

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS

ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO - EA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO – PPGA

DOUTORADO EM ADMINISTRAÇÃO

Diego Gonzales Chevarria

**A AGÊNCIA NA ABORDAGEM MULTINÍVEL DA TRANSIÇÃO
SOCIOTECNOLÓGICA SUSTENTÁVEL**

Porto Alegre – RS

Outubro de 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS

ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO - EA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO - PPGA

DOUTORADO EM ADMINISTRAÇÃO

Diego Gonzales Chevarria

**A AGÊNCIA NA ABORDAGEM MULTINÍVEL DA TRANSIÇÃO
SOCIOTECNOLÓGICA SUSTENTÁVEL**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em
Administração da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul como requisito parcial para a
obtenção do Título de Doutor em Administração

Orientador: **Prof. Dr. Eugênio Ávila Pedrozo**

Porto Alegre – RS

Outubro de 2016

CIP - Catalogação na Publicação

Chevarria, Diego Gonzales
A AGÊNCIA NA ABORDAGEM MULTINÍVEL DA TRANSIÇÃO
SOCIOTECNOLÓGICA SUSTENTÁVEL / Diego Gonzales
Chevarria. -- 2016.
259 f.

Orientador: Eugênio Ávila Pedrozo.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Administração, Programa de Pós-Graduação em Administração, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. transição sociotecnológica. 2. sustentabilidade.
3. agência. 4. sistemas multiagentes. 5. energia
eólica. I. Pedrozo, Eugênio Ávila, orient. II. Título.

Diego Gonzales Chevarria

**A AGÊNCIA NA ABORDAGEM MULTINÍVEL DA TRANSIÇÃO
SOCIOTECNOLÓGICA SUSTENTÁVEL**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em
Administração da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul como requisito parcial para a
obtenção do Título de Doutor em Administração

Banca Examinadora

Prof. Dr. Sieglinde Kindl da Cunha

Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental – PGAMB e
Programa de Mestrado e Doutorado em Administração PMDA - Universidade Positivo

Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto

PPG Engenharia Produção e Sistemas - UNISINOS

Prof. Dr. João Luís Becker

PPGA-UFRGS

Prof. Dr. Eugênio Ávila Pedrozo

PPGA-UFRGS

*À Leônidas,
terceiro filho,
que me fez, mais uma vez,
jovem, motivado, desafiado, capaz.*

“Digo: o real não está na saída nem na chegada: ele se dispõe para a gente é no meio da travessia.”

Riobaldo, em *Grande Sertão: Veredas*,
sobre transições e travessias...

AGRADECIMENTOS

Uma tese de doutoramento em nosso contexto social é uma grande vitória pessoal, mas que resulta antes de todo um esforço coletivo. Aqui expresso minha gratidão às pessoas e organizações que fizeram possível atingir este grau. Antes de mais nada, agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, instituição na qual convivo por mais de vinte anos, onde construí minha formação. Aqui estive nos tempos em que foi necessário lutar por um ensino público, gratuito e de qualidade; que a UFRGS se mantenha como um caminho de mudança social.

Assim, agradeço à Escola de Administração e ao Programa de Pós-Graduação em Administração - PPGA, que me acolheram, e proporcionaram sempre ensino de grande qualidade, alinhado ao que de melhor nossa sociedade pode oferecer. Agradeço especialmente ao meu orientador, Prof. Dr. Eugênio Avila Pedrozo, que teve a coragem e paciência de aceitar um aluno de pós-graduação já maduro, com suas restrições e dificuldades – e que teve o conhecimento e competência de ter levado esse aluno a dar um passo à frente. Obrigado!

Também agradeço aos professores da EA, que me desafiaram a progredir ao longo do curso, em que devo destacar os profs. Ariston de Azevedo, Maria Ceci Misoczky, Paulo Antônio Zawislak, Marcia Dutra de Barcellos, Tania Nunes da Silva e Walter Meucci Nique. Também agradeço aos colegas de jornada, os quais compartilharam dos sofrimentos e privações que a construção intelectual demanda, em especial aos colegas Uiara Menezes, Patrícia Tomechi e Fernando Russo.

Agradeço ainda à Petrobras pela possibilidade de ter estudado em um nível de tal compromisso sem ter de abrir mão de trabalho e sustento, nas pessoas dos colegas Cleber Caligaro, Silvio Bernardes e Mateus Benavides.

