/dam/dsm/cworld/en_US/documents/company-presentation.pdf (acesso em 14/07/2017).

Os processos de aprendizado tecnológico decorrentes das tentativas e erros características do processo de inovação são discutidos na literatura como *learning by doing* e *learning by using* (Arrow, 1971; Rosenberg, 1982). Adicionalmente, há o conceito de interação usuário-produtor de tecnologia, no qual o produtor de tecnologias depende do usuário para monitorar as suas necessidades e utilizá-las como um insumo para as suas inovações de processo, sendo capaz de gerar tecnologias, com conhecimentos e habilidades, os quais foram criados a partir dos processos de *learning by doing* e *learning by using*. Neste contexto, o produtor irá monitorar o processo de inovação com os usuários, se este for bem sucedido, o produtor pode se apropriar disso e apresentar a outros usuários como uma inovação de produto (Lundvall, 1985: 09). Esses processos de aprendizados e interação com parceiros se refletem na rede de parcerias tecnológicas construídas pela GranBio para viabilizar a produção de etanol celulósico no Brasil.

3.3. Indicadores de desempenho tecnológico

Nesta seção, como parte final da pesquisa, foi realizado um levantamento e uma sistematização de indicadores de desempenho tecnológico da empresa a partir de depósito de patentes no Brasil e no mundo. Isto se consolida na tabela 3 abaixo a partir da busca nas bases do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), Espacenet (*European Patent Office*) e do USPTO (*United States Patent and Trademark Office*) com as palavras-chave “Granbio” e “Biocelere”. Não foram identificados registros no escritório americano, USPTO, o que revela, provavelmente, que, a estratégia da empresa é proteger somente no Brasil e nos demais territórios, exceto EUA, por meio de PCT (*Patent Cooperation Treaty* - Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes), embora não possa ser demonstrado por meio desses registros identificados nas bases de patentes internacionais.

Tabela 3. Pedidos de depósitos de patentes da Biocelere/GranBio no INPI entre 2014-2016

Pedido	Depósito	Título
BR 10 2016 018094 5	03/08/2016	
BR 10 2016 015186 4	28/06/2016	
BR 10 2016 004444 8	29/02/2016	
BR 10 2015 019265 7	11/08/2015	
BR 10 2015 016858 6	14/07/2015	
BR 11 2016 028778 9	12/06/2015	CASSETE DE EXPRESSÃO PARA A TRANSFORMAÇÃO DE CÉLULA EUCARIÓTICA, PROCESSO PARA A TRANSFORMAÇÃO DE CÉLULA EUCARIÓTICA, MICRO-ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO, PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS E/OU BIOQUÍMICOS E BIOCOMBUSTÍVEL E/OU BIOQUÍMICO ASSIM PRODUZIDOS
BR 10 2015 012691 3	29/05/2015	
BR 10 2015 008841 8	17/04/2015	
BR 10 2015 001420 1	22/01/2015	CASSETE DE EXPRESSÃO, MICRO-ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO, PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS E/OU BIOQUÍMICOS E BIOCOMBUSTÍVEIS E/OU BIOQUÍMICOS
BR 10 2014 027984 9	07/11/2014	CASSETE DE EXPRESSÃO, PROCESSO, MICRO-ORGANISMO, PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS E/OU BIOQUÍMICOS E BIOCOMBUSTÍVEL E/OU BIOQUÍMICO
BR 10 2014 027233 0	30/10/2014	CASSETE DE EXPRESSÃO, MICRO-ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO PARA EXPRESSÃO DE XILOSE ISOMERASE, PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS E/OU BIOQUÍMICOS E BIOCOMBUSTÍVEL E/OU BIOQUÍMICOS PRODUZIDOS
BR 10 2014 022718 0	12/09/2014	
BR 10 2014 017447 8	15/07/2014	
BR 10 2014 017449 4	15/07/2014	
BR 10 2014 014407 2	12/06/2014	CASSETE DE EXPRESSÃO PARA TRANSFORMAR CÉLULA EUCARIÓTICA, MICRO-ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICADO COM EFICIENTE CONSUMO DE XILOSE, PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS E BIOQUÍMICOS E BIOCOMBUSTÍVEL E/OU BIOQUÍMICO ASSIM PRODUZIDO

Fonte: Elaboração das autoras a partir de dados coletados no INPI.

No INPI foram identificados os 15 pedidos de depósitos de patentes identificados na tabela 2 apresentada acima entre 2014 e 2016, sendo que os últimos permanecem no período de sigilo. Junto ao Espacenet foram mapeados 4 resultados, basicamente relacionados aos mesmos pedidos depositados junto ao INPI.

4. CONCLUSÕES

A pesquisa demonstrou que a empresa GranBio é essencialmente inovadora em virtude de seus esforços de P&D, sendo que apresenta o elemento da inovação tecnológica como estratégia de seus negócios, centrada em uma inovação que irá provavelmente revolucionar a indústria sucroalcooleira. A pesquisa evidenciou que a gestão da inovação fundamenta-se na estrutura aberta, visto que a empresa desenvolve produtos e processos internamente e externamente, através de seu centro de P&D, a BioCelere e de uma ampla rede parcerias, além de rede informal de conhecimento em seus projetos.

