



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

**FATORES DETERMINANTES E CONSEQUÊNCIAS DA  
INOVAÇÃO TECNOLÓGICA AMBIENTAL: UM ESTUDO DE  
CASO SOBRE A EMERGÊNCIA DE UMA TECNOLOGIA DE  
GERAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL**

**MARCELO ANTONIO LISBOA CORDEIRO**

**Orientador: Prof. Dr. Tomás de Aquino Guimarães**

**Tese de Doutorado**

**Brasília/DF  
2010**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO**

**FATORES DETERMINANTES E CONSEQUÊNCIAS DA  
INOVAÇÃO TECNOLÓGICA AMBIENTAL: UM ESTUDO DE  
CASO SOBRE A EMERGÊNCIA DE UMA TECNOLOGIA DE  
GERAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL**

**MARCELO ANTONIO LISBOA CORDEIRO**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em  
Administração da Universidade de Brasília como requisito  
parcial para a obtenção do grau de Doutor em Administração.

Aprovada pela seguinte Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Tomás de Aquino Guimarães, Universidade de Brasília  
Orientador

Prof. Dr. Sérgio Bulgacov, Universidade Federal do Paraná  
Examinador Externo

Prof. Dr. Valmir Emil Hoffmann, Universidade de Brasília  
Examinador Interno

Prof. Dr. Rodrigo Bandeira-de-Mello, Fundação Getúlio Vargas – SP  
Examinador Externo

Prof. PhD. Ricardo Corrêa Gomes, Universidade de Brasília  
Examinador Interno

Profª. Dra. Catarina Cecília Odélius, Universidade de Brasília  
Examinadora Interna – Suplente

Brasília/DF, 16 de dezembro de 2010

CORDEIRO, Marcelo Antonio Lisboa.

Fatores Determinantes e Consequências da Inovação Tecnológica Ambiental: Um Estudo de Caso sobre a Emergência de uma Tecnologia de Geração de Energia Renovável:

Universidade de Brasília – UnB. 2010. 125 p.

Tese de Doutorado em Administração

Orientador: Prof. Dr. Tomás de Aquino Guimarães

1. Agência
2. Mudança Organizacional
3. Inovação Ambiental
4. Materialidade da Tecnologia
5. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
6. Sustentabilidade

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Tomás de Aquino Guimarães, meu mestre desde os meus tempos de graduação, pela orientação dedicada e motivadora e por sua amizade.

Agradeço aos professores, funcionários e colegas da UnB, pelos conhecimentos e principalmente pela amizade iniciada neste período de doutorado. Em especial, agradeço às professoras Catarina Odelius, Gardênia Abbad e Janann Medeiros pelos valiosos *feedbacks* às minhas idéias. Agradeço também aos gerentes e funcionários das organizações pesquisadas, sem os quais esta tese não seria possível. À família Domingos, agradeço pela hospitalidade a mim concedida durante os dias de coleta de dados.

Aos professores Sérgio Bulgacov e Paulo Egler, agradeço pelas valiosas contribuições feitas em meu exame de qualificação. Agradeço também aos professores membros da banca examinadora, por dedicarem tempo e atenção à avaliação desta tese.

Por fim, agradeço a toda minha família, em especial à minha esposa, Elaine, e à minha filha, Laura. Dedico esta tese a vocês duas, amores da minha vida.

## RESUMO

Esta tese discute fatores determinantes e consequências da inovação ambiental, considerada como um tipo especial de inovação tecnológica, que por sua vez pode ser vista como um tipo de mudança organizacional. Para lidar com estes fenômenos, esta tese apresenta três estudos como artigos semi-independentes. O Estudo I discute as limitações teóricas da abordagem da mudança organizacional baseada nas capacidades e propõe um modelo de mudança centrado no agente, baseado nas teorias da Estruturação e da Autopoiesis. Este modelo apresenta a mudança organizacional como o desenvolvimento de novos hábitos e crenças por agentes interconectados e distribuídos, os quais aumentam seu potencial para desenvolver mudança na medida em que mantêm conhecimentos especializados, diversos, compartilhados e distintos, poder e contato com outros sistemas sociais. Este modelo é redesenhado a partir dos Estudos empíricos II e III, os quais aplicam a metodologia *grounded theory* na investigação de uma inovação ambiental, representada pela emergência de uma tecnologia de geração de energia renovável em uma empresa brasileira engajada no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), uma política internacional de redução de emissões e desenvolvimento sustentável. Esta investigação foi baseada em entrevistas, observações e análise documental. O Estudo II investiga como a agência e a materialidade da tecnologia são conciliadas em inovação, sugerindo um modelo de inovação no qual tecnologias são interpretadas por agentes como “estruturas”, sendo que algumas destas estruturas, como os aspectos materiais da tecnologia, apresentam um caráter “real” e, desta maneira, necessitam especialização para serem “instanciadas” e combinadas cognitivamente e ativamente. O Estudo III desenvolve mais este modelo, em uma discussão da pesquisa em MDL. Esse estudo investiga como uma tecnologia em MDL emerge e como esta tecnologia impacta a sustentabilidade, mostrando um processo de inovação complexo nos quais agentes múltiplos desenvolvem uma tecnologia a partir de fatores individuais, de interação e organizacionais. Este processo indica que o MDL não é decisivo na promoção da inovação ambiental, sendo também controverso quanto à promoção do desenvolvimento sustentável, em especial na promoção de reduções de emissões adicionais. A tese se finaliza com a apresentação de um modelo de inovação que integra os Estudos I, II e III e com sugestões para a pesquisa futura.

**Palavras-chave:** Agência; Mudança Organizacional; Inovação Ambiental; Materialidade da Tecnologia; Mecanismo de Desenvolvimento Limpo; Sustentabilidade

## ABSTRACT

This thesis discusses determinant factors and consequences of the environmental innovation, considered as a special type of technological innovation, which in turn may be realized as a type of organizational change. To deal with these phenomena, this thesis presents three studies as related articles. The Study I discusses theoretical gaps in the capabilities approach for organizational change and proposes an agent-centered model for change, based on the Structuration and Autopoiesis Theories. This model sets the organizational change as the development of new beliefs and habits by interconnected and distributed agents, which raise their potential to promote change if they keep specialized, diverse, shared and distinct knowledge, power and share contact to other social systems. This model is redesigned from the empirical Studies II and III, which apply the grounded theory methodology to investigate a case of an environmental innovation, represented by the emergence of a renewable energy generation technology in a Brazilian firm under the Clean Development Mechanism (CDM), an international policy that incentives carbon emissions reductions and sustainability. The data gathering was based on interviews, observations and documental analysis. The Study II investigated how agency and the materiality of technology were conciliated in the innovation. The results suggests an innovation model in which technologies are interpreted by agents as “structures”, some of them, such as the material aspects of technology, presenting a “real” character and, therefore, depending on specialization to be “instantiated” and combined cognitively and experientially. The study III develops more this model, in a discussion of the research in CDM. This study asks how a CDM technology emerges and how it impacts sustainability, showing a complex innovation process in which multiple agents develop a technology from individual, interactional and organizational factors. This process indicates that the CDM is not decisive to promote environmental innovation, and it is controversial in respect to the promotion of sustainable development, in special to the promotion of additional emissions reductions. The thesis ends with the presentation of a innovation model that integrates the studies I, II and III and with proposals for future research.

**Keywords:** Agency; Organizational Change; Environmental Innovation; Materiality of Technology; Clean Development Mechanism; Sustainability

## SUMÁRIO

<b>Lista de Quadros</b>	p. 10
<b>Lista de Figuras</b>	p. 11
<b>1. Introdução</b>	p. 12
1.1 Problema de Pesquisa	p. 15
1.2 Organização da Tese	p. 16
1.3 Justificativa Teórica e Prática da Pesquisa	p. 16
1.4 Metodologia Central: Estudo de Caso e <i>Grounded Theory</i> em um Projeto de MDL	p. 22
<b>2. Estudo I: De um Modelo de Mudança Baseado em Capacidades para um Modelo Centrado no Agente</b>	p. 32
2.1 O Paradoxo da Capacidade: Dinamismo vs. Eficiência Organizacionais	p. 33
2.1.1 A ausência da agência como a origem do paradoxo das capacidades	p. 36
2.2 Teorias da Estruturação e da Autopoiesis: Conceitos Básicos	p. 36
2.3 Níveis de Análise em um Modelo de Mudança Centrado no Agente	p. 39
2.4 Um Modelo de Mudança Organizacional Centrado no Agente	p. 41
2.4.1 Visão geral do modelo	p. 41
2.4.2 Aprendendo e desenvolvendo individualmente novos hábitos de ação e crenças	p. 42
2.4.2 Aprendendo e difundindo novos hábitos e crenças em situações de co-presença	p. 45
2.4.3 Aprendendo e difundindo novos hábitos e crenças na organização e no ambiente	p. 46
2.5 Discussão e Conclusões	p. 48
<b>3. Estudo II: A conciliação entre Agência e Materialidade em Inovação Tecnológica: Um Estudo de Caso Sobre a Emergência de uma Tecnologia de Geração de Energia Renovável</b>	p. 51
3.1 A Perspectiva Evolucionista e a Ausência da Agência Humana	p. 52
3.2 A Perspectiva Estruturacionista e a Ausência da Materialidade	p. 53
3.3 Revisitando <i>Insights</i> Recursivos	p. 55
3.4 Metodologia	p. 56

3.4.1 Coleta de dados	p. 57
3.4.2 Análise de dados	p. 58
3.5 Resultados	p. 59
3.5.1 A empresa investigada e sua trajetória tecnológica (2000-2008)	p. 59
3.5.2 O modelo de inovação agência-materialidade	p. 60
3.5.2.1 <i>Aprendendo e desenvolvendo individualmente novas estruturas e ações tecnológicas</i>	p. 62
3.5.2.2 <i>Aprendendo, difundindo e ligando novas estruturas e ações em situações de co-presença</i>	p. 65
3.5.2.3 <i>Disseminando e interligando as estruturas e ações de inovadores em contextos distantes</i>	p. 67
3.6 Discussão	p. 69
3.6.1 Ajustando a teoria da estruturação para incluir a materialidade	p. 69
3.6.2 A insuficiência de mecanismos de inovação evolucionistas	p. 71
3.7 Conclusões	p. 73
<b>4. Estudo III: A Pesquisa em Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, Transferência de Tecnologia e Desenvolvimento Sustentável: Evidências a Partir de um Estudo de Caso Brasileiro</b>	p. 74
4.1 A Pesquisa Atual em Transferência de Tecnologia e Desenvolvimento Sustentável no MDL	p. 75
4.2 Abordagens Sociológicas para a Mudança Tecnológica	p. 79
4.3 Metodologia	p. 80
4.4 A Empresa Investigada e a Formação da Nova Tecnologia	p. 82
4.5 O Processo de Inovação Tecnológica Ambiental na Empresa Alpha	p. 83
4.5.1 Fatores individuais	p. 84
4.5.1.2 <i>Aprendendo a partir de contextos diversos para construir cenários tecnológicos</i>	p. 84
4.5.1.2 <i>Desenvolvendo novos cenários por meio do acesso a recursos econômicos, ambientais e sociais</i>	p. 86
4.5.2 Fatores de interação	p. 87
4.5.2.1 <i>Áreas especializadas</i>	p. 87
4.5.2.2 <i>Capacidades dinâmicas</i>	p. 88
4.5.2.3 <i>Interações “know-who”</i>	p. 88

4.5.3 Fatores organizacionais	p. 89
4.5.3.1 <i>Coordenação entre processos distantes e entre processos novos e previamente existentes</i>	p. 89
4.5.3.2 <i>Reforços de atores externos</i>	p. 90
4.6 Discussão e Conclusões	p. 91
4.6.1 Processos recursivos e não considerados sobre a “bricolagem” tecnológica e a sustentabilidade em MDL	p. 91
4.6.2 A Necessidade de Pesquisa em Profundidade sobre Tecnologias de MDL Típicas	p. 93
<b>5. Conclusão e Recomendações</b>	p. 96
5.1 O Modelo Integrado de Inovação Tecnológica Ambiental e suas Contribuições Teóricas e Práticas	p. 96
5.2 Limitações do Estudo e Sugestões de Pesquisa	p. 105
5.2.1 Como Agência, no Nível Individual, Interage com Processos Organizacionais no Desenvolvimento da Mudança Organizacional?	p. 105
5.2.2 Como Agência Individual e Circunstâncias Materiais são Conciliadas em Inovações Tecnológicas?	p. 106
5.2.3 Como uma Tecnologia Relacionada ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) Emerge?	p. 107
5.2.4 Como a Emergência de uma Tecnologia Relacionada ao MDL Impacta a Sustentabilidade (i.e., a Configuração de Recursos Ambientais, Econômicos e Sociais)?	p. 108
<b>Referências</b>	p. 110
<b>Anexo A</b>	p. 118
<b>Anexo B</b>	p. 120
<b>Anexo C</b>	p. 121
<b>Anexo D</b>	p. 122

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1. A estrutura da tese	p. 17
Quadro 2. Perfis dos entrevistados	p. 24
Quadro 3. Fontes centrais de dados	p. 57

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Hierarquia de fenômenos abordados pela pesquisa	p. 15
Figura 2. Modelo de mudança organizacional centrado no agente	p. 42
Figura 3. O modelo agência-materialidade de inovação	p. 61
Figura 4. Modelo recursivo de inovação tecnológica ambiental	p. 83
Figura 5. Modelo integrado recursivo de análise da inovação tecnológica ambiental	p. 97

## 1. Introdução

Por ser considerado pela Organização das Nações Unidas (ONU) como um país em desenvolvimento, o Brasil não apresenta cotas de redução de emissão de gases de efeito estufa (GEEs), acordadas e oficializadas entre as nações desenvolvidas em 1997 pelo Protocolo de Kyoto. No entanto, o país se faz presente no quadro geral de reduções oficiais de emissões através de projetos ou empreendimentos vinculados ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), um instrumento do Protocolo de Kyoto. O MDL foi criado com o duplo objetivo de diminuir o custo de reduções de emissões e de promover o desenvolvimento sustentável. De acordo com as normas que regem o MDL, os países desenvolvidos e suas empresas podem ter suas emissões compensadas por projetos que proporcionam reduções de emissões e que sejam executados em nações em desenvolvimento. Esses projetos de MDL são, em sua maioria, desenvolvidos pela iniciativa privada de países em desenvolvimento ou por empresas poluidoras pertencentes a países desenvolvidos. Reduções provenientes de MDL, somadas às reduções provenientes de outro mecanismo do Protocolo de Kyoto, a “Implementação Conjunta”<sup>1</sup>, provavelmente irão representar a maioria das reduções vinculadas ao Protocolo de Kyoto (Egenhofer, 2007).

Projetos de MDL podem ser classificados de acordo com vários tipos de categorias ou tecnologias. A emergência dessas distintas tecnologias traz diferentes aspectos econômicos, sociais e ambientais para os países hospedeiros e seus empreendedores. Por exemplo, projetos que visam atingir reduções de emissões por meio da eliminação de gases em fases finais de processos produtivos, os denominados projetos *end-of-pipe* (i.e., decomposição e/ou destruição de GEEs) são apontados como empreendimentos que proporcionam significativas reduções, mas que, por outro lado, trazem pouco desenvolvimento sustentável para as respectivas regiões, enquanto outros tipos de projetos parecem apresentar pouco potencial de redução, mas significativos benefícios como, por exemplo, projetos que envolvem a geração de energia solar (Olsen & Fenhann, 2008).

Nesta tese, o surgimento de um projeto de MDL é considerado como uma inovação tecnológica ambiental plausível de investigação. Assim, e diante da evidente necessidade de se investigar a relação entre inovação e meio ambiente (Geels, 2004, p. 916), um projeto de MDL é considerado aqui como um objeto empírico rico em detalhes que pode subsidiar teorizações a respeito da inovação como um fenômeno geral, e da relação entre inovação e

---

<sup>1</sup> A Implementação Conjunta (*Joint Implementation*) permite que países com cotas de redução de emissões de GEEs implementem programas ou projetos conjuntos de redução de emissões.

sustentabilidade ambiental como um fenômeno em particular. Neste contexto, o objetivo central desta tese é discutir estruturas e modelos teóricos que expliquem a relação entre atividades e processos individuais e organizacionais e recursos econômicos, sociais e ambientais no surgimento de inovações e, mais especificamente, de inovações tecnológicas ambientais. Considerando inovação como “novas combinações” de recursos existentes, que podem ser utilizadas para desenvolver novos produtos e/ou métodos de produção (Schumpeter, 1961), e “tecnologias ambientais”<sup>2</sup> como processos e/ou produtos que visam diminuir a pressão nociva em recursos naturais que atualmente é exercida pelos altos níveis de consumo e de produção industrial, a pesquisa que resultou nesta tese procurou produzir e relacionar abordagens teóricas a respeito da mudança organizacional, da inovação tecnológica e da inovação tecnológica ambiental por meio de uma investigação empírica que se utilizou de uma metodologia combinada de estudo de caso e *grounded theory*, aplicada ao entendimento detalhado do surgimento, em uma empresa brasileira, de um projeto de MDL de cogeração de energia elétrica a partir do bagaço da cana-de-açúcar.

Durante a execução desta tese, a tarefa de teorizar a respeito da inovação tecnológica ambiental se mostrou dificultada pelo fato de o arcabouço teórico que inclui conceitos mais básicos, como os de mudança organizacional e de inovação, se encontrar fragmentado na literatura de Administração. Mais precisamente, e como é apresentado a seguir, a literatura de mudança e inovação contém lacunas a respeito dos papéis e relações que agentes individuais e fenômenos organizacionais coletivos como, por exemplo, capacidades organizacionais, desempenham em processos de mudança e de inovação (Caldwell, 2005; Foss, 2003; Munir & Jones, 2004; Orlikowski, 2010; Volkoff, Strong, & Elmes, 2007). Esta literatura também é lacunosa em relação a como a capacidade de agentes individuais de interpretação, utilização e modificação da tecnologia se relaciona com seus aspectos materiais em processos de inovação (Orlikowski, 2007, 2010).

Quanto à transferência desses conceitos mais gerais para os conceitos mais específicos de MDL e de inovação tecnológica ambiental, tarefa essencial para a construção de um quadro explicativo geral, esta se mostrou ainda mais difícil, visto que aqui entra em questão a maneira em que uma inovação impacta a configuração da “tríade” de recursos ambientais, econômicos e sociais, unidos pelo conceito de sustentabilidade, cuja essência é multifacetada

---

<sup>2</sup> Tradução do Inglês “Environmentally Sound Technologies”, definidas pela Agenda 21 da Organização das Nações Unidas ([http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/res\\_agenda21\\_34.shtml](http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/res_agenda21_34.shtml)) como tecnologias que “protegem o ambiente, são menos poluidoras, usam todos os recursos de uma maneira mais sustentável, reciclam mais os seus resíduos e produtos, e gerenciam resíduos de uma maneira mais sustentável do que as tecnologias as quais elas substituem”.

e sujeita a múltiplas interpretações e influências relacionadas a poder e dominação (Banerjee, 2003). Assim, à complexa relação entre agência, processos organizacionais e materialidade, se soma ainda a questão da sustentabilidade, na construção de quadros explicativos para a inovação tecnológica ambiental.

Neste contexto, é possível ainda destacar que, atualmente, a complexidade desta tarefa, de construção de um quadro explicativo integrado para a inovação tecnológica ambiental, ainda não se encontra bem resolvida na literatura de Administração. Aqui, é possível destacar que, geralmente, ao menos na área específica de estudos sobre a relação entre inovação tecnológica e redução de emissões de GEEs, trabalhos pertinentes ao tema apresentam resultados empíricos carentes de teorias mais abrangentes que suportem e ampliem esses mesmos resultados, ou combinam esquemas teóricos ainda não plenamente desenvolvidos para teorizar sobre a relação entre inovação e sustentabilidade, trazendo as lacunas desses esquemas combinados para as novas teorizações. Como um exemplo deste último tipo de limitação, em uma recente revisão empírica e conceitual a respeito das respostas de empresas multinacionais à mudança climática, Kolk e Pinkse (2008) não discutem as limitações da abordagem das capacidades organizacionais, mas destacam que: “obtendo uma perspectiva baseada em capacidades dinâmicas pode então auxiliar na descoberta de se e como assuntos globais particulares sobre sustentabilidade incitam empresas multinacionais a construir vantagens específicas verdes” (p. 1361). Como um exemplo do primeiro tipo de limitação, é possível verificar que a atual literatura em MDL vem apresentando resultados empíricos em relação ao tema, mas sem recorrer ao suporte de abordagens teóricas mais abrangentes, tanto para a inovação tecnológica quanto para a sustentabilidade.

Nesta tese, esta evidente complexidade, de utilização e ligação de abordagens teóricas dispersas para a construção de um quadro teórico para a inovação tecnológica ambiental, foi resolvida por meio da execução de uma investigação sequencial, onde específicas lacunas teóricas foram sendo abordadas em uma sequência de três artigos semi-independentes (Estudos I, II e III), os quais procuram responder ao problema e às perguntas de pesquisa apresentados adiante, dando origem também ao formato da estrutura da tese. Assim, embora esta estrutura seja mais detalhada a seguir, no momento faz-se necessário o esclarecimento de que houve uma tentativa de se abordar uma hierarquia de fenômenos conexos, de forma a oferecer explicações a respeito de conceitos mais básicos como, por exemplo, a inovação tecnológica, bem como do fenômeno mais específico da inovação tecnológica ambiental, abordada ao final do processo de investigação. Esta hierarquia de fenômenos é apresentada na Figura 1.

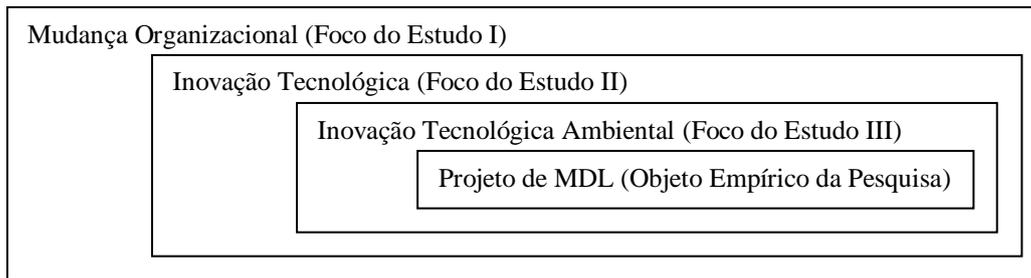


Figura 1. Hierarquia de fenômenos abordados pela pesquisa

Assim, considerando a mudança organizacional como um fenômeno que envolve a transformação de conhecimento, da linguagem, do discurso e das relações de poder, podendo resultar em diversos tipos de efeitos, não apenas tangíveis (Thurlow & Helms Mills, 2009, p. 466), e definindo tecnologia como a transformação de recursos em determinados produtos ou serviços (Munir & Jones, 2004, p. 561), é possível perceber que o fenômeno da mudança organizacional é mais abrangente do que o da inovação tecnológica. Similarmente, como um projeto de MDL representa um novo processo produtivo, supostamente desenvolvido para reduzir a emissão de GEEs, este se configura como um tipo de inovação tecnológica ambiental. Essa hierarquia de fenômenos é refletida no problema e nas perguntas de pesquisa apresentados a seguir.

### 1.1 Problema de Pesquisa

**Como agentes individuais, processos organizacionais e recursos econômicos, sociais e ambientais se interagem em processos de inovação tecnológica ambiental?**

De maneira a responder a este problema de pesquisa, foram necessárias distintas abordagens de relevantes questões teóricas parciais. A primeira surgiu da necessidade de se reunir e organizar arcabouços teóricos sobre mudança e inovação organizacionais que poderiam resultar em uma base para a explicação de processos de inovação tecnológica ambiental. Esta primeira abordagem resultou no Estudo I, um artigo conceitual que de maneira implícita aborda a seguinte pergunta de pesquisa:

p1) *Como agência, no nível individual, interage com processos organizacionais no desenvolvimento da mudança organizacional?*

Este artigo conceitual acabou por construir um “modelo de mudança centrado no agente”, onde processos de mudança são “estruturados” constantemente por membros organizacionais

(Berends, Boersma & Weggeman, 2003; Giddens, 1984; Orlikowski, 2000). No entanto, a tentativa de utilização de uma visão centrada no agente para a explicação de inovações tecnológicas também desencadeou a necessidade de se investigar outra questão teórica, a de como o aspecto material da tecnologia se relaciona com a agência individual (Orlikowski, 2007, 2010). Esta questão deu origem ao Estudo II, um artigo empírico que visa responder à seguinte pergunta de pesquisa:

p2) *Como agência individual e circunstâncias materiais são conciliadas em inovações tecnológicas?*

A pesquisa prosseguiu mediante nova análise dos dados empíricos e dos modelos então produzidos para responder p1 e p2, fato que deu origem a uma nova abordagem teórica na forma do Estudo III, que aborda a inovação tecnológica ambiental, situada aqui em um contexto mais específico de geração de novas tecnologias no regime posto pelo MDL. Assim, o Estudo III procura responder à seguinte pergunta de pesquisa:

p3) *Como uma tecnologia relacionada ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) emerge?*

Devido ao fato da questão do MDL envolver não apenas aspectos ambientais, mas também econômicos e sociais, o Estudo III também aborda a seguinte pergunta:

p4) *Como a emergência de uma tecnologia relacionada ao MDL impacta a sustentabilidade (i.e., a configuração de recursos ambientais, econômicos e sociais)?*

Essas perguntas de pesquisa são abordadas nos respectivos Estudos I, II e III e são também retomadas no último capítulo da tese.

## **1.2 Organização da Tese**

Com exceção deste capítulo introdutório, e do último capítulo, “Conclusões e Recomendações”, o conteúdo desta tese foi escrito e organizado em forma de artigos científicos semi-independentes. Estes artigos foram escritos originalmente em inglês e traduzidos posteriormente para a língua portuguesa. Esta estrutura geral da tese é descrita resumidamente no Quadro 1.

## **1.3 Justificativa Teórica e Prática da Pesquisa**

O esforço, nesta tese, de se produzir e relacionar conhecimentos nas áreas de mudança organizacional, inovação tecnológica e inovação ambiental, foi estimulado por dois conjuntos

<b>Título do Capítulo</b>	<b>Objetivo do Capítulo ou Perguntas de Pesquisa</b>	<b>Tipo</b>	<b>Principais Resultados e Conclusões</b>
Introdução	Apresentação geral da tese	Conceitual	Descrição do problema, das perguntas, da justificativa, da metodologia e da estrutura da pesquisa.
De um modelo de mudança centrado em capacidades organizacionais para um modelo centrado no agente (Estudo I)	Como agência, no nível individual, interage com processos organizacionais no desenvolvimento da mudança organizacional?	Conceitual	Processos organizacionais são “instanciados” por agentes. A mudança representa novos hábitos e crenças desenvolvidos por agentes “distribuídos”. Poder, conectividade com outros sistemas, e domínio de específicos tipos de conhecimento aumentam as possibilidades de um agente em desenvolver a mudança.
A conciliação de agência e materialidade em inovação tecnológica: um estudo de caso da emergência de uma tecnologia de geração de energia renovável (Estudo II)	Como agência individual e circunstâncias materiais são conciliadas em inovações tecnológicas?	Empírico: Estudo de Caso e <i>Grounded Theory</i>	“Conhecidas” estruturas de conhecimento, de poder (material e social) e normativas são combinadas cognitivamente e por experimentação por um agente individual para desenvolver um ou mais fragmentos de uma nova tecnologia. Estruturas conhecidas também são utilizadas para se disseminar essas partes dentro de e entre contextos sociais.
A pesquisa em mecanismo de desenvolvimento limpo, transferência de tecnologia e desenvolvimento sustentável: evidências a partir de um estudo de caso brasileiro (Estudo III)	Como uma tecnologia relacionada ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) emerge? Como a emergência de uma tecnologia relacionada ao MDL impacta a sustentabilidade?	Empírico: Estudo de Caso e <i>Grounded Theory</i>	A inovação tecnológica ambiental é construída por indivíduos distribuídos. Fatores individuais, de interação e organizacionais explicam mais o surgimento de uma tecnologia de MDL do que a própria política de MDL, a qual em alguns casos pode não resultar em reduções de emissões “adicionais”. Apenas estudos multidisciplinares de tecnologias oficiais “típicas” podem apontar se há sustentabilidade em MDL.
Conclusões e Recomendações	Oferecer um quadro teórico geral sobre como a inovação tecnológica ambiental ocorre, propondo novas direções de pesquisa	Empírico e Conceitual	Apresenta as conclusões e contribuições teóricas e conceituais da pesquisa, limitações e sugestões de estudos futuros. A área de inovação tecnológica ambiental deveria focar na investigação da capacidade de indivíduos em combinar estruturas conhecidas e subjetivas na geração de estruturas e atividades que reduzam o impacto ambiental e que rompam com práticas não sustentáveis, em estudos comparativos sobre ciclos de formação e de práticas de tecnologias ambientais “típicas”.

Quadro 1. A estrutura da tese

inter-relacionados de relevantes lacunas teóricas: (1) a falta de entendimento e consenso, na literatura de Administração, sobre como a mudança e a inovação tecnológica realmente ocorrem em organizações e (2) a incipiente, fragmentada e controversa natureza de pesquisas atuais sobre os tipos de tecnologias ambientais especificamente rotuladas como projetos de MDL. Embora esses dois conjuntos de limitações sejam mais bem detalhados nos Estudos I, II e III da presente tese, esses devem ser comentados brevemente a seguir de maneira a justificar a escolha do tema, do problema, das perguntas, do objeto e da metodologia de pesquisa.

Quanto ao primeiro conjunto de limitações em pesquisas em mudança organizacional e em inovação, Fagerberg (2005) escreve que “... não obstante a grande quantidade de pesquisas nesta área durante os últimos cinquenta anos, nós sabemos muito menos sobre porque e como a inovação ocorre do que o que isto ocasiona” (p. 20). De maneira muito similar, em uma extensa revisão sobre a relação entre agência e mudança organizacional, Caldwell (2005, p. 109) também apresenta um quadro de profunda lacuna teórica: “Depois de décadas de pesquisas empíricas e de discussões teóricas sobre mudança, inovação e liderança organizacionais, nós não estamos sequer perto de um amplo e acordado corpo de conhecimento em qualquer uma dessas áreas especializadas”.

Apesar de essas limitações parecerem gerais, durante a condução desta pesquisa o caráter lacunoso das áreas de mudança e de inovação se tornou ainda mais evidente, ganhando também contornos mais específicos. Mais precisamente, ficou evidente a limitação do caráter explicativo da visão evolucionista da mudança tecnológica (Nelson & Winter, 1982). Esta limitação ficou evidente não apenas durante a fase de revisão da literatura, visto que é apontada por alguns autores (e.g., Foss, 2003), mas também devido à dificuldade em se utilizar esta perspectiva na explicação das evidências empíricas provenientes do estudo de caso aqui conduzido. Assim, a descrição e exploração das limitações da abordagem evolucionista, apesar de emergir durante o processo de investigação, é também fator motivador desta pesquisa. Este fator motivador se torna relevante e assim justificado nesta tese por três razões.

Primeiramente, apesar do foco maior da abordagem evolucionista ser a descrição dos movimentos de variação, seleção e retenção no nível de análise da população de organizações, esta visão foi desenvolvida como uma teoria calcada em múltiplos níveis de análise, inclusive no individual, como a sua discussão sobre a relação entre o conhecimento individual e as rotinas organizacionais indica (Nelson & Winter, 1982, pp. 96-107). Assim, essa abordagem é relacionada com o problema de pesquisa posto nesta tese e, se utilizada como uma “lente”,

deveria ser capaz de oferecer explicações em relação aos processos de mudança e de inovação aqui investigados e, dado que isto não foi possível, as limitações observadas tiveram que ser reportadas. Segundo, a abordagem evolucionista se configura como muito influente em estudos empíricos atuais sobre inovação tecnológica (Galende, 2006, p. 309), e assim deve ser discutida e apresentada como um parâmetro comparativo geral. Terceiro, a abordagem evolucionista procura evidências não apenas por meio de estudos quantitativos ocupados com níveis de análise mais amplos, mas também através de investigações em profundidade, como estudos de caso (e.g. Garnsey, Lorenzoni & Ferriani, 2008), os quais buscam explicar processos complexos de inovação em organizações individuais, de maneira similar ao estudo de caso aqui conduzido, fato que admite comparações teóricas e/ou empíricas.

Neste contexto, os estudos I e II desta tese reforçam de uma maneira única a crítica à abordagem evolucionista, mostrando em seus conteúdos que processos sociais padronizados, defendidos como mecanismos de seleção e de variação evolucionistas, como, por exemplo, rotinas e capacidades organizacionais, são apenas tipos específicos de “situações de co-presença” (Giddens, 1984), um conceito sociológico muito mais amplo, capaz de explicar a produção e a reprodução de processos organizacionais apenas por meio do conhecimento e do poder individuais (i.e., estruturas específicas), que governam ações e, conseqüentemente, interações sociais.

Surpreendentemente, outra limitação teórica, também identificada na literatura de mudança e inovação, é aquela relativa à ausência de abordagens que considerem o papel ativo do sujeito no dinamismo da tecnologia. Esta desconsideração da “agência” (Giddens, 1984) se faz sentir explícita ou implicitamente na atual demanda, apontada por autores dos campos da Administração, de Organizações e até mesmo da Economia, por uma teoria cognitivista da mudança tecnológica (Howells, 1995; Kaplan & Tripsas, 2008), e por uma teoria subjetivista para recursos e capacidades (Kor, Mahoney & Michael, 2007), e para transferência de conhecimento (Ringberg & Reihlen, 2008). Isso, em outras palavras, significa que o papel ativo do indivíduo ou agente na alteração da tecnologia não vem sendo considerado apropriadamente no desenvolvimento de teorias e vem sendo subordinado a fenômenos coletivos, em geral baseados no conhecimento tácito (Foss, 2003). O Estudo I desta tese apresenta um modelo para a mudança organizacional baseado no agente, contribuindo para esta lacuna teórica. Particularmente inédita aqui é a união, neste modelo desenvolvido, da Teoria da Estruturação (Giddens, 1984), que trata da ação social, e da Teoria da Autopoiesis (Maturana, 1980a; 1980b; Maturana & Varela, 1980), de origem na biologia, e que descreve como a realidade é subjetivamente construída por nossas operações cognitivas. A união entre

estas teorias permitiu descrever um quadro construtivista da mudança e de seus distintos níveis de análise (indivíduo, situação de co-presença e organização), bem como das relações entre estes níveis de análise da mudança e as características e ações de agentes individuais, expressas em proposições científicas.

Esta relação entre agentes individuais e níveis de análise foi retomada no Estudo II, capítulo 3 desta tese, que objetiva explicar a relação entre agência e materialidade em inovação tecnológica (Orlikowski, 2007, 2010). Este artigo teoriza, com base no estudo de caso conduzido, que aspectos tidos como “objetivos” durante um processo de inovação tecnológica como, por exemplo, a materialidade de objetos e processos, são, no fundo, “estruturas conhecidas”, também “instanciadas” por inovadores no momento de suas ações inovadoras. Este tipo de teorização sobre a relação entre agência e materialidade se encontra ainda ausente nos atuais estudos empíricos sobre inovação tecnológica, representando assim significativa contribuição teórica.

Quanto ao segundo grupo de lacuna teórica motivadora da presente pesquisa, a incipiente, fragmentada e controversa natureza de pesquisas atuais sobre projetos de MDL, este parece refletir a própria natureza controversa do mecanismo em questão. Neste contexto, dois pontos controversos e abordados nas atuais pesquisas em MDL são também considerados na presente pesquisa. O primeiro é a questão da transferência de tecnologia em projetos de MDL. Na medida em que estimula a atração de investimentos através do potencial de comercialização de créditos de carbono, o MDL tem sido apontado como um fator que diminui barreiras à transferência de tecnologias ambientais para países hospedeiros (Schneider, Holzer, & Hoffman, 2008). Essa visão tem sido explícita ou implicitamente reforçada por dominantes estudos quantitativos. No entanto, a partir de uma metodologia qualitativa de investigação empírica e sob um prisma subjetivista da transferência de tecnologia, o Estudo III, capítulo 4 da presente tese, mostra a fragilidade deste tipo de argumento. Na verdade, em um modelo de inovação centrado no agente não há transferência de tecnologia, mas apenas aprendizagem e movimentação de recursos, conduzidas por membros organizacionais que combinam dispersos componentes em uma “bricolagem tecnológica”, constantemente (re) produzida no dia-a-dia da organização. Esta crítica à visão dominante e positivista de que a tecnologia ambiental pode ser “transferida” mediante a forte influência de um mecanismo de compensação de emissões é única no conjunto atual de pesquisas sobre MDL.