Por fim, os agradecimentos pessoais, pois é na vida privada que um desafio como este é mais sentido. Agradeço a minha família e amigos, que quase apenas ouviram falar sobre doutorado nestes últimos cinco anos. Agradeço de todo meu coração aos meus filhos Leila e Bernardo, que viveram ter um pai estudante; desculpem-me pelos momentos ausentes, espero ter sido exemplo do valor do estudo e da dedicação. Obrigado!

E me rendo de pleno ao apoio, ao carinho e amor, de minha companheira e amiga, mãe e mulher, Paula. Te amo.

RESUMO

Transições sociotecnológicas são processos de modificação e substituição de regimes sociotecnológicos, estruturas sociais que englobam sistemas tecnológicos e produtivos, bem como políticas públicas, sistemas econômicos e significados simbólicos associados. A transição sociotecnológica tem sido discutida como um caminho para o desenvolvimento sustentável, dada a possibilidade de substituição de regimes sociotecnológicos vigentes por regimes que representem menores impactos sociais e ambientais. Apesar da atenção que a transição sustentável tem recebido em anos recentes, observa-se na literatura uma lacuna no estudo da função de agência na transição. O objetivo da presente pesquisa é analisar a agência no processo de transição sociotecnológica sustentável, e a principal contribuição está na proposição de um modelo conceitual estruturado para a explicação desta agência. No desenvolvimento do modelo adotou-se a perspectiva multinível, a qual estuda a transição a partir de três diferentes níveis de análise: nicho, regime e cenário. O modelo está consolidado em três ideias centrais, que se constituíram em hipóteses de trabalho no desenvolvimento da pesquisa. Propõe-se como primeira hipótese que a agência na transição seria distribuída, resultando de uma ação coletiva do nicho. Propõe-se também como segunda hipótese de trabalho que a agência seria exercida por meio da construção pelos atores nicho de um sistema de narrativas, o qual direcionaria as expectativas dos demais atores, bem como o compromisso resultante destas expectativas. Por fim, propõe-se como terceira hipótese que expectativas e compromisso seriam continuamente ajustados pelo desempenho do sistema, e a principal medida de desempenho na transição tecnológica estaria na capacidade do nicho em desenvolver aprendizado. Adotou-se no desenvolvimento da pesquisa uma abordagem multimétodo, a partir de um posicionamento epistemológico de complexidade organizacional; outra contribuição significativa de pesquisa está no tratamento metodológico adotado no teste do modelo proposto. O modelo conceitual proposto foi operacionalizado em uma fase de pesquisa qualitativa, a partir de em análise de conteúdo de narrativas socialmente construídas, e outra quantitativa, através de modelagem computacional por meio de um sistema multi-agente. Para o desenvolvimento destas fases adotou-se como objeto de pesquisa o nicho de energia eólica brasileiro, o qual se entende como uma transição em andamento dado seu expressivo crescimento recente. Na fase qualitativa de pesquisa buscou-se caracterizar os processos discursivos envolvidos em transições tecnológicas sustentáveis. Observou-se que narrativas atuaram no estabelecimento de expectativas sobre nicho tecnológico, defendendo a existência de grande potencial de geração no Brasil, e a sustentabilidade da geração de energia eólica. A caracterização de narrativas resultado da fase qualitativa de pesquisa foi adotada na fase quantitativa de pesquisa como base para o desenvolvimento do processo de modelagem e simulação. O modelo computacional foi considerado como válido dada sua capacidade de representar o processo de constituição de um nicho tecnológico, e as três hipóteses de trabalho que consolidam o modelo conceitual proposto foram testadas por meio deste modelo. Os resultados de simulação observados dão suporte à aceitação das primeira e segunda hipóteses, embora indiquem pela rejeição da terceira. A principal implicação dos achados está na sugestão que a transição sustentável deve ser entendida como um processo iminentemente coletivo, não podendo ser conduzida de forma isolada por um único agente.