Os dados de patentes evidenciaram que a empresas não só construiu uma ampla rede de parcerias como também efetivamente realizou esforços que resultaram em novos conhecimentos em uma trajetória de aprendizado tecnológico, os quais foram possíveis até de proteção intelectual, não só no Brasil mas até em países da Europa. Por meio dessas patentes a Granbio poderá licenciar a terceiros, seja no Brasil ou exterior, esses seus avanços científicos e tecnológicos conquistados, visto que a produção de etanol 2G ainda não se tornou viável a custos competitivos. Porém, para que este cenário de difusão da tecnologia 2G se consolide de forma efetiva no país, é necessário que exista auxílio de instituições de fomento em fluxo contínuo e apoio para inovação para que haja um compartilhamento de risco, facilitando que a tecnologia seja consolidada e então difundida no país.

A GranBio possui enorme potencial para torna-se uma fonte de difusão da tecnologia do etanol 2G no Brasil, portanto deveria ser foco de instituições de fomento e subsídios governamentais, pois representa um grande avanço na área e a chance de tornar o país avançado na área e de não depender de empresas estrangeiras, trazendo maior independência tecnológica.

Finalmente, reforça-se o papel fundamental das políticas governamentais no fomento ao desenvolvimento a novas tecnologias que estão em um processo de ruptura tecnológica, como o setor sucroalcooleiro, em que o compartilhamento de riscos torna-se fundamental.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, G. J. F., Santos, B. A. S. (2013). O etanol de segunda geração e sua importância estratégica ante o cenário energético internacional contemporâneo. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 9 (5).
- Arrow, K. J. (1971). The economic implications of learning by doing. In *Readings in the Theory of Growth* (pp. 131-149). Palgrave Macmillan UK.
- Buckeridge, M.; Santos, W.; Souza, A (2010). *As rotas para o etanol celulósico no Brasil*. In: Cortez, L.A.B (coord). Bioetanol de cana-de-açúcar – P&D para produtividade e sustentabilidade. 992p. São Paulo: Editora Blucher.
- Chesbrough, H. W. (2006). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business Press.
- Cortez, L. A. B. (2010). *Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade*. 992p. São Paulo: Editora Blucher.
- Segundo, V. B. et al (2014). Potencial da cana energia para a produção de energia renovável. *Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, vol (2), Congestas. Extraído de <http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2014/trabalhos/pdf/congestas2014-et-09-001.pdf>
- Ferreira, J. (2015) Etanol de segunda geração: definição e perspectivas. *Revista Conexão Eletrônica*, 12 (1).
- Gil, A. C. (2014). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6ª edição. São Paulo: Atlas.
- GranBio (2016). *Questionário GranBio: Entrevista*. [24 de fevereiro, 2016]. Entrevista concedida a Julia Angeli.
- Lee, J. Biological conversion of lignocellulosic biomass to ethanol. *Journal of Biotechnology*, 56 (1), 1-24.
- Lundvall, B.-Å (1992). *National Innovation Systems: towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter.
- Lundvall, B. A. (1985) *Product Innovation and User-Producer Interaction*, Aalborg University Press, Aalborg, 1985. Disponível <http://vbn.aau.dk/files/7556474/user-producer.pdf> Acesso em: 10 Nov. 2011.
- Mariano, J. (2015) Cana-energia: a revolução sucroenergética. *NovaCana*. Disponível em: <<http://www.novacana.com/n/cana/variedades/especial-cana-energia-revolucao-sucroenergetica-201015/>>. Acesso em: 3 nov. 2015.
- Nelson, R. (1993). *National Innovation Systems A Comparative Analysis*. Oxford University Press, New York & Oxford.
- Nyko, D. et al. (2010) A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, p. 5-48.
- Novacana (2014). GranBio inicia nova produção de etanol de segunda geração. *NovaCana*. Disponível em: <<http://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/granbio-producao-etanol-segunda-geracao-240914/>>. Acesso em: 15 set. 2015.
- Novacana (2017). Brasil importa volume recorde de etanol. Disponível em <https://www.novacana.com/n/etanol/mercado/importacao/brasil-importa-volume-recorde-etanol-140317/> Acesso em: 14 jul. 2017.
- Santos, A. B. A. D.; Fazon, C. B.; Meroe, G. P. S. D. (2011) Inovação: um estudo sobre a evolução do conceito de Schumpeter. *Revista Puc*, São Paulo.
- Schumpeter, J. A. (1988) *A teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e ciclo econômico*. 3. ed. São Paulo: Nova Cultural.
- Silva, A. A (2012). *Otimização do pré-tratamento ácido de torta de caroço de algodão e bagaço de malte com farinha de pupunha para produção de bioetanol de segunda geração*. Tese (Mestrado) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina.
- Soutinho, L.C. et al. (2013). A aprendizagem na produção de bioenergia canavieira da indústria de segunda geração o caso Granbio.
- Tidd, J.; Bessant, J.; Pavitt, K. (2008) *Gestão da Inovação*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman.
- Tigre, P. B. (2006). *Gestão da Inovação: a economia da tecnologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Toledo, P. M. D. *Questionário GranBio: Entrevista*. [24 de fevereiro, 2016]. Entrevista concedida a Julia Angeli.
- Trevizoli, M. R.; Neves, M. F. (2015) Gestão da Inovação em Empresas da Indústria Sucroenergética. *Revista de Administração Fatea*, v. 10 (10).

Varrichio, P. C. (2012) *Uma análise dos condicionantes e oportunidades em cadeias produtivas baseadas em recursos naturais: o caso do setor sucroalcooleiro no Brasil*. p. 1-215. Tese (Doutorado em Política e Científica e Tecnológica) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP.

Yin, R. K. (2010). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Tradução de Ana Thorell, revisão técnica Cláudio Damacena. 4^a. edição. Porto Alegre: Bookman.