Outra controvérsia relativa ao MDL, abordada por esta tese, é a questão da geração de desenvolvimento sustentável. A configuração presente do MDL parece estar causando um

tipo de “corrida ao topo”, na qual a maioria dos países em desenvolvimento, em uma tentativa de atração de investimentos para as suas regiões, tenderia a focar em temas de curto prazo, desta maneira negligenciando a multidimensionalidade e o longo prazo que caracterizam o desenvolvimento sustentável. Em outras palavras, os possíveis *trade-offs* entre os conceitos de sustentabilidade de transferência de tecnologia, de construção de instituições, de adicionalidade (i.e., a capacidade de um projeto em reduzir emissões), de geração de créditos de carbono, e de lucratividade, associados ao uso de recursos naturais e às suas potenciais externalidades negativas, tais como o aumento de seus preços e a consequente pressão por práticas insustentáveis, podem eventualmente prejudicar o papel do MDL quanto à sua qualidade de promotor de desenvolvimento sustentável (Ellis, Winkler, Corfee-Morlot & Gagnon-Lebrun, 2007; Muller, 2007).

Contribuindo para a investigação de tal complexidade, o Estudo III também descreve como o dinamismo das configurações de determinados recursos ambientais, econômicos e sociais é tanto causa quanto consequência de um processo de inovação tecnológica ambiental, sugerindo também como este dinamismo pode tanto prejudicar quanto beneficiar aspectos específicos ligados à sustentabilidade. Desafiando as atuais pesquisas quantitativas e positivistas em MDL, esse estudo conclui que apenas o estudo multidisciplinar e apoiado por métodos qualitativos de “tecnologias típicas” de projetos de MDL poderá descrever o nível de sustentabilidade desses empreendimentos.

Por fim, apesar de esta pesquisa ser justificada muito mais por aspectos teóricos, espera-se principalmente duas consequências práticas. Primeiramente, ao colocar o agente individual no centro de explicações sobre mudança e inovação, esta pesquisa sugere que esquemas de desenvolvimento e autonomia pessoais sejam mais valorizados no meio gerencial. Neste sentido, os modelos aqui desenvolvidos podem subsidiar decisões e processos criativos em programas de desenvolvimento de gerentes e de especialistas em organizações que gerenciam inovação. Segundo, ao detalhar e teorizar sobre o processo de inovação em MDL com foco no agente empreendedor e em tecnologias típicas, tal abordagem permite subsidiar, embora de maneira limitada, a eminente e necessária discussão “pós-Kyoto”, de como se configurar mecanismos de compensação de emissões de GEEs e outros tipos de políticas (e.g., energéticas) para produção de desenvolvimento sustentável.

#### **1.4 Reconstituição do Método: Combinação e Aplicação de Estudo de Caso e de *Grounded Theory* em um Projeto de MDL**

Apesar de a metodologia de pesquisa empírica utilizada na presente tese ser descrita em seus Estudos II e III, faz-se necessária aqui sua apresentação mais detalhada.

Como comentado anteriormente, os campos de mudança organizacional e inovação são carentes de desenvolvimentos teóricos sobre “como” este tipo de fenômeno ocorre. Assim, como o quadro parece demandar a geração, e não a confirmação de teorias, nesta pesquisa optou-se pela *grounded theory* (Charmaz, 2000; Corbin & Strauss, 1990, 2008) como o seu método central para subsidiar a análise e a teorização a respeito da realidade empírica. A metodologia *grounded theory* torna-se útil quando “um conceito mais abstrato deve ser desenvolvido em termos das propriedades e dimensões do fenômeno que ele representa, condições que dão sua origem, as ações/interações pelas quais isso é representado, e as consequências que isso produz” (Corbin & Strauss, 1990, p. 7). Aqui, o principal fenômeno é a inovação tecnológica ambiental, que foi representada por um projeto específico de MDL. Mais precisamente, o projeto investigado constitui o desenvolvimento, no período compreendido entre os anos de 2000 e 2008, de uma planta de cogeração de energia elétrica a partir do bagaço da cana-de-açúcar. Esta planta foi desenvolvida por um grupo usineiro do estado de Goiás, denominado aqui de Alpha de maneira a preservar a confidencialidade de gerentes e funcionários entrevistados.

Complementarmente, quando o objeto de pesquisa é importante e relativamente pouco teorizado, o uso do método de estudo de caso, assim como a proposição de um problema de pesquisa amplo, também podem ser justificados (Eisenhardt & Graebner, 2007). Assim, a abordagem metodológica de investigação utilizada em ambos os Estudos II e III consistiu em uma combinação de estudo de caso e de *grounded theory*. A metodologia de estudo de caso é útil quando perguntas do tipo “como” e “porque” são propostas sobre um fenômeno contemporâneo onde o pesquisador tem pouco ou nenhum controle sobre os eventos estudados e busca flexibilidade e interatividade na investigação (Eisenhardt & Graebner, 2007; Yin, 2003).

O estudo de caso aqui conduzido pode ser classificado como “retrospectivo” e qualitativo. Em um estudo de caso retrospectivo a confiança nos dados se torna maior quando estes são oriundos de entrevistas com atores envolvidos em um fenômeno que aconteceu recentemente (Eisenhardt & Graebner, 2007, p. 28). O aspecto qualitativo do caso conduzido é reforçado

por fontes qualitativas utilizadas para acessar os dados: entrevistas, observação e documentos descritivos sobre a tecnologia estudada. Cabe ressaltar que o uso de múltiplas fontes qualitativas de dados é coerente com a metodologia *grounded theory* (Charmaz, 2000; Corbin & Strauss, 2008; Suddaby, 2006).

O caso Alpha foi selecionado por razões teóricas e práticas. De um ponto de vista teórico, e como comentado anteriormente, um projeto de MDL pode ser visto como uma inovação tecnológica ambiental, objeto da pesquisa. Ao mesmo tempo, o MDL se configura como um assunto independente, relacionado a controvérsias sobre a efetividade de mecanismos de reduções de emissões. Assim, a riqueza conceitual que envolve o MDL motivou teoricamente a seleção da Empresa Alpha como um caso de inovação tecnológica a ser investigado. Também por razões teóricas, a tecnologia de geração de energia renovável desenvolvida por esta Empresa se configura como um exemplo mais “concreto” de tecnologia, quando comparado às tecnologias de informação e de comunicação usualmente investigadas em estudos estruturacionistas, que visam entender o papel da agência humana na inovação tecnológica. Essa maior concretude do caso investigado representou assim oportunidade para se entender as limitações que a materialidade impõe na agência humana (Boudreau & Robey, 2005; Orlikowski, 2000). De um ponto de vista prático, este caso específico foi escolhido dentre os possíveis casos de projetos de MDL por uma questão de acessibilidade, representada pela proximidade física e social do pesquisador com a Empresa. A proximidade social se deu pelo fato da Empresa Alpha ter uma política de abertura a estudantes e pelo fato do pesquisador conhecer um funcionário desse grupo usineiro, o qual agendou uma audiência entre este pesquisador e um dos proprietários da Empresa, em um primeiro contato que possibilitou a permissão de investigação.

Na investigação deste caso, ao término do ano de 2008 e início do ano de 2009 foram conduzidas 16 entrevistas em profundidade com membros organizacionais situados em todos os níveis hierárquicos do grupo usineiro e com consultores da empresa de consultoria em comércio de carbono envolvidos com a formação e o gerenciamento do projeto de MDL em questão. Também foi conduzida, nesta mesma época, uma discussão em grupo com tomadores de decisão de um dos órgãos governamentais brasileiros responsáveis pela aprovação de tecnologias em projetos de MDL.

A razão principal da inclusão destas outras duas organizações na pesquisa, a empresa de consultoria e o órgão governamental responsável por projetos de MDL, foi a tentativa de se cobrir uma parte maior do sistema de inovação que interferiu na emergência da nova tecnologia, fato destacado nas primeiras entrevistas conduzidas na empresa Alpha. De

maneira a manter a confidencialidade dos entrevistados, os nomes da empresa de consultoria e do órgão governamental também são aqui suprimidos. Em todos estes esforços de obtenção de dados primários, buscou-se, mediante a forma semi-estruturada de conversação, baseada em roteiros específicos de entrevista (anexos A, B e C da presente tese), explorar as causas e as consequências da formação da tecnologia pertinente ao projeto de MDL em questão e de projetos de MDL em geral. O resultado final deste esforço foram 202 páginas, espaçamento simples, de material de entrevistas transcritas. O quadro 2 apresenta as funções dos entrevistados e seus perfis em relação à inovação na Empresa Alpha.

<i>Entrevistados:</i>	<i>Nível Hierárquico</i>	<i>Participou da Implantação da Inovação?</i>	<i>Lidou com a nova tecnologia?</i>
Diretor de Produção	Estratégico	Sim	Sim
Diretor de Vendas	Estratégico	Sim	Sim
Gerente Industrial	Estratégico	Sim	Sim
Gerente Agrícola	Estratégico	Sim	Sim
Gerente de Controladoria	Estratégico	Sim	Sim
Gerente Ambiental (2)*	Estratégico	Sim	Sim
Supervisor da Planta de Energia	Tático	Não	Sim
Supervisor de P&D	Tático	Não	Sim
Supervisor de Automação	Tático	Sim	Sim
Coordenador da Planta de Energia	Operacional	Sim	Sim
Coordenador Sênior de Agricultura	Operacional	Sim	Sim
Tecnólogo de Meio Ambiente	Operacional	Não	Sim
Operador de Geração de Energia	Operacional	Não	Sim
Diretor de Comércio de Carbono (Consultor)	Estratégico	Não	Sim
Engenheiro de Projeto de Carbono (Consultor)	Operacional	Sim	Sim
Analista Técnico em MDL (Governo) (DG)**	Tático	Não Aplicável***	Não Aplicável
Analista Ambiental em MDL 1 (Governo)	Operacional	Não Aplicável	Não Aplicável
Analista Ambiental em MDL 2 (Governo)	Operacional	Não Aplicável	Não Aplicável
* O gerente ambiental foi entrevistado duas vezes			
** Os analistas em MDL do governo foram entrevistados durante uma discussão em grupo (DG)			
*** Não aplicável porque não é possível associar um analista em MDL a qualquer projeto de MDL específico			

Quadro 2. Perfis dos entrevistados

Também foi possível acessar fontes secundárias relevantes para a análise da formação do projeto de MDL investigado. As mais relevantes são representadas pela forma escrita do próprio projeto de MDL em si, disponibilizada publicamente no site da ONU, pelo contrato de comercialização de reduções de emissões empreendido pela empresa Alpha e o Governo de um país europeu, pela figura esquemática de produção de açúcar, álcool e energia e pelos indicadores operacionais da empresa Alpha. Soma-se a todo este material escrito as notas de campo feitas pelo pesquisador durante duas semanas de observação e de coleta de dados despendidas dentro da empresa.

A análise desses dados se deu de acordo com os métodos propostos pela *grounded theory*, os quais “consistem em procedimentos sistemáticos e indutivos para coletar e analisar dados para construir esquemas teóricos intermediários que explicam os dados coletados” (Charmaz, 2000, p. 509). Enquanto a origem da *grounded theory* deve ser atribuída a Glaser e Strauss (1967), nesta pesquisa optou-se pelos enfoques apresentados por Charmaz (2000) e Corbin e Strauss (1990, 2008). A razão para esta opção é representada pelo fato dos enfoques destes últimos autores serem mais permissivos em relação à utilização de prévios esquemas teóricos no direcionamento da coleta e da análise de dados (Charmaz, 2000), embora estes mesmos autores ressaltem que tal tarefa deva ser realizada com cuidado. A utilização de esquemas teóricos prévios foi essencial na presente pesquisa, pois permitiu a evolução de categorias (que constituem a base da teorização em *grounded theory*) e de modelos teóricos para explicar aspectos da inovação e da inovação tecnológica ambiental, através de comparações teóricas entre os dados empíricos do caso Alpha e a literatura sobre inovação previamente existente. Comparações teóricas permitem uma maior apreensão das características de um fenômeno desconhecido através do uso de referências conhecidas: “Nós pegamos uma experiência da nossa própria vida ou da literatura que possa ser similar a um fenômeno o qual estamos estudando e começamos a pensar sobre isto em termos de suas propriedades e dimensões” (Corbin & Strauss, 2008, pp. 75-76).

Neste sentido, enquanto o Estudo I demandou uma análise puramente conceitual da mudança organizacional, o modelo teórico desenvolvido neste estudo foi “inspirado” pelos dados empíricos. De fato, o Estudo I foi concebido para servir como um arcabouço teórico útil para toda a tese, e assim foi feito desde o início do trabalho de pesquisa. Iniciado antes do período de coleta de dados, este estudo apresentava um modelo alternativo do conceito de capacidades organizacionais, concebido de forma a facilitar as comparações teóricas que viriam a ser executadas. Ou seja, em outras palavras, a conceituação teórica dominada e organizada pelo autor desta tese em versões iniciais do Estudo I se configurava como um arcabouço teórico funcionalista-positivista, representado pela noção de capacidades organizacionais, apresentada pelas visões da empresa Evolucionista e Baseada nos Recursos. No entanto, quando comparado ao conteúdo das primeiras entrevistas analisadas, este arcabouço teórico inicial se tornou insuficiente e, de fato, contestado pela realidade empírica: enquanto a noção de capacidades organizacionais defende que processos coletivos e padronizados são responsáveis pela mudança e pela inovação em organizações, os dados mostravam o papel central que indivíduos inovadores e processos sociais ocasionais desempenharam em relação à inovação na empresa Alpha.

Diante da contradição acima destacada, foi necessário buscar outro “conhecimento empírico existente” (Suddaby, 2006, p. 635) que pudesse ser utilizado em comparações teóricas. Neste contexto, encontrou-se nos estudos estruturacionistas sobre inovação tecnológica um arcabouço compatível com o processo de mudança ocorrido na empresa Alpha. Estudos estruturacionistas são baseados na Teoria da Estruturação (Giddens, 1979, 1984), a qual discute os aspectos ligados à reprodução de sistemas sociais. Segundo a abordagem estruturacionista, as estruturas responsáveis pela produção e reprodução de sistemas sociais como, por exemplo, a tecnologia, são sempre “instanciadas” por seus integrantes no momento da ação social, sendo que, do ponto de vista coletivo, esta instanciação individual de estruturas pode ocasionar dois tipos de interações sociais: situações de co-presença (i.e. interações diretas) e sistemas sociais, representados por relações de interdependência entre indivíduos situados de maneira distante uns dos outros, no tempo e no espaço (i.e. interações indiretas). Quando comparada aos dados empíricos provenientes da empresa Alpha, este arcabouço estruturacionista induziu a emergência de três categorias que representam os níveis de análise da mudança organizacional: individual, co-presença e sistema social como um todo. Esta categorização inicial de três níveis foi então desenvolvida teoricamente no Estudo I, se refletindo também em todos os outros esquemas teóricos desenvolvidos na presente tese.

Assim, a tese reflete uma mudança epistemológica e ontológica sofrida pelo pesquisador principal durante o processo de investigação: de um paradigma positivista-funcionalista baseado na noção de capacidades organizacionais para um paradigma social construtivista de base sociológica. No entanto, esta mudança paradigmática, posta durante o desenvolvimento do Estudo I, colocou nova questão de ordem teórica: diante de uma visão estruturacionista da mudança e da inovação organizacionais, onde as estruturas são instanciadas subjetivamente, como explicar a materialidade de objetos e processos tecnológicos em processos de inovação tecnológica (Orlikowski, 2007, 2010)? Diante desta questão, e em um processo evolutivo, o Estudo II, apesar de ter se utilizado daqueles esquemas teóricos previamente concebidos no Estudo I, os quais, em conjunto com outros prévios esquemas teóricos (e.g., Teoria da Autopoiesis), proveram “insight, direção e uma lista útil de conceitos iniciais” (Corbin & Strauss, 2008, p. 40), teve seu próprio modelo conceitual desenvolvido com base em categorias e subcategorias provenientes da análise dos dados empíricos e diante dessa nova questão de pesquisa.

De acordo com o método *grounded theory*, uma análise qualitativa dos dados deve se utilizar das técnicas de codificação aberta, codificação axial, integração teórica e saturação

teórica (Corbin & Strauss, 1990, 2008). Para o desenvolvimento do Estudo II, na codificação aberta foram utilizados como “pontos de apoio” incidentes (representados por seções de transcrições) e categorias (Langley, 1999; Pozzebon & Pinsonneault, 2005), as quais emergiram como significados e padrões de incidentes relacionados com as causas e as consequências da formação da nova tecnologia. Em outras palavras, durante a fase de codificação, trechos de entrevistas foram interpretados como categorias e subcategorias as quais representavam processos e conceitos que interferiram na inovação investigada como, por exemplo, os três níveis de análise acima destacados. Neste momento, o pesquisador principal se utilizava das técnicas de escrita de memórias de pesquisa e de desenhos de diagramas (Charmaz, 2000; Corbin & Strauss, 2008), de maneira a definir as propriedades das categorias e subcategorias que emergiam dos dados (i.e. da codificação aberta), bem como de maneira a interligar estas categorias em uma hierarquia de conceitos e em modelos teóricos (i.e. codificação axial e integração teórica). De um ponto de vista prático, em cada entrevista analisada foram desenvolvidas memórias de pesquisa específicas e, simultaneamente, o pesquisador principal também desenvolvia memórias de campo e diagramas integrativos, os quais se relacionavam com a investigação como um todo.

Através destas técnicas, ficou claro que ocorriam dois sub-fenômenos no nível de análise individual da inovação: para inovar, um indivíduo (1) aprendia, a partir da experiência, algo novo, tido por ele como “concreto” (e.g. a existência de um novo equipamento) e (2) combinava este algo concreto com outras “estruturas” (e.g. recursos financeiros) para formar um novo fragmento de uma tecnologia em formação (e.g. a compra de um novo equipamento). Assim, surgiu uma contradição, pois as estruturas eram, ao mesmo tempo, objetivas, e aprendidas e combinadas subjetivamente. A solução para tal contradição foi considerar algumas estruturas como subjetivamente instanciadas, porém percebidas pelos sujeitos que as instanciam como dotadas de um caráter objetivo. Estas estruturas específicas foram então denominadas como “estruturas conhecidas”, as quais também podem, em alguns casos, ser compartilhadas, na forma de conhecimentos compreendidos coletivamente. Como a materialidade de objetos e processos tecnológicos pode ser considerada como uma estrutura conhecida, a conciliação entre agência e materialidade foi assim resolvida, de uma maneira que satisfazia tanto a realidade empírica quanto conceitos teóricos abstratos. O Estudo II também aplica e desenvolve esta conceituação de estruturas conhecidas nos níveis de análise coletivos da inovação. Esta conceituação de múltiplos níveis foi reforçada por diversos trechos de entrevistas, de notas de campo e de documentos, alcançando a saturação teórica na forma de um modelo teórico que representa a categoria central desse estudo, denominado de

“modelo de inovação agência-materialidade”. A categoria central de um estudo baseado na metodologia *grounded theory* representa “a categoria que parece ter a maior relevância explicativa e .... poder analítico” (Corbin & Strauss, 2008, p. 104), enquanto a saturação teórica ocorre quando “novos dados se adaptam a categorias já desenvolvidas” (Charmaz, 2000, p. 520).

No entanto, apesar de ter gerado conhecimentos teóricos relevantes para o entendimento da mudança e da inovação organizacionais, até o término do Estudo II a tese ainda não tinha gerado conhecimento específico em inovação tecnológica ambiental e em MDL. Era assim necessário tornar a teorização mais específica, aproximando-a das questões discutidas em MDL: a transferência de tecnologia e o desenvolvimento sustentável proporcionados por esse mecanismo. Em uma revisão dos trabalhos teóricos e empíricos relacionados a este tema, percebeu-se facilmente não apenas a importância desses dois assuntos acima destacados, mas também a predominância, quase absoluta, de estudos positivistas, em geral quantitativos, no tema MDL. Assim, existe uma carência de estudos qualitativos sobre como inovações relacionadas ao MDL ocorrem e como este mecanismo impacta variáveis relacionadas ao desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, baseando-se na colocação de Corbin e Strauss (2008) de que “mais de uma história pode ser derivada dos dados” (p. 50), para o desenvolvimento do Estudo III houve nova análise, onde categorias e subcategorias que não tinham sido consideradas no Estudo II foram desenvolvidas e inter-relacionadas, formando assim um novo, mais abrangente e detalhado esquema teórico, capaz de suportar ambos os Estudos II e III, e que corrobora em grande medida o Estudo I. Por exemplo, a categoria relacionada ao nível de análise individual de inovação foi desmembrada em duas subcategorias que detalham as propriedades do processo de inovação instanciado por indivíduos para desenvolver uma nova tecnologia relacionada ao MDL: (1) aprendendo estruturas conhecidas relacionadas a uma nova tecnologia em MDL e (2) acessando recursos sociais, econômicos e ambientais para combiná-los no desenvolvimento de nova tecnologia. Este tipo de recategorização foi também aplicada a outras categorias geradas no Estudo II, dando origem, no Estudo III, a uma nova categoria central, mais abrangente, e que também agregava uma ampla categoria que ainda não tinha sido considerada, denominada “resultados da nova tecnologia”, a qual abrange subcategorias relacionadas aos impactos da formação da nova tecnologia em variáveis sociais, ambientais e econômicas relacionadas ao desenvolvimento sustentável. Em outras palavras, a categoria central do Estudo III é resultante da consideração e do desmembramento do “modelo de

inovação agência-materialidade”, desenvolvido no Estudo II, somados à categoria “resultados da nova tecnologia”.

Esta nova categoria central, desenvolvida no Estudo III, e representada por um novo modelo de inovação, denominado “modelo recursivo de inovação tecnológica ambiental”, permite assim uma descrição de como uma tecnologia em MDL emerge e impacta a sustentabilidade. Este modelo de inovação tecnológica ambiental trouxe uma nova perspectiva para o estudo de MDL, não apenas porque descreve o processo de inovação, mas também porque contesta conclusões positivistas sobre a efetividade desse mecanismo para proporcionar a transferência de tecnologia e o desenvolvimento sustentável. Suportado por uma base teórica social construtivista, o modelo contesta a concepção de “transferência” de tecnologia, substituindo-a por uma noção de “bricolagem” tecnológica, mais compatível com as evidências de que recursos econômicos, ambientais e sociais utilizados no desenvolvimento e na operação de uma nova tecnologia são constantemente instanciados como estruturas conhecidas por agentes individuais, antes, durante e depois do processo de inovação. O Estudo III também revela que a configuração destes recursos é tanto causa quanto consequência da inovação em MDL, sendo controversa a sua relação com a sustentabilidade, principalmente no que diz respeito à obtenção de reduções de emissões de gases de efeito estufa (GEEs) adicionais.

Tanto para o Estudo II, quanto para o Estudo III, a análise de entrevistas foi feita apenas nas dez entrevistas mais relevantes. Isso porque a análise da oitava e da nona entrevistas já tinham seus trechos facilmente encaixados nas categorias centrais previamente desenvolvidas, ocasionando assim saturação teórica. Os principais documentos e notas de campo provenientes das observações também reforçaram esta saturação teórica quando receberam uma análise seletiva, a qual também reforçou a categoria central de cada um dos estudos e, conseqüentemente, a validade de seus derivados modelos. Importante ressaltar que, como descrito por Corbin e Strauss (2008), a validade de um estudo baseado na *grounded theory* não significa teste estatístico de proposições, mas sim a verificação se a abstração teórica alcançada reflete os dados brutos: “Uma teoria é construída dos dados .... isto representa uma abstração rendida daqueles dados brutos. Desta forma, é importante determinar o quão bem aquela abstração está apropriada aos dados brutos” (Corbin & Strauss, 2008, p. 113).

Neste sentido, a saturação teórica e a validade obtidas pelo estudo refletiram o fato de que o procedimento da “amostragem teórica” da *grounded theory* pode ser feito com base em “incidentes” que constam em material previamente coletado pelo pesquisador (Corbin & Strauss, 2008, p. 150). A amostragem teórica significa que a obtenção de dados se dá

simultaneamente à análise dos dados, esta última direcionando a primeira (Corbin & Strauss, 2008, p. 144). O ideal neste tipo de amostragem é que o pesquisador tenha acesso constante aos respondentes da pesquisa. Nesta investigação, este tipo de amostragem teórica foi conseguido parcialmente, pois a coleta de dados nas três organizações atingidas pelo estudo (o grupo usineiro, a empresa de consultoria em comércio de carbono e o órgão governamental relacionado à MDL) ocorreu em quatro momentos distintos, espaçados cerca de dois meses entre eles, e que permitiram análises de dados antes de ações de coleta de dados. No entanto, não foi possível obter livre acesso aos respondentes durante todo o processo de investigação, por duas razões. Primeiramente, o fato de o modelo de inovação tecnológica ambiental, desenvolvido no Estudo III, apresentar um caráter de crítica em relação a alguns critérios de sustentabilidade da tecnologia investigada, claramente dificultaria um acesso final às opiniões de respondentes. Em segundo lugar, o tumultuado período de início de safra, enfrentado pelo grupo usineiro no momento do último contato do pesquisador, prejudicou o agendamento da apresentação de modelos teóricos resultantes, que visaria aumentar a validade destes modelos.

Diante destes empecilhos, a validade dos modelos teóricos resultantes foi proporcionada pelos incidentes que compuseram as categorias que emergiram dos dados empíricos durante a amostragem teórica, comentada acima, e reforçada por duas outras maneiras. Primeiro, similarmente ao que é feito em alguns trabalhos qualitativos (e.g., Pajunen, 2008), resultados preliminares do estudo foram discutidos com um profissional externo à pesquisa. Neste caso, uma professora do Programa de Pós-Graduação em Administração da UnB foi consultada quanto à clareza do Estudo II (o qual se relacionava mais com sua área de competência). Esta profissional propôs ajustes principalmente em relação às definições de conceitos teóricos e às maneiras de se expor os resultados da investigação, muitos dos quais foram incorporados. A validação dos modelos resultantes também foi reforçada pela submissão e aprovação dos Estudos I e II para apresentação, respectivamente, no XXXIV EnAnpad de 2010 e no XXVI Simpósio de Inovação Tecnológico da Anpad de 2010.

Por fim, a conclusão da presente tese apresenta e discute um modelo integrado de inovação tecnológica ambiental, resultante da agregação de elementos provenientes dos modelos teóricos apresentados pelos Estudos I, II e III. Como a grande maioria das categorias e subcategorias desse modelo foi codificada como ações, o modelo resultante se parece mais com “processos inter-relacionados do que com tópicos estáticos isolados” (Charmaz, 2000, p. 517). Ao final de todo este processo de investigação e formulação teórica, é possível concluir que toda a pesquisa se apoiou em uma constante interação entre prévios esquemas teóricos e dados empíricos, constantes comparações teóricas executadas pelo pesquisador principal

(Corbin & Strauss, 2008, p. 74). Importante ressaltar que a quantidade total de categorias e subcategorias da categoria central e do modelo de inovação tecnológica ambiental finais não é excessiva, o que também reflete o fato de que em geral cada uma dessas categorias foi apoiada por distintos trechos de entrevistas, aumentando suas precisões. O anexo D desta tese apresenta as principais e finais categorias e subcategorias e memórias escritas da pesquisa, estas últimas utilizadas para descrever com maior precisão “estórias contadas” centrais (*storytelling*), tanto para o Estudo II quanto para o Estudo III.

Todo este esforço de análise e de teorização foi conduzido tendo como base uma tentativa de se utilizar de uma abordagem “construtivista” da *grounded theory*, na qual, reconhecidamente, “o estreitamento das questões de pesquisa, a criação dos conceitos e categorias, e a integração do esquema teórico construído refletem o que e como o pesquisador pensa e faz sobre a formação e a coleta dos dados” (Charmaz, 2000, p. 522). Nesta perspectiva, e por motivo de preferência pessoal do autor da presente tese, o qual se identifica com a opinião de que o uso de técnicas de análise de dados disponibilizadas por softwares especialistas em análise de dados qualitativos pode trazer um viés objetivista para a pesquisa (Charmaz, 2000, p. 520), foi utilizado apenas o processador de textos Word como instrumento de suporte à organização dos dados analisados.

## 2. Estudo I: De um Modelo de Mudança Baseado em Capacidades para um Modelo Centrado no Agente<sup>3</sup>

A pesquisa contemporânea em mudança organizacional não apresenta uma explicação teórica integrada sobre o papel da agência individual na mudança. Não apenas existem poucos estudos que consideram a perspectiva da agência na mudança (Thurlow & Helms Mills, 2009, p. 460), bem como teorias existentes são conflitantes e divergentes em relação a aspectos ontológicos e epistemológicos. Como colocado por Caldwell (2005, p.85) em uma recente revisão sobre os paradigmas que tratam da relação entre agência e mudança, “nós agora nos confrontamos com uma pluralidade de idéias, paradigmas e auto-imagens disciplinares conflitantes, que são cada vez mais difíceis de ser combinadas de uma maneira coerente”.

A partir desta fragmentação e da ausência do papel da agência individual em pesquisas sobre a mudança, os estudos contemporâneos no tema têm sido predominantemente baseados em níveis coletivos de análise. Mais especificamente, estudos e *insights* calcados na perspectiva evolucionista (Nelson & Winter, 1982) e na Visão Baseada em Recursos (VBR) da empresa (Barney, 1991, 2001; Peteraf, 1993) têm apresentado os fenômenos da inovação e da mudança como causados por unidades coletivas, representadas por rotinas e capacidades, em um tipo de abordagem atualmente muito influente (Galende, 2006, p. 309). Para facilitar a discussão, e seguindo Foss (2003), este tipo de enfoque “coletivo” é denominado aqui de “Abordagem das Capacidades Organizacionais”.

Entretanto, não obstante sua predominância, a conceituação apresentada pela Abordagem das Capacidades Organizacionais sofre de uma limitação teórica endógena, representada pelo “paradoxo da capacidade”, o qual impede explicar a conciliação evidente que existe entre dinamismo e eficiência organizacionais (Grant, 1996a; Leonard-Barton, 1992; Nooteboom, 2000; Schreyögg & Kliesch-Eberl, 2007; Winter, 2003). Como argumentado adiante, este paradoxo nasce da impossibilidade de uma capacidade de servir como a fonte básica de mudança organizacional, devido à ausência de agência humana na definição desse conceito, o que por sua vez impede uma consideração satisfatória do caráter subjetivo da natureza e do dinamismo em organizações. Desta forma, este artigo apresenta uma revisão do paradoxo da capacidade, discutindo assim uma limitação teórica central na literatura de mudança organizacional.

---

<sup>3</sup> Uma versão preliminar deste capítulo, redigida em língua inglesa, foi apresentada no XXXVI EnAnpad 2010 e submetida ao *Journal of Organizational Change Management*.

Depois de uma breve discussão do paradoxo da capacidade, a Teoria da Estruturação (TE) (Giddens, 1979, 1984) e a Teoria da Autopoiesis (TA) (Maturana, 1980a, 1980b; Maturana & Varela, 1980) são apresentadas, combinadas e estendidas no desenvolvimento de um modelo abrangente de mudança organizacional baseado no agente individual. A partir do momento em que a TE se configura como uma abordagem sociológica que trata da produção e da reprodução de sistemas sociais de acordo com a “instanciação” de estruturas por agentes, e do momento em que a TA oferece micro explicações a respeito das operações recursivas internas desempenhadas por agentes na produção e na reprodução de estruturas cognitivas, a combinação destas teorias pode trazer insights únicos e inovadores a respeito do papel do agente individual na mudança. Com base na análise crítica da Visão das Capacidades Organizacionais e apoiado nas teorias da Estruturação e da Autopoiesis, o artigo tem como objetivo propor um modelo de mudança centrado no agente. Nesta linha, propõe-se mover a discussão para teorizar como características e atividades específicas apresentadas por um agente organizacional são ligadas ao potencial deste agente em contribuir para uma “distribuída” mudança organizacional (Tsoukas, 1996; Tsoukas & Chia, 2002), por meio da criação de novos hábitos e crenças, e da difusão destes para outros agentes.

A revisão do paradoxo da capacidade é conduzida na próxima seção. O artigo prossegue mediante uma revisão das teorias da Estruturação e da Autopoiesis, as quais são depois aplicadas em uma seção subsequente que aborda os níveis de análise pertinentes ao fenômeno da mudança. Estes níveis de análise são detalhados em uma seção que apresenta o modelo de mudança centrado no agente, também composto por um grupo de proposições. O artigo finaliza com uma discussão de implicações teóricas e práticas do modelo proposto.

## **2.1 O Paradoxo da Capacidade: Dinamismo vs. Eficiência Organizacionais**

Um dos conceitos centrais na literatura em Administração é o de capacidade, pois este se relaciona com o que as organizações podem alcançar. Este conceito tem sido desenvolvido pela perspectiva evolucionista (e.g., Nelson & Winter, 1982) para explicar a variação e a adaptação em empresas, e pela Visão Baseada nos Recursos (VBR) (Barney, 1991, 2001; Peteraf, 1993) para explicar vantagens competitivas.

De uma perspectiva evolucionista, as organizações apresentam “genes”, representados por suas múltiplas rotinas (Nelson & Winter, 1982). Este apelo evolucionista tem influenciado definições sobre capacidade organizacional, a qual é percebida como “uma rotina de alto nível (ou coleção de rotinas)” (Winter, 2000, p. 983), formada por decisões conscientes (Dosi,

Faillo & Marengo, 2008, pp. 1165-1166). A partir do momento em que rotinas são aproximações de padrões estáveis de interações repetitivas (Feldman & Pentland, 2003), o conceito de capacidades organizacionais tem adquirido as mesmas características baseadas na noção de interações padronizadas.

Apesar de a literatura da Visão Baseada nos Recursos (VBR) definir capacidades através de termos mais flexíveis, para teorizar a respeito da competição dinâmica – por exemplo, como “aglomerados” de recursos que promovem tarefas múltiplas (Amit & Schoemaker, 1993; Grant, 1991; Miller, 2003), ou “integração de conhecimento” (Grant, 1996a, 1996b) – no fundo capacidades são entendidas como interações complexas, que necessitam ser desenvolvidas a partir de, e empregadas por meio de processos coletivos, que são “dependentes do caminho”, demandam investimento e, desta forma, são de difícil imitação (Amit & Schoemaker, 1993; Grant, 1991; Helfat & Peteraf, 2003; Teece, Pisano & Schuen, 1997; Winter, 2000, 2003).

Segue por definição que o conceito de capacidades implica em um paradoxo: para desenvolver capacidades, uma organização necessita conduzir processos constantes, confiáveis e, em última análise, de mudança lenta, os quais, por sua vez, impedem a emergência de reviravoltas radicais e garantem que a organização esteja presa em suas capacidades previamente desenvolvidas. Em outras palavras, a partir do momento em que capacidades são rotinas padronizadas e confiáveis, estas implicam em inércia, e isto origina um paradoxo entre dinamismo e eficiência (Leonard-Barton, 1992; Nooteboom, 2000; Schreyögg & Kliesch-Eberl, 2007).

Como uma resposta a tal limitação, a abordagem evolucionista e a VBR apresentam a noção de “capacidades dinâmicas” (Eisenhardt & Martin, 2000; Teece, 2007; Teece et al., 1997; Winter, 2000, 2003; Zahra, Sapienza & Davidsson, 2006). É argumentado que, de maneira a se adaptarem a ambientes em mudança, as organizações precisam desenvolver capacidades dinâmicas, as quais são “rotinas organizacionais e estratégicas” (Eisenhardt & Martin, 2000, p. 1107), especializadas na reconfiguração de capacidades “ordinárias” (Winter, 2003). De acordo com esta perspectiva, processos de aprendizagem são conduzidos para serem ajustados ao ambiente (Eisenhardt & Martin, 2000), e integrados com outros processos, mais estáticos, de maneira a promover a evolução “dependente do caminho” (Teece et al., 1997).

Entretanto, se capacidades dinâmicas e ordinárias são entidades distintas, o paradoxo inevitavelmente permanece: se as organizações precisam de capacidades dinâmicas para criar, mudar ou reestruturar suas capacidades de primeira ordem, quais tipos de processos gerenciais

são necessários para mudar essas capacidades dinâmicas? Em outras palavras, por causa do termo capacidade ser necessariamente relacionado com ação padronizada (Ambrosini & Bowman, 2009), o termo capacidades dinâmicas parece ser uma contradição (Schreyögg & Kliesch-Eberl, 2007, p. 923).