Palavras chave: transição sociotecnológica; sustentabilidade; agência; análise de conteúdo; sistemas multiagentes; energia eólica

ABSTRACT

Socio-technological transitions are processes of change and replacement of socio-technical regimes, social structures that include technological and production systems, as well as the associated public policies, economic systems and symbolic meanings. Socio-technical transitions have been discussed as a path to sustainable development, due to the opportunity of replacement of incumbent socio-technical regimes by regimes that account for lesser social and environmental impacts. Despite the attention that sustainable transitions have recently received, it is observed in the literature a gap in the study of agency in the transition. The aim of this research is to analyze agency in the socio-technical transition to sustainability, and the main contribution is the proposition of a structured conceptual model in order to explain this agency. In developing the model, it was adopted the multi-level perspective, which studies the transition through three different levels of analysis: niche, regime and landscape. The model is consolidated in three core ideas, which constituted themselves in working hypotheses for the development of research. At first, it is proposed a first hypothesis the adoption of a conception of distributed agency, resulting from a collective action of the niche. It is also proposed as second work hypothesis that agency would be exerted through the construction by the social actors of the niche of a system of narratives, which would direct the expectations of other actors, as well as the commitment resulting from these expectations. Finally, it is proposed as the third work hypothesis that expectations and commitment would be continuously adjusted by system performance, and the main performance measure in the socio-technical transition would be in the ability of the niche to develop learning. It was adopted in the research a multimethod design, from an epistemology of organizational complexity; another significant contribution of the research is the methodological approach adopted in testing the proposed model. The proposed conceptual model was operationalized in a qualitative research phase, using a content analysis of socially constructed narratives, and other quantitative phase, by means of computational modeling using a multi-agent system. To the development of these phases it was adopted as a research subject the Brazilian wind energy niche, which is understood as a transition in progress, given its significant recent growth. In qualitative research phase, we attempted to characterize the discursive processes involved in sustainable technological transitions. It was observed that narratives have acted in establishing expectations about technological niche, defending the existence of a large generation potential in Brazil, and the sustainability of wind power generation. The characterization of narratives resulting of the qualitative research phase was adopted in the quantitative phase as the basis for the development of modeling and simulation process. The computational model was considered valid, given its ability to represent the process of establishment of a technological niche. The three working hypotheses that consolidate the proposed conceptual model were tested using this model. The observed simulation results supported the acceptance of the first and second hypotheses, while indicating the rejection of the third one. The main implication of the findings is the suggestion that the transition to sustainability must be considered as a collective process, and cannot be conducted by a single individual agent.

Keywords: socio-technical transition; sustainability; agency; content analysis; multi-agent systems; eolic energy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Elementos básicos de um sistema sociotecnológico	30
Figura 2: Dimensões analíticas do regime sociotecnológico.....	32
Figura 3: Níveis conceituais do processo de transição sociotecnológica	35
Figura 4: Modelo Conceitual Proposto.....	68
Figura 5: Fases de desenvolvimento da pesquisa	77
Figura 6: Participação energia renovável – Brasil e demais países do mundo.....	100
Figura 7: Evolução da capacidade total instalada em energia eólica	103
Figura 8: Linha do tempo - narrativas sobre potencial eólico brasileiro futuro	112
Figura 9: Mapas de conexão de palavras – Termos “Potencial” e “Capacidade”	114
Figura 10: Mapa de palavras - Geração e capacidade instalada de energia eólica.....	122
Figura 11: Linha do tempo - narrativas sobre capacidade instalada do setor.....	123
Figura 12: Linha do tempo - narrativas sobre preços e custos da energia eólica	126
Figura 13: Mapa de palavras: Preços de energia eólica.....	127
Figura 14: Linha do tempo - expectativas sobre o desenvolvimento do nicho de energia eólica brasileiro.....	133
Figura 15: Nuvem de presença de palavras em EPE (2008)	134
Figura 16: Nuvem de presença de palavras em EPE (2015)	134
Figura 17: Modelo conceitual e relações propostas no modelo computacional	151
Figura 18: Monitor de simulação do MAS.....	157
Figura 19: Difusão de expectativas na simulação no nicho e cenário - simulações selecionadas	167
Figura 20: Emergência do nicho - Simulações selecionadas.....	168
Figura 21: Colapso de expectativas - Simulações selecionadas	169
Figura 22: Desenvolvimento de expectativas irrealistas - Simulações selecionadas	170
Figura 23: Séries históricas observadas na simulação - oferta do nicho, em MWh	171
Figura 24: Séries históricas observadas em simulações - quantidade vendida pelo nicho, em MWh.....	171
Figura 25: Séries históricas observadas - preço da oferta do nicho, em R\$/MWh.....	172
Figura 26: Resultados de simulação do teste de hipótese h1 – oferta do nicho em MWh ...	176
Figura 27: Resultados de simulação do teste de hipótese h1 – quantidade vendida pelo nicho em MWh.....	177