Este paradoxo tem sido recentemente respondido de duas maneiras. Primeiramente, é possível argumentar que capacidades apresentam um potencial endógeno para a mudança. Aqui, uma rotina é observada como uma entidade composta de aspectos cognitivos ou “ostensivos”, relacionados com a sua idéia, e aspectos práticos ou “de desempenho”, ou seja, a idéia em ação (Feldman & Pentland, 2003). A partir do momento em que integrantes de uma rotina ou capacidade fazem variações nas maneiras em que agem, selecionando e mantendo seus “modos de fazer” preferidos como aspectos ostensivos, a mudança pode ser vista como uma característica endógena de rotinas e capacidades (Feldman & Pentland, 2003; Helfat & Peteraf, 2003).

Uma segunda solução para reconciliar o conceito de mudança com o de capacidade é considerar que alguns mecanismos, exteriores às capacidades, podem promover mudança. Winter (2003) argumenta que as capacidades podem mudar via processos de tomada de decisão *ad-hoc*, os quais ocorrem quando necessários e não demandam investimentos, como as capacidades demandam. De maneira similar, Schreyögg e Kliesch-Eberl (2007) argumentam que um sistema de monitoramento de capacidades poderia evitar o paradoxo, através da separação entre desenvolvimento e evolução de capacidades. Neste tipo de sistema, gerentes necessitam empregar suas “habilidades de improvisação” na obtenção, interpretação e gerenciamento de sinais de ameaça. Isto é similar à noção de capacidades dinâmicas proposta por Zahra et al. (2006, p. 918), que as definem como processos de empreendedorismo que são conduzidos para aprender sobre e para melhorar a base de conhecimento de uma organização, tais como tentativa-e-erro, improvisação, experimentação e imitação.

Entretanto, se uma capacidade é considerada como uma entidade padronizada, uma inerente incompatibilidade gerencial entre a essência do termo e as possibilidades de mudança parece persistir. Capacidades deveriam permitir que ambos os processos, dinâmicos e estáveis, fossem gerenciados (ao menos em parte), e isto não ocorre sob as definições atuais. Enfatizar um potencial endógeno de mudança nas capacidades não estabelece o conceito de capacidade como responsável por mudanças, mas sim sugere que o agente individual é o responsável por isso. Similarmente, introduzir sistemas de monitoramento de capacidades ou processos de empreendedorismo eventuais como explicações da mudança nega o sentido do

termo capacidade e, novamente, estabelece que a origem da mudança se encontra externa ao conceito de capacidade.

### **2.1.1 A ausência da agência como a origem do paradoxo das capacidades**

Como sugerido na seção anterior, a Visão das Capacidades Organizacionais sofre de limitações, pois o papel subjetivo e ativo que agentes individuais apresentam na condução, mudança e delimitação de processos organizacionais não é considerado. A demanda positivista da VBR por tipos objetivos de capacidades que possam explicar desempenho superior impede a conceituação do conhecimento, das capacidades e/ou de quaisquer tipos de processos organizacionais como entidades flexíveis, subjetivas e constantemente construídas (Ringberg & Reihlen, 2008). Na perspectiva evolucionista, existe a necessidade de desenvolver a capacidade como um “gene” sólido, que serve como uma unidade de variação e de seleção, descartando assim o papel do agente.

Em suma, perspectivas coletivas em mudança implicam em um paradoxo. Como colocado por Foss (2003, p. 190), “muito – e talvez demasiadamente muito – é incluído na noção de rotina, incluindo uma variedade de comportamentos (e.g., heurísticas e estratégias), arranjos e processos organizacionais, assuntos cognitivos (e.g., ‘memórias organizacionais’), e incentivos (‘relações de confiança’). Neste sentido, uma perspectiva alternativa da mudança deveria considerar o papel subjetivo e ativo que agentes desempenham em processos organizacionais dinâmicos. Em uma primeira tentativa de se desenvolver tal perspectiva, teorias centradas no agente são revisadas, combinadas e estendidas nas próximas seções, de maneira a permitir a proposição de um modelo de mudança centrado no agente.

## **2.2 Teorias da Estruturação e da Autopoiesis: Conceitos Básicos**

De maneira a desenvolver um modelo centrado no agente para a mudança organizacional, duas teorias “recursivas” são utilizadas: a Teoria da Estruturação (Giddens, 1979; 1984) e a Teoria da Autopoiesis (Maturana, 1980a; 1980b; Maturana & Varela, 1980). Estas teorias foram escolhidas por duas razões. Primeiramente, conforme Hernes e Bakken (2003), ambas as teorias têm influenciado fortemente a consideração da recursividade na teoria das organizações. A recursividade implica no reconhecimento de que, na vida social, estrutura e processo (e estabilidade e mudança) se influenciam mutuamente. Neste sentido, há aqui interesse em se perceber como processos de agência influenciam e são influenciados por

estruturas ligadas à mudança. Segundo, como descrito adiante, essas duas teorias são centradas no agente, situando “estruturas” como elementos subordinados à cognição de agentes.

A Teoria da Estruturação (TE) procura entender a relação entre agência humana e estruturas que governam as possibilidades de práticas sociais. Estruturas são regras de conduta recursivas (formais e informais, incluindo conhecimento) e recursos de dominação e de poder (de alocação e de autoridade), que possibilitam e restringem práticas sociais. Quando constantemente reproduzidas, práticas sociais específicas podem representar sistemas sociais, por exemplo organizações, os quais “compreendem as atividades situadas de agentes humanos, reproduzidas no tempo e no espaço” (Giddens, 1984, p. 25).

A TE se configura como uma teoria centrada no agente, visto que as estruturas que guiam a ação social não são exteriores aos agentes. Mesmo que uma estrutura possa ser compreendida coletivamente (como um conhecimento “comum”), esta “estrutura existe, como uma presença no tempo e no espaço, apenas em sua instanciação em tais práticas e como traços de memória, orientando a conduta de agentes humanos conhecedores” (Giddens, 1984, p. 17). Em outras palavras, a estrutura é vista como uma “ordem virtual”, e a instanciação de estruturas durante a ação ocorre por meio de processos de estruturação individuais. Esses processos de estruturação podem ser classificados em três modalidades inter-relacionadas: significação, dominação e legitimação. Significação é relacionada com comunicação e com esquemas interpretativos, enquanto dominação e legitimação são relacionadas, respectivamente, com poder e sanções e com a maneira em que estes são exercidos via facilidades (e.g., orçamentos) e normas.

A partir do momento em que a estrutura é uma ordem virtual, um sistema social não apresenta uma estrutura, mas sim “propriedades estruturais”, que organizam práticas no tempo e no espaço. Para instanciar as estruturas de sistemas sociais, agentes individuais se utilizam de suas consciências discursivas e práticas. Através destes aparatos subjetivos, agentes “não apenas monitoram continuamente o fluxo de suas atividades e esperam outros fazerem o mesmo; eles também rotineiramente monitoram aspectos sociais e físicos dos contextos nos quais eles se movem” (Giddens, 1984, p. 5). Este monitoramento é um processo dinâmico, visto que as atividades sociais conduzidas por agentes podem desencadear consequências intencionais e não intencionais. Na TE, essa capacidade de trazer consequências mediante ações é entendida como agência, a qual implica em poder, ou na capacidade de um agente para “intervir no mundo, ou de se retirar desta intervenção, com o efeito de influenciar um processo específico ou estado de coisas” (Giddens, 1984, p. 14).

Da combinação entre poder e monitoramento reflexivo da ação, agentes não apenas produzem, mas também reproduzem as propriedades estruturais dos sistemas sociais que eles criam através de suas atividades. Este movimento recursivo representa o princípio da “dualidade da estrutura”. Como escrito por Giddens (1984, p. 191): “Todas as propriedades estruturais de sistemas sociais (...) são o meio e o resultado de contingentes atividades realizadas por situados atores”.

Devido a este princípio da dualidade da estrutura, à primeira vista a TE pode ser utilizada para explicar a mudança em sistemas sociais. A ação social desempenhada por um agente pode ser reprodutiva (i.e., uma rotina) ou produtiva (i.e., uma inovação), dependendo do tipo de processo de estruturação conduzido. No entanto, isoladamente a TE parece ser limitada para explicar a mudança. Como colocado por Hernes e Bakken (2003), na TE a recursividade entre estrutura e ação é marcada pelo fato de esses dois elementos serem “desiguais em termos do poder de mudança. A possibilidade da estrutura mudar ações é consideravelmente maior do que a de ações influenciarem a estrutura” (p. 1527). Para corrigir este desequilíbrio, neste artigo a Teoria da Autopoiesis (TA) é combinada com a Teoria da Estruturação (TE), de maneira a atribuir maior capacidade de criatividade para as ações do agente individual.

De fato, a centralidade do agente na produção e na reprodução de sistemas sociais é reforçada e recebe uma explicação na TA. De acordo com esta abordagem, o que caracteriza sistemas vivos, como agentes humanos, é a inerente autopoiesis, um tipo de circuito de reprodução onde os componentes que compõem um sistema são produzidos pelas relações entre esses mesmos componentes. Autopoiesis “constitui em um sistema homeostático cuja função é produzir e manter a mesma organização circular que determina que os *componentes* que especificam isso sejam aqueles cuja síntese ou manutenção isso garanta” (Maturana, 1980b, p. 9).

Neste sentido, de acordo com a TA, agentes humanos criam recursivamente eles mesmos, seus ambientes e, ao fim, qualquer tipo de realidade percebida, social ou não, através de suas operações internas recursivas (e biológicas). Por exemplo, o aparato cognitivo de um agente humano interage consigo mesmo para perceber e responder a uma dada situação. Este tipo de argumento aumenta as possibilidades de produção de novas estruturas por um agente, através da combinação cognitiva de estruturas prévias. Estas novas estruturas podem então suportar novas ações.

Trazendo esta discussão para sistemas sociais, é possível argumentar que operações cognitivas novas ou padronizadas e suas consequentes ações são utilizadas por seus

integrantes no ajuste de seus inter-relacionamentos. De acordo com a TE, a existência de sistemas sociais depende do ajuste de inter-relações específicas, representado pelos mecanismos de integração social e integração sistêmica. A integração social significa a reciprocidade (relações de autonomia e dependência) de indivíduos em situações de co-presença. Situações de co-presença são interações face a face ou mediadas por tecnologias da informação e comunicação (Giddens, 1984; Orlikowski, 2000), nas quais seus participantes monitoram reflexivamente as espacialidades e temporalidades de seus e de outros corpos quando em interação. De acordo com o princípio da dualidade da estrutura, em situações de co-presença a ação social é tanto produzida quanto reproduzida por agentes envolvidos na interação. Uma reunião organizacional é um exemplo de uma situação de co-presença instanciada para produzir e reproduzir uma organização.

O conceito de integração sistêmica representa a reciprocidade entre atores e coletividades através de estendidos tempos e espaços. Desta forma, para existir a integração sistêmica necessita situações de co-presença como *building-blocks*, mas requer também a existência de um “circuito de reprodução”, definido por “‘traços’ de processos que retornam a sua origem, se ou não tal retorno é reflexivamente monitorado por agentes em específicas posições sociais” (Giddens, 1984, p. 192). Giddens (1984, pp. 27-28) também menciona que, em organizações, parte desta integração sistêmica é dada por agentes que monitoram constantemente a informação que pode ser controlada para influenciar as condições de reprodução social, em um movimento que pode ser denominado de “auto-regulação reflexiva”.

Desta base teórica apresentada acima é possível visualizar que membros organizacionais produzem e reproduzem organizações através de operações internas recursivas que permitem a instanciação de estruturas específicas, as quais guiam ações sistêmicas. Na próxima seção este tipo de *insight* é transferido para o detalhamento dos níveis de análise específicos que devem basear a construção de um modelo de mudança organizacional.

### **2.3 Níveis de Análise em um Modelo de Mudança Centrado no Agente**

Com base nas teorias da Estruturação e da Autopiesis, o argumento central que apresentamos para um entendimento da mudança centrado no agente é o seguinte: processos organizacionais, previamente desenvolvidos ou ocasionais, são subjetivamente instanciados (i.e., produzidos e reproduzidos) por seus participantes no momento de suas ações sociais. O

nível de análise de interesse é o agente humano. É o agente humano que produz e interpreta processos organizacionais e suas ligações, de maneira estável ou dinâmica. Desta forma, a capacidade de uma organização de mudar depende de seus participantes diretos e indiretos, e não de seus processos sociais, os quais resultam da conectividade da atividade individual. Esta visão centrada no agente não significa negar a importância de processos organizacionais, mas apenas evita suas reificações (Giddens, 1984).

De acordo com a base teórica revisada acima, em contextos organizacionais um agente humano usa suas consciências prática e discursiva para realizar tanto mudança quanto estabilidade. Quando respondendo a estabilidade, um agente reproduz estruturas em interações padronizadas com um ambiente social e material previsível. Na mudança, existe a produção cognitiva e experiencial de estruturas de conhecimento, de poder e normativas, instanciadas pelo agente para produzir novas ações. Estas novas ações podem ser iniciadas pelas interações internas (i.e., autopoieticas) de um agente consigo mesmo, e pela interação deste agente com um ambiente dinâmico. Na realidade, estes dois tipos de interações acontecem simultaneamente. Como colocado por Tsoukas e Chia (2002, p. 575), “indivíduos frequentemente interagem com si mesmos e com outros ao mesmo tempo. Eles agem enquanto estão perceptivos a padrões de ação anteriores”.

Como sugerido por Giddens (1984), dois outros níveis de análise demandam foco no estudo da mudança: situações de co-presença e o sistema social como um todo. É possível então argumentar que a situação de co-presença, e não a rotina ou a capacidade, representa o processo organizacional e nível de análise coletivo mais básico. Situações de co-presença provêm às organizações integração social, produzindo atividades e hierarquias complexas e, desta forma, representam “propriedade estrutural” organizacional. Estas situações são constantemente criadas por agentes e, em um sentido recursivo, também influenciam estes mesmos agentes.

As estruturas instanciadas em situações de co-presença incluem a identidade de indivíduos em grupos e dentro da organização como um todo (Perlow, Gittel & Katz, 2004; Sarason, 1995), e o conhecimento necessário para a condução de atividades repetitivas e inovadoras (Berends et al., 2004; Hargadon and Fanelli, 2002; Orlikowski, 2002). A vantagem em se usar a situação de co-presença como a unidade de análise coletiva básica, ao invés da rotina ou capacidade, é que este conceito não se restringe a processos padronizados (embora possa ser este o caso), o que admite sua identificação com tipos ocasionais de interações amplamente conhecidos como relevantes para a mudança, por exemplo, forças-tarefa e redes informais.

As atividades conduzidas em situações de co-presença influenciam processos de estruturação posteriores, criando consequências intencionais e não-intencionais para o sistema social formado por estas situações (Giddens, 1984; Perlow et al., 2004; Whittington, 1992). Como o terceiro nível de análise, o sistema social representa um sistema de atividades reproduzidas, composto por indivíduos e situações de co-presença. Um sistema social, “se refere a conexões com aqueles ausentes no tempo ou espaço” (Giddens, 1984, p. 28). Como colocado acima, o foco do tipo especial de sistema social, a “organização”, é na regulação reflexiva de relações de interdependência entre integrantes dispersos. Esta regulação reflexiva é baseada em estruturas ou recursos alocativos e de autoridade, os quais representam as capacidades dos indivíduos em exercer comando sobre pessoas e coisas, “dentro de formas discursivamente mobilizadas de fluxos de informação” (Giddens, 1984, p. 203). A partir do momento em que a organização depende de seu ambiente, esta de fato se caracteriza como um subsistema em um sistema social maior (i.e., a sociedade).

## **2.4 Um Modelo de Mudança Organizacional Centrado no Agente**

### **2.4.1 Visão geral do modelo**

A Figura 2 apresenta um modelo de mudança organizacional centrado no agente, composto por ações de mudança e fatores de influência recursivos, os quais guiam o desenvolvimento de proposições. O modelo é baseado nas teorias da Estruturação e da Autopoiesis, as quais estão em sintonia com uma noção da mudança (e da realidade) como algo construído cognitivamente e ativamente por membros organizacionais, de uma maneira heterogênea, distribuída e democrática (Buchanan, Addicott, Fitzgerald, Ferlie & Baeza, 2007; Giddens, 1984; Tsoukas, 1996; Tsoukas & Chia, 2002; Van Woerkum, Aarts & de Grip, 2007). A partir desta perspectiva a mudança não é vista como episódica, mas sim potencialmente imersa em toda a atividade organizacional, que deve ser considerada como em um fluxo constante de transformação (Tsoukas & Chia, 2002). Esta situação de fluxo constante é suportada pelas características inerentes de agentes humanos. Agentes humanos mantêm o fluxo constante de mudança por causa da “inevitabilidade das interações humanas – interações consigo mesmo e interações com outros (ambos os indivíduos e os objetos)” (Tsoukas & Chia, 2002, p. 575). Assim, o foco é o nível de análise individual (ver, na Figura 2, as realimentações que retornam ao indivíduo). No entanto, interações sociais também são apresentadas no modelo como níveis de análise secundários, representados pela situação de

co-presença (interações diretas entre agentes) e pelo conjunto formado pela organização e por seu ambiente (interações indiretas e interdependentes entre agentes distantes). Estas interações são consideradas aqui apenas como contextos onde as atividades de indivíduos são interligadas. Uma mudança organizacional que envolve muitos agentes significa a instanciação desse modelo por vários indivíduos.

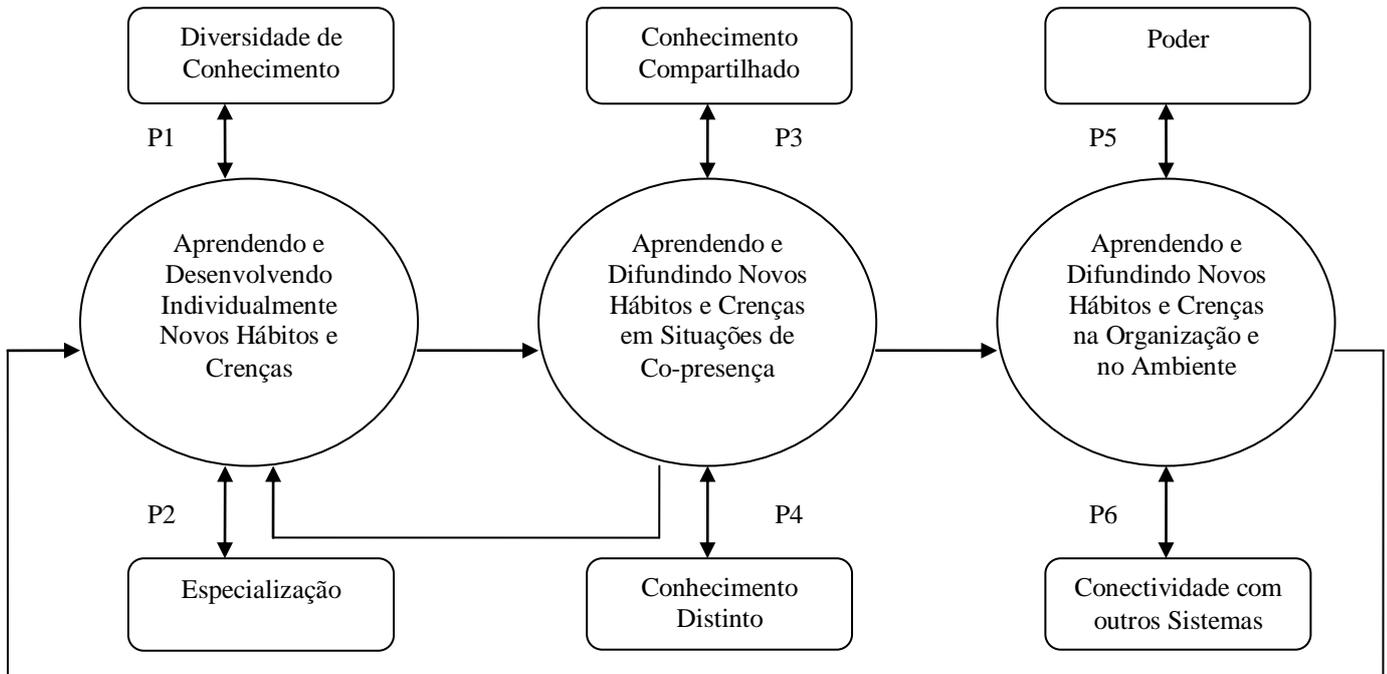


Figura 2. Modelo de mudança organizacional centrado no agente

A partir do momento em que o modelo é baseado na noção de “fluxo constante de transformação”, o conceito de mudança aqui considerado é o de “renovação de redes de crenças e hábitos de ação para acomodar novas experiências obtidas através de interações” (Tsoukas & Chia, 2002, p. 567). A principal contribuição do modelo para este tipo de conceituação de mudança é a especificação de fatores que aumentam as possibilidades de agentes aprenderem, desenvolverem, interligarem e difundirem novos hábitos e crenças na organização e no ambiente, desta forma contribuindo para a mudança. Esta especificação é conduzida a seguir.

#### **2.4.2 Aprendendo e desenvolvendo individualmente novos hábitos de ação e crenças**

A literatura sobre inovação tem documentado as origens de mudanças tecnológicas e organizacionais como a combinação de conceitos prévios e idéias desenvolvidas por

inventores. Mesmo quando a inovação acontece de maneira fortuita, alguma forma de agência está disponível para capturar um evento ocasional e transformar isto em uma nova atividade (Faulkner & Runde, 2009, p. 457). Esta capacidade de invenção se origina a partir da capacidade de agentes para produzir cognição e comportamentos reflexivos (DiMaggio, 1997; Gourlay, 2006; Ringberg & Reihlen, 2008). Agentes se engajam em reflexão para evitar o comportamento automático ou categórico, de uma maneira que os permitem “sustentar um alto nível de resposta cognitiva e combinar/estender modelos internalizados privados e culturais em modos pensativos (criativos, racionais) para melhorar suas obtenções de sentido” (Ringberg & Reihlen, 2008, p. 922).

De acordo com a Teoria da Autopoiesis, esta combinação reflexiva resulta de um grupo de operações cognitivas: “pensamento abstrato”, tornar-se “observador” e “autoconsciência” (Maturana, 1980, pp. 13-14), as quais podem ser utilizadas por membros organizacionais para interagir cognitivamente e ativamente com o ambiente e com suas próprias representações de mundo e sobre eles mesmos, desta maneira expandindo seus domínios de representações e de interações. Desta perspectiva, e considerando o desenvolvimento de categorias, atividades e estórias como a combinação de elementos previamente existentes, a heterogeneidade e a vastidão dos grupos de conhecimento de um agente são fatores que contribuem para a combinação reflexiva e, conseqüentemente, para a mudança organizacional. Nessa linha:

*P1: A diversidade de conhecimentos que um agente detém, aumenta seu potencial de aprendizagem e de desenvolvimento de novos hábitos e crenças.*

Enquanto o efeito positivo da diversidade de conhecimento para a combinação reflexiva é evidente, o papel da *especialização* de conhecimento não é tão claro. Assim, Fagerberg (2005, pp. 10-11) argumenta que, enquanto a abertura para novas idéias e conceitos e a variedade de conhecimentos e outros recursos são essenciais para a inovação, capitais especializados, derivados da evolução “dependente do caminho” de uma organização, podem limitar suas possibilidades de “combinação”. Entretanto, a partir da base teórica aplicada neste artigo é possível outra perspectiva. Conhecimentos especializados, frequentemente tácitos, significam que um determinado agente tem mais familiaridade com maior número de conceitos e subconceitos de uma área específica, o que aumenta o número de possíveis combinações entre estes conceitos e subconceitos. Esta linha de raciocínio encontra respaldo no campo da linguística, a qual sugere que conceitos e categorias são construtos subjetivos construídos a partir da experiência. Por exemplo, Lakoff (1987) oferece uma visão de uma categoria como, por exemplo, uma cadeira ou um processo organizacional, como algo não

objetivo, e sim subjetivo. De acordo com esse autor, agentes humanos categorizam estes tipos de conceitos como entidades “estruturadas radialmente”, compostas por subcategorias formadas a partir da “experiência corporal ou social” (Lakoff, 1987, p. 154). Nesta perspectiva, um conceito é formado por uma subcategoria central (ou prototípica), a qual admite compreensão comum e comunicação e aprendizagem sociais. No entanto, existem também “extensões não centrais”, as quais podem ser desenvolvidas como variantes para prover nuances e mudança de sentido na acomodação de novas experiências ou de “casos não prototípicos” (Tsoukas & Chia, 2002, p. 576).

Desta perspectiva, argumentamos que a especialização aumenta as possibilidades de combinação entre subcategorias de conceitos formados a partir de experiências especializadas. No mais, a especialização também admite a absorção de conhecimento externo (Cohen & Levinthal, 1990), admitindo o aumento da diversidade de conhecimento. Desta forma:

*P2: Os conhecimentos especializados de um agente aumentam o seu potencial de aprendizagem e de desenvolvimento de novos hábitos e crenças.*

Enquanto o domínio de ambos os tipos de conhecimento, diverso e especializado, parece ser incoerente, estudos estruturacionistas têm apresentado a possibilidade de um agente em manter simultaneamente diferentes tipos de estruturas ou de grupos de conhecimentos (Berends et al., 2004; Hargadon & Fanelli, 2002; Hung, 2003; Tsoukas & Chia, 2002). Agentes engajados em processos de aprendizagem podem instanciar simultaneamente estruturas estáveis (ou *reproduzidas*) e novas, estas últimas usualmente acessadas através da comunicação ou produzidas por experimentação. Por exemplo, o estudo conduzido por Berends et al. (2004) sobre processos de aprendizagem em experimentos industriais mostra como desenvolvedores de processos combinam conhecimento especializado com resultados inesperados de experimentos na linha de produção para criar novos procedimentos. De maneira similar, em um estudo sobre firmas de engenharia de alta tecnologia, Hargadon e Fanelli (2002) mostram como a diversidade de contextos experimentada por engenheiros inovadores estava associada com o desenvolvimento de soluções integradas não acessíveis aos seus clientes devido às suas mais limitadas experiências.

Esses estudos também mostram que a possibilidade de combinação de conhecimento especializado e diverso é aumentada pela interação social, como sugerem as setas de realimentação da Figura 2. Esta interação social é explorada nas próximas seções.

### **2.4.2 Aprendendo e difundindo novos hábitos e crenças em situações de co-presença**

Como previamente discutido, as situações de co-presença representam os processos organizacionais mais básicos. Enquanto aprende e desenvolve novos hábitos e crenças, um agente deve interagir em situações de co-presença para combinar seus hábitos e crenças com hábitos e crenças de pares. Isto acontece devido à combinação de conhecimento especializado e à complexidade envolvidas na criação de artefatos físicos e sociais, que implicam na dificuldade enfrentada por um agente, e mesmo por uma organização, em dominar todo um processo de inovação (Pavitt, 2002, 2005). Em outras palavras, a interdependência entre agentes é um ingrediente básico que contribui para a disposição de um membro organizacional em aprender e difundir novos hábitos e crenças em situações de co-presença. Na verdade, em muitos casos a necessidade de combinação e de aplicação de conhecimento tácito e especializado em inovação demanda interações face a face (Galunic & Rodan, 1998; Lam, 2005; Nonaka & Takeuchi, 1995; Nonaka & Toyama, 2007).

Baseando-se na Teoria da Autopoiesis, é possível argumentar que as possibilidades de aprendizado mútuo em uma situação de co-presença são aumentadas pelo compartilhamento de conhecimento entre seus integrantes. A partir do momento em que a realidade é sempre criada pelo agente por suas operações recursivas internas, qualquer agente ensinando um novo grupo de conhecimentos tem que se basear em conhecimentos previamente compartilhados de maneira a “dirigir” a cognição de outro agente (Maturana & Varela, 1980). A partir desta perspectiva, o conhecimento compartilhado pode ser apontado como um facilitador da comunicação (e negociação) entre agentes de distintas “subunidades organizacionais” (Cohen & Levinthal, 1990) ou de distintos “domínios cognitivos” (Nooteboom, 2001). Assim:

*P3: O conhecimento compartilhado entre um agente e os participantes de situações de co-presença aumenta o potencial desse agente para aprender e difundir novos hábitos e crenças.*

Entretanto, conhecimento compartilhado deve ser combinado com conhecimento distinto para produzir aprendizagem, e esta combinação também pode ser permitida por situações de co-presença. Em situações de co-presença ou interações diretas, o conhecimento individual e distinto pode ser transformado em novo conhecimento compartilhado (i.e., organizacional) (Berends et al., 2004), através de “negociação reflexiva” (Ringberg & Reihlen, 2008, p. 924). Como colocado por Tsoukas e Chia (2002, p. 571), “o indiferenciado é imperceptível”. Desta forma:

*P4: A distinção de conhecimentos entre um agente e os participantes de situações de co-presença aumenta o potencial desse agente para aprender e difundir novos hábitos e crenças.*

As proposições P3 e P4 parecem ser contraditórias. Se agentes mantêm distinto conhecimento, é de se esperar que mantenham também pouco conhecimento compartilhado. Mas, novamente, esta incompatibilidade existe apenas de uma perspectiva positivista ou funcionalista. De uma perspectiva estruturacionista, o conhecimento de um agente em contextos organizacionais é “desenvolvido na prática” (Orlikowski, 2002), através de produção e reprodução de estruturas. Deste ponto de vista, um agente pode manter conhecimento compartilhado e reproduzido enquanto combina isso para produzir novo conhecimento para si mesmo e para outros.

### **2.4.3 Aprendendo e difundindo novos hábitos e crenças na organização e no ambiente**

Para aprender e difundir novos hábitos e crenças na organização e no ambiente, um agente deve exercer poder para influenciar e se conectar a outros agentes que se encontram distantes de suas interações diretas. Desta forma, novos hábitos e crenças produzidos por indivíduos podem ser integrados para formar um novo sistema. A imagem mais representativa desta integração sistêmica pode ser o papel que gerentes desempenham na mudança, os quais estão “em uma posição privilegiada para introduzir um novo formato discursivo que irá tornar possível que membros organizacionais percebam novas coisas, façam recentes distinções, vejam novas conexões, e tenham novas experiências” (Tsoukas & Chia, 2002, p. 579).

No entanto, embora gerentes desempenhem um papel especial na difusão da mudança, a partir de um modelo distribuído de mudança todos os membros organizacionais podem ser difusores, pois suas ações podem apresentar consequências intencionais e não intencionais além de suas situações de co-presença. Por exemplo, um novo desempenho de um funcionário em uma linha de produção pode impactar a qualidade percebida de um produto e, conseqüentemente, o modo como a empresa é percebida por consumidores. Esta capacidade “democrática” de mudança é ligada ao poder intrínseco da agência, como visto acima na revisão da Teoria da Estruturação.

Entretanto, embora o poder seja intrínseco à agência, e ligado à capacidade de um agente em “intervir no mundo”, este não é simétrico. Agentes distintos não possuem o mesmo poder para alterar sistemas sociais. Eles diferem em suas posições, as quais são relacionadas a

três aspectos: (1) situações de co-presença (as quais incluem o posicionamento do corpo), (2) *caminhos de vida* e (3) modos de conduta definidos normativamente, os quais são relacionados a um “local” específico (Giddens, 1984). A partir dos modos de conduta, o poder de um agente, expresso por sua capacidade de exercer comando e alocar recursos, influencia o potencial de seus novos hábitos e crenças serem difundidos da “integração” admitida por situações de co-presença, para a “institucionalização” organizacional (Crossan & Berdrow, 2003; Crossan, Lane & White, 1999). Em direção similar, Hendry e Seidl (2003) argumentam que o poder transformativo de um ou mais agentes pode ser necessário para iniciar a mudança, a partir da suspensão da comunicação organizacional corrente, e para finalizar esta mudança, através do acoplamento das novas rotinas criadas. No mais, é possível argumentar que quanto maior o poder de um agente, maior seu potencial de obtenção de recursos internos e externos, como conhecimento. Desta forma:

*P5: O poder de um agente aumenta seu potencial para aprender e difundir novos hábitos e crenças na organização e no ambiente.*

Entretanto, enquanto o poder contribui para a obtenção de recursos a serem canalizados para a mudança, isto não é suficiente, pois a fonte de recursos também é fator importante. A partir da Teoria da Estruturação, é possível perceber que o foco central em um sistema social é na reprodução de ações sociais. Desta forma, mesmo que um agente interaja com outros membros organizacionais em situações de co-presença ocasionais, como forças-tarefa, este agente pode não aprender conhecimento relevante se todos os que interagem estiverem restritos ao conhecimento já disponível e reproduzido na organização.

É apenas do contato com componentes de outros sistemas sociais (indivíduos e estruturas, tais quais tecnologias) que um circuito de reprodução vigente pode ser desafiado por um agente. A partir da conectividade com outros sistemas um agente pode se tornar um “observador” das relações entre a organização e o ambiente, em um sentido autopoietico. Esta conectividade é relacionada com quaisquer “mecanismos, processos, sistemas e relações que ligam indivíduos e coletividades (e.g., grupos, organizações, culturas, sociedades) mediante a facilitação de trocas materiais, informacionais e/ou sociais” (Kolb, 2008, p. 128). Enquanto a literatura em sistemas de inovação tem evidenciado a importância desta conectividade, entre organizações, é possível ligar este tipo de noção em um modelo de mudança centrado no agente:

*P6: A conectividade de um agente com distintos sistemas sociais aumenta o potencial desse agente para aprender e difundir novos hábitos e crenças na organização e no ambiente.*

A aprendizagem e difusão de novos hábitos e crenças na organização e em seu ambiente podem prover tipos de realimentação (e.g., novo conhecimento) para este mesmo agente e para outros, como a seta maior de realimentação da Figura 2 sugere. Evidentemente, realimentações não são totalmente controladas por agentes, pois escolhas e consequências dependem de “antecedentes causais” complexos e não-determinísticos, representados pelos “contextos de decisão material e social” (De Rond & Thietart, 2007, p. 536).

## 2.5 Discussão e Conclusões

Em uma discussão sobre a reificação de organizações nas ciências sociais, Giddens (1984) explica como decisões usualmente percebidas como tendo sido tomadas por uma organização específica, foram na verdade o resultado do envolvimento de membros organizacionais em negociações complexas e buscas por consenso. A partir deste tipo de raciocínio, e baseando-se em uma noção individualista de que a aprendizagem organizacional representa o desenvolvimento de conhecimento individual influenciado por ou aplicado a atividades organizacionais (Berends et al., 2004; Simon, 1991), neste artigo foi proposto um modelo de mudança organizacional que evita perspectivas coletivas e apresenta a mudança organizacional como algo resultante da agência individual em contextos organizacionais. Mais especificamente, é aqui argumentado que a mudança organizacional acontece quando novos hábitos de ação e crenças são produzidos por agentes interconectados, o que envolve a produção de novas estruturas e ações, aprendizado e difusão desses novos hábitos e crenças em situações de co-presença, na organização e no ambiente.

Este modelo contribui e abre novas perspectivas para a pesquisa futura. Primeiramente, a partir do momento em que são apresentadas proposições, pesquisas quantitativas podem ser aplicadas para testá-las. Na verdade, é possível perceber a confirmação de partes do modelo proposto em pesquisas quantitativas ligadas à especialização e à diversidade do conhecimento. Por exemplo, em um levantamento sobre determinantes de inovação em empresas, Jensen, Johnson, Lorenz e Lundvall (2007) mostram como a combinação da experimentação com conhecimento científico com a condução de atividades flexíveis e ocasionais baseadas em conhecimento tácito aumenta o potencial de inovação.

Segundo, enquanto é possível admitir as possibilidades de pesquisas quantitativas para incrementar um modelo de mudança centrado no agente, tal modelo parece demandar muito mais a condução de pesquisas qualitativas. Na verdade, a literatura de mudança organizacional é tão ausente na consideração do papel da agência (Thurlow & Helms Mills,

2009, p. 460), que demanda a investigação de tal fenômeno através de métodos indutivos. Pelo fato de processos de mudança serem complexos e emergirem de predisposições e engajamentos voluntários de atores situados, e que não podem ser especificados de maneira determinística (Corbin & Strauss, 1990, p. 5), fatores de influência e atividades ligados à mudança devem ser entendidos a partir da perspectiva de membros organizacionais.

Assim, estudos de caso e etnográficos, combinados com *grounded theory*, podem ser vistos como métodos apropriados para avançar a compreensão do papel da agência humana na mudança. A partir do momento em que *grounded* métodos devem também ser suportados por prévia literatura (Suddaby, 2006), o modelo aqui proposto pode ser utilizado como uma base teórica inicial, sugerindo específicas questões. Como um agente inovador gerencia a especialização e a diversidade de conhecimento, e como este gerenciamento se relaciona com a mudança? Como agentes capacitados gerenciam situações de co-presença formais e informais de maneira a desenvolver novos hábitos e crenças? Como um agente inovador usa poder para utilizar e engajar sistemas sociais mais abrangentes em seus discursos de mudança? Estes são exemplos de questões ligadas ao modelo de mudança proposto.

De um ponto de vista prático, o modelo proposto sugere que as organizações não deveriam focar no desenvolvimento de capacidades para implementar mudança, mas sim deveriam focar no desenvolvimento de pessoas. Em outras palavras, capacidades compreendem pessoas conectadas. A partir do momento em que aprendizagem individual demanda tempo e esforço, o modelo sugere o uso de esquemas de desenvolvimento pessoal de longo prazo. Estes esquemas podem ser formais, como complexos programas de treinamento, ou informais, como a promoção de redes sociais para aumentar o nível de conhecimento compartilhado na organização. De maneira similar, a partir do momento em que poder e conectividade exterior também foram apontados como fatores que influenciam a mudança, a provisão de experiências fora da organização e o aumento da participação de gerentes e funcionários em processos de tomada de decisão também podem aumentar o potencial de membros organizacionais na condução de mudanças. Estas sugestões podem ser verificadas em pesquisas futuras.

É importante comentar que o modelo aqui proposto é sobre mudança, e não sobre comportamento organizacional ambidestro. Para alcançar equilíbrio entre exploração e eficiência, as organizações devem conciliar mudança e estabilidade (March, 1991) e, neste sentido, o modelo proposto é incompleto. Embora este modelo seja de maneira explícita baseado na noção de que a mudança é uma constante (Tsoukas & Chia, 2002), este também

implicitamente sugere que a ausência de fatores específicos de influência deve resultar em um quadro de inércia.

Desta forma, uma teoria de mudança centrada no agente requer uma compreensão da relação entre níveis de estabilidade e de mudança em organizações. O desenvolvimento de tal teoria é complexo, pois demanda não apenas a compreensão de como um agente se torna “ambidestro” (o que envolve noções teóricas complexas sobre aprendizagem externa, criatividade e aplicação de conhecimento reproduzido), mas também a compreensão de como membros organizacionais gerenciam a relação de seus comportamentos ambidestros com comportamentos similares de seus pares na organização e de outros atores sociais. Tal complexidade se configura como um desafio importante, dada a insuficiência de noções agregadas, tais quais capacidades e recursos.

### **3. Estudo II: A conciliação entre Agência e Materialidade em Inovação Tecnológica: Um Estudo de Caso Sobre a Emergência de uma Tecnologia de Geração de Energia Renovável<sup>4</sup>**

Mesmo diante do fato de o fenômeno da inovação ser amplamente investigado, a questão sobre os papéis que a agência humana e a estrutura material desempenham na construção de tecnologias continua controversa, onde perspectivas teóricas amplamente difundidas chegam a conclusões divergentes (Munir & Jones, 2004; Orlikowski, 2010; Volkoff et al., 2007). Neste sentido, estudos baseados na abordagem evolucionista (Nelson & Winter, 1982) estabelecem a primazia de estruturas materiais sobre a agência, a partir do momento em que produtos e tecnologias são entidades fisicamente objetivas, selecionadas por forças de um ambiente maior. Esta perspectiva descreve a evolução da tecnologia de uma empresa como algo “dependente do caminho” tomado por seus recursos prévios, incluindo capitais físicos (Teece et al., 1997). Em uma perspectiva oposta, estudos baseados na Teoria da Estruturação (TE) (Giddens, 1979, 1984) estabelecem a tecnologia como um tipo de “ordem virtual”, interpretada por agentes no momento de suas ações tecnológicas. Nesta abordagem, introduções de tecnologias em organizações são apenas “ocasiões para a estruturação da ação” (DeSanctis & Poole, 1994, p. 129).

A partir destas perspectivas contraditórias, é possível adotar a visão de Orlikowski (2010) de que uma efetiva consideração teórica da tecnologia deveria considerar sua “sociomaterialidade”. Assim, o objetivo central deste artigo é descrever um modelo para os papéis que agência e materialidade desempenham em inovação tecnológica. Como será apresentado, a materialidade tecnológica é tanto causa quanto efeito da produção e disseminação de fragmentos de uma nova tecnologia por parte de agentes inovadores em contextos sociais específicos.

O modelo aqui apresentado foi desenvolvido com base na metodologia *grounded theory* (Charmaz, 2000; Corbin & Strauss, 1990, 2008), aplicada na investigação de um caso de inovação tecnológica que visou responder à seguinte pergunta de pesquisa: como agência e materialidade são conciliadas em inovação tecnológica? O caso investigado refere-se a uma planta de geração de energia renovável em uma usina brasileira produtora de álcool e açúcar, a qual representa um novo processo que provê novos produtos (eletricidade e redução de emissões de carbono).

---

<sup>4</sup> Uma versão preliminar deste capítulo, escrita em inglês, foi apresentada no XXVI Simpósio de Inovação Tecnológica da Anpad de 2010.

São apresentadas explicações teóricas baseadas em uma realidade empírica apropriada, evitando assim restrições impostas pela literatura existente. No entanto, diante da percepção de que esquemas teóricos estabelecidos “podem prover insight, direção e uma lista útil de conceitos iniciais” (Corbin & Strauss, 2008, p. 40), a literatura sobre inovação tecnológica é aqui revisada a partir das duas perspectivas comentadas acima: evolucionista e estruturacionista. A oposição ontológica entre estas duas abordagens, bem como seus altos graus de influência, contribuíram para evidenciar a relação entre agência e materialidade como importante questão a ser investigada.

### **3.1 A Perspectiva Evolucionista e a Ausência da Agência Humana**

Estudos baseados na perspectiva evolucionista (Nelson & Winter, 1982) têm apresentado a transformação industrial como uma metáfora baseada na noção de ciclo de vida, como descrita por Kaplan e Tripsas (2008):

... seguindo uma descontinuidade tecnológica, altos níveis de variação tecnológica caracterizam uma era de fermentação. A seguir, a seleção entre tecnologias competidoras leva a retenção de um desenho dominante .... Convergência em um desenho dominante é seguida por um período de progressão incremental, que é ao final interrompido por outra descontinuidade tecnológica (p. 790).

Quando utilizada no nível de análise organizacional, esta metáfora evolucionista necessita “genes”, ou unidades de seleção, representadas por rotinas e/ou capacidades organizacionais (Nelson & Winter, 1982), as quais se configuram como processos padronizados, construídos coletivamente e formados por decisões conscientes (Ambrosini & Bowman, 2009; Dosi et al., 2008; Winter, 2003). A partir do momento em que este modelo também necessita unidades de variação, estudos evolucionistas têm teorizado sobre “capacidades dinâmicas”, entendidas como rotinas especiais desenhadas para alterar as capacidades “ordinárias” da organização, incluindo as de natureza tecnológica (Eisenhardt & Martin, 2000; Winter, 2003). Estas capacidades dinâmicas incluem planejamento formal e atividades de P&D.

Entretanto, no momento em que a perspectiva evolucionista atribui poder de agência às capacidades, surge uma limitação teórica relacionada à mudança. Uma capacidade, dinâmica ou não, é por definição um processo padronizado, o qual implica em inércia e, conseqüentemente, em um paradoxo entre eficiência e mudança (Leonard-Barton, 1992;

Nooteboom, 2000; Schreyögg & Kliesch-Eberl, 2007). Em outras palavras, se rotinas ou capacidades ordinárias são baseadas no “conhecimento tácito da organização”, e seus aperfeiçoamentos são suportados por capacidades dinâmicas ou “formas altamente padronizadas de atividades de solução de problemas” (Nelson & Winter, 1982, pp. 134-136), então qualquer organização está, de fato, restrita às configurações materiais e sociais de suas próprias rotinas ou capacidades “dependentes do caminho”.

Enquanto alguns estudos podem ser apontados como soluções para esse “paradoxo da capacidade”, é possível argumentar que tais estudos implicam em distorção de pressupostos evolucionistas. Assim, se rotinas e capacidades são consideradas como entidades que podem ser alteradas por seus próprios integrantes (Feldman & Pentland, 2003; Helfat & Peteraf, 2003), ou alteradas de fora por gerentes (Schreyögg & Kliesch-Eberl, 2007; Zahra et al., 2006), o mecanismo de variação passa obrigatoriamente a ser o agente ou tomador de decisão individual, e não mais processos coletivos evolucionistas.

Assim, a partir do momento em que a literatura evolucionista e de capacidades usa “princípios organizativos como unidade de análise primária” (Kogut & Zander, 1992, p. 396), para explicar mecanismos de seleção, esta perde um mecanismo de variação e mudança efetivo, representado pela agência humana (Foss, 2003). Além disto, é possível argumentar que qualquer tipo de rotina ou capacidade é, como qualquer tipo de processo organizacional, instanciado por seus membros no momento de suas ações como “conhecendo na prática” (Orlikowski, 2002). Neste último caso, tem-se uma perspectiva estruturacionista, discutida adiante.

### **3.2 A Perspectiva Estruturacionista e a Ausência da Materialidade**

Estudos estruturacionistas estabelecem que tecnologias se configuram como estruturas não fixas e predeterminadas, mas sim desenvolvidas durante a prática por usuários e, desta maneira, em estado de fluxo constante (Orlikowski, 2000). Esta linha de teorização é fortemente baseada na Teoria da Estruturação (Giddens, 1979, 1984), a qual procura clarificar como a relação entre agência e estrutura determina a ação social e a constituição da sociedade. De acordo com essa teoria, a estrutura, a qual representa regras de conduta recursivas (formais e informais, incluindo conhecimento) e recursos de dominação e poder (de alocação e de autoridade) que guiam práticas sociais, “existe, como presença no tempo e no espaço, apenas em sua instanciação em tais práticas e como traços de memória orientando a conduta de agentes humanos conhecedores” (Giddens, 1984, p. 17).

Seguindo esse raciocínio, enquanto a tecnologia provê estruturas *per se*, através de suas características estruturais e do “espírito” dessas características (DeSanctis & Poole, 1994, p. 126), sua realização depende de agência. Como uma estrutura, a tecnologia é tanto determinante quanto consequência da ação social (Giddens, 1984; Orlikowski, 1992), sendo “instanciada” e também combinada com outras estruturas contextuais e institucionais por membros organizacionais no momento de suas atividades repetitivas ou inovadoras (Berends et al., 2004; DeSanctis & Poole, 1994; Orlikowski, 2000). A partir desta perspectiva, capacidades organizacionais e tecnologias são entendidas como “conhecendo na prática” (Orlikowski, 2002).

Diversos estudos de caso suportam este caráter emergente da tecnologia, revelando que a agência forma e é formada por: (1) papéis e desempenhos de usuários da tecnologia e de membros organizacionais que promovem a mudança tecnológica (Boudreau & Robey, 2005; Symon & Clegg, 2005), (2) características da tecnologia, as quais são também reinventadas por usuários (Boudreau & Robey, 2005; Orlikowski, 2000), (3) conhecimentos ligados a experimentos tecnológicos (Berends et al., 2004) e (4) soluções para o desenvolvimento de produtos (Hargadon & Fanelli, 2002).

Entretanto, o foco excessivo da abordagem estruturacionista na agência humana tem impedido uma efetiva consideração do papel que a materialidade da tecnologia desempenha em processos de inovação. Como colocado por Orlikowski (2010), este tipo de perspectiva “evita a reificação da tecnologia, mas tende a minimizar as propriedades e possibilidades tecnológicas, focando primariamente nas interpretações humanas e ações sociais” (p. 133). Esta opção exclui o fato de que objetos tecnológicos apresentam características e capacidades físicas as quais, quando em interação com a agência humana, são também determinantes do uso e da mudança tecnológicos (Faulkner & Runde, 2009).

No presente artigo, essas características e capacidades físicas de objetos tecnológicos representam a materialidade tecnológica, conceito que tem sua aplicabilidade aqui estendida também para processos tecnológicos.

Orlikowski (2007, 2010) sugere que esta ausência da materialidade deveria ser minimizada se as pesquisas sobre tecnologia se concentrassem na sociomaterialidade constante de práticas organizacionais, através do uso de bases teóricas que “procuram descentralizar o sujeito humano” (e.g., *actor-network theory*). No entanto, mesmo que neste artigo haja uma tentativa de se explorar a metáfora da sociomaterialidade, como defende Orlikowski (2010), a confrontação entre teorias a respeito da agência e os dados do caso aqui investigado sugeriu não a descentralização do agente humano, mas sim a revisão de alguns

pontos pouco compreendidos que tratam da relação entre agência e materialidade, e que são apresentados por teorias que abordam a natureza da agência, como a Teoria da Estruturação. Esta revisão é conduzida abaixo.

### 3.3 Revisitando *Insights* Recursivos

Alguns insights “recursivos” foram identificados como sendo mal interpretados ou ignorados por estudos que abordam a relação entre agência e tecnologia: (1) a essência do princípio da dualidade da estrutura de Giddens (1984), (2) a natureza autopoietica da cognição e interação humanas, a qual baseia a produção de estruturas em processos criativos, e (3) o papel que a noção de “acoplamento estrutural” desempenha na estabilização de estruturas. O que estes três pontos têm em comum é que todos subsidiam uma abordagem recursiva entre ação humana e estrutura nas organizações (e.g., Hernes & Bakken, 2003), na qual estes dois conceitos são considerados como entidades que se influenciam mutuamente, e que são dependentes do conceito de agência.

De acordo com o princípio da dualidade da estrutura, as “características estruturais” de sistemas sociais, incluindo tecnologias, são “o meio e o produto de atividades contingentes desempenhadas por atores situados” (Giddens, 1984, p. 191). Isto implica que tecnologias, como estruturas, influenciam e são influenciadas pela agência em um processo sem fim. A partir desta conceituação, é possível perceber que estudos estruturacionistas em tecnologia têm focado na *produção* de estruturas na prática (e.g., características da tecnologia desenvolvidas por usuários), enquanto negligenciam a *reprodução* de estruturas. Este desequilíbrio distorce a importância dada por Giddens (1984) aos aspectos de reprodução de sistemas sociais, definidos como “as atividades situadas de agentes humanos, reproduzidas através do tempo e do espaço” (p. 25). Desta maneira, uma explicação completa da inovação tecnológica demanda um equilíbrio entre agência e estrutura: “a rejeição da estrutura exclui a explicação de ordens e estados estáveis que existem demonstrativamente. Ao mesmo tempo, estruturas, embora pareçam estáveis e algumas vezes permanentes, são incessantemente sujeitas a modificação em uma forma ou outra” (Hernes & Bakken, 2003, p. 1524).

A capacidade de um agente para produzir estruturas recebe uma micro-explicação no funcionamento autopoietico da mente, do corpo e da relação destes com seus ambientes (Maturana, 1980a; 1980b; Maturana & Varela, 1980). De acordo com o conceito de autopoiesis, um sistema biológico ou social interage consigo mesmo, de maneira a sintetizar os componentes que o caracteriza (Maturana, 1980b, p. 9). Quando aplicada à cognição, este

funcionamento complexo origina um grupo de operações na qual a mente (e os sistemas nervoso e sensorial) interage consigo mesmo (Maturana, 1980, pp. 13-14). Isto implica que, através de operações autopoieticas, agentes organizacionais podem criar estruturas quando interagem cognitivamente e ativamente com suas próprias representações e ambientes (Tsoukas & Chia, 2002, p. 576), os quais incluem tecnologias e as representações de outros, acessadas via comunicação.

Este funcionamento autopoietico também explica a reprodução de estruturas através da noção de “acoplamento estrutural”, i.e., a capacidade que sistemas vivos apresentam para manter suas autopoiesis através de relações de co-dependência com o ambiente (Maturana, 1980). Enquanto a busca por acoplamento estrutural envolve aprendizado, também envolve a cristalização de modos efetivos de interação como, por exemplo, o domínio de comportamento social padronizado (DiMaggio, 1997). Em outras palavras, modos efetivos de interação com outros e circunstâncias materiais podem cristalizar como estruturas reproduzidas, tais quais conceitos compartilhados e materialidades percebidas como objetivas, as quais podem ser utilizados em atividades repetitivas ou criativas.

Nessa linha, o fato de a tecnologia ser um tipo de estrutura ou “ordem virtual” instanciada por um agente durante a ação não impede que a mesma adquira um caráter objetivo para este agente através de um rígido acoplamento estrutural. Concomitantemente, um agente pode, por meio da combinação de estruturas prévias, produzir novas tecnologias, e difundir essas novas tecnologias em contextos sociais também através do uso de estruturas previamente existentes, como a linguagem compartilhada.

### **3.4 Metodologia**

A investigação conduzida se configura como um estudo de caso “direcionado pelo fenômeno” (Eisenhardt & Graebner, 2007, p. 26), pelo qual se buscou compreender os processos sociais e materiais relacionados com a emergência de uma específica planta de geração de energia renovável, desenhada e implementada entre 2000 e 2008 em uma usina brasileira produtora de açúcar e álcool, referenciada aqui como Alpha. Esta nova planta produz eletricidade através da queima do bagaço da cana-de-açúcar, sendo associada ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), uma das alternativas de comércio de reduções de emissões institucionalizadas pelo Protocolo de Kyoto (para uma revisão de aspectos do MDL, ver Ellis et al., 2007). Sendo uma investigação sobre uma planta de produção de energia, este estudo analisa um exemplo mais “concreto” de tecnologia, quando

comparada aos estudos de caso mais usuais que investigam impactos da tecnologia de informação em organizações, provendo assim uma oportunidade única para se entender as limitações que a materialidade impõe na agência humana (Boudreau & Robey, 2005; Orlikowski, 2000). Para investigar o caso, a metodologia *grounded theory* (Corbin & Strauss, 1990; Corbin & Strauss, 2008) foi utilizada.

### 3.4.1 Coleta de dados

O Quadro 3 apresenta as fontes centrais de dados, coletados entre 2008 e 2009. Foram conduzidas entrevistas em profundidade individuais e uma discussão em grupo, envolvendo um total de 18 atores. Adicionalmente, documentos relacionados com a nova tecnologia foram analisados e notas de campo foram feitas de acordo com observações conduzidas na empresa Alpha. Três organizações foram cobertas, de maneira a entender parte do sistema de inovação envolvido no caso: Alpha (o foco central), a empresa de consultoria que gerencia o projeto de MDL da empresa Alpha e uma agência governamental brasileira envolvida com a aprovação deste tipo de projeto de MDL.

<i>Entrevistas com:</i>	<i>Documentos Analisados:</i>
Diretor de Produção Diretor de Vendas Gerente Industrial Gerente Agrícola Gerente de Controladoria Gerente Ambiental (2)* Supervisor da Planta de Energia Supervisor de P&D Supervisor de Automação Coordenador da Planta de Energia Coordenador Sênior de Agricultura Tecnólogo de Meio Ambiente Operador de Geração de Energia Diretor de Comércio de Carbono (Consultor) Engenheiro de Projeto de Carbono (Consultor) Analista Técnico em MDL (Governo) (DG)** Analista Ambiental em MDL 1 (Governo) Analista Ambiental em MDL 2 (Governo)	Projeto de MDL Indicadores da Empresa (2000-2008) Fluxograma de Produção Rotina de Crédito de Carbono Contrato de Comércio de Reduções de Emissões Web site da Empresa
	<i>Fatos e Artefatos Centrais Observados (Notas de Campo):</i>
	Planos Setor Ambiental Planta de Geração de Energia Salas de Reunião Linha de Produção Reunião do “Safrão”
* O gerente ambiental foi entrevistado duas vezes ** Os analistas em MDL do governo foram entrevistados durante uma discussão em grupo (DG)	

Quadro 3. Fontes centrais de dados

Os gerentes e funcionários da empresa Alpha envolvidos na pesquisa lidam ou lidaram com a tecnologia investigada e representam todos os níveis hierárquicos da empresa. Entrevistados da empresa de consultoria e da agência governamental são diretamente

envolvidos com a criação ou avaliação de projetos de MDL de cogeração de energia com o bagaço da cana-de-açúcar. As entrevistas duraram em média 48 minutos (válidos) e foram focadas nas causas e nas consequências da emergência da nova tecnologia na empresa Alpha e nas circunstâncias institucionais enfrentadas pelas organizações envolvidas. Todas as entrevistas foram semi-estruturadas, gravadas, e transcritas na íntegra, o que resultou em um documento de transcrição de 202 páginas de texto, com espaçamento simples entre linhas.

Os documentos mais importantes, o projeto de MDL da empresa Alpha, o contrato de comercialização de crédito de carbono (com um governo de um país europeu) e indicadores de produção, receberam uma análise seletiva. Esses documentos proveram insights sobre como a inovação tecnológica foi disseminada. Finalmente, as observações sobre fatos e artefatos proveram uma compreensão geral de características e processos sociais pertinentes à tecnologia investigada. Por exemplo, a presença do pesquisador na reunião “safrão”, que discutiu causas e consequências da safra anual da empresa Alpha, foi importante para a percepção de como agentes organizacionais discutem aspectos materiais de tecnologias. Essas observações foram feitas em visitas às instalações da Empresa durante duas semanas, ocorridas nos meses de outubro e dezembro de 2008.

### 3.4.2 Análise de dados

A análise dos dados foi conduzida de acordo com o método *grounded theory* i.e., através das técnicas de codificação aberta, codificação axial e integração teórica. Começando pelas entrevistas, durante as atividades de codificação aberta foram utilizados como “pontos de apoio”, incidentes (representados por seções de transcrições) e categorias (Langley, 1999; Pozzebon & Pinsonneault, 2005), estas últimas emergindo dos dados como significados e padrões de incidentes relacionados à relação entre agência e materialidade em inovação. Na medida em que as categorias emergiam, o conjunto destas ia sendo analisado novamente, de maneira que houvesse uma agregação e desagregação de categorias e formação de uma hierarquia formada por categorias e subcategorias (codificação axial).

A “integração teórica” resultou da consolidação de subcategorias específicas, que foram reforçadas por um número excessivo de trechos de transcrições, e que foram agrupadas em uma “categoria central”, denominada aqui de “processo agência-materialidade de inovação”. Esta consolidação foi suportada pelas técnicas da *grounded theory* de elaboração de memórias escritas e de desenho de diagramas, um deles representando o modelo aqui apresentado (Figura 3). Esta consolidação foi reforçada pelo fato de que entrevistas e

documentos analisados pela primeira vez se adaptavam facilmente à categoria central previamente desenvolvida, resultando assim em “saturação teórica” e na validação parcial do modelo (Corbin & Strauss, 2008, p. 113).

O modelo central é apresentado adiante juntamente com representativos trechos de entrevistas, de maneira que o leitor possa checar sua pertinência. Este tipo de procedimento segue uma visão construtivista da *grounded theory* (Charmaz, 2000), a qual “reconhece uma criação mútua do conhecimento entre aquele que é visto e aquele que vê” (p. 510).

### **3.5 Resultados**

#### **3.5.1 A empresa investigada e sua trajetória tecnológica (2000-2008)**

Fundada em 1980, a empresa Alpha é uma produtora de açúcar e álcool, operando em uma indústria brasileira fragmentada, composta por algo em torno de 400 empresas. Com uma força de trabalho de cerca de 1550 funcionários (em 2009), seu corpo gerencial é pequeno, visto que a maioria dos funcionários é composta de trabalhadores rurais. Sendo integrada verticalmente, esta empresa produz e processa sua própria cana-de-açúcar através de tecnologias contínuas. A empresa apresenta uma variedade de certificações de qualidade ambiental que permite sua presença em mercados internacionais, como USDA (*United States Department of Agriculture Organic*), ISO 14001 e *Organic JAS (Japan Agricultural Standard)*. De base familiar, esta empresa apresenta muitas de suas mais altas posições de comando dominadas por membros de uma família. Em 2009 sua receita operacional foi de 208 milhões de reais.

O esforço de pesquisa se concentrou na emergência de uma planta de geração de energia renovável de alta tecnologia, desenvolvida entre 2000 e 2008 (inaugurada em 2003). O período coberto pela investigação (2000-2008) representa um momento de expansão da produção e de profundas modificações tecnológicas na empresa. Na verdade, o desenvolvimento, início de operação, aperfeiçoamento e operação da planta de geração de energia deve ser entendido como uma ampla inovação composta por três sub-inovações que ocorreram mais ou menos simultaneamente.

A primeira e mais significativa sub-inovação envolveu equipamento de produção de eletricidade, onde geradores e turbinas eletromecânicos obsoletos foram substituídos por equipamentos de alta eficiência controlados por computador. Esta substituição envolveu não apenas investimento em novos equipamentos, mas também em construção civil, treinamento

tecnológico e consultoria em engenharia. Com a nova planta, a empresa Alpha passou de não-exportadora em 2000 para exportar cerca de 43.000,00 MW-h (Megawatts-hora) em 2004 e 76.300,00 MW-h em 2008. Esta mudança demonstra inovação tecnológica, aprendizagem e expansão.

A segunda sub-inovação refere-se à comercialização de créditos de carbono realizada pela Empresa através de engajamento no programa denominado Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). A venda de créditos de carbono envolve o estabelecimento de uma “linha de base”, a qual representa uma justificativa para a Organização das Nações Unidas (ONU) sobre como a tecnologia evita emissões de carbono. O desenvolvimento deste esquema de comércio de carbono foi suportado pela empresa de consultoria em MDL, também envolvida nesta pesquisa. O projeto de MDL da empresa Alpha foi aprovado pela ONU em 2005, e seus créditos de carbono comercializados com um governo de um país europeu em 2006.

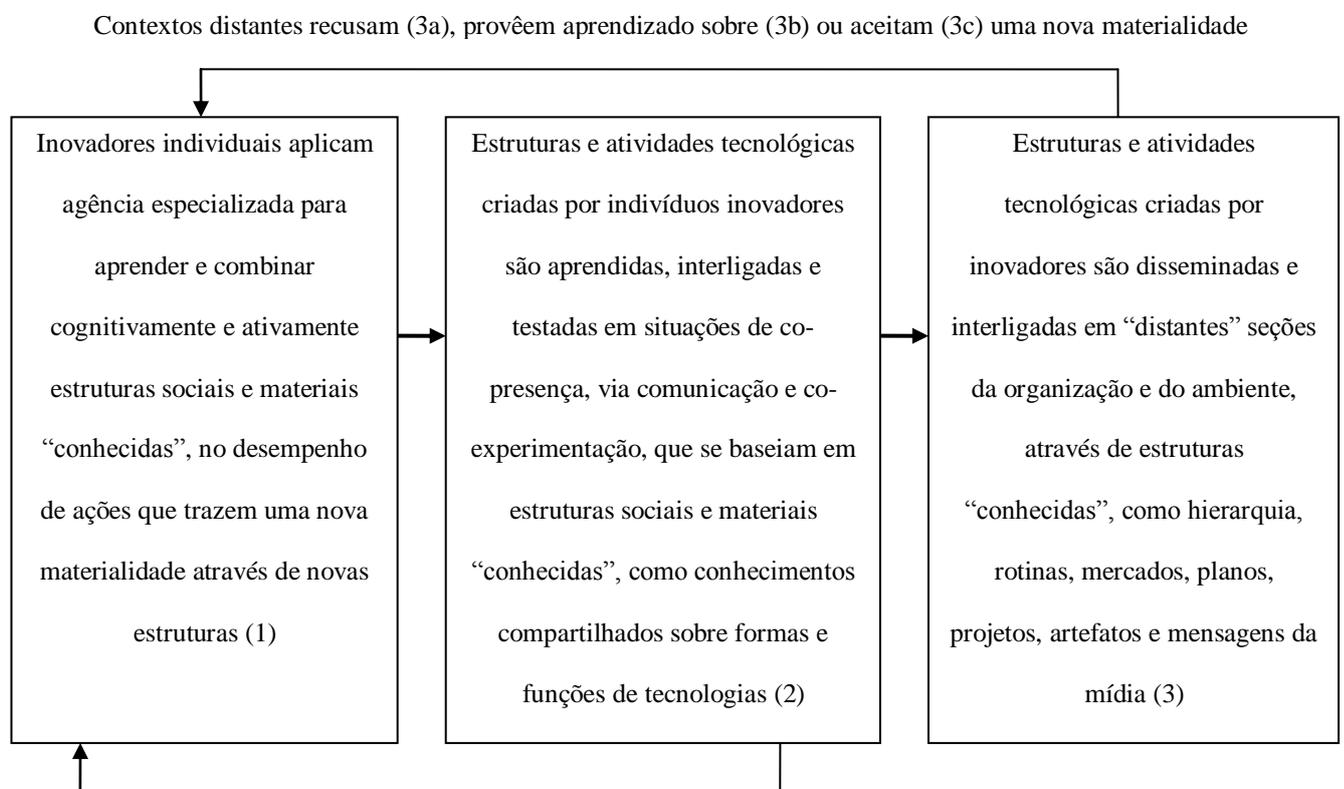
A terceira sub-inovação identificada refere-se à substituição de equipamentos de irrigação movidos a diesel por equipamentos elétricos. Motivada pelo baixo custo de sua própria energia e da manutenção de equipamentos elétricos, em 2000 a empresa Alpha iniciou investimento em linhas internas de transmissão de energia e irrigadores elétricos, expandindo a sua área irrigada por meio de energia elétrica de zero em 2000 para em torno de 35% em 2008. O uso de equipamento elétrico na irrigação também diminuiu as emissões, o ruído e o nível de interrupções da irrigação.

### **3.5.2 O modelo de inovação agência-materialidade**

A Figura 3 apresenta ações relacionadas à inovação tecnológica como um processo de agência-materialidade composto por sub-processos abertos e realimentações específicas, instanciados por membros organizacionais os quais produzem e reproduzem ações em contextos dinâmicos. A partir do momento em que processos sociais podem ser não-lineares e sujeitos a variações complexas e realimentações (Corbin & Strauss, 2008), o modelo deve ser visto como “ações/interações/emoções em curso, tomadas em resposta a situações, ou problemas, frequentemente com o propósito de alcançar um objetivo ou de lidar com um problema” (Corbin & Strauss, 2008, pp. 96-97).

Baseando-se na Teoria da Estruturação, este modelo apresenta a inovação tecnológica como a produção de novas estruturas (conhecimento, normas e formas de comando sobre pessoas e coisas) utilizadas para desempenhar ações as quais trazem como consequência um

novo produto ou processo dotado de nova materialidade. A partir do momento em que tecnologia ou outro tipo de estrutura social ou material é uma “ordem virtual” (Giddens, 1984; Orlikowisk, 2000), a produção de estruturas é sempre conduzida por agentes individuais. Entretanto, o aprendizado e o desenvolvimento individual de estruturas podem ser recusados, estimulados ou aceitos em contextos sociais (ver os tipos de realimentação na Figura 3). Assim, o modelo apresenta a produção e a difusão de novas estruturas tecnológicas em três contextos: (1) individualmente, (2) em situações de co-presença e (3) em “distantes” contextos da organização e de seu ambiente.



Interagentes recusam (2a), provêem aprendizado sobre (2b) ou aceitam (2c) uma nova materialidade

*Figura 3.* O modelo agência-materialidade de inovação

No primeiro nível, indivíduos inovadores produzem estruturas e ações úteis para o desempenho de nova tecnologia. Para produzir novas estruturas e ações, um indivíduo combina estruturas previamente dominadas, incluindo as que apresentam um caráter objetivo, aqui denominadas de “estruturas conhecidas”. Estruturas conhecidas são aqueles conceitos, fatos e artefatos percebidos como reais ou concretos. Mesmo que recentemente aprendidos, estruturas conhecidas são percebidas como estruturas reproduzidas. Neste contexto, o argumento central deste artigo é que a materialidade ou o aspecto material de um objeto ou

processo tecnológico, usado em ou resultante de inovação, deve ser considerado como um tipo particular de estrutura conhecida.

A criação de uma nova estrutura ou ação tecnológica por um membro organizacional representa um “fragmento de narrativa”, o qual contribui para formar uma nova tecnologia completa como uma “narrativa em rede” (Pentland & Feldman, 2007). Na empresa Alpha, novas estruturas e ações tecnológicas apresentaram formatos específicos: conceitos, idéias, decisões, planos, projetos, artefatos, normas, e conhecimentos tácitos e explícitos utilizados no desempenho de novas tarefas ou rotinas tecnológicas. A partir da criação individual destas estruturas e ações, foram necessárias interações para disseminá-las e ligá-las, representadas no modelo pelos outros dois níveis de atividades. O segundo nível de atividade, a aprendizagem e a difusão de estruturas e ações em situações de co-presença, é baseado no conceito estruturacionista de “integração social” (Giddens, 1984). De acordo com este conceito, para existir um sistema social necessita ser produzido e reproduzido em situações de co-presença, as quais são interações diretas, face a face ou mediadas por tecnologias da informação e da comunicação (Giddens, 1984; Orlikowski, 2000), onde interagentes monitoram reflexivamente a espacialidade e a temporalidade de seus e de outros corpos. Forças-tarefa e rotinas são exemplos deste tipo de interação.

O terceiro nível de atividade, o aprendizado, a ligação e a disseminação de estruturas e ações entre contextos distantes, mostra que estruturas e consequências de ações podem fluir em contextos não diretamente controlados por seus desenvolvedores. Esta atividade também se baseia em um conceito estruturacionista: a noção de “integração sistêmica” (Giddens, 1984, p. 192). De acordo com este conceito, um sistema social existe apenas se as atividades de seus integrantes provêm realimentações que admitem a continuidade da reprodução do sistema através de tempos e espaços estendidos. Por exemplo, os resultados de um novo projeto de engenharia devem fluir e ser aceitos por consumidores para se tornarem estruturas de uma nova prática organizacional.

São discutidas abaixo as formas como ocorreram, na empresa Alpha, cada um dos sub-processos que formam o modelo proposto.

### ***3.5.2.1 Aprendendo e desenvolvendo individualmente novas estruturas e ações tecnológicas***

O processo de inovação que resultou na inauguração e operação da planta de geração de energia renovável na empresa Alpha foi iniciado a partir de processos distribuídos de

aprendizagem e criatividade, necessários para o desenvolvimento de novas estruturas tecnológicas relacionadas com a produção de energia para exportação, venda de créditos de carbono e mudança no sistema de irrigação da Empresa. Estes processos de aprendizagem e criatividade ocorreram a partir do momento em que membros organizacionais e consultores vivenciavam as atividades diárias da empresa e receberam sinais vindos do ambiente industrial, desenvolvendo assim conhecimento conceitual e prático sobre estruturas materiais e sociais ligadas à geração e ao uso de energia elétrica.

Assim, através da agência individual, estruturas sociais e materiais conhecidas foram aprendidas, para serem combinadas em ações que resultaram uma nova materialidade tecnológica, quando comparada às práticas organizacionais vigentes. Por exemplo, alguns dos principais gerentes aprenderam sobre uma nova possibilidade institucional, admitida a partir de um conjunto de leis que passou a permitir a exportação de energia elétrica por produtores brasileiros de açúcar e álcool, e combinaram este aprendizado com a existência de equipamentos mais eficientes, para propor a exportação de energia. Como colocado pelo gerente do Sistema de Gestão Integrada (área ambiental):

... desde 1980 a usina é auto-suficiente em energia. Quando a gente fala em cogeração, é a possibilidade de vender o excedente [de energia]. Porque antes de 2001 não podia vender o excedente .... E aí eles [governo] soltaram uma legislação que permitiram produtor independente. Aí que era o problema: vender para quem? .... Porque para a nossa necessidade interna, nós não precisamos de um gerador dessa capacidade. Aí que vem aquela coisa de inovação, de ser pioneiro. Nós traçamos o nosso planejamento de vc montar uma estrutura de geradores muito acima da nossa capacidade de suprimento. Não era porque nós precisávamos, mas nós estávamos apostando nesse mercado de excedente de energia.