Figura 28: Resultados de simulação do teste de hipótese h2 – Oferta do nicho em MWh ..	180
Figura 29: Resultados de simulação do teste de hipótese h2 – quantidade vendida pelo nicho em MWh.....	181
Figura 30: Resultado de simulação do teste de hipótese h3 – oferta do nicho em MWh.....	184
Figura 31: Resultado de simulação do teste de hipótese h3 – quantidade vendida pelo nicho em MWh.....	184

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Citações indexadas por ano – artigos selecionados sobre transição sociotecnológica	23
Tabela 2: Estudos de caso selecionados sobre transição tecnológica e abordagem multinível, e a discussão sobre agência	36
Tabela 3: Dimensões e variáveis adotadas na estrutura conceitual proposta	69
Tabela 4: Tipologia de desenhos de pesquisa.....	78
Tabela 5: Documentos selecionados	84
Tabela 6: Modelos propostos na literatura – transição sociotecnológica	89
Tabela 7: Incentivos a energia renovável no âmbito do Proinfra	101
Tabela 8: Evolução da capacidade instalada por fonte de geração.....	102
Tabela 9: Narrativas de desafio ao regime – Fontes, referências e discursos observados ...	111
Tabela 10: Narrativas positivas sobre a fonte eólica	117
Tabela 11: Narrativas positivas sobre o nicho – Fontes, referências e discursos observados	118
Tabela 12: Narrativas sobre políticas públicas – Fontes, referências e discursos observados	121
Tabela 13: Evolução de preços energia eólica.....	125
Tabela 14: Narrativas sobre <i>performance</i> do nicho – Fontes, referências e discursos observados	130
Tabela 15: Evolução dos leilões de energia eólica	131
Tabela 16: Evolução das expectativas de expansão da capacidade instalada (em MW).....	132
Tabela 17: Narrativas sobre expectativas – Fontes e referências observadas e discursos observados	136
Tabela 18: Criação do compromisso com o nicho – fontes, referências e narrativas observadas	138
Tabela 19: Síntese, dimensões de análise e achados observadas empiricamente.....	139
Tabela 20: Estrutura de ações por passo do sistema.....	152
Tabela 21: Condições de Simulação.....	153
Tabela 22: Variáveis e relações propostas.....	155
Tabela 23: Resumo da formulação para teste das hipóteses.....	164
Tabela 24: Correlação entre séries empíricas e resultados de simulação – oferta do nicho.	173

Tabela 25: Correlação entre séries empíricas e resultado de simulação – quantidade vendida pelo nicho	173
Tabela 26: Correlação entre séries empíricas e resultado de simulação – preço da oferta...	174
Tabela 27: Resultado de simulação do teste de hipótese h1 – oferta do nicho.....	176
Tabela 28: Resultados de simulação do teste de hipótese h1 – quantidade vendida pelo nicho	177
Tabela 29: Resultados de simulação do teste de hipótese h1 para diferentes condições de cenário	178
Tabela 30: Resultado de simulação do teste de hipótese h2 – oferta do nicho.....	180
Tabela 31: Resultado de simulação do teste de hipótese h2 – quantidade vendida pelo nicho	180
Tabela 32: Resultados finais de simulação – preço médio da oferta do nicho	182
Tabela 33: Resultados finais de simulação– efeito da variável risco de aprendizagem β	183
Tabela 34: Resultado de simulação do teste de hipótese h2 – oferta do nicho.....	183
Tabela 35: Resultado de simulação do teste de hipótese h2 – quantidade vendida pelo nicho	183
Tabela 36: Síntese de achados: fase quantitativa de pesquisa e testes de hipóteses.....	186