Não obstante esse depoimento indicar que idéias sobre uma nova tecnologia podem ser discutidas socialmente (representando as próximas fases do modelo proposto), a importância do envolvimento distinto do corpo de gerentes também indica a necessidade da tomada de decisão individual na inovação. Em outras palavras, a nova materialidade tecnológica foi cognitivamente e ativamente desenvolvida e decidida por um ou mais indivíduos antes desta ser reproduzida coletivamente. Esta agência individual envolveu não apenas poder, mas também especialização, pois alguns agentes estavam em melhores condições do que outros para manipular e combinar estruturas conhecidas específicas. Isso foi sugerido pelo supervisor de automação, quando descreveu como a nova planta foi imaginada por um consultor externo:

Aquela central elétrica ali foi muito bem planejada .... Ali tem os dois geradores, turbina e geradores .... Só que a turbina de condensação tem um equipamento a mais, que é o condensador. Então não sei se você percebeu ali, tem um desnível, dos equipamentos, e ali tinha um barranco. Então o que ele [consultor] já visualizou lá? Aqui eu faço o gerador de contrapressão, eu monto aqui, e aqui em um nível mais baixo eu monto o de condensação. Quando ele foi ao local, visualizou aquilo lá e falou “olha, tudo certo”.

Assim, o consultor acima referenciado aprendeu e manipulou cognitivamente estruturas conhecidas, representadas pelas materialidades do local e de novos equipamentos, de uma forma a combiná-los para criar uma nova tecnologia e, conseqüentemente, nova materialidade. Este tipo de especialização, apresentada pelo consultor, é desenvolvida a partir da experiência individual, sendo também necessária para a implementação e o uso de tecnologia. Este fato pode ser compreendido a partir da resposta dada pelo coordenador da planta de geração de energia, quando questionado a respeito das conseqüências desta nova planta:

... eu acompanhei essa montagem, fiz essa montagem, aumentei o meu conhecimento .... Quando você faz uma montagem, de equipamento, você passa a conhecer aquele equipamento todo. É diferente de que uma pessoa entrar e já pegar o equipamento operando. Então isso aí que é o diferencial. [A pessoa] não sabe algumas coisas que eu sei: a questão da fundação, a questão da montagem, que tipo de material foi usado, porque foi usado aquele material.

Assim, existe uma profunda relação entre agência especializada e a instanciação e a combinação de estruturas materiais e sociais relacionadas à tecnologia. Na empresa Alpha, agentes especializados combinaram prévias estruturas materiais e sociais conhecidas, como a ineficiência de equipamentos obsoletos, características físicas de novos equipamentos e da empresa, um incipiente mercado de energia e de emissões, recursos financeiros disponíveis e o crescimento da linha de produção para desenvolver novos cenários sociais e materiais, representados pela exportação de energia, inauguração de uma nova planta, comercialização de créditos de carbono e irrigação elétrica. Entretanto, embora baseada nos indivíduos, a natureza distribuída da inovação, evidenciada neste caso particular, reforça o senso de que a comunicação e as múltiplas experiências aumentam o aprendizado e as chances de inovação tecnológica (Hargadon & Fanelli, 2002; Nooteboom, 2000). Através da comunicação e da co-experimentação, idéias, projetos, decisões, artefatos e práticas relacionadas com uma nova

materialidade puderam ser ligadas, transmitidas e testadas coletivamente em contextos sociais, como abordado a seguir.

### ***3.5.2.2 Aprendendo, difundindo e ligando novas estruturas e ações em situações de co-presença***

Para originar uma nova tecnologia, agentes inovadores devem ligar suas novas estruturas e ações em situações de co-presença formais e informais, onde pares podem aprender, avaliar, imitar, suportar, transformar ou recusar estas estruturas e ações. Assim, embora o modelo de inovação proposto reforce a perspectiva estruturacionista, onde o indivíduo sempre instancia a tecnologia durante a inovação, o que é adicionado aqui a este quadro é a evidência que uma nova tecnologia pode ser comunicada ou co-experimentada, também através de estruturas sociais e materiais conhecidas. No caso investigado, conhecimentos especializados prévios sobre formas e funções de tecnologias foram as estruturas conhecidas mais utilizadas na comunicação e experimentação social de novas tecnologias. Por exemplo, conceitos como “o nível de energia exportada” foram utilizados por interagentes para direcionar a cognição uns dos outros na direção da nova tecnologia, a qual então podia ser transformada em conhecimento coletivo. Em outras palavras, aspectos sociais e materiais da nova tecnologia foram transmitidos mediante a utilização de estruturas conhecidas que permitiram a comunicação e a co-experimentação. Esta transmissão da nova tecnologia foi ilustrada pelo gerente industrial:

... a equipe [responsável pela inovação] é pequena, então a gente tem que aprender de tudo. Tanto o contrato, quanto o projeto, a interligação que tem da consultoria para a [Alpha], então, essa interface de elaboração do projeto .... Então a consultoria faz o projeto preliminar, a gente comenta, e vai até a gente certificar o projeto.... Os projetos são todos discutidos, todo mundo participa do projeto.

Algumas situações de co-presença relevantes que subsidiaram a discussão de novos projetos pertenciam ao ciclo de planejamento estratégico da empresa, onde os gerentes principais discutem o futuro da empresa formalmente. Variações do comentário de que “tudo começa no planejamento estratégico” foram ditas em quase todas as entrevistas. A inovação tecnológica foi discutida nas reuniões de planejamento porque isto envolvia a alocação de recursos caros e apresentava um caráter sistêmico que afetou muitas áreas e, assim, tudo deveria ser coordenado e negociado. Como explicado pelo gerente industrial:

... para gerar energia, você precisa de cana, durante a safra .... Precisa aumentar a cana-de-açúcar, precisa aumentar a destilaria, a fermentação. Agora, para atender a energia, nós fizemos todo um planejamento, a partir de 2002, nós fizemos um plano de ação.

Assim, esse “plano de ação” representou uma estrutura simbólica e sintética relacionada com uma nova materialidade, formada a partir de estruturas conhecidas, como o nível e o perfil da produção. A partir do momento em que o conhecimento de uma organização é distribuído entre seus membros (Nonaka & Toyama, 2007; Tsoukas, 1996), no caso investigado a nova tecnologia teve que ser simulada em planos e projetos de maneira a permitir que agentes dispersos pudessem a compreender, modificar, negociar, produzir e reproduzir em situações de co-presença.

Situações de co-presença também foram necessárias para permitir aprendizagem individual, como colocado por um consultor em MDL:

Na verdade, para cada projeto a gente tem um engenheiro dedicado .... Claro que se ele tiver dificuldade em um item que outro engenheiro tenha maior conhecimento, naquele aspecto ele pode [consultá-lo], enfim, é uma interação, é um grupo, mas, tem um líder. Um engenheiro líder, no projeto.

Na empresa Alpha, situações de co-presença foram importantes não apenas nas tarefas de concepção da inovação, mas também durante a prática com a nova tecnologia. De maneira a colocar em prática a nova tecnologia, conhecimento especializado foi provido mediante interações entre membros organizacionais e fornecedores de novos equipamentos, em “operações assistidas”. O gerente industrial descreveu assim este tipo de operação:

Na verdade, quando a gente vai comprar o equipamento, a gente já compra o equipamento com esse treinamento .... Então o fornecedor vem, monta o equipamento, aí a gente faz o *startup* ... faz os testes, o condicionamento de testes, “parte” a máquina, e depois fica ali, 15, 20 dias, dependendo da máquina, até 30 dias, em operação assistida. Que é fazendo um treinamento. Porque ele [o fornecedor] tem que treinar o pessoal de um turno, do segundo turno, terceiro turno. A gente tem que reservar esse pessoal, para tirar o conhecimento da máquina.

Nesse depoimento, “tirar o conhecimento da máquina” significa compreensão, por parte de usuários da tecnologia, de estruturas conhecidas (funções e formas da tecnologia) previamente desenvolvidas por desenvolvedores de equipamentos. Embora em uma perspectiva estruturacionista o uso de um equipamento seja sempre único e adaptado às

circunstâncias, com nenhuma “extração” de conhecimento, estruturas conhecidas tiveram que ser aprendidas, incluindo as de natureza material. Neste caso, processos de aprendizado dos tipos “aprender fazendo” e “aprender por interação”, vivenciados por montadores e usuários de tecnologia, foram também permitidos pelo domínio de conhecimentos prévios sobre eletricidade e sistemas de informação, os quais foram recombinaados no desenvolvimento de novos conhecimentos tácitos e explícitos necessários em operações de produção de energia. Este desenvolvimento de conhecimento prático pode ser observado a partir do trecho transcrito abaixo, no qual um operador de geração de energia explica sua obtenção de habilidades tecnológicas:

... eu vim para cá [planta de geração de energia] e aprendi com o operador que já trabalhava aqui na área .... [O operador] me mostrou tudo da turbina e do gerador, que era o conhecimento que ele tinha .... Ele ficou um período me passando as informações, e depois deste período eu fui executando e ele foi olhando .... Eu falava: “agora eu vou fazer e você fica me olhando porque às vezes eu estou errado e você me fala: não faz isso não que está errado”.

Se existe algo “errado” a ser evitado, significa que estruturas sociais e materiais conhecidas foram ensinadas e aprendidas para serem, depois, reproduzidas em uma prática coletiva. Também é possível concluir, do trecho acima, que o instrutor proveu realimentações (2a e 2b, na Figura 3), até que a nova materialidade apresentada pelo novo operador fosse aceita (2c, na Figura 3). A partir do momento em que a tecnologia é sempre instanciada na prática, e a partir do momento em que o novo operador teve que desenvolver suas próprias novas estruturas na prática, este último também se configura como um inovador.

### ***3.5.2.3 Disseminando e interligando as estruturas e ações de inovadores em contextos distantes***

Embora a criação individual e as situações de co-presença sejam essenciais pra a emergência coletiva de uma nova materialidade tecnológica, estas condições não são suficientes. No caso investigado, novos conceitos, idéias, decisões, artefatos, projetos e práticas tecnológicos tiveram também que ser ligados e disseminados em contextos não controlados diretamente por seus desenvolvedores. Em geral, este tipo de disseminação e interligação ocorre quando uma situação de co-presença leva a consequências distantes dela mesma, como por exemplo nos casos em que um comando flui pela hierarquia ou quando um

novo produto flui da linha de produção para o mercado. Em outras circunstâncias, agentes aprendem a partir de contextos distantes, como alguns gerentes na empresa Alpha, que aprenderam a respeito de novos equipamentos através de mídia especializada. Entretanto, nestes e em outros casos é possível argumentar que este tipo de disseminação novamente envolve estruturas sociais e materiais conhecidas, como linguagem comum, rotinas, hierarquias, ciclos de planejamento e canais de distribuição.

No caso investigado, os exemplos mais evidentes de disseminações e interligações distantes são representados pelos fluxos e transformações de projetos de engenharia e de MDL através de inúmeras situações, tais como: compras e instalação de equipamentos e avaliações governamentais. Outro exemplo interessante foi o fluxo de contratos de venda de energia, os quais contribuíram para ligar os prováveis investimentos e produtos da inovação com sua latente demanda. Como explicado pelo gerente industrial:

Você não pode entrar em um jogo deste sem ter um plano de viabilidade econômica. Tem contratos. Por exemplo, no caso da geração de energia, o que viabilizou o contrato, o que viabilizou aqui de fazer o investimento, foi ter o contrato de garantia por 12 anos, 10 anos, com a [companhia de distribuição de energia elétrica].

Desta forma, cálculos e projeções unificados, tais como planos, projetos e contratos, foram utilizados como instrumentos de comunicação e alocação entre indivíduos localizados em contextos distantes, e estruturas conhecidas facilitaram tais formas de comunicação e alocação. Por exemplo, na empresa Alpha, o desenho de planos e de projeções foi suportado por uma área específica: a Controladoria. Esta área agrega informações sobre custos e desempenhos de todas as áreas da empresa (através de TI) e, desta forma, alimenta o planejamento com indicadores de operações passadas (um tipo de conhecimento compartilhado). Este fato não apenas torna claro o quão importante são as estruturas conhecidas (e.g., indicadores) na produção de novas estruturas (e.g., planos), mas também mostra como específicas situações de co-presença, neste caso representadas pelas rotinas da Controladoria, podem disseminar fragmentos de uma materialidade em desenvolvimento. O gerente de controladoria explicou assim seu papel no planejamento:

Não é que eu levo as informações. O planejamento estratégico é para fundamentar, ali vão surgir as informações. ... é feito um planejamento estratégico, sai as diretrizes principais, e aí na hora que o cara [gerente] vai fazer o orçamento, aí sim ele vai precisar disso [informações de indicadores passados].

A disseminação e a ligação de estruturas e atividades em contextos distantes foram importantes em todas as fases de desenvolvimento, montagem e prática da nova tecnologia. Projetos e planos tiveram que fluir de tal modo que poderia envolver agentes especializados que possuíam maior conhecimento em determinadas questões tecnológicas, capacitando-os assim a agregar nova materialidade na tecnologia em formação (realimentação 3b, na figura 1). Como explicou o gerente industrial:

A gente contratava a consultoria pra poder fazer, são várias consultorias. A que vai fazer o projeto de implantação, a que vai fazer o de viabilidade, a que tem processo, a geração de energia e vapor, enfim, toda essa interação. Integra esse pessoal, faz a viabilidade econômica, faz as estimativas .... Deu certo? Deu, então vamos partir pra fazer o projeto de instalação. Fazemos o projeto de instalação, aí nós começamos a envolver esse pessoal que está mais abaixo .... por exemplo, o departamento de mecânica acompanha os projetos da mecânica, vamos dizer, a equalização técnica da compra do equipamento mecânico, as fabricações, etc. A [área] elétrica, mesma coisa: inspeções de equipamentos, motores, geradores, a parte elétrica, painéis, transformadores, etc e tal.

Finalmente, na empresa Alpha, os principais resultados da inovação, consistindo basicamente de redução de emissões e geração de eletricidade, tinham também que ser aceitos pelo ambiente da empresa, o qual estimulou o aumento da produção de energia (representado pela realimentação 3c, na Figura 3), e trouxe significativos retornos financeiros para os proprietários da empresa.

## **3.6 Discussão**

### **3.6.1 Ajustando a teoria da estruturação para incluir a materialidade**

Neste artigo foi desenvolvido, a partir de um estudo de caso baseado na *grounded theory*, um modelo que apresenta a inovação tecnológica como constituída por atividades de agência-materialidade. A inovação tecnológica foi então concebida como um processo complexo no qual as “novas combinações de modos de produção” (Schumpeter, 1961, p. 66) são conduzidas apenas por indivíduos, os quais produzem novas estruturas e ações na direção de uma nova tecnologia. Este desenvolvimento de tecnologia ocorre de forma distribuída (Buchanan et al., 2007; Tsoukas, 1996) e é baseado na capacidade de indivíduos em (1) interagir recursivamente consigo mesmos e com seus ambientes para aprender estruturas conhecidas e combiná-las para desenvolver novos conceitos, decisões, projetos, artefatos e

práticas tecnológicas, (2) dirigir a cognição de pares em situações de co-presença através de estruturas conhecidas para fazê-los entender e experimentar uma nova tecnologia, e (3) disseminar e interligar novas estruturas e ações tecnológicas entre contextos não controlados diretamente, também com a ajuda de estruturas sociais e materiais conhecidas. Assim, através de mecanismos individuais e de interação uma nova tecnologia vai sendo criada por uma miríade de indivíduos e a partir de estruturas passadas na medida em que o processo de inovação avança e ocorrem múltiplas realimentações. Em outras palavras, fragmentos de uma nova tecnologia são criados individualmente a partir da combinação de estruturas conhecidas, para tornarem-se também (novas) estruturas conhecidas as quais podem alimentar novamente o processo criativo. Embora seja um processo complexo, a partir do caso investigado é possível verificar que agentes envolvidos com a nova tecnologia a percebem como a concretização social e material de idéias, aspirações e experimentações e, desta maneira, o processo de inovação aqui descrito unifica aquilo que é sentido por participantes de um fenômeno social com aquilo que pode ser abstraído a partir deste fenômeno, apresentando então um caráter sociológico (Giddens, 1984).

O modelo proposto reforça a perspectiva estruturacionista da tecnologia, pois a agência humana individual está sempre presente, através de aprendizado, instanciação e combinação de estruturas conhecidas no desenvolvimento individual de tecnologia, ou através do estabelecimento de ligação e difusão de estruturas e ações tecnológicas em interações diretas ou indiretas. Esta agência pode ser produtiva, no caso de inovação, ou reprodutiva, no caso de execução de rotinas após a inovação.

O modelo proposto também contribui para a perspectiva estruturacionista da tecnologia, mostrando que a materialidade está sempre presente, representando um tipo específico de estrutura conhecida, a qual pode ser combinada cognitivamente e praticamente por indivíduos para formar idéias, decisões, projetos, artefatos e práticas, e utilizada para comunicar e disseminar estes elementos. Em inovação, agentes são permitidos e restringidos pelas essências e combinações possíveis de estruturas materiais conhecidas, as quais em geral representam formas e funções estáveis de tecnologias previamente existentes. Por exemplo, no caso investigado, o conhecimento técnico prévio, as características do lugar onde a tecnologia iria funcionar e as características e funções de equipamentos novos e obsoletos representam estruturas materiais *hard*, combinadas e comunicadas por agentes para formar novos projetos, decisões, planos e ações tecnológicas.

Dessa maneira, a partir da crítica de Orlikowski (2007, 2010), de que estudos estruturacionistas têm ignorado a materialidade, nosso modelo contribui de maneira única

para a compreensão da inovação tecnológica. De acordo com o estudo conduzido, a materialidade da tecnologia é uma estrutura que respeita o princípio da dualidade da estrutura de Giddens (1984): a materialidade é um elemento a ser combinado em inovação (como uma estrutura conhecida), e ao mesmo tempo é característica de uma nova tecnologia (como uma nova estrutura).

A investigação aqui conduzida sugere direções futuras para pesquisas estruturacionistas em inovação. Pesquisas a respeito do papel ativo da agência no desenvolvimento e na institucionalização de inovações tecnológicas ainda se encontram em um estágio inicial, e de particular importância são os esforços para se compreender como indivíduos aumentam seus conhecimentos especializados a respeito de formas e de funções de artefatos tecnológicos (e.g., Faulkner & Runde, 2009). Como sugerido por este estudo de caso, este tipo de investigação deveria focar na aprendizagem especializada e na inovação cognitiva e experiencial, conduzidas por indivíduos, e em processos de interação humana, formais e informais. Como inovadores deveriam gerenciar agência especializada, interdependente e, muitas vezes, única, e processos de troca e de difusão de conhecimento, de maneira a proporcionar inovações às suas organizações, se torna aqui a questão central.

### **3.6.2 A insuficiência de mecanismos de inovação evolucionistas**

Como apontado anteriormente, a perspectiva evolucionista considera processos padronizados e coletivos como, por exemplo, as capacidades dinâmicas, como sendo as unidades ou os mecanismos responsáveis pela inovação nas organizações. Desafiando este tipo de argumento, o modelo aqui proposto não apresenta uma unidade coletiva de “variação” para a inovação, mas sim agência individual e interações sociais, estas últimas também resultantes da agência individual. Embora as rotinas de planejamento estratégico e a área de controladoria da empresa investigada possam ser consideradas como capacidades importantes na condução da inovação tecnológica, ambas a produção e a disseminação de novas estruturas e ações tecnológicas não podem ser reduzidas a alguns tipos de processos coletivos padronizados. Ao contrário, a mudança observada envolveu formas de comunicação, alocação e comando não padronizadas e muitas vezes únicas, que demandaram interpretações de ambientes internos e externos e criatividade individuais. Embora ao final do processo resultou-se em uma complexa atividade coletiva, a essência do processo de mudança está na capacidade individual de criar, disseminar, combinar, ligar e aprender fragmentos de uma nova tecnologia, cognitivamente e ativamente.

Além disto, esta investigação reforça o senso de que aquilo que é conhecido como mecanismo de inovação ou capacidade dinâmica é, na verdade, estrutura social conhecida instanciada na prática por indivíduos (Orlikowski, 2002; Ringberg & Reihlen, 2008). Inclusive, é possível argumentar que este tipo de estrutura social representa um ou dois dos contextos coletivos do modelo proposto de uma forma padronizada, no sentido de facilitar a ligação e a disseminação de conhecimento individual e a experimentação social em processos de inovação. Entretanto, este tipo de rotinização não lida com a efetividade do conteúdo do conhecimento relacionado com uma inovação específica. Na empresa investigada, o calendário, as reuniões e as tarefas relacionadas ao planejamento estratégico podem ser vistas como estruturas sociais conhecidas, na forma de conhecimento compartilhado, que facilitaram a agregação de idéias e projetos necessários para a alocação de recursos pertinentes à criação da nova planta. Porém, a mais significativa parte do conhecimento necessário à inovação foi introduzida por agentes especializados, como gerentes e consultores externos, os quais tinham acumulado conhecimento a partir de suas trajetórias profissionais e acadêmicas únicas, e a partir do monitoramento do ambiente, marcados por processos cumulativos e mesmo ocasionais de aprendizagem individual. Em outras palavras, processos sociais padronizados, tais como capacidades dinâmicas, não necessariamente garantem a efetividade da aprendizagem, do conhecimento e da criatividade individuais, elementos essenciais para a inovação.

Para lidar com tal complexidade, é sugerido aqui que a futura pesquisa evolucionista traga a agência de volta, e considere a relação entre agência e estrutura como a unidade básica de variação, seleção e retenção, analisando sua transformação. Por exemplo, se o uso de “designs dominantes” for considerado como a reprodução de estruturas conhecidas “compartilhadas”, e o desenvolvimento de idéias, protótipos e tecnologias como a produção de novas estruturas distribuídas, a agência humana poderia entrar no arcabouço evolucionista. Embora seja aqui reconhecido que a combinação de *insights* estruturacionistas e evolucionistas representa um desafio, visto que a Teoria da Estruturação representa crítica ao evolucionismo (Giddens, 1984), é possível concordar com Nelson (2006) quando afirma que, se conceitos evolucionistas forem aplicados de uma maneira mais solta, reconhecendo que mecanismos de variação e seleção no mundo social são bem diferentes daqueles encontrados na biologia, a teorização evolucionista poderá avançar.

### 3.7 Conclusões

A partir de um estudo de caso que se utilizou do método *grounded theory*, neste artigo foi desenvolvido o modelo “agência-materialidade” de inovação tecnológica, o qual reforça e ajusta a visão estruturacionista da tecnologia e desafia *insights* evolucionistas. Os resultados sugerem que agência humana e materialidade estão sempre presentes no desenvolvimento de uma nova materialidade, em diferentes contextos ou níveis de análise: criação e aprendizagem individuais, interações em co-presenças e ligações e disseminações distantes. Além disto, o estudo mostrou que as noções de mecanismos de inovação ou de capacidades dinâmicas são incompletas, pois não consideram em suas explicações a agência humana e a efetividade do conteúdo do conhecimento.

O modelo agência-materialidade aqui desenvolvido sugere investigações relacionadas à capacidade autopoiética de indivíduos para interagir consigo mesmos e com seus ambientes de maneira a produzir conceitos e ações adaptativas (Maturana, 1980a; 1980b; Maturana and Varela, 1980), e a transmitir e ligar estes novos conceitos e ações através de conhecimento compartilhado ou outras estruturas comuns (Giddens, 1984), incluindo estruturas organizacionais formais e informais. É destacado aqui que apenas perspectivas que unifiquem ambos os conteúdos e desenvolvimentos de conhecimento podem ser capazes de desvendar como a inovação tecnológica funciona em organizações, e como pode ser gerenciada.

#### **4. Estudo III: A Pesquisa em Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, Transferência de Tecnologia e Desenvolvimento Sustentável: Evidências a Partir de um Estudo de Caso Brasileiro<sup>5</sup>**

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) foi criado com o duplo objetivo de admitir que empreendimentos específicos em países em desenvolvimento reduzam emissões de carbono para empresas e países desenvolvidos, enquanto promovem o desenvolvimento sustentável em suas regiões. A partir do primeiro projeto registrado no MDL, em 2005, até os 2256 projetos registrados em 2010, o número e os tipos de projetos de MDL têm se elevado significativamente. Esses números resultaram em um fenômeno que pode ser visto, ao menos de um ponto de vista otimista, como uma grande onda de inovação em tecnologias ambientalmente sustentáveis. Assim, empreendimentos ou projetos de MDL têm emergido como uma área relevante de investigação social, até por causa de suas controvérsias. Por exemplo, se empreendimentos de MDL são opções limitadas para reduções de emissão de baixo custo inicialmente utilizadas por países desenvolvidos, existe o risco de os países em desenvolvimento enfrentarem opções de redução de emissões de alto custo, se estes países começarem a ter suas próprias obrigações de reduções (Muller 2007). Além disso, ainda não está claro se projetos de MDL podem gerar externalidades negativas para suas regiões (Ellis et al., 2007; Muller, 2007).

A partir desta relevância acadêmica, a proposta deste artigo é apresentar evidências de que a natureza atual da pesquisa em MDL é de certa maneira insuficiente, a partir do momento em que vem apresentando apenas características positivistas. A crítica aqui não é que a pesquisa positivista não traz descobertas e insights valiosos ao tema, mas sim que apenas uma abordagem positivista pode distorcer o fenômeno MDL. É reconhecido aqui que, a partir do momento em que a atividade de MDL é um fenômeno global, a pesquisa positivista e quantitativa pode prover uma explicação geral das características e fatores de influência desses empreendimentos. Ao concentrar na difusão global de tecnologias de projetos de MDL e em seus impactos em variáveis ligadas à promoção do desenvolvimento sustentável, a pesquisa atual vem provendo insights valiosos sobre o impacto que a variação e a distinção das características de países hospedeiros e de tecnologias diversas causam na operação do MDL. Entretanto, tal pesquisa não pode prover uma descrição detalhada e contextual da complexidade deste fenômeno. Em outras palavras, pesquisas do tipo “como”, a

---

<sup>5</sup> Uma versão preliminar deste capítulo, escrita em inglês, foi submetida ao periódico *Energy Policy*.

respeito da emergência e efeitos de empreendimentos de MDL, não têm sido feitas, a partir do momento em que estas pesquisas demandam descrições detalhadas de processos e de relações, geralmente provenientes de investigações em profundidade, como estudos de caso, atualmente ausentes.

Assim, para ilustrar e parcialmente preencher esta lacuna teórica, são abordadas neste artigo, através de uma perspectiva metodológica diferente, duas questões de pesquisa em MDL centrais do tipo “como”. Primeiro, como uma tecnologia de MDL emerge? Segundo, como a emergência de uma tecnologia relacionada ao MDL influencia a sustentabilidade? Para responder a estas questões, foi conduzido um estudo de caso qualitativo, baseado no método *grounded theory* de análise, para investigar a emergência de uma tecnologia de geração de energia renovável em uma empresa brasileira sob o esquema de MDL. Durante a condução desta investigação, o inter-relacionamento entre dados empíricos e insights teóricos permitiu a descrição de um modelo de inovação baseado na capacidade de agentes distribuídos em desempenhar uma “bricolagem” (e não “transferência”) tecnológica, a partir de recursos ambientais, econômicos e sociais, os quais são tanto causa como consequência de ações sociais. Este modelo provê um esquema analítico para o MDL e desafia descobertas e procedimentos específicos da pesquisa atual a respeito do tema; mais precisamente, a importância do próprio esquema de MDL na criação de inovações e a efetividade das investigações atuais sobre o impacto de projetos dessa natureza no desenvolvimento sustentável.

#### **4.1 A Pesquisa Atual em Transferência de Tecnologia e Desenvolvimento Sustentável no MDL**

A partir do momento em que uma revisão completa da pesquisa em MDL está muito além do escopo deste artigo, esta seção se concentra em estudos empíricos recentes e representativos sobre o potencial deste mecanismo na promoção de transferência de tecnologia e de desenvolvimento sustentável. Estudos nesta área geralmente envolvem uma revisão da literatura relevante para identificar fatores associados à transferência de tecnologia e desenvolvimento sustentável, e posterior verificação destes fatores em projetos de MDL, em geral com base em dados secundários disponíveis publicamente a partir de DCPs (Documentos de Concepção dos Projetos) submetidos à Gerência Executiva do MDL vinculada à UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*). No mais, em geral esses estudos comparam projetos em relação aos seus distintos tipos de tecnologias,

países e participantes, de maneira a deduzir como estas variáveis impactam os potenciais de transferência de tecnologia e de desenvolvimento sustentável de projetos de MDL. Assim, este tipo de pesquisa objetivamente separa o conhecimento sobre o objeto de pesquisa (i.e., as variáveis relacionadas com transferência de tecnologia e desenvolvimento sustentável) dos “conhecedores” (i.e., participantes de um projeto de MDL), em um claro procedimento positivista (Lincoln & Guba, 2000).

Com relação à transferência de tecnologia em MDL, quatro recentes estudos empíricos (Dechezleprêtre, Glachant, & Ménière, 2008; Schneider et al., 2008; Seres, Haites & Murphy, 2009; Wang, 2010) cobrem o processo evolutivo deste tipo de investigação. O estudo conduzido por Dechezleprêtre et al. (2008) utilizou uma base de dados de 644 projetos de MDL e foi o primeiro a apresentar tanto uma estatística descritiva quanto uma regressão significativa relacionadas à transferência de tecnologia. Este estudo descreve que a porcentagem de projetos que apresentam transferência de tecnologia (conhecimento e/ou equipamentos provenientes do exterior) é de 43%, os quais representam 84% das esperadas reduções de emissões provenientes dos projetos. Assim, projetos maiores apresentam maior potencial de transferência de tecnologia. Em geral, projetos do tipo “*end-of-the-pipe*”, que destroem ou evitam gases de efeito estufa a partir da saída de processos produtivos, apresentam alta incidência de transferência (69%). No setor de energia, projetos eólicos e solares apresentam uma alta taxa de transferência, enquanto projetos hidrelétricos e baseados em biomassa apresentam uma baixa taxa. Também foram encontradas diferenças significativas nas taxas de transferência entre países hospedeiros. Finalmente, o modelo econométrico de Dechezleprêtre et al. (2008) mostra que ser uma subsidiária de um país do Anexo 1 (países desenvolvidos, que firmaram o Protocolo de Kyoto e o esquema de MDL) aumenta a probabilidade de ocorrência de transferência de tecnologia. Esses autores também encontraram que as capacidades tecnológicas de países hospedeiros apresentam impacto positivo no nível de transferência em alguns setores, enquanto apresentam impacto negativo em outros.

A partir das evidências mencionadas acima, Seres et al. (2009) desenvolveram uma atualização empírica, com uma base de dados de 3296 projetos de MDL, enquanto Schneider et al. (2008) apresentam uma revisão do tema, também baseada em entrevistas com especialistas. A atualização mais relevante de Seres et al. (2009) é a descrição da tendência na transferência internacional de tecnologias de MDL. Esta tendência mostra que as emissões anuais de projetos de MDL que envolvem transferência de tecnologia têm caído (de 84% para 59%), e que quanto mais um país apresenta projetos de MDL de uma determinada tecnologia,

menor é a taxa de transferência internacional desta tecnologia. Assim, quanto mais uma tecnologia em MDL é desempenhada em um país, mais local, ao invés de internacional, a transferência de tecnologia se torna. Scheneider et al. (2008) complementa este quadro, argumentando que enquanto a infra-estrutura em MDL (e.g., existência de agências governamentais que gerenciam o processo) em geral é associada positivamente a um maior número de projetos de MDL em um país, o potencial de transferência de tecnologia varia de acordo com o tipo de tecnologia envolvida. Em alguns projetos do tipo “processo central”, que apresentam múltiplas fontes de receitas ou de redução de custos (i.e., não apenas créditos de carbono), como projetos de eficiência energética, “empresas locais frequentemente conhecem oportunidades e provedores locais de solução por si mesmas” (Schneider et al., 2008, p. 2926).

De maneira similar, utilizando-se de entrevistas com desenvolvedores de projetos de MDL e com tomadores de decisão governamentais em MDL, bem como da análise de documentos de concepção de projetos (DCPs), Wang (2010) mostra que um grupo de políticas nacionais pode impactar tanto positivamente quanto negativamente os níveis de transferência de tecnologia em projetos distintos. Por exemplo, enquanto políticas que visam proteger a indústria nacional podem desincentivar a transferência de tecnologias de MDL em setores já desenvolvidos, políticas energéticas específicas podem favorecer empreendimentos de energia renovável e suas taxas de transferência de tecnologia. Esse autor também encontrou evidências de que características específicas de tecnologias em projetos de MDL, como o nível de receita baseada em certificados de redução de emissões e a disponibilidade de tecnologia local, influenciam as taxas de transferência destas tecnologias.

Com relação ao impacto de projetos de MDL em variáveis ligadas ao desenvolvimento sustentável, estudos nesta área usualmente são baseados no argumento rotulado “corrida ao topo”: se as avaliações das contribuições ao desenvolvimento sustentável de projetos submetidos ao Comitê Executivo do MDL cabem aos governos de países hospedeiros, estes governos podem ser negligentes a respeito da multidimensionalidade e dos efeitos de longo prazo que caracterizam o desenvolvimento sustentável, em tentativas de atração de investimentos estrangeiros (Muller, 2007). A partir desta premissa, Olsen e Fenhann (2008) e Nussbaumer (2009) discutem e propõem metodologias para avaliar a contribuição para o desenvolvimento sustentável de projetos de MDL.

Olsen e Fenhann (2008) desenvolveram uma metodologia baseada na análise textual de DCPs, aplicando esta uma base de 744 projetos de MDL. Essa metodologia acessou 13 critérios agrupados em quatro categorias amplas que representam benefícios econômicos,

sociais, ambientais e “outros” (taxa para a sustentabilidade e responsabilidade social corporativa). Foi identificado que os benefícios mais comuns providos por projetos de MDL são empregabilidade, energia, crescimento e melhoria da qualidade do ar. De maneira similar ao que ocorre com a transferência de tecnologia, Olsen e Fenhann (2008) também identificaram que as contribuições feitas por projetos de MDL ao desenvolvimento sustentável variam muito entre diferentes tecnologias. Energia renovável não é o tipo de projeto que produz mais benefícios, mas sim projetos de redução de gás metano. Alguns tipos de projetos *end-of-the-pipe* usualmente entregam poucos benefícios, e pequenos projetos entregam uma proporção maior de benefícios sustentáveis do que projetos maiores.

Assim, na medida em que projetos de MDL variam significativamente em suas contribuições para a sustentabilidade, parece ser importante a construção de esquemas de avaliação homogêneos para projetos dessa natureza, para serem adotados em uma efetiva política para o aquecimento global (Ellis et al., 2007; Muller, 2007; Olsen & Fenhann, 2008). Por exemplo, é possível a utilização de rótulos internacionais (e.g., *The Gold Standard*), os quais, a princípio, poderiam garantir práticas de MDL apropriadas. Entretanto, Nussbaumer (2009) aplicou uma abordagem multi-critério (também baseada em DCPs) para comparar as contribuições feitas para o desenvolvimento sustentável de projetos rotulados e não-rotulados, identificando que a diferença entre esses projetos não é significativa. Em outras palavras, o problema sobre como medir o impacto de projetos de MDL no desenvolvimento sustentável permanece.

Assim, a partir de uma revisão da pesquisa atual sobre transferência de tecnologia e sustentabilidade em MDL, é observado aqui que esta pesquisa tem identificado a variabilidade problemática entre projetos de MDL em ambos os aspectos, mas tem falhado em mostrar as origens desta variabilidade. A natureza objetiva de tal pesquisa é baseada na opinião de especialistas no tema e na quantificação de aspectos de projetos de MDL disponibilizados em DCPs, desta maneira evitando uma descrição do processo de formação das tecnologias, bem como do impacto desta formação no desenvolvimento sustentável. Além disso, os mesmos autores da pesquisa atual sobre MDL têm apontado que o uso de DCPs em pesquisa pode ser problemático, visto que estes são projeções *ad hoc* e instrumentos de convencimento utilizados por proponentes de projetos (Dechezleprêtre et al., 2008; Schneider et al., 2008).

A partir destas limitações da abordagem positivista da pesquisa em MDL, é possível argumentar que se torna necessário a adoção de pesquisa qualitativa e em profundidade na investigação deste fenômeno, visando descrever a construção e o desenvolvimento de projetos

de MDL. Na próxima seção é apresentada uma base teórica apropriada para este tipo de pesquisa.

#### **4.2 Abordagens Sociológicas para a Mudança Tecnológica**

De maneira a construir um modelo de inovação que descreva a formação de um projeto ou empreendimento de MDL, é necessário o estabelecimento de uma base teórica distinta daquela apresentada por abordagens positivistas que exploram o fenômeno. Do inter-relacionamento entre a análise dos dados empíricos provenientes do estudo de caso aqui conduzido, e teorias sobre inovação revisadas durante a investigação, determinadas abordagens sociológicas para a mudança tecnológica foram escolhidas para basear o modelo aqui desenvolvido. Especificamente, três abordagens centrais suportam a investigação: (1) a noção estruturacionista de tecnologia, (2) a noção de tecnologia como “narrativa em rede” e (3) as especificidades de sistemas sócio-técnicos.

A perspectiva estruturacionista da tecnologia é sintetizada em DeSanctis e Poole (1994) e Orlikowski (1992, 2000, 2002), os quais se baseiam na Teoria da Estruturação (Giddens 1979, 1984). De acordo com esta perspectiva, a tecnologia não se configura como uma entidade objetiva, mas sim uma estrutura (i.e., um grupo de regras e de recursos) que guia a ação social. No momento da ação social, a estrutura é sempre “instanciada” pelo indivíduo, podendo ser tanto causa quanto efeito da ação social de outros indivíduos (Giddens, 1984). Assim, uma capacidade tecnológica em uma organização deve ser vista como um “conhecimento na prática” (Orlikowski, 2002), sempre dependente dos sujeitos que desempenham esta capacidade. A tecnologia pode prover algumas estruturas, através do “espírito” de suas características estruturais (DeSanctis & Poole, 1994, p. 126), mas a realização desta depende da agência humana, a qual dinamicamente constrói a tecnologia através da mediação entre estruturas e práticas, em atividades tanto inovadoras quanto repetitivas (Berends et. al, 2004; Orlikowisk, 2000).

No entanto, uma compreensão completa da tecnologia também requer um entendimento mais profundo sobre os aspectos materiais da tecnologia (Orlikowski, 2007, 2010). Para lidar com esta questão, o conceito de “narrativa em rede” (Pentland & Feldman, 2007) é aplicado aqui. Este conceito descreve a tecnologia como interconexões entre diferentes grupos de atividades ou estórias conectadas. Estas estórias conectadas são contadas e experimentadas por agentes humanos diversos, também envolvendo “atores não-humanos”. A partir desta perspectiva a tecnologia é dinamicamente recombinação: “Interconexões

diferentes fazem diferentes estórias, transformando o contexto e, desta maneira, a natureza das coisas que estão conectadas” (Pentland & Feldman, 2007, p. 781).

Assim, a tecnologia deve ser considerada não como uma entidade objetiva, mas sim como uma estrutura, instanciada na prática por agentes que podem combinar elementos (i.e., estruturas prévias) em novas formas. No entanto, a complexidade aumenta quando é observado que empreendimentos em MDL podem ser explicados também a partir de níveis de análise múltiplos. Para lidar com esta complexidade, é possível a adoção de alguns níveis de análise provenientes do conceito de “sistemas sócio-técnicos” (Geels, 2004). Sistemas sócio-técnicos são elementos conectados para prover à sociedade certos serviços, como eletricidade (e reduções de emissões). Estes elementos (e.g., conhecimento) são necessários no desempenho de subfunções sócio-técnicas: a produção, a distribuição e o uso de tecnologia. Um sistema sócio-técnico é conduzido por atores humanos em diferentes níveis: indivíduos, grupos e organizações, cujas atividades são admitidas por suas devidas posições e por instituições. Por causa da evidente inércia de alguns tipos de sistemas sócio-técnicos, Geels (2004) também teoriza sobre “nichos” sócio-técnicos, os quais são “espaços protegidos” dentro dos quais a inovação pode acontecer de maneira mais fácil.

A proteção geralmente vem a partir de subsídios governamentais, investimentos corporativos e mercados pequenos. Enquanto alguns estudos prévios em MDL têm sugerido que este mecanismo pode ser visto como um espaço protegido que tem removido algumas barreiras comerciais, institucionais, de informação e de capitais à transferência de tecnologias para países em desenvolvimento, através de incentivos baseados no comércio de carbono (e.g., Schneider et al., 2008), os resultados apresentados desta pesquisa sugerem um papel mais modesto que políticas de MDL desempenham na promoção da mudança tecnológica.

### **4.3 Metodologia**

Foi investigada a emergência de uma tecnologia relacionada ao MDL, desenvolvida e implementada entre 2000 e 2008 em uma empresa brasileira produtora de açúcar e álcool, referida aqui como Alpha. Este projeto de MDL pode ser classificado como de energia renovável, mais especificamente como um projeto de biomassa, o qual produz eletricidade a partir da queima do bagaço da cana, o resíduo final da produção. O estudo de caso conduzido pode ser classificado como “orientado ao fenômeno” (Eisenhardt & Graebner, 2007, p. 26), o qual visou a compreensão de processos sociais que permitiram a inauguração e a operação da planta de geração de energia renovável, bem como das consequências econômicas, ambientais

e sociais desta planta. Três organizações foram cobertas pela pesquisa: Alpha (o foco central), a empresa de consultoria ligada ao projeto de MDL da Empresa, e uma das agências governamentais brasileiras responsáveis pela aprovação deste tipo de projeto de MDL. As principais fontes de dados utilizadas foram entrevistas, documentos oficiais disponibilizados pela empresa e observações registradas em notas de campo. Os dados foram coletados entre 2008 e 2009.

Foram conduzidas 16 entrevistas e uma discussão em grupo, envolvendo um total de 18 atores. Os entrevistados da empresa Alpha lidam ou lidaram com a inovação investigada, enquanto os entrevistados da empresa de consultoria e da agência governamental eram diretamente envolvidos com a criação ou com a avaliação deste tipo de projeto de MDL. As entrevistas foram semi-estruturadas e duraram em média 48 minutos (válidos), sendo todas transcritas na íntegra, o que resultou em um documento de 202 páginas de texto com espaçamento simples entre linhas. O processo de entrevista foi conduzido em quatro fases, de acordo com a técnica de “amostragem teórica” da metodologia *grounded theory*.

Alguns documentos-chave, tais como o projeto de MDL da empresa Alpha, seu contrato de comercialização de carbono (com o governo de um país europeu) e indicadores de produção, receberam análise seletiva. Finalmente, observações, conduzidas em locais de trabalho da empresa Alpha durante duas semanas, proveram uma compreensão geral sobre as características tecnológicas e processos centrais da Empresa.

Para a análise dos dados, a metodologia *grounded theory* foi utilizada (Corbin & Strauss, 2008; Corbin & Strauss, 1990), a qual envolve as técnicas centrais de codificação aberta, codificação axial e integração teórica. Começando com a codificação aberta aplicada a entrevistas, categorias relacionadas com a emergência da nova tecnologia foram desenvolvidas como significados e padrões de “incidentes” (representados por seções do material transcrito) (Langley, 1999; Pozzebon & Pinsonneault, 2005). Na medida em que categorias emergiam, estas iam sendo analisadas novamente de maneira a permitir a formação de uma hierarquia de categorias e subcategorias relacionadas (codificação axial). Finalmente, a “integração teórica” resultou basicamente da agregação de duas subcategorias centrais, representadas pelo “modelo de inovação agência-materialidade” e “resultados da nova tecnologia”, em uma *categoria central*, a qual representa o modelo de inovação ambiental aqui apresentado. Ao final do processo, entrevistas que ainda não tinham sido analisadas, assim como documentos e notas de campo, foram adaptadas ao esquema de categorização acima descrito, fato que permitiu a validação do modelo e a “saturação teórica” (Corbin & Strauss, 2008, p. 113).

O modelo de inovação ambiental e suas respectivas considerações teóricas são apresentados a seguir juntamente com seções representativas de entrevistas, de maneira a envolver o leitor em uma abordagem construtivista da *grounded theory* (Charmaz, 2000), a qual “reconhece uma criação mútua do conhecimento entre aquele que é visto e aquele que vê” (p. 510).

#### **4.4 A Empresa Investigada e a Formação da Nova Tecnologia**

A Alpha é uma empresa produtora de açúcar e álcool, em uma indústria fragmentada, composta de cerca de 400 empresas. Com uma força de trabalho de cerca de 1550 funcionários (a maioria de trabalhadores rurais) e com uma receita de cerca de 208 milhões de reais (em 2009), esta empresa pode ser considerada de médio porte, de base familiar e dotada de um quadro gerencial enxuto. A Empresa é integrada verticalmente, pois produz e processa a própria cana-de-açúcar. Mantendo uma área ambiental com foco tanto nacional quanto internacional, os processos e linhas de produtos desta Empresa apresentam variada gama de certificações ambientais, como USDA (*United States Department of Agriculture*) *Organic*, ISO 14001 e *Organic JAS (Japan Agricultural Standard)*.

A pesquisa foi concentrada na emergência de uma planta de geração de energia renovável, desenvolvida pela empresa entre 2000 e 2008 (e inaugurada em 2003). No período entre 2000 e 2008, a Empresa empreendeu profundas modificações tecnológicas em seus processos centrais. Na verdade, uma das mais importantes descobertas da presente investigação é a constatação de que o projeto de MDL da Empresa não pode ser separado de outras tecnologias e outros processos centrais. Além disso, três sub-inovações interdependentes formam o inteiro desenvolvimento, início, aumento de eficiência e operação do equipamento da planta de geração de energia. A primeira e mais radical sub-inovação envolveu equipamento de geração de energia, onde turbinas e geradores eletromecânicos foram substituídos por turbinas e geradores de alta tecnologia, controlados por computador. Esta substituição transformou a Empresa, de uma organização não exportadora de eletricidade em 2000 para uma organização exportadora de cerca de 43000 MW-h (Megawatts-hora) em 2004 e de cerca de 76300 MW-h em 2008. Este movimento, o qual indica crescimento complexo, aprendizagem e inovação, demandou investimento em equipamento, construção civil, treinamento tecnológico e consultoria em engenharia.

A segunda sub-inovação resultou do engajamento da Empresa no MDL, a qual, baseada na exportação da energia elétrica, pôde comercializar créditos de carbono. Esta sub-

inovação demandou o estabelecimento de uma “linha de base” e a intermediação da comercialização dos respectivos créditos, sendo estas atividades executadas por uma empresa de consultoria de carbono. O projeto de MDL da Empresa foi aprovado pelo Comitê Executivo do MDL em 2005, e os créditos de carbono foram negociados em 2006.

A terceira sub-inovação conduzida relaciona-se à substituição de motores de irrigação baseados em diesel por equipamentos elétricos, a qual foi motivada pelo baixo custo de manutenção de equipamentos elétricos e da própria energia elétrica produzida. Neste sentido, a empresa Alpha investiu também em linhas internas de transmissão de energia, estendendo sua percentagem de área de plantação irrigada eletricamente, de zero em 2000, para 35% em 2008. A irrigação elétrica também permitiu diminuir interrupções e ruídos no plantio.

#### 4.5 O Processo de Inovação Tecnológica Ambiental na Empresa Alpha

A Figura 4 apresenta o modelo de inovação “recursivo” que representa a emergência da inovação ambiental investigada. Este modelo é tanto geral quanto específico, pois descreve como os fatores determinantes (a, b, c, d, e, f e g) impactaram a Empresa; no entanto, estes e outros fatores podem ser adicionados e modificados na cobertura de outros casos.

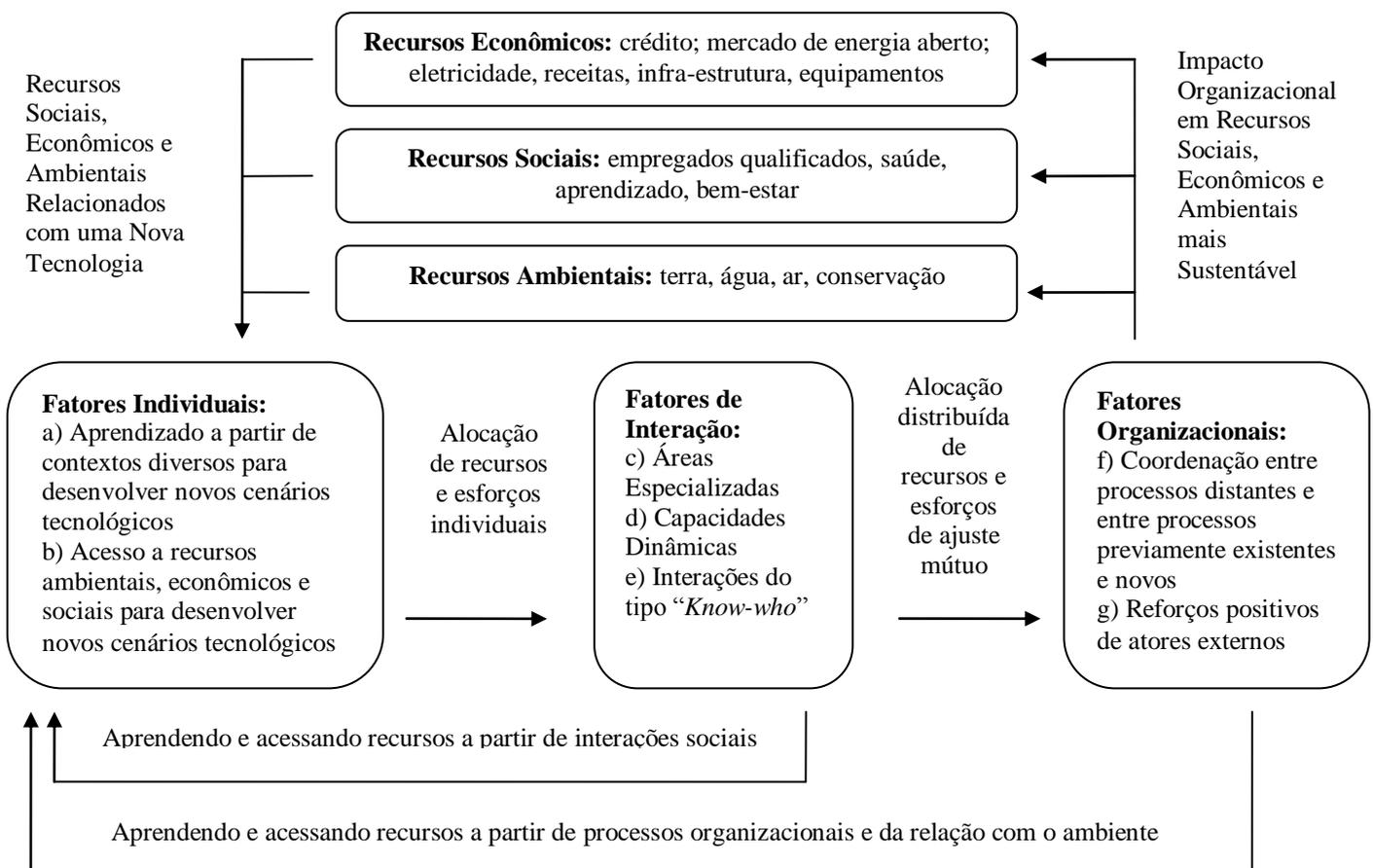


Figura 4. Modelo recursivo de inovação tecnológica ambiental

De uma perspectiva sociológica, os fatores determinantes da inovação são categorizados como individuais, de interação, organizacionais e institucionais. No entanto, considerando uma abordagem estruturacionista, o foco principal se constitui dos indivíduos envolvidos na inovação conduzida na empresa Alpha (gerentes, funcionários e consultores), os quais instanciaram na prática (i.e., produziram e reproduziram) a tecnologia de geração de energia renovável. Em outras palavras, o processo de “aprendizagem organizacional” foi aqui considerado como a aprendizagem de indivíduos em contextos organizacionais (Simon, 1991) e, de similar maneira, as atividades de interação, organizacionais e institucionais são consideradas como instanciadas por indivíduos através de uma complexa conexão de atividades individuais consequentes. Este foco no indivíduo é a razão de todas as realimentações apresentadas no modelo voltarem a instâncias individuais. Entretanto, os níveis de análise apresentados implicam estruturas distintas e, desta forma, merecem tratamento diferenciado. A análise apresentada adiante é então relativa aos níveis dominados pela Empresa (i.e., individual, de interação e organizacional), e em como estes níveis se relacionam com recursos sociais, econômicos e ambientais, situados tanto internamente quanto em um nível institucional.

#### **4.5.1 Fatores individuais**

De acordo com a Teoria da Estruturação, os tipos de estruturas utilizadas por um indivíduo no desempenho de ações sociais podem ser classificados nas categorias de significação (conhecimento), dominação (capacidade de comando sobre recursos materiais e humanos) e legitimação (normas). Esta categorização está implícita na apresentação dos fatores conduzida abaixo.

##### ***4.5.1.2 Aprendendo a partir de contextos diversos para construir cenários tecnológicos***

A origem da planta de alta tecnologia de geração de energia renovável na empresa Alpha não se encontra em políticas de MDL, mas na necessidade sentida por seus gerentes para expandir a Empresa e entrar em um novo mercado de energia elétrica, permitido por um novo aparato institucional. Este contexto foi apresentado pelo gerente da área denominada “Sistema de Gerenciamento Integrado”, da seguinte forma:

O Processo Iniciou em 2001. Como que surgiu? A usina, ela já co-gera por natureza. Toda usina co-gera energia. Só que não era permitido por lei vender energia. Entendeu? A [Agência Brasileira de Energia], o órgão regulamentador do governo, não permitia a usina pegar seu excesso de energia e comercializar ... Então o que aconteceu? Em 2001 esse cenário começou a ser mudado.

De fato, por volta do ano de 1998, uma série de leis introduzidas pelo Governo Brasileiro permitiu e assim estimulou a produção e a comercialização de energia elétrica por parte de produtores independentes de açúcar e álcool. Em 2000, a empresa Alpha tinha deficiência em seus equipamentos, o que a impedia de expandir como produtora de energia. A partir do momento em que a empresa Alpha é uma produtora, com técnicos não especializados em desenvolvimento de equipamentos, para expandir e inovar a empresa contou com o conhecimento complementar de fornecedores e consultores especializados, primeiramente na área de engenharia de produção e elétrica, e depois na área de MDL. De outro lado, de maneira a contribuir para o desenho e a operação da nova planta, esses fornecedores e consultores externos também precisaram adquirir conhecimento específico sobre as operações da Empresa, resultando assim em relações de aprendizagem mútua entre o pessoal interno e externo à Alpha. Esta construção foi assim expressada pelo gerente industrial:

... o fornecedor, digamos, ele pode até fazer alguma coisa de consultoria, pode mostrar as vantagens, mas ele está mais limitado ao equipamento dele, ao fornecimento dele. E as consultorias, nós contratamos uma consultoria de várias áreas, e acabamos fazendo uma interligação entre, por exemplo, a parte elétrica com o processo, a parte de geração de energia e vapor, a parte de moagem, tratamento de caldo, fábrica, destilaria. Então, enfim, a gente acaba interagindo isso aí, a interação dessas consultorias, com o fabricante e mais o conhecimento nosso.

Este processo de aprendizagem mútua entre agentes especializados internos e externos, os quais apresentavam conhecimentos distintos, permitiu que novos cenários tecnológicos ou “fragmentos de narrativas”, na forma de idéias, planos e projetos, fossem desenvolvidos individualmente e discutidos socialmente por gerentes, consultores e funcionários. Essas idéias, planos e projetos, desenvolvidos sequencialmente e/ou simultaneamente, representam novas estruturas tecnológicas, com conteúdos que refletem o conhecimento e a aprendizagem distribuídos em forma de fragmentos de uma nova visão da Empresa como uma produtora e exportadora de energia. Como explicado pelo supervisor de automação:

Então, isso [a inovação] parte da diretoria, do objetivo de quanto eles [diretores] querem moer [de cana-de-açúcar] .... Então, em cima disso daí, tem uma empresa de consultoria na parte elétrica, e tem uma empresa de consultoria na parte de processo. Então, a gente [gerentes e funcionários] faz tudo, desenvolve todo o projeto, de processo .... A gente (gerentes e funcionários) faz essa coordenação: da parte de consultoria de projetos, faz a coordenação e a fiscalização da montagem, montagem elétrica e mecânica.

#### ***4.5.1.2 Desenvolvendo novos cenários por meio do acesso a recursos econômicos, ambientais e sociais***

Enquanto o desenho de cenários tecnológicos vem predominantemente de atividades imersas nos domínios cognitivos e simbólicos, simultaneamente o desenvolvimento de uma inovação ambiental é também dependente de experimentação com recursos. Na empresa investigada, esta experimentação envolveu o acesso, por gerentes, consultores e funcionários, a recursos econômicos, ambientais e sociais, disponíveis tanto internamente quanto externamente. Para expandir a produção e exportar eletricidade, recursos naturais, incluindo terra, recursos econômicos, como crédito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e equipamentos de alta tecnologia comercializados por fornecedores nacionais e estrangeiros, bem como recursos humanos, como empregados qualificados, estavam disponíveis.

Motivados por esta disponibilidade, gerentes, consultores e funcionários agiram como especialistas, combinando cognitivamente e ativamente esses recursos em uma “bricolagem” tecnológica. Esta bricolagem pode ser explicada do ponto de vista estruturacionista como o exercício de poder, ou a habilidade de “intervir no mundo, ou de se retirar desta intervenção, com o efeito de influenciar um processo específico ou estado de coisas” (Giddens, 1984, p. 14). Na empresa Alpha, enquanto gerentes estratégicos exerceram poder para alocar recursos humanos, econômicos e ambientais, funcionários operacionais exerceram poder através da aplicação de conhecimentos prévios para montar e manipular novos equipamentos. De uma perspectiva de gerenciamento estratégico, o gerente industrial proveu exemplo de exercício de poder e de especialização individuais:

[O investimento] sempre é aprovado pela diretoria .... São investimentos pesados .... E na implantação, aonde está, digamos, aonde tem que ter uma ampliação, vamos imaginar que é na fábrica de açúcar, então o supervisor da fábrica de açúcar está completamente envolvido nesta implantação. Porque ele é que vai operar as máquinas, então ele está sendo responsável por aquela implantação. A [área] elétrica e

a [área] mecânica dão o suporte para ele fazer a implantação, mas ele é que vai cobrar os prazos, ele é que vai cobrar a instalação.

De uma perspectiva dos funcionários operacionais, o gerente industrial mencionou a importância de seus esforços de “aprender fazendo” a partir de interações com fornecedores de equipamentos:

Por exemplo, a gente tinha um gerador de contrapressão, e já estamos operando um gerador de condensação. Como a gente não tinha conhecimento, de operação [do gerador], como é que [o gerador] funcionava, então a gente ficou um tempo com operação assistida, e o pessoal sendo treinado. Como é que pára, como é que “parte”, quais são os problemas que podem ter a máquina, o que pode ser feito, quando ela dá um sintoma lá. O operador tem que estar sabendo pelo menos a parte mais fácil da operação.

Assim, a realidade de uma nova tecnologia de geração de energia renovável foi construída pelo desenvolvimento conceitual e pela experimentação de cenários tecnológicos específicos ou “fragmentos de narrativas” (Pentland & Feldman, 2007). Estas aplicações de aprendizagem, conhecimento e poder foram conduzidas individualmente por agentes organizacionais e consultores, mas também envolveram específicas interações sociais, discutidas nas próximas seções.

#### **4.5.2 Fatores de interação**

O desenvolvimento da tecnologia de geração de energia na empresa Alpha dependeu da combinação de conhecimentos e atividades de agentes internos e externos, a qual demandou processos específicos de interação: áreas especializadas, capacidades dinâmicas e interações *know-who* (ver as setas de realimentação de processos de interação para atividades individuais, na Figura 4). Estas interações são discutidas a seguir.

##### **4.5.2.1 Áreas especializadas**

Durante a inovação, áreas especializadas internas e externas contribuíram ao desenvolvimento da nova tecnologia por meio de canalização de esforços de agentes especializados na direção do desenho e da experimentação de cenários tecnológicos. Primeiramente, a Controladoria da Empresa, uma área responsável por agregar e disseminar

(por meio de tecnologias da informação) informações sobre custos das operações da Empresa, deu suporte ao ciclo de planejamento estratégico e à composição dos projetos de expansão e inovação. Em segundo lugar, a comercialização de energia e o desenvolvimento do projeto de MDL da Empresa foram gerenciados pela área denominada “Sistema de Gestão Integrada (SGI)”, composta por uma equipe de quatro funcionários. Esta área é responsável por todos os projetos e certificações ambientais da Empresa e, desta forma, créditos de carbono representam fontes de receita gerenciadas por esta área.

Consultores que contribuíram para o desenho da nova planta pertenciam a empresas que tradicionalmente provêem conhecimento técnico à empresa Alpha, fato que explica porque esta Empresa é especializada na produção e no processamento de cana-de-açúcar, mas não no desenho de equipamentos. Similarmente, o engajamento da Empresa no MDL foi permitido por um novo e estável relacionamento com uma empresa de consultoria em carbono. Essas empresas de consultorias podem então ser vistas como áreas especializadas externas, utilizadas periodicamente pela empresa Alpha para inovar.

#### **4.5.2.2 Capacidades dinâmicas**

Capacidades dinâmicas são vistas na literatura organizacional como rotinas de inovação que possuem a função de alterar rotinas ordinárias da empresa (Eisenhardt & Martin, 2000; Winter, 2003). Como já mencionado, o ciclo de planejamento estratégico representou uma capacidade dinâmica essencial para que a empresa Alpha pudesse inovar. Por meio de reuniões do planejamento estratégico a nova tecnologia de geração de energia foi discutida, pois envolvia a alocação de recursos significativos em áreas múltiplas, as quais tinham de ser coordenadas e negociadas. Esta capacidade dinâmica resultou em um processo de interação: projetos contribuíram para a formulação de planos, enquanto tarefas de planejamento eram utilizadas para avaliar e para canalizar recursos para o desenvolvimento de projetos.

#### **4.5.2.3 Interações “know-who”**

Capacidades dinâmicas e áreas especializadas não poderiam iniciar a nova planta de geração de energia na empresa Alpha sem a contribuição de comandos hierárquicos, forças-tarefa e reuniões ocasionais, tipos de interação classificados aqui como “interações *know-who*”. O que importa nessas interações são as transformações sociais e materiais (e.g.,

aprendizagem e co-experimentação) resultantes de interagentes que se reúnem devido aos seus conhecimentos e poderes (i.e., capacidades de transformações) individuais. Neste sentido, interações entre gerentes e consultores foram essenciais no desenvolvimento conceitual da nova tecnologia, assim como forças-tarefa compostas por pessoal de diferentes áreas especializadas também foram para a implantação desta nova tecnologia. Por exemplo, o gerente industrial comentou como forças-tarefa especializadas contribuíram para aquilo que ele denominou de “implantações”:

Normalmente, as implantações acontecem na entressafra. O pessoal que trabalha com a produção, às vezes vai para outra função durante a entressafra, e aí acaba ajudando nessa implantação. Uns [funcionários] vão para a manutenção, outros vão para a ampliação. Aqueles [funcionários] que têm habilidade para fazer montagem, vão para a montagem, os [funcionários] que têm habilidade para fazer manutenção, vão para a manutenção.

De fato, a emergência da nova planta deve ser compreendida como resultante de reuniões e de forças-tarefa coordenadas flexivamente, tanto na fase de *design* quanto na fase de implantação da inovação, e que eram compostas por agentes especializados provenientes de áreas especializadas internas e externas.

### **4.5.3 Fatores organizacionais**

Os processos organizacionais que contribuíram para a emergência da nova tecnologia de geração de energia na empresa Alpha são aqueles que transcendem interações diretas e são coletivos por natureza. A partir de uma miríade de fragmentos de narrativas, desenvolvidas por indivíduos e grupos, uma nova “narrativa em rede” (Pentland & Feldman, 2007) pode surgir. Enquanto esta narrativa pode ser modular e desta forma instável, na empresa pesquisada esta narrativa se tornou estável devido aos dois fatores organizacionais apresentados a seguir.

#### ***4.5.3.1 Coordenação entre processos distantes e entre processos novos e previamente existentes***

Como antes sugerido, a tecnologia de geração de energia na empresa Alpha é um módulo em um sistema complexo de atividades representado pela Empresa inteira. Para gerar

eletricidade e créditos de carbono, a Empresa deve produzir uma efetiva safra de cana-de-açúcar, processar esta safra e organizar a venda de açúcar e de álcool. Assim, a coordenação entre processos distantes e entre novos e prévios processos é essencial. Esta coordenação é relacionada com o desenvolvimento de tecnologia, individualmente e em interações (as atividades anteriores do modelo de inovação), bem como com aspectos de gerenciamento da Empresa como um todo. Na empresa investigada, durante a inovação, a coordenação entre processos antigos e novos e entre processos distantes contou com o desenvolvimento e a implementação adaptativa de planos, projetos e contratos, os quais concebiam o funcionamento integrado da nova tecnologia no futuro, com base em dados extraídos do passado. Também, novos processos tiveram que ser iniciados para se tornar rotinas confiáveis, uma tarefa desempenhada por agentes que produziram estas rotinas, atualmente fiscalizadas pelo Sistema de Gestão Integrado, área responsável pelas certificações de qualidade e padronização de rotinas. Nesta rotinização, o controle da exportação de energia teve que ser incorporado aos sistemas de informação utilizados para gerenciar a empresa (basicamente coordenados pela Controladoria e pelo Laboratório Industrial). A coordenação das rotinas diárias da Empresa também depende da cultura organizacional, de conhecimentos instanciados e compartilhados e de forças-tarefa utilizadas na solução de interrupções na produção.

A partir dessa coordenação, alguns resultados da nova tecnologia evidentemente impactaram positivamente o desenvolvimento sustentável: trabalhadores mais qualificados, melhores condições de empregabilidade, eletricidade e crescimento. No entanto, existe a possibilidade de que outros fatores tenham impactado negativamente a sustentabilidade como, por exemplo, na questão da adicionalidade, discutida adiante. Por enquanto, é necessário comentar que determinados tipos de recursos naturais envolvidos na inovação merecem investigação mais aprofundada, visto que o aumento na produção de biocombustíveis pode exercer pressões nocivas nesses tipos de recursos como, por exemplo, a diminuição da qualidade e o aumento do preço da água e de terras para plantio.

#### ***4.5.3.2 Reforços de atores externos***

Uma rede tecnológica é também dependente de atores individuais e coletivos que pertencem ao sistema sócio-técnico no qual a empresa está imersa (Geels, 2004). No caso da empresa Alpha, a mudança tecnológica se iniciou da simples substituição de pequenos

geradores, a qual, aceita pelo mercado de energia, estimulou a construção de uma nova planta, inaugurada em 2003. Como apresentado pelo gerente do Sistema de Gestão Integrada:

Em 2001, não tinha o mercado [de energia] que tem agora .... para você ver, nós temos a [Companhia Elétrica do Estado] dentro do nosso Estado, que não se interessou .... Aí nós [gerentes] buscamos compradores .... vendemos para a [Companhia Elétrica de outro Estado] .... aí a [Companhia Elétrica de outro Estado] falou, “o que vocês fizerem a gente pega”. Aí nos animou, foi aí que nós trocamos de geradores e chegamos na nossa capacidade máxima.

Este tipo de suporte local foi encontrado nas áreas de equipamentos, manutenção, consultoria e comércio de carbono, assim como em relação a fornecedores e consumidores de açúcar e de álcool.

## **4.6 Discussão e Conclusões**

### **4.6.1 Processos recursivos e não considerados sobre a bricolagem tecnológica e a sustentabilidade em MDL**

Como previamente comentado, a pesquisa em MDL tem focado no impacto que este mecanismo exerce na transferência de tecnologia e no desenvolvimento sustentável. Em geral, a premissa implícita é que o MDL, como uma política, é uma variável independente que impacta as variáveis dependentes de transferência de tecnologia e de sustentabilidade. Baseado no caso descrito neste texto, esta visão pode ser desafiada profundamente. Em primeiro lugar, é possível argumentar que, de uma perspectiva estruturacionista, não existe transferência de tecnologia, mas bricolagem tecnológica. Recursos econômicos, sociais e ambientais são constantemente combinados por gerentes, funcionários e consultores para formar uma tecnologia ambiental, tanto simbolicamente quanto ativamente. Partindo da transferência de tecnologia para a bricolagem tecnológica, a questão envolve não apenas uma diferença retórica, mas principalmente ontológica. Na bricolagem tecnológica, conhecimento, capacidades e qualquer tipo de processo organizacional são entidades flexíveis, subjetivas e constantemente (re)produzidas (Ringberg & Reihlen, 2008), sendo instanciadas por agentes que combinam estruturas de significação (e.g., conhecimento) e poder (e.g., recursos naturais) quando desempenham ações sociais. Isto implica na noção de que a tecnologia não é algo “transferido”, mas montada criativamente a partir de condições sociais e de estados cognitivos

estáveis ou dinâmicos. Também, a partir de processos dinâmicos e recursivos, tecnologias em desenvolvimento impactam fatores tecnológicos determinantes, em um processo sem fim.

Para uma teoria em MDL, este ciclo recursivo implica reconhecimento de novas relações de causa e efeito. Por exemplo, na empresa investigada, não foi a política de MDL que trouxe tecnologia internacional: foi uma nova tecnologia que admitiu o engajamento no esquema de MDL. Não apenas não houve transferência internacional de tecnologia, pois fornecedores e consultores já se encontravam disponíveis nacionalmente, mas também a tecnologia de geração de energia foi resultante de uma miríade de processos individuais, de interação, organizacionais e institucionais que se reforçaram mutuamente para admitir a emergência da tecnologia a partir de condições muito mais complexas do que uma simples política de MDL. A pesquisa atual em MDL reconhece que alguns tipos de transferência de tecnologia podem ser promovidos pelo MDL, enquanto outros tipos não, mas o que é enfatizado aqui é que estudos em MDL têm ignorado importantes e recursivos processos individuais, de interação e organizacionais, os quais influenciaram a emergência da tecnologia no caso investigado. Se o objetivo final de uma política de mudança climática é a promoção do desenvolvimento de tecnologias ambientais, estes processos recursivos devem ser considerados por abordagens teóricas que visam suportar o desenho desta política.

Similares argumentos recursivos podem ser feitos para a questão do desenvolvimento sustentável motivado pelo MDL. A partir do caso investigado, é possível descrever o contrário: o engajamento em MDL foi promovido em grande parte pelo Sistema de Gestão Integrada da Empresa, o qual representa engajamento prévio em práticas sustentáveis. A mesma lógica reversa se aplica aos recursos humanos qualificados (gerentes, funcionários e consultores), os quais podem ser vistos tanto como causa quanto como efeito da nova tecnologia. Além disso, o investimento na nova tecnologia da empresa Alpha foi considerado por gerentes como um empreendimento de risco, tomado passo a passo a partir de uma maior abertura do mercado de energia brasileiro, o que indica que a promoção de desenvolvimento sustentável a partir de uma tecnologia ambiental não é consequência de uma política “objetiva”, e sim uma experimentação social e construção de uma “tecnologia em prática” (Orlikowski, 2000), com causas e consequências complexas.

A partir do momento em que existem relações de reforço mútuo que são determinantes na emergência de uma de uma tecnologia ambiental, o foco da pesquisa em MDL deveria migrar para a investigação de “ciclos”, os quais podem ser viciosos ou virtuosos no caso da mitigação de emissões. Por que algumas regiões e organizações mudam de práticas de alta emissão para processos e tecnologias ambientalmente sustentáveis, enquanto outras não

mudam? Mesmo que seja possível apontar alguns estudos positivistas que se ocupam com questões de pesquisa similares (e.g., Russo, 2003), este não parece ser o caso da pesquisa atual em MDL, embora alguns autores, como Wang (2010), explorem a transferência de tecnologia de uma perspectiva mais sistêmica. Além disso, para responder este tipo de questão complexa, pode ser argumentado que abordagens sociológicas, como a Teoria da Estruturação e a noção de sistemas sócio-técnicos (Geels, 2004), são essenciais e, neste momento, ausentes. Espera-se aqui que o modelo de inovação ambiental desenvolvido neste artigo possa ser utilizado e desafiado pela pesquisa futura neste tipo de investigação.

#### **4.6.2 A Necessidade de Pesquisa em Profundidade sobre Tecnologias de MDL Típicas**

É possível reforçar a necessidade da condução de pesquisas em profundidade em MDL por meio da discussão de um importante componente, que demonstra a complexidade do esquema de MDL: a adicionalidade. Para ser aprovado pelo Comitê Executivo, um projeto de MDL deve demonstrar sua adicionalidade, a qual implica em explanação do porque as reduções originadas a partir de uma tecnologia específica são possíveis apenas sob o esquema de MDL (para uma discussão sobre adicionalidade, ver Ellis et al., 2007). Adicionalidade é um assunto central nesse tema, pois responde à questão se há realmente reduções de emissões. Tanto a revisão da literatura, quanto as entrevistas com consultores e decisores governamentais conduzidas neste estudo, sugeriram que existe uma tendência atual de autoridades oficiais em políticas de mitigação de emissões checarem a adicionalidade de um projeto de MDL de acordo com o grau em que a sua comercialização de créditos de carbono reduz barreiras tecnológicas ou aumenta os retornos financeiros dos investimentos em sua tecnologia.

Assim, apoiado nas regras de adicionalidade do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas da ONU, Muller (2007) comenta que “somente a ‘adicionalidade ambiental’ ... enquanto o projeto poderia ser implementado por si mesmo, sem o MDL, parece não ser suficiente” (p. 3205). Em outras palavras, para contribuir para uma política de mitigação de mudança climática, um projeto de MDL deve ser distinto quando comparado ao cenário “*business-as-usual*” (BAU). Neste contexto, e com base no caso Alpha, é possível argumentar que investigações sobre o quanto determinadas tecnologias se distanciam dos cenários BAU locais e internacionais deveriam ser feitos com base em estudos em profundidade sobre tecnologias “típicas”, como estudos de caso.

Por exemplo, embora seja evidente que a emergência da nova tecnologia na empresa Alpha tenha trazido significantes benefícios ao desenvolvimento sustentável, como empregos, melhores condições empregatícias e energia renovável, é difícil enxergar este tipo de tecnologia como distinta do cenário BAU e, assim, adicional. A exportação de energia precedeu o desenvolvimento do projeto de MDL da Empresa, e alguns gerentes entrevistados reconheceram que a receita proveniente da venda de energia é essencial para a Empresa, enquanto a receita proveniente de CREs (Certificados de Reduções de Emissões) não. Assim, embora o engajamento em MDL contribua para a cultura e a imagem de responsabilidade social corporativa da Empresa, esse engajamento não influenciou o desenvolvimento da nova tecnologia de geração de energia. De fato, a maior abertura do mercado de energia local (uma política energética nacional) foi muito mais decisiva para a inovação na empresa Alpha do que a política de MDL (uma política de emissões global) e, não obstante o fato de a empresa Alpha ter sido uma das primeiras empresas a apresentar um projeto de MDL na indústria brasileira de açúcar e álcool, ao menos atualmente a tecnologia de exportação de energia parece ser fenômeno comum neste setor. Assim, o estudo de caso aqui conduzido mostra como uma tecnologia de MDL oficialmente aprovada pode ser controversa em relação ao critério de promoção de desenvolvimento sustentável da adicionalidade.

No mais, o tipo de tecnologia aqui investigado pode ser controverso em outros aspectos ligados à sustentabilidade. Enquanto gerentes estratégicos da empresa Alpha explicaram que o impacto na terra e na água da expansão da Empresa não foi prejudicial, pois esta expansão se deu em terras de pastagens que foram desmatadas anteriormente à utilização pela Empresa, a confirmação deste tipo de afirmação deveria considerar outros atores e métodos e, assim, deveria implicar em mais poder de investigação para pesquisadores envolvidos neste tipo de questionamento. A condução de investigações participativas, multidisciplinares e interpretativas é papel central de abordagens qualitativas, como o método *grounded theory* utilizado neste estudo. Mas neste caso tal tipo de investigação também demandaria suporte institucional para conferir recursos e poder de investigação a pesquisadores do desenvolvimento sustentável. É possível aqui então sugerir que este tipo de pesquisa seja conduzido por equipes multidisciplinares (e.g., administração e ecologia) e promovido por comunidades locais e/ou organizações supranacionais, como a própria ONU.

Em resumo, enquanto métodos positivistas têm contribuído para a pesquisa em MDL via descrição e teste de cenários gerais, a presente pesquisa evidenciou que a alta complexidade dos temas da mudança tecnológica e do desenvolvimento sustentável, relacionados com políticas de mitigação do aquecimento global, também demandam

pesquisas não positivistas, as quais podem apresentar generalizações sobre tecnologias típicas. Estas tecnologias típicas devem ser vistas não como entidades objetivas que possam ser transferidas de um contexto a outro, mas como verdadeiros contextos, criados por atores que possuem “os meios de controle de seus destinos por meio de suas respostas a condições” (Corbin & Strauss, 1990, p. 5). Desta maneira, cabe à pesquisa em mecanismos de redução de emissões investigar como e em quais circunstâncias agentes humanos controlam realmente seus destinos, em efetivas respostas às adversas condições de aquecimento global.

## 5. Conclusão e Recomendações

### 5.1 O Modelo Integrado de Inovação Tecnológica Ambiental e suas Contribuições Teóricas e Práticas

Esta tese utilizou de uma metodologia de estudo de caso combinado com *grounded theory* para discutir e teorizar sobre processos de mudança, inovação tecnológica e inovação tecnológica ambiental em organizações. Neste sentido, modelos centrados no agente foram desenvolvidos para explicar esses fenômenos. Enquanto cada um dos modelos apresenta particularidades e contribuições distintas, é possível identificar pontos de integração que podem ser utilizados no desenvolvimento de um modelo único que descreve fatores determinantes e consequências da inovação tecnológica ambiental. Este modelo é apresentado na página a seguir.

O modelo integrado é baseado na e reforça com dados empíricos a noção estruturacionista de que mesmo aspectos materiais de objetos e processos tecnológicos devem ser vistos como “estruturas”, em última análise subjetivas, instanciadas por agentes no momento da ação. Este ponto é colocado por Giddens (1984) da seguinte forma:

Algumas formas de recursos alocativos (como matérias primas, terra, etc.) parecem ter uma “existência real” .... No sentido em que possuem uma “presença” no tempo-espaço, de certa maneira este é obviamente o caso. Mas suas “materialidades” não afetam o fato que tais fenômenos se tornam recursos ... apenas quando incorporados em processos de estruturação (p. 33).

Assim, a visão de inovação aqui desenvolvida coloca o agente no centro de seus processos, “instanciando” e combinando cognitivamente e ativamente recursos econômicos, sociais e ambientais quando produzindo novas estruturas e ações tecnológicas. No entanto, devido ao fato, também apontado pela abordagem estruturacionista, de que as ações de um agente podem trazer consequências intencionais e não intencionais para este mesmo agente e para outros (Giddens, 1984), o modelo aqui apresentado também considera que inovações alteram a configuração de recursos econômicos, sociais e ambientais. A realidade é interpretada e construída por agentes quando instanciam estruturas, mas a instanciação de estruturas é tanto causa quanto consequência das ações de agentes em determinados contextos. Na verdade, uma das conclusões mais relevantes da presente pesquisa é a de que as configurações de recursos econômicos, ambientais e sociais impactadas pela ação humana

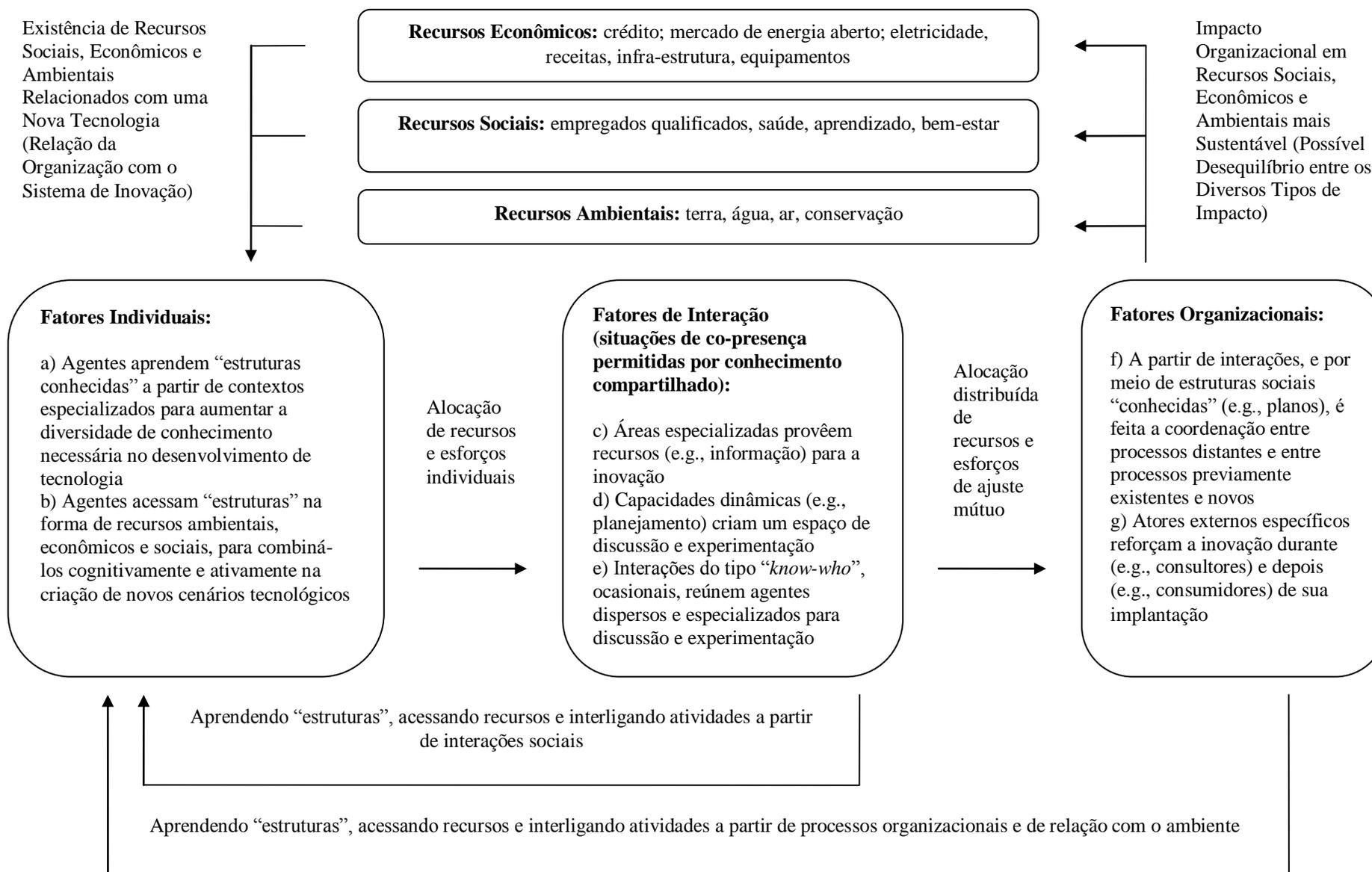


Figura 5. Modelo integrado recursivo de análise da inovação tecnológica ambiental

também devem ser vistas como “estruturas conhecidas”, ou seja, tipos de estruturas instanciadas, porém percebidas como “reais” ou concretas por agentes. Assim, uma inovação tecnológica ambiental apresenta como característica central a diminuição da poluição nas configurações de recursos ambientais que são afetados pelas atividades de uma organização. No entanto, como estruturas, estas configurações devem ser percebidas por agentes. Por exemplo, o aquecimento global representa impacto da atividade econômica humana sobre o clima, mas este fenômeno somente foi percebido por quem sofreu suas consequências diretas e mediante conhecimento instanciado, inicialmente por cientistas, e posteriormente por toda a sociedade. É argumentado aqui que esta mesma lógica pode ser estendida a outros aspectos ligados ao desenvolvimento sustentável (i.e., aspectos econômicos e sociais).

Assim, de acordo com o modelo integrado proposto, uma inovação se origina do aprendizado, por parte de agentes inovadores, de estruturas conhecidas que possam ser combinadas cognitivamente e ativamente na criação de novos processos e objetos tecnológicos (fatores a e b, na Figura 5). Estruturas conhecidas foram aqui definidas como aquelas percebidas por agentes como sendo reais ou concretas. Algumas destas estruturas conhecidas correspondem à materialidade evidente de objetos e processos tecnológicos e de outros tipos de recursos econômicos. A materialidade é um aspecto especial no estudo da inovação tecnológica, visto que tem levado à contestação de teorias baseadas na constante capacidade humana de interpretação de tecnologias (e.g., Orlikowski, 2010, p. 133). No entanto, a investigação aqui conduzida mostrou como as materialidades evidentes de objetos e processos tecnológicos e de recursos econômicos não apenas são interpretadas pela agência humana, mas dependem da especialização de determinados agentes para serem instanciadas e assim combinadas. No caso investigado, determinados agentes especializados tiveram que aprender e dominar determinadas estruturas materiais, como, por exemplo, a especificação de equipamentos destinados a geração de energia e as características físicas da empresa, para combiná-las em novas ações e estruturas como, por exemplo, projetos de engenharia.

Outros tipos de estruturas conhecidas possuem um perfil não apenas econômico, mas também social e/ou ambiental. Os exemplos mais evidentes de estruturas sociais e ambientais, encontrados no caso investigado, foram os mercados de energia e de redução de emissões de gases de efeito estufa, utilizados por agentes inovadores para propor inovações tecnológicas na empresa Alpha. Neste contexto, é importante destacar que estruturas sociais e ambientais também são tanto causa quanto efeito de ações inovadoras de agentes. Neste sentido, rotinas ligadas ao planejamento estratégico na empresa Alpha, um tipo específico de estrutura social na forma de uma “capacidade dinâmica”, contribuíram para a formação de novas rotinas de

geração e exportação de energia. Outra estrutura social utilizada e modificada na inovação foi a hierarquia da empresa, que permitiu que o poder fosse utilizado na direção da inovação, ao mesmo tempo em que foram criados novos cargos e, conseqüentemente, pequenas alterações nesta mesma hierarquia. Também em forma de estrutura ligada a poder, a possibilidade de acesso a financiamento proveniente do BNDES mostrou-se uma estrutura econômica e social conhecida crucial para a inovação.

A evidência, apontada por esta pesquisa, de que em processos de inovação agentes individuais instanciam e combinam diversos tipos de recursos econômicos, sociais e ambientais como estruturas de conhecimento, de poder e normativas conhecidas contribui para a teoria da inovação e de MDL em diversas maneiras. Primeiramente, este tipo de noção soluciona o dilema entre agência e materialidade em inovação, contribuindo de uma maneira única para uma teoria cognitivista da mudança tecnológica (Howells, 1995; Kaplan & Tripsas, 2008), através de uma visão estruturacionista-autopoiética da tecnologia, onde características e componentes materiais da tecnologia são entendidos tanto como causas quanto como conseqüências da cognição e das experiências de inovadores. Esta noção de estrutura conhecida também oferece suporte à linguagem e ao conhecimento comuns, fatores cruciais para a socialização de resultados materiais e sociais de movimentos de inovação desempenhados por indivíduos. Segundo, esta noção estruturacionista-autopoiética da inovação contribui para o entendimento do que ocorre, aos níveis de análise individual e de comunicação interativa, em um modelo de mudança organizacional “distribuído” (Buchanan et al., 2007; Giddens, 1984; Tsoukas, 1996; Tsoukas & Chia, 2002; Van Woerkum et al., 2007), mostrando de maneira singular que as interações autopoiéticas de indivíduos que buscam um acoplamento estrutural com o ambiente são responsáveis tanto pela produção quanto pela reprodução de estruturas que guiam a ação organizacional. Terceiro, esta noção estruturacionista-autopoiética permite substituir uma visão limitada e positivista da tecnologia ambiental e/ou de MDL como algo transferido a partir de uma política ambiental, por uma visão da tecnologia como algo socialmente construído por agentes individuais situados em determinadas posições de poder, as quais os permitem dominar e movimentar determinados recursos na direção da produção e da reprodução de inovações ambientais. Quarto, de um ponto de vista tanto teórico quanto prático, a evidência de que movimentos de inovação tecnológica ambiental são, em última análise, individuais, transfere a responsabilidade destes movimentos para questões ligadas ao autogerenciamento de carreiras, sugerindo que as causas mais profundas da inovação tecnológica se encontram na capacidade de indivíduos para

conciliar especialização e diversidade, uma linha pouco explorada em modelos coletivos de mudança e de inovação organizacionais.

Neste tipo de abordagem, centrada no agente, o conhecimento, as facilidades e as normas que envolvem processos sociais ou de interação direta básicos, nesta tese considerados equivalentes a situações de “co-presença” (fatores c, d e e, na Figura 5), também devem ser vistos como estruturas. Assim, interações, rotineiras ou ocasionais, são processos típicos de “conhecendo na prática” (Orlikowisk, 2002), e significam o desempenho de ações individuais conectadas. Tal abordagem permite um leque amplo de interações sociais envolvidas na inovação, onde a aprendizagem, a produção e a difusão de conhecimentos individuais, tanto sistematizadas quanto improvisadas, e o exercício e a aceitação individuais de novo comando sobre coisas e pessoas, governam as possibilidades de mudança e inovação nestas interações. Em interações sociais diretas, interagentes se tornam inovadores quando adaptam reflexivamente suas estruturas e correspondentes ações uns aos outros e ao mundo material, de uma maneira autopoietica e calcada na noção básica de que qualquer forma de agência implica em poder (Giddens, 1984). Devido ao caráter autopoietico destas interações, onde a realidade deve ser sempre “criada” pelo aparato cognitivo individual (Maturana & Varela, 1980), os fatores determinantes centrais da aprendizagem e da difusão de conhecimentos em situações de co-presença acabam sendo o grau de diversidade de conhecimento entre os integrantes destas situações, e o compartilhamento de linguagem e de outras estruturas comuns entre estes integrantes, as quais permitem comunicação, co-experimentação e, assim, transmissão de conhecimentos e de comando.

Neste nível de análise de interação social direta, esta pesquisa contribuiu mediante o reforço das limitações de uma perspectiva evolucionista para a inovação tecnológica, e a substituição desta por uma abordagem estruturacionista-autopoietica centrada na agência individual. Neste sentido, ficou evidente a insuficiência que rotinas de inovação ou capacidades dinâmicas apresentam na promoção da inovação tecnológica, representando apenas um dos tipos de interações sociais diretas que determinam a inovação, em conjunto com as interações dos tipos “áreas especializadas” e “*know-who*”. Além disto, apesar de presentes, capacidades dinâmicas não podem ser vistas como a origem da inovação, a qual é desenvolvida por agentes e por suas interações sociais. Estas interações sociais muitas vezes são ocasionais e, assim, não podem sequer ser denominadas de capacidades, como evidenciaram os encontros momentâneos e baseados no conhecimento pessoal entre consultores, distribuidores e gerentes da empresa Alpha, rotuladas como interações do tipo *know-who*.

Este tipo de contribuição, baseada na noção de co-presença, apesar de ser de natureza teórica e ainda ausente em estudos sobre processos sociais em mudança e em inovação, acaba por trazer também consequências práticas. Por exemplo, neste tipo de perspectiva, o julgamento da capacidade de inovação de empresas por investimentos em P&D, um tipo de capacidade dinâmica, perde o sentido. O que importa são as características e o domínio de conhecimento e de poder de quem interage, assim como o perfil de interação, que pode ser tanto rotineiro quanto ocasional. Neste caso, o gerenciamento da inovação deve ser mais pessoal, baseado no domínio e na capacidade de geração de conhecimentos de indivíduos inovadores, que se encontram distribuídos na organização. Logicamente, estruturas sociais, como planos, rotinas e hierarquias, bem como recursos econômicos, ambientais e sociais (incluindo especialistas), também devem ser gerenciados, mas não de um modo prescritivo e determinista, pois estes são também instanciados no momento da ação. Em outras palavras, o gerenciamento coletivo passa a ser baseado em estruturas simbólicas individuais, como estruturas conhecidas, visto que depende da coordenação de processos de estruturação de agentes distribuídos. Neste tipo de teorização, o movimento de indivíduos por entre diferentes contextos sociais, de tal maneira que permita o aprofundamento da especialização e o aumento da diversidade de conhecimento individuais, ganha apelo teórico e prático. Como uma específica contribuição prática do presente estudo, o modelo integrado proposto pode se configurar como uma estrutura conhecida utilizada no gerenciamento da inovação, permitindo especificação, mesmo que de maneira imperfeita, de quais e como os contextos sociais determinantes da inovação serão instanciados por agentes especializados durante um processo de inovação distribuído, a ser conduzido em uma organização específica.

A partir de situações de co-presença e de estruturas conhecidas que atravessam distantes partes da organização e do ambiente, como, por exemplo, planos, hierarquias e mercados, ocorre a coordenação entre processos organizacionais distantes e entre processos organizacionais antigos e novos (fator f, na Figura 5), e a aceitação dos esforços de mudança e de inovação por partes de agentes localizados no ambiente organizacional (e.g., consumidores) (fator g, na Figura 5). Mediante estes subprocessos de coordenação e reforços mútuos, agentes internos e externos à organização montam então um novo “circuito de reprodução” (Giddens, 1984, p. 191), o qual reproduz nova tecnologia e traz novas consequências ambientais, sociais e econômicas dentro e fora da organização. Novamente, tem-se aqui o fenômeno da inovação tecnológica como algo distribuído e democrático, embora a produção e a reprodução da tecnologia possam ser, como qualquer atividade organizacional, sujeitas a “auto-regulação reflexiva” por parte de determinados agentes

“posicionados estrategicamente” (Giddens, 1984, pp. 27-28). No caso investigado, gerentes elaboraram planos, projetos e contratos que direcionavam os esforços de funcionários e consultores na direção da inovação, promovendo assim auto-regulação de mudanças e rotinas da empresa. Por sua vez, atividades contingentes e novas rotinas trouxeram novas consequências, inclusive na forma de uma nova materialidade como, neste caso, a produção e a exportação de energia elétrica.

Nesse nível maior de análise, representado pela reprodução de um sistema social como um todo, compreendido pela organização e por suas relações com um ambiente mais amplo, a pesquisa preenche uma lacuna teórica para descrever “como” a mudança organizacional e a inovação tecnológica ocorrem (Caldwell, 2005; Fagerberg, 2005), em uma abordagem que evita a reificação desses fenômenos, vistos não mais como entidades, mas como conjuntos complexos de mudanças cognitivas e de ações proporcionadas por uma miríade de indivíduos situados dentro e fora da organização. A consideração dos indivíduos como os elementos básicos da mudança e da inovação, e dos sistemas sociais como relações de interdependência entre indivíduos e suas situações de co-presença, distantes no tempo e no espaço uns dos outros, contribui para o entendimento da relação entre o poder de transformação material e social, situado em nível individual, as interações humanas diretas, situadas no nível de co-presença, e a produção e a reprodução da tecnologia organizacional, que acontecem nos níveis dos sistemas sociais.

Desta forma, e mais especificamente, evitando a reificação, a pesquisa também contribui quando evidencia aspectos relativos ao MDL até então ignorados por pesquisas positivistas e quantitativas, fato que inclusive traz novas e contundentes implicações práticas. Na verdade, a pesquisa evidencia que, pelo menos em determinadas tecnologias, o esquema de MDL pode não se configurar como um fator de promoção do desenvolvimento sustentável, de transferência de tecnologia e até mesmo de redução de emissões. O desenvolvimento e o uso da tecnologia de geração de energia renovável na empresa Alpha trouxe sim benefícios sustentáveis, como emprego, aprendizado e eletricidade, mas isto não foi causado pelo esquema de MDL. A inovação investigada deve ser vista muito mais como uma construção de um novo esquema de geração de energia que envolveu decisores governamentais, consultores na área de engenharia, desenvolvedores e produtores de equipamentos, gerentes e funcionários especializados e distribuidores de energia, e que permitiram o aparecimento de um novo “circuito de reprodução”, de um tipo agora comum na indústria brasileira de açúcar e álcool. Neste contexto de múltiplos fatores determinantes, e diante do fato de que o comércio de emissões foi um fator insignificante utilizado pelos agentes responsáveis pelo

desenvolvimento da tecnologia investigada para inovar, uma das contribuições mais significativas da pesquisa é a sua contestação da adicionalidade dessa tecnologia, um importante critério de sustentabilidade em MDL. Diante disto, e apesar da nova tecnologia com certeza trazer benefícios sociais, ambientais e econômicos, a pesquisa conclui que projetos de MDL devem ser mais bem investigados, de uma maneira sistêmica, antes que seja afirmado que existe desenvolvimento sustentável no mecanismo. Além disso, mesmo que uma determinada tecnologia relacionada ao MDL envolva a transferência de conhecimento e de equipamento do exterior ao Brasil, o caso Alpha mostrou que não apenas a tecnologia pode ser nacional, mas também que muitos outros fatores interferem no desenvolvimento de uma nova tecnologia de redução de emissões, o qual se assimila muito mais a um processo de “bricolagem” tecnológica. Assim, visto que a proposta do MDL é a de ser um mecanismo gerencial, de geração de desenvolvimento e de redução de emissões, reforça-se aqui seu caráter frágil, e a necessidade de repensá-lo em um acordo pós-Kyoto (Muller, 2007).

Mais precisamente, foi sugerido que as tecnologias de MDL fossem investigadas de maneira multidisciplinar uma a uma, como resultantes de diversos fatores que se reforçam mutuamente como, por exemplo, a existência de mão-de-obra qualificada e criativa e o acesso a fontes de financiamento. Ou seja, tecnologias em MDL deveriam ser vistas como “tecnologias típicas”, diferentes em seus processos de formação e em suas contribuições para o desenvolvimento sustentável. Neste sentido, o modelo integrado proposto também pode ser utilizado, tanto academicamente quanto para auxiliar a tomada de decisão empresarial e a formulação de políticas nacionais e internacionais energéticas e de comércio de emissões, pois permite análise de tecnologias específicas e respectivas comparações quanto aos seus fatores determinantes e às suas consequências.

É argumentado aqui que os modelos teóricos parciais e o modelo integrado descritos acima, em conjunto com suas pertinentes explanações, feitas aqui e ao longo desta tese, formam teorias estruturacionistas-autopoiéticas da mudança, da inovação tecnológica e da inovação tecnológica ambiental, centradas no agente individual. Neste esforço teórico, existe um elemento cumulativo: o modelo integrado descrito acima confirma as proposições apresentadas no modelo de mudança organizacional proposto no capítulo 2, visto que destaca a importância da especialização, da diversidade, do compartilhamento e da distinção de conhecimentos dominados por agentes, bem como do uso de poder e de contato com outros sistemas sociais por estes mesmos agentes em processos de inovação. Também, o modelo integrado confirma os modelos de inovação desenvolvidos nos capítulos 3 e 4, visto que

reconhece que características “concretas” de recursos econômicos, sociais e ambientais, instanciadas por agentes, são tanto causa quanto consequência da inovação.

Mais precisamente, os esforços explicativos conduzidos representam uma teoria “de meio alcance”, conforme descrita por Corbin e Strauss (2008). Para esses autores, uma teoria de meio alcance é aquela situada entre teorias substantivas, que respondem a assuntos bem específicos, e teorias formais, que explicam um fenômeno amplo e, assim, podem ser usadas em vários contextos. Neste sentido, as teorias formais estruturacionista e autopoietica foram combinadas conceitualmente e com dados empíricos provenientes de um contexto substantivo representado pela emergência de uma tecnologia de geração de energia renovável, de uma maneira que, ao final, permitisse o desenvolvimento de um quadro explicativo de meio alcance da inovação tecnológica ambiental. Em outras palavras, e de acordo com as pretensões da *grounded theory* (Suddaby, 2006, p. 635), o modelo teórico aqui desenvolvido situa as teorias mais abrangentes e centradas no agente, da Estruturação e da Autopoiesis, na explicação de um fenômeno organizacional mais específico, representado pela inovação tecnológica ambiental, o qual por sua vez contribui para a elaboração e difusão dessas mesmas teorias.

Neste esforço teórico, a coerência epistemológica, ontológica e metodológica da tese foi mantida mediante a coerência entre pressupostos do método *grounded theory* e os perfis construtivistas das teorias da Estruturação e da Autopoiesis, da investigação conduzida e das conclusões sintetizadas nos modelos teóricos aqui desenvolvidos. Neste sentido, o pressuposto do método *grounded theory* de que “o conhecimento surge através ... da ação e da interação de seres auto-reflexivos” (Corbin & Strauss, 2008, p. 2), pode ser percebido não apenas no processo de investigação conduzido, mas também no próprio modelo integrado proposto e nas teorias que o basearam. De similar maneira, os fatores do modelo integrado proposto (fatores a, b, c, d, e, f e g, na Figura 5) devem ser vistos como instanciados (produzidos e reproduzidos) por agentes no momento da ação inovadora, conclusão que está de acordo com a aplicada abordagem construtivista da *grounded theory*, a qual “procura definir afirmações condicionais que interpretam como sujeitos constroem suas realidades ... um grupo de hipóteses e conceitos que outros pesquisadores podem transportar para similares problemas de pesquisa e para outros campos substantivos” (Charmaz, 2000, p. 524).

Diante deste quadro “social construtivista” de investigação, o qual considera que nós, como seres humanos, “inventamos conceitos, modelos e esquemas para tomar sentido da experiência, e continuamos testando e modificando estas construções à luz de novas experiências” (Schwandt, 2000, p. 197), não é surpreendente que boa parte das contribuições

de ordem teórica e prática da presente tese possuam um caráter de crítica às perspectivas evolucionistas do fenômeno da inovação tecnológica e às perspectivas positivistas e quantitativas relacionadas à transferência de tecnologia e ao desenvolvimento sustentável em MDL.

No entanto, apesar de ter permitido as contribuições destacadas acima, a natureza indutiva e qualitativa da investigação conduzida, em conjunto com a restrição de tempo imposta ao desenvolvimento de uma tese de doutorado, obviamente impôs limitações em relação ao escopo da investigação, baseado em um caso de inovação tecnológica ambiental. Neste sentido, apesar de o estudo conduzido permitir “generalização analítica” (Yin, 2003) do modelo de inovação desenvolvido a partir de seus dados, este também parece sugerir diversos espaços específicos para pesquisas futuras que possam ampliar o escopo aqui investigado. Apesar de muitos destes espaços terem sido sugeridos em cada um dos capítulos de desenvolvimento desta tese, por motivos de clareza, as principais limitações e sugestões da pesquisa são reorganizadas e apresentadas abaixo por meio de associação às perguntas de pesquisa abordadas na tese.

## **5.2 Limitações do Estudo e Sugestões de Pesquisa**

### **5.2.1 Como Agência, no Nível Individual, Interage com Processos Organizacionais no Desenvolvimento da Mudança Organizacional?**

O capítulo 2 da presente tese se ocupou da questão acima, respondendo-a através de um modelo de mudança centrado no agente, onde processos organizacionais básicos são instanciados por agentes como situações de co-presença. No entanto, devido ao foco no agente, a natureza distinta de processos organizacionais diversos não foi devidamente tratada. De fato, enquanto parece importante que a mudança organizacional não seja teoricamente restrita a processos organizacionais padronizados, como capacidades dinâmicas, isto não significa que estes não influenciem a mudança. Neste sentido, o caso Alpha de inovação mostrou que capacidades dinâmicas interferem na mudança. Assim, um espaço de investigação promissor parece ser o estudo da relação entre processos padronizados e ocasionais na mudança organizacional. Este tipo de estudo também foi sugerido por Miner, Bassof e Moorman (2001), em uma investigação sobre processos de improvisação em organizações. Segundo esses autores, a improvisação pode gerar consequências de longo prazo para uma organização, tanto complementando quanto deslocando processos de

aprendizagem mais formais, como os de experimentação. Neste sentido, o estudo do balanceamento entre processos sociais formais e informais na obtenção da mudança parece promissor. Neste contexto, é sugerida aqui uma linha de investigação estruturacionista, que buscaria entender como agentes em diferentes níveis organizacionais gerenciam o balanceamento entre estruturas que impõem ordem na organização, como rotinas, e o aprendizado de novas estruturas, que criam a desordem, como o conhecimento produzido externamente. Se focado no agente, este tipo de investigação complementaria investigações sobre mecanismos ambidestros organizacionais (e.g., Adler, Goldoftas & Levine, 1999).

Outra linha de investigação, mais difícil, porém possível, seria suavizar o caráter evolucionista de capacidades dinâmicas, o trazendo para perto do agente. Já é possível a identificação deste tipo de esforço em trabalhos mais recentes sobre capacidades dinâmicas como, por exemplo, quando estas são definidas por meio de atributos humanos, como “a habilidade para sentir e então desenvolver novas oportunidades, e para reconfigurar e proteger capitais de conhecimento, competências e capitais complementares com o objetivo de alcançar vantagem competitiva sustentável” (Augier & Teece, 2009, p. 412). No entanto, permanece aqui aberta a questão de se a perda do caráter evolucionista não implicaria obrigatoriamente na perda de uma noção objetiva da noção de capacidades.

### **5.2.2 Como Agência Individual e Circunstâncias Materiais são Conciliadas em Inovações Tecnológicas?**

O capítulo 3 desta tese lidou com esta questão, apresentando a materialidade como estruturas conhecidas instanciadas por agentes especializados durante a inovação. No entanto, neste enfoque baseado no agente, grande parte dos processos subjetivos conduzidos por indivíduos inovadores foi deixada de lado, pois estruturas não conhecidas (ou puramente subjetivas) não foram abordadas. Enquanto nesta tese foi descrito que estruturas conhecidas são combinadas na formação de novas estruturas e ações tecnológicas, isto não quer dizer que estruturas não conhecidas não compõem o processo. De uma maneira especulativa, é possível sugerir que emoções, interesses, aspirações e até mesmo sonhos são elementos instanciados por inovadores, e até o momento isto foi pouco explorado pela literatura de inovação, representando assim útil direção para pesquisa futura.

Neste sentido, com relação às variáveis ligadas a interesses e aspirações, estudos que descrevem as características que definem *stakeholders* (e.g., Mitchell, Agle & Wood, 1997) podem ser utilizados para identificá-las. De maneira similar, noções estruturacionistas podem

ser adaptadas ao estudo das emoções em organizações, tanto para explicar a conformidade às regras quanto para explicar o desajuste e o desafio por parte de um agente às mesmas (Callahan, 2004). A readaptação destes tipos de abordagens à inovação configuraria assim como contribuição importante ao entendimento deste fenômeno.

### **5.2.3 Como uma Tecnologia Relacionada ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) Emerge?**

O quarto capítulo desta tese tratou desta questão por meio de complementação do modelo “agência-materialidade” de inovação e aplicação do modelo resultante ao fenômeno MDL, contribuindo para a descrição deste, frente à carência de estudos em profundidade e qualitativos nesta área. Neste modelo resultante, recursos sociais, ambientais e econômicos utilizados na emergência de uma tecnologia em MDL são vistos como estruturas, que são tanto causa quanto consequência da agência humana. No entanto, como um caso único, o estudo aqui conduzido não permitiu a comparação entre distintas tecnologias. Neste sentido, a pesquisa futura em MDL poderia conduzir estudos comparativos de maneira a entender os fatores que levam certas organizações e/ou regiões a desenvolverem tecnologias ambientais, enquanto outras organizações e regiões continuam presas a práticas insustentáveis. Por exemplo, no caso investigado, a abertura, tanto econômica quanto técnica, do mercado de energia elétrica local, assim como o alto potencial de retorno econômico da geração de energia e a existência de agentes especializados nesta indústria, dentro e fora da empresa, contribuíram para o desenvolvimento da tecnologia. No entanto, a partir do momento em que a empresa investigada constitui sólida organização, seria promissora a comparação deste ou de outros casos de sucesso com casos de tentativas de desenvolvimento de tecnologias similares, bem e mal sucedidas, em organizações e em regiões mais pobres. Com este tipo de esforço, a pesquisa em MDL poderia avançar na descrição de barreiras específicas que necessitam ser removidas para o desenvolvimento de tecnologias mais sustentáveis. Este tipo de conclusão já tinha sido feito por Gilau, Buskirk e Small (2007), quando afirmaram que “exemplos mostram que métodos de baixo custo de remoção de barreiras são possíveis. Mas, como replicar esses poucos exemplos notáveis para criar um desenvolvimento amplamente distribuído continua uma difícil, mas promissora e importante área para pesquisa futura” (p. 5533).

Neste sentido, a pesquisa deveria se concentrar na descrição e comparação de tecnologias ambientais “típicas”, particularmente em suas barreiras típicas e potenciais para gerar desenvolvimento sustentável, estes últimos discutidos abaixo.

#### **5.2.4 Como a Emergência de uma Tecnologia Relacionada ao MDL Impacta a Sustentabilidade (i.e., a Configuração de Recursos Ambientais, Econômicos e Sociais)?**

Projetos e empreendimentos ligados as MDL devem reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEEs). Assim, a capacidade de redução de emissões representa a contribuição mais básica destes tipos de tecnologias ao desenvolvimento sustentável. Esta capacidade de redução é traduzida no conceito de adicionalidade, que significa a contribuição que um determinado projeto ou empreendimento de MDL apresenta para a redução de emissões. Na presente pesquisa, tanto as entrevistas com consultores de comércio de emissões e com analistas de MDL governamentais, quanto a revisão da literatura pertinente ao tema, apontaram para a tendência atual de que a adicionalidade de um projeto ou empreendimento de MDL seja medida não apenas do ponto de vista ambiental, mas também econômico. Ou seja, se uma tecnologia ligada ao MDL surge por outros fatores, alheios ao comércio de créditos de carbono, esta não é adicional. Neste sentido, a tecnologia que emergiu na empresa investigada Alpha não é adicional. Este fato sugere falhas no processo oficial do MDL e indica a questão da adicionalidade de tecnologias em MDL e de outras tecnologias ambientais como um tema relevante para pesquisas futuras. A importância de tal questão se intensifica, quando é percebido que o MDL é uma das estratégias atuais mais significativas de redução de emissões (Egenhofer, 2007). Particularmente relevante aqui parece ser a investigação dos critérios de decisão utilizados pelas Autoridades Nacionais Designadas (ANDs), as quais representam os locais de formulação de políticas e de tomada de decisão relacionadas ao MDL nos países hospedeiros, e pelo Comitê Executivo do MDL da Organização das Nações Unidas (ONU). Importante ressaltar que enquanto a pesquisa atual em MDL vem desenvolvendo modelos para subsidiar a tomada de decisão nesta área (e.g., Diakoulaki et al., 2007), a pesquisa de *como* realmente este tipo de decisão vem sendo tomada continua incipiente. Por fim, outra linha de investigação possível sobre a relação entre tecnologias ligadas ao MDL e o desenvolvimento sustentável se constitui na comparação de impactos de tecnologias típicas em variáveis ligadas à sustentabilidade. Neste contexto, uma das limitações mais significativas do estudo de caso Alpha é que não foi possível avaliar a pressão

que a tecnologia exerceu sobre recursos naturais, a qual obviamente pode ter sido nociva (Ellis et al., 2007; Muller, 2007). Assim, e a partir do momento em que as consequências para o desenvolvimento sustentável de tecnologias podem ser dinâmicas, como a questão da “importação” de conhecimento e equipamentos em MDL parece sugerir (Seres et al., 2009), torna-se importante a investigação comparativa de ciclos de formação e de impactos de tecnologias distintas.

Dentro desta linha de investigação, que visaria comparar tecnologias ambientais diversas, um enfoque possível é a consideração de cada uma das tecnologias de MDL como distintas “cadeias de valor globais e sustentáveis” do carbono, uma tarefa ainda não realizada na pesquisa atual sobre mecanismos de reduções de emissões. De acordo com Barin-Cruz e Boehe (2008), cadeias de valor globais e sustentáveis (CVGS) são “cadeias de valor globais nas quais os produtos e os processos produtivos resultam de considerações e práticas ambientais, sociais e econômicas” (p. 1188), representando arranjos de empresas que podem ser analisados de acordo com três dimensões: (1) o poder de barganha de seus integrantes, (2) a diferenciação de seus produtos e (3) os graus de consciência a respeito de aspectos morais e éticos ligados à sustentabilidade apresentados por seus atores. Com base neste tipo de arcabouço, seria possível comparar os perfis sociais, econômicos e ambientais de cadeias de reduções de emissões de GEEs especificadas por tecnologias de MDL distintas, onde a pesquisa multidisciplinar e qualitativa teria muito a oferecer.

De fato, a partir do momento em que todas as questões de pesquisa indicadas acima demandam “fidelidade aos fenômenos, respeito pelo mundo da vida e atenção aos detalhes finos da vida diária” (Schwandt, 2000, p. 190), métodos indutivos, qualitativos e comparativos parecem ser, ao menos neste momento, os mais apropriados para avançar nossa compreensão de como a tecnologia pode ser produzida e reproduzida na direção de um futuro mais sustentável.

## Referências

- Adler, P. S., Goldoftas, B., & Levine, D. I. (1999). Flexibility versus efficiency? A case study of model changeovers in the Toyota production system. *Organization Science*, 10 (1), 43-68.
- Ambrosini, V., & Bowman, C. (2009). What are dynamic capabilities and are they a useful construct in strategic management? *International Journal of Management Reviews*, 11(1), 29-49.
- Amit, R., & Schoemaker, P. J. H. (1993). Strategic assets and organizational rents. *Strategic Management Journal*, 14(1), 33-46.
- Augier, M., & Teece, D. J. (2009). Dynamic capabilities and the role of managers in business strategy and economic performance. *Organization Science*, 20(2), 410-421.
- Banerjee, S. B. (2003). Who sustains whose development? Sustainable development and the reinvention of nature. *Organization Studies*, 24(1), 143-180.
- Barin-Cruz, L. & Boehe, D. M. (2008). CSR in the global marketplace: towards sustainable global value chains. *Management Decision*, 46(8), 1187-1209.
- Barney, J. B. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17, 99-110.
- Barney, J. B. (2001). Is the resource-based “view” a useful perspective for strategic management research? Yes. *Academy of Management Review*, 26(1), 41-56.
- Berends, H., Boersma, K., & Weggeman, M. (2003). The structuration of organizational learning. *Human Relations*, 56(9), 1035-1056.
- Bourdreau, M., & Robey, D. (2005). Enacting integrated information technology: a human agency perspective. *Organization Science*, 16(1), 3-18.
- Buchanan, D. A., Addicott, R., Fitzgerald, L., Ferlie, E., & Baeza, J. I. (2007). Nobody in charge: distributed change agency in healthcare. *Human Relations*, 60(7), 1065-1089.
- Caldwell, R. (2005). Things fall apart? Discourses on agency and change in organizations. *Human Relations*, 58(1), 83-114.
- Callahan, J. L. (2004). Reversing a conspicuous absence: mindful inclusion of emotion in structuration theory. *Human Relations*, 52(11), 1427-1448.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128-152.
- Corbin, J., & Strauss, A. (1990). Grounded theory research: procedures, canons, and evaluative criteria. *Qualitative Sociology*, 13(1), 3-21.

- Corbin, J., & Strauss, A. (2008). *Basics of qualitative research: techniques and procedures for developing grounded theory*. California: Sage Publications.
- Charmaz, K. (2000). Grounded theory: objectivist and constructivist methods. In N.K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 509-535). California: Sage Publications.
- Crossan, M. M., & Berdrow, I. (2003). Organizational learning and strategic renewal. *Strategic Management Journal*, 24, 1087-1105.
- Crossan, M. M., Lane, H. W., & White, R. E. (1999). An organizational learning framework: from intuition to institution. *Academy of Management Review*, 24(3), 522-537.
- Dechezleprêtre, A., Glachant, M., & Ménière, Y., (2008). The clean development mechanism and the international diffusion of technologies: an empirical study. *Energy Policy*, 36(4), 1273-1283.
- DeSanctis, G., & Poole, M. S. (1994). Capturing the complexity in advanced technology use: adaptive structuration theory. *Organization Science*, 5(2), 121-147.
- Diakoulaki, D., Georgiou, P., Tourkolias, C., Georgopoulou, E., Lalas, D., Mirasgedis, S., & Sarafidis, Y. A. (2007). A multicriteria approach to identify investment opportunities for the exploitation of the clean development mechanism. *Energy Policy*, 35(2), 1088-1099.
- DiMaggio, P. (1997). Culture and cognition. *Annual Review of Sociology*, 23, 263-287.
- Dosi, G., Faillo, M., & Marengo, L. (2008). Organizational capabilities, patterns of knowledge accumulation and governance structures in business firms: an introduction. *Organization Studies*, 29(8-9), 1165-1185.
- Eisenhardt, K. M., & Graebner, M. E. (2007). Theory building from cases: opportunities and challenges. *Academy of Management Journal*, 50(1), 25-32.
- Eisenhardt, K.M., & Martin, J.A. (2000). Dynamic capabilities: what are they? *Strategic Management Journal*, 21(10-11), 1105-1121.
- Ellis, J., Winkler, H., Corfee-Morlot, J., & Gagnon-Lebrun, F. (2007). CDM: taking stock and looking forward. *Energy Policy*, 35, 15-28.
- Egenhofer, C. (2007). The making of the EU emissions trading scheme: status, prospects and implications for business. *European Management Journal*, 25(5), 453-463.
- Fagerberg, J. (2005). Innovation: a guide to the literature. In J. Fagerberg, D. C. Mowery & R. R. Nelson (Eds.). *The Oxford handbook of innovation* (pp. 1-26). Oxford: Oxford University Press.
- Faulkner, P., & Runde, J. (2009). On the identity of technological objects and user innovations in function. *Academy of Management Review*, 34(3), 442-462.

- Feldman, M. S., & Pentland, B. T. (2003). Reconceptualizing organizational routines as a source of flexibility and change. *Administrative Science Quarterly*, 48(1), 94-118.
- Foss, N. J. (2003). Bounded rationality and tacit knowledge in the organizational capabilities approach: an assessment and a re-evaluation. *Industrial and Corporate Change*, 12(2), 185-201.
- Foss, N. J., & Ishikawa, I. (2007). Towards a dynamic resource-based view: insights from Austrian capital and entrepreneurship theory. *Organization Studies*, 28(5), 749-772.
- Galende, J. (2006). Analysis of technological innovation from business economics and management. *Technovation*, 26, 300-311.
- Galunic, D. C., & Rodan, S. (1998). Resource recombinations in the firm: knowledge structures and the potential for Schumpeterian innovation. *Strategic Management Journal*, 19(12), 1193-1201.
- Garnsey, E., Lorenzoni, G., & Ferriani, S. (2008). Speciation through entrepreneurial spin-off: the Acorn-ARM story. *Research Policy*, 37, 210-224.
- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, 33(6-7), 897-920.
- Giddens, A. (1979). *Central problems in social theory*. London, UK: The Macmillan Press.
- Giddens, A. (1984). *The constitution of society: Outline of the theory of structuration*. Berkeley: University of California Press.
- Gilau, A. M., Buskirk, R. V., & Small, M. J. (2007). Enabling optimal energy options under the clean development mechanism. *Energy Policy*, 35(11), 5526-5534.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. New York: Aldine.
- Gourlay, S. (2006). Conceptualizing knowledge creation: a critique of Nonaka's theory. *Journal of Management Studies*, 43(7), 1415-1436.
- Grant, R. M. (1996a). Prospering in dynamically competitive environments: organizational capability as knowledge integration. *Organization Science*, 7(4), 375-387.
- Grant, R. M. (1996b). Toward a knowledge-based theory of the firm. *Strategic Management Journal*, 17, 109-122.
- Hargadon, A., & Fanelli, A. (2002). Action and possibility: reconciling dual perspectives of knowledge in organizations. *Organization Science*, 13(3), 290-302.
- Helfat C., & Peteraf, M. (2003). The dynamic resource-based view: capability lifecycles. *Strategic Management Journal*, 24(10), 997-1010.

- Hendry, J., & Seidl, D. (2003). The structure and significance of strategic episodes: social system theory and the routine practices of strategic change. *Journal of Management Studies*, 40(1), 175-196.
- Hernes, T., & Bakken, T. (2003). Implications of self-reference: Niklas Luhmann's autopoiesis and organization theory. *Organization Studies*, 24(9), 1511-1535.
- Hung, S. (2004). Explaining the process of innovation: the dynamic reconciliation of action and structure. *Human Relations*, 57(11), 1479-1497.
- Jacobides, M. G. (2006). The architecture and design of organizational capabilities. *Industrial and Corporate Change*, 15(1), 151-171.
- Jensen, M. B., Johnson, B., Lorenz, E., & Lundvall, B. (2007). Forms of knowledge and modes of innovation. *Research Policy*, 36(5), 680-693.
- Kaplan, S., & Tripsas, M. (2008). Thinking about technology: applying a cognitive lens to technological change. *Research Policy*, 37(5), 790-805.
- Kogut, B., & Zander, U. (1992). Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology. *Organization Science*, 3(3), 383-405.
- Kolb, D. G. (2008). Exploring the metaphor of connectivity: attributes, dimensions and duality. *Organization Studies*, 29(1), 127-144.
- Kolk, A., & Pinkse, J. (2008). A perspective on multinational business enterprises and climate change: learning from "an inconvenient truth"? *Journal of International Business Studies*, 39, 1359-1378.
- Kor, Y. Y., Mahoney, J. T., & Michael, S. C. (2007). Resources, capabilities and entrepreneurial perceptions. *Journal of Management Studies*, 44(7), 1187-1212.
- Langley, A. (1999). Strategies for theorizing from process data. *Academy of Management Review*, 24(4), 691-710.
- Lakoff G. (1987). *Women, fire and dangerous things*. Chicago: Chicago University Press.
- Lam, A. (2005). Organizational innovation. Em J. Fagerberg, D. C. Mowery & R. R. Nelson (Eds). *The Oxford handbook of innovation* (pp. 115-147). Oxford: Oxford University Press.
- Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidities: a paradox in managing new product development. *Strategic Management Journal*, 13, 111-115.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (2000). Paradigmatic controversies, contradictions, and emerging confluences. Em N.K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 163-188). California: Sage Publications.

- March, J. G. (1991). Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization Science*, 2(1), 71-87.
- Maturana, H. (1980a). Introduction. Em H. Maturana & F. Varela (Eds), *Autopoiesis and cognition* (pp. xi-xxx). Holland: D. Reidel Publishing.
- Maturana, H. (1980b). Biology of cognition. Em H. Maturana & F. Varela (Eds), *Autopoiesis and cognition* (pp. 1-58). Holland: D. Reidel Publishing.
- Maturana, H., & Varela, F. J. (1980). Autopoiesis: the organization of the living. Em H. Maturana & F. Varela (Eds), *Autopoiesis and cognition* (pp. 59-140). Holland: D. Reidel Publishing.
- Miner, A. S., Bassof, P., & Moorman, C. (2001). Organizational improvisation and learning: a case study. *Administrative Science Quarterly*, 46(2), 304-337.
- Miller, D. (2003). An asymmetry-based view of advantage: towards an attainable sustainability. *Strategic Management Journal*, 24(10), 961-76.
- Mitchell, R. K., Agle, B. R., & Wood, D. J. (1997). Toward a theory of stakeholder identification and salience: defining the principle of who and what really counts. *Academy of Management Review*, 22(4), 853-886.
- Muller, A. (2007). How to make the clean development mechanism sustainable – the potential of rent extraction. *Energy Policy*, 35(2), 3203-3212.
- Munir, K. A., & Jones, M. (2004). Discontinuity and after: the social dynamics of technology evolution and dominance. *Organization Studies*, 25(4), 561-581.
- Nelson, R. (2006). Evolutionary social science and universal Darwinism. *Journal of Evolutionary Economics*, 16, 491-510.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge creating company*. New York: Oxford University Press.
- Nonaka, I., & Toyama, R. (2007). Strategic management as distributed practical wisdom (phronesis). *Industrial and Corporate Change*, 16(3), 371-394.
- Nooteboom, B. (2000). *Learning and innovation in organizations and economies*. New York: Oxford University Press.
- Nussbaumer, P., (2009). On the contribution of labeled certified emission reductions to sustainable development: a multi-criteria evaluation of CDM projects. *Energy Policy*, 37(1), 91-101.

- Ocasio, W. (1997). Towards an attention-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 18, 187-206.
- Olsen, K.H., & Fenhann, J. (2008). Sustainable development benefits of clean development mechanism projects: a new methodology for sustainability assessment based on text analysis of the project design documents submitted for validation. *Energy Policy*, 36(8), 2819-2830.
- Orlikowski, W.J. (1992). The duality of technology: rethinking the concept of technology in organizations. *Organization Science*, 3(3), 398-427.
- Orlikowski, W. J. (2000). Using technology and constituting structures: a practice lens for studying technology in organizations. *Organization Science*, 11(4), 404-428.
- Orlikowski, W. J. (2002). Knowing in practice: enacting a collective capability in distributed organizing. *Organization Science*, 13(3), 249-273.
- Orlikowski, W. J. (2007). Sociomaterial practices: exploring technology at work. *Organization Studies*, 28(9), 1435-1448.
- Orlikowski, W. J. (2010). The sociomateriality of organizational life: considering technology in management research. *Cambridge Journal of Economics*, 34, 125-141.
- Pajunen, K. (2008). The nature of organizational mechanisms. *Organization Studies*, 29(11), 1449-1468.
- Pavitt, K. (2002). Innovating routines in the business firm: what corporate tasks should they be accomplishing? *Industrial and Corporate Change*, 11(1), 117-131.
- Pavitt, K. (2005). Innovation processes. Em J. Fagerberg, D. C. Mowery & R. R. Nelson (Eds). *The Oxford handbook of innovation* (pp. 86-114). Oxford: Oxford University Press.
- Pentland, B. T., & Feldman, M. S. (2007). Narrative networks: patterns of technology and organization. *Organization Science*, 18(5), 781-795.
- Perlow, L. A., Gittell, J. H., & Katz, N. (2004). Contextualizing patterns of work group interaction: toward a nested theory of structuration. *Organization Science*, 15(5), 520-536.
- Peteraf, M. A. (1993). The cornerstones of competitive advantage: a resource-based view. *Strategic Management Journal*, 14(3), 179-191.
- Peteraf, M. A., & Bergen, M. E. (2003). Scanning dynamic competitive landscapes: a market-based and resource-based framework. *Strategic Management Journal*, 24(10), 1027-1041.

- Pozzebon, M. (2004). The influence of a structurationist view on strategic management research. *Journal of Management Studies*, 41(2), 247-272.
- Pozzebon, M., & Pinsonneault, A. (2005). Challenges in conducting empirical work using structuration theory: learning from IT research. *Organization Studies*, 26(9), 1353-1375.
- Priem, R. L., & Butler, J. E. (2001). Is the resource-based “view” a useful perspective for strategic management research? *Academy of Management Review*, 26(1), 22-40.
- Ringberg, T., & Reihlen, M. (2008). Towards a socio-cognitive approach to knowledge transfer. *Journal of Management Studies*, 45(5), 912-935.
- Russo, M. V., (2003). The emergence of sustainable industries: building in natural capital. *Strategic Management Journal*, 24(4), 317-331.
- Sarason, Y. (1995). A model of organizational transformation: the incorporation of organizational identity into a structuration theory framework. *Academy of Management Journal*, Best Paper Proceedings 1995, 47-51.
- Schneider, M., Holzer, A., & Hoffman, V. (2008). Understanding the CDM’s contribution to technology transfer. *Energy Policy*, 36(8), 2920-2928.
- Schreyögg, G., & Kliesch-Eberl, M. (2007). How dynamic can organizational capabilities be? Towards a dual-process model of capability dynamization. *Strategic Management Journal*, 28(9), 913-933.
- Schumpeter, J. A. (1961). *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest and the business cycle*. New York: Oxford University Press.
- Schwandt, T. A. (2000). Three epistemological stances for qualitative inquiry: interpretivism, hermeneutics and social constructionism. In N.K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 189-213). California: Sage Publications.
- Seres, S., Haites, E., & Murphy, K. (2009). Analysis of technology transfer in CDM projects: an update. *Energy Policy*, 37(11), 4919-4926.
- Simon, H. A. (1991). Bounded rationality and organizational learning. *Organization Science*, 2(1), 125-134.
- Symon, G., & Clegg, C. (2005). Constructing identity and participation during technological change. *Human Relations*, 58(9), 1141-1166.
- Suddaby, R. (2006). From the editors: what grounded theory is not. *Academy of Management Journal*, 49(4), 633-642.
- Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, 28(13), 1319-1350.

- Teece, D. J., Pisano, G., & Schuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533.
- Thurlow, A., & Helms Mills, J. (2009). Change, talk and sensemaking. *Journal of Organizational Change Management*, 22(5), 459-479.
- Tsoukas, H. (1996). The firm as a distributed knowledge system: a constructionist approach. *Strategic Management Journal*, 17, 11-25.
- Tsoukas, H., & Chia, R. (2002). On organizational becoming: rethinking organizational change. *Organization Science*, 13(5), 567-582.
- Van Woerkum, C. M. J., Aarts, M .N. C., & de Grip, K. (2007). Creativity, planning and organizational change. *Journal of Organizational Change Management*, 20(6), 847-865.
- Volkoff, O., Strong D. M., & Elmes, M. (2007). Technological embeddedness and organizational change. *Organization Science*, 18(5), 832-848.
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods*. Beverly Hills: Sage Publications.
- Wang, B. (2010). Can CDM bring technology transfer to China? An empirical study of technology transfer in China's CDM projects. *Energy Policy*, 38(5), 2572-2585.
- Whittington, R. (1992). Putting Giddens into action: social systems and managerial agency. *Journal of Management Studies*, 29(6), 693-712.
- Winter, S. G. (2000). The satisficing principle in capability learning. *Strategic Management Journal*, 21(10-11), 981-996.
- Winter, S. G. (2003). Understanding dynamic capabilities. *Strategic Management Journal*, 24(10), 991-996.
- Zahra, S. A., Sapienza, H. J., & Davidsson, P. (2006). Entrepreneurship and dynamic capabilities: a review, model and research agenda. *Journal of Management Studies*, 43(4), 917-955.

## **ANEXO A**

### **Roteiro de entrevista semi-estruturada**

#### **Questões para gerentes e funcionários da empresa Alpha**

Entrevistador:

Entrevistado (nome e cargo):

Data:

Início:

Término:

#### **PARTE 1: Desenvolvimento do Projeto (ou Tecnologia)**

1 - Como a idéia de implantar um projeto de MDL (de Geração de Energia) foi inicialmente formada? Quem iniciou o processo? Quando? (ano)

2 – Como o projeto de MDL (de Geração de Energia) foi incorporado nos planos e atividades correntes da empresa? (Como e quando foi o processo de tomada de decisão estratégica?). Houve a elaboração de um plano de negócio? Se sim, como foi feito e implementado?

3 - De onde vieram os principais recursos utilizados na implantação do projeto? Como esses recursos foram adquiridos e utilizados? Quais indivíduos e/ou grupos foram designados para implantar o projeto?

4 - Quais foram as principais atividades (ou tarefas) executadas durante a formação do projeto? Como essas atividades foram alocadas para indivíduos, grupos e outras organizações? Como essas atividades foram desempenhadas?

5 - O projeto de MDL (de Geração de Energia) representa um novo produto, serviço e/ou processo para a empresa? Por que (sim ou não)?

6 - A empresa contou com parceiros para implantar o projeto? Quais? Como esses parceiros atuaram?

7 - Houve transferência de conhecimento e/ou tecnologia, como, por exemplo, know-how? Qual? De onde? Como essa (s) transferência (s) ocorreu (ram)? Quais indivíduos e/ou grupos participaram? Que tipo (s) de processo (s) (capacidades) a empresa utilizou para executar essa transferência?

8 - Houve algum tipo de adaptação de conhecimento e/ou tecnologia? Qual (is)? Quais indivíduos e/ou grupos participaram? Que tipo (s) de processo (s) (capacidades) a empresa utilizou para executar essa adaptação?

9 - Houve alguma criação, desenvolvimento próprio, de tecnologia e/ou conhecimento, por parte da empresa? Qual (is)? Quais indivíduos e/ou grupos participaram? Que tipo (s) de processo (s) (capacidades) a empresa utilizou para executar esse desenvolvimento?

10 - Como a estrutura organizacional, os processos e/ou os métodos e ferramentas de gestão do projeto de MDL (de Geração de Energia) foram desenvolvidos? Que tipo (s) de processo (s) (capacidades) a empresa utilizou para executar esse desenvolvimento?

11 - Como o processo de validação e certificação de CREs foi (ou é) conduzido?

12 - Como foi (ou é) o processo de comercialização de CREs? Como o processo de negociação com compradores foi (ou é) conduzido?

13 - Quais são as principais atividades (ou tarefas) executadas atualmente pelo projeto? Como essas atividades são alocadas para indivíduos, grupos e outras organizações? Como essas atividades são desempenhadas?

## **PARTE 2: Consequências Sociais, Econômicas e Ambientais do Projeto (Tecnologia)**

1 - Do ponto de vista econômico, como (e de quanto) foi o processo de investimento no projeto, e que tipo de retorno (ou prejuízo) este projeto trouxe? Como a infra-estrutura do projeto foi construída e é mantida?

2 - Quanto de energia o projeto gera? Como essa energia é produzida e distribuída?

3 - O projeto interfere no nível de dependência de combustíveis fósseis que o País (ou a empresa) possui? Como?

4 - O projeto gerou (ou reduziu o número de) empregos? Quantos? Como? Como o projeto impactou a renda de funcionários?

5 - Houve algum tipo de treinamento aplicado a gerentes e/ou funcionários? Houve algum tipo de programa de educação e/ou treinamento para a comunidade como, por exemplo, de educação ambiental? Quais? Como?

6 - O projeto impacta, de maneira direta ou indireta, a saúde de alguém? Como?

7 - O projeto impacta, de maneira direta ou indireta, as condições de vida ou de trabalho de alguém? Como? Como a renda do projeto é distribuída?

8 - O projeto impacta a qualidade do ar? Como?

9 - O projeto impacta a qualidade da terra? Como?

10 - O projeto impacta a qualidade da água? Como?

11 - O projeto contribui para a proteção e/ou gerenciamento de recursos e/ou áreas ambientais (conservação)? Como?

## **ANEXO B**

### **Roteiro de entrevista semi-estruturada**

#### **Questões para gerentes e funcionários da empresa de consultoria**

Entrevistador:

Entrevistado (nome e cargo):

Data:

Falar sobre a Alpha: expansão e modernização

#### **PARTE 1: Desenvolvimento do Projeto**

- 1 - Quais são os negócios centrais da Consultoria?
- 2 - Quais são os principais tipos de clientes?
- 3 - Qual é o papel da Consultoria no desenvolvimento de projetos de MDL. Como ela atua (equipes)?
- 4 - A Consultoria ajudou a pressionar e a auxiliar o governo para fechar a linha de base?
- 5 - Como as idéias de projeto surgem? O caso Alpha (palestra)?
- 6 - Como é o gerenciamento de RH (consultores, equipes)? E de processo de consultoria?
- 7 - A Consultoria realiza transferência ou desenvolvimento de tecnologia? Como?
- 8 - Qual é o perfil de RH? O que você faz? Qual é a sua formação?
- 9 - Como o processo de validação e certificação de CREs foi conduzido?
- 10 - Como foi (ou é) o processo de comercialização de CREs? Como o processo de negociação com compradores foi (ou é) conduzido?
- 11 - Como é o desempenho da empresa?

#### **PARTE 2: Consequências Sociais, Econômicas e Ambientais do Projeto**

- 1 - Como você percebe os desempenhos econômicos e energéticos dos projetos?
- 2 - São projetos que costumam reduzir ou aumentar o gasto com mão de obra?
- 3 - Como é o processo de aprendizado de gerentes e funcionários de empresas-cliente, quanto à operação dos projetos?
- 4 - Que tipo de impacto em renda local os projetos têm gerado?
- 5 - Os projetos tipicamente impactam a terra, água e ar? Como.
- 6 - Os projetos contribuem para a proteção e/ou gerenciamento de recursos e/ou áreas ambientais (conservação)? Como?

## **ANEXO C**

### **Roteiro de entrevista semi-estruturada**

#### **Questões para funcionários da agência governamental responsável por MDL**

Entrevistador:

Entrevistado (nome e cargo):

Data:

Falar sobre Alpha: expansão, modernização e atores

#### **PARTE 1: Avaliação do Projeto**

1 - Qual é a sua função na Comissão/Ministério? Sua Formação?

Quais são as atividades centrais da Comissão/Ministério?

2 - Qual é o papel do Ministério em relação a projetos de MDL. Como ele atua (equipes)?

3 - Como que a avaliação da contribuição dos projetos para o desenvolvimento sustentável do Brasil é feita? (Técnicas, scores, avaliação qualitativa e quantitativa).

4 - É avaliado o nível de transferência ou desenvolvimento de tecnologia? Como?

5 - São verificadas externalidades negativas como, por exemplo, pressão por recursos naturais, como, por exemplo, avanço do desmatamento para plantio? Como?

6 - Existe uma demora? Existe uma melhora nesse tipo de processo de avaliação?

7 - Quais são os principais tipos de proponentes?

8 - Como o governo especifica linhas de base?

9 - Como é o gerenciamento de técnicos? Qual é o perfil de RH?

#### **PARTE 2: Consequências Sociais, Econômicas e Ambientais do Projeto**

1 - Como você percebe os desempenhos econômicos e energéticos dos projetos? Como isso é avaliado?

2 - São projetos que costumam reduzir ou aumentar o gasto com mão de obra? Como isso é avaliado?

3 - Como é o processo de aprendizado de gerentes e funcionários de empresas proponentes quanto à operação dos projetos? Que tipo de transferência de tecnologia tem havido?

4 - Que tipo de impacto em renda local os projetos têm gerado? Como? Como isso é avaliado?

5 - Os projetos tipicamente impactam a terra, água e ar? Como? Como isso é avaliado?

6 - Os projetos contribuem para a proteção e/ou gerenciamento de recursos e/ou áreas ambientais (conservação)? Como? Como isso é avaliado?

## ANEXO D

### Principais memórias escritas e categorias geradas a partir da análise

#### Principais Memórias Escritas

1- Em relação ao “modelo agência-materialidade”, que é subdividido em “níveis” de análise, é possível afirmar:

Nível 1 (indivíduo): Aspectos sociais e materiais “concretos” são aprendidos, percebidos e lembrados (como “estruturas conhecidas”), para depois serem combinados pelo indivíduo, cognitivamente e ativamente, gerando como consequência “parte” de uma nova tecnologia, em forma de novos conceitos, idéias, projetos, artefatos e/ou práticas. Isso depende de agência especializada (conhecimento prévio e poder de movimentar coisas e pessoas).

Nível 2 (interação direta): O conhecimento comum ou compartilhado (um tipo de “estrutura conhecida”) permite comunicação e mudança na forma de pensar de outras pessoas com as quais um agente interage. A co-experimentação também permite interligação de atividades, aprendizagem e combinação cognitiva e experiencial individuais, assim como percepção coletiva das mesmas “estruturas conhecidas”. As formas de interação respeitam o tipo de ‘agência’ (cognição e poder) que indivíduos podem empreender (ligada às noções de hierarquia, diversidade de conhecimento e “know-who”). Em interações diretas, a sequência e a combinação de transformações (atividades) individuais geram transformações em forma de “processo”. A base disto é o nível 1.

Nível 3 (organizacional): A organização representa um “circuito de reprodução” composto por atores distantes (Giddens, 1984). O indivíduo inovador pode modificar este amplo circuito. Basicamente, o indivíduo pode aprender a partir de, bem como influenciar através das consequências de suas ações (conceitos, idéias, artefatos, projetos e/ou práticas), interações “distantes”. Ambos, o aprendizado e as ações de influência “distantes”, são baseados em linguagem comum, permitidas por estruturas “conhecidas” (e.g., planos, rotinas, hierarquias, mídia). A base disto é o nível 1. Importante ressaltar que a sequência e a combinação de ações inovadoras individuais vindas de interações diretas distintas e “distantes” umas das outras geram transformações “organizacionais”, na forma de uma nova tecnologia, que passa a ser também uma estrutura “conhecida”. A base disto é o nível 2.

2 – Em relação ao modelo final de inovação tecnológica ambiental, que é composto pelas subcategorias “modelo agência-materialidade” e “resultados da nova tecnologia”, é possível complementar a memória de campo e o modelo descritos acima:

Nível 1 (indivíduo): Os aspectos sociais e materiais “concretos” que são aprendidos, percebidos e lembrados (como “estruturas conhecidas”), para depois serem combinados pelo indivíduo, cognitivamente e ativamente, podem ser vistos como recursos econômicos, sociais e ambientais, provenientes de dentro ou de fora da organização, e que são ligados ao conceito de sustentabilidade. O importante aqui é verificar que a movimentação destes recursos é, em última análise, INDIVIDUAL, feita por agentes especializados.

Nível 2 (interação direta): As interações diretas ou “situações de co-presença” inovadoras podem envolver pessoas de dentro e de fora da organização e podem ser de três tipos: (1) capacidades dinâmicas (processos padronizados que alteram processos), (2) áreas funcionais/especializadas (rotinas que produzem outputs que podem ser utilizados em inovação) e (3) “know-who” interações (encontros não padronizados entre indivíduos que trocam determinados conhecimentos, e.g., task forces).

Nível 3 (organizacional): A formação de um novo “circuito de reprodução” composto por atores distantes (Giddens, 1984), depende de: (1) Ajustes que indivíduos inovadores fazem entre processos, no tempo e no espaço (i.e., configuração e relações entre antigos e novos processos e entre processos distantes). (2) Feedbacks positivos “distantes” do ambiente da empresa (os quais podem envolver contatos pessoais). Em uma inovação tecnológica ambiental, este novo “circuito de produção” acarreta consequências menos nocivas ao meio ambiente quando comparadas às consequências do circuito de reprodução anterior.

3 – Os trechos de entrevista que “encaixam” em dois subprocessos de inovação podem ser justamente “feedbacks” entre estes processos.

4 – A validação das categorias deve ser de acordo com a replicação destas categorias em entrevistas ainda não analisadas.

5 – Três idéias interessantes para exploração futura. Níveis de análise baseados no nível individual, exploração de um paper sobre “categorização”, onde categorias distintas em um mesmo modelo significaria feedbacks, e a relação entre planejamento e inovação, onde planos seriam estruturas que guiam a ação, a qual se baseia nesta e em outras estruturas contingenciais (*Long Range Planning?*)

### **Principais Categorias da Categoria Central (Codificação Axial)**

A) Criando nova tecnologia (Modelo de Inovação Agência-materialidade)

A1) Indivíduos recombina recursos existentes (percebidos como estruturas “conhecidas”) e criam cognitivamente e ativamente a tecnologia

A1.1) Aprendendo “estruturas conhecidas” a partir de contextos diversos (especializados) para criar (e reproduzir) tecnologia

A1.2) Acessando recursos sociais (também através da linguagem, e incluindo pessoal qualificado), ambientais e econômicos (incluindo equipamentos) para combinação cognitiva e experiencial

A2) Interação social direta (situações de co-presença) para desenvolver tecnologia (comunicação admitida por conhecimento comum, relacionado à forma e função de tecnologia, e por co-experimentação. Em ambos os casos quem interage acessa similares estruturas “conhecidas”)

A2.1) Interação devido à especialização de setores/organizações

A2.2) Interação devido à “*Know-who*” (quem mais conhece sobre um assunto interage com o outro)

A2.3) Interação devido a capacidades dinâmicas (processos padronizados que visam alterar outros processos, como, por exemplo, planejamento estratégico)

A3) Formando novos “circuitos de reprodução”, através do ajuste e da coordenação de amplos processos organizacionais e de ligações entre a organização e o ambiente (interações indiretas entre agentes). Estruturas “conhecidas”, como planos, hierarquia, mídia e mercado, permitem o ajuste e a coordenação entre indivíduos “distantes”

A3.1) Ligando “distantes” e novos e antigos processos para aprender sobre, construir e operar uma nova tecnologia (provocando novas consequências sociais, ambientais e econômicas)

A3.2) Recebendo feedbacks positivos do ambiente (indivíduos bem distantes) antes, durante e depois do processo de inovação

B) Resultados da nova tecnologia (OUTCOMES)

B1) Aumento da área de plantio

B2) Ganho Ambiental por substituição de tecnologias “suja” por limpa

B3) Outros resultados ambientais

B4) Gerando Energia

B5) Obtendo retorno financeiro

B5.1) Retorno da energia, do carbono e de outros “*outputs*”

B5.2) Baixos custos

B5.3) Eficiência / Produtividade

B6) Distribuindo riqueza

B7) Emprego e melhora de condições empregatícias

B7.1) Melhora salarial e contratações

B7.2) Aumentando o nível de conhecimento (aprendizagem)

B7.3) Conforto

B8) Ganho na imagem

B9) Adicionalidade

B9.1) Ausência de adicionalidade financeira

B9.2) Ausência de adicionalidade por queda de barreira tecnológica

B9.3) Buscando adicionalidade, controle externo (ONU). Diferença entre o que a empresa oferece e o padrão de fornecimento de energia

B10) Erros tecnológicos

B10.1) De modularidade

B10.2) De previsão