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	7
RESUMO	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. O PROBLEMA	19
1.2. JUSTIFICATIVA	22
1.3. OBJETIVOS	26
1.3.1. Objetivo Geral	26
1.3.2. Objetivos Específicos	27
2. A TRANSIÇÃO ENTRE REGIMES SOCIOTECNOLÓGICOS	28
2.1. A ABORDAGEM MULTINÍVEL NA COMPREENSÃO DA TRANSIÇÃO SOCIOTECNOLÓGICA	35
2.2. A ESTABILIDADE DO REGIME	39
2.3. A TRANSIÇÃO SOCIOTECNOLÓGICA COMO SISTEMA COMPLEXO	42
2.4. TRANSIÇÕES SUSTENTÁVEIS	46
2.5. A RELEVÂNCIA DO NICHOS NA TRANSIÇÃO SOCIOTECNOLÓGICA	53
2.6. A RELEVÂNCIA DAS EXPECTATIVAS NA TRANSIÇÃO SOCIOTECNOLÓGICA	55
2.7. TRANSIÇÕES SOCIOTECNOLÓGICAS E APRENDIZAGEM	56
2.8. A AGÊNCIA NA TRANSIÇÃO SUSTENTÁVEL	59
2.8.1. Agência Distribuída na Transição Sociotecnológica	64
2.8.2. A Agência como Função de Narrativas	66
2.9. MODELO CONCEITUAL E HIPÓTESES DE TRABALHO	67
3. METODOLOGIA	73
3.1. POSICIONAMENTO EPISTEMOLÓGICO: COMPLEXIDADE ORGANIZACIONAL	73
3.2. DESENHO DE PESQUISA	76
3.3. METODOLOGIA - FASE QUALITATIVA DE PESQUISA: ANÁLISE DE DISCURSOS SOBRE UM CASO SELECIONADO	81
3.3.1. Coleta e Seleção de Materiais	83

3.3.2. Análise e Interpretação de Dados	85
3.4. METODOLOGIA - FASE QUANTITATIVA DE PESQUISA: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL POR SISTEMAS MULTIAGENTES	88
3.4.1. Desenho de Agentes em um MAS	91
3.4.2. Desenho do Ambiente em um MAS	93
3.4.3. Validação e aceitação de um Sistema MultiAgente	94
3.4.4. Testes de Hipóteses por meio de MAS	95
3.4.5. A Ferramenta Computacional	97
4. OBJETO DE PESQUISA: O NICHOSOCIOTECNOLÓGICO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA	98
4.1. O REGIME SOCIOTECNOLÓGICO VIGENTE NO SETOR BRASILEIRO DE ENERGIA ELÉTRICA	98
4.2. DESENVOLVIMENTO DO NICHOSOCIOTECNOLÓGICO BRASILEIRO	102
5. CARACTERIZAÇÃO DE NARRATIVAS: DESENVOLVIMENTO DO NICHOSOCIOTECNOLÓGICO DE ENERGIA EÓLICA DO BRASIL	106
5.1. NARRATIVAS DE DESAFIO AO REGIME: A DEMANDA POR SUSTENTABILIDADE	107
5.2. NARRATIVAS POSITIVAS SOBRE O FUTURO: O POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO	111
5.3. NARRATIVAS DE DEMANDA POR POLÍTICAS PÚBLICAS	118
5.4. O DESEMPENHO DO NICHOSOCIOTECNOLÓGICO: CAPACIDADE INSTALADA, DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E COMPETITIVIDADE DE PREÇO	121
5.5. A CONSTRUÇÃO DE EXPECTATIVAS: A EXPANSÃO FUTURA CONTRATADA E PREVISTA	130
5.6. A CONSTRUÇÃO DO COMPROMISSO COM O NICHOSOCIOTECNOLÓGICO	136
5.7. DISCUSSÃO: CARACTERIZAÇÃO DAS NARRATIVAS NO PROCESSO DE TRANSIÇÃO SOCIOTECNOLÓGICA SUSTENTÁVEL	138
6. MODELAGEM COMPUTACIONAL	142
6.1. O MODELO COMPUTACIONAL	143
6.1.1. Processo de Simulação	152
6.2. RESULTADOS E VALIDAÇÃO DO MODELO COMPUTACIONAL	158
6.3. TESTE E ACEITAÇÃO DE HIPÓTESES	159
7. SIMULAÇÃO E TESTE DE HIPÓTESES	165

7.1.	VALIDAÇÃO DO MODELO.....	165
7.2.	TESTE DA HIPÓTESE 1	175
7.3.	TESTE DE HIPÓTESE 2	179
7.4.	TESTE DE HIPÓTESE 3	181
7.5.	DISCUSSÃO: TESTE DO MODELO CONCEITUAL DE AGÊNCIA NA TRANSIÇÃO SUSTENTÁVEL	185
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	192
8.1.	PRINCIPAIS ACHADOS E CONTRIBUIÇÕES.....	193
8.2.	PRINCIPAIS IMPLICAÇÕES DA PESQUISA	198
8.3.	LIMITAÇÕES DA PESQUISA	199
8.4.	SUGESTÕES DE NOVOS ESTUDOS	200
	REFERÊNCIAS	202
	ANEXO I – CÓDIGO FONTE SISTEMA MULTIAGENTE	224
	APÊNDICE I – DOCUMENTOS ADOTADOS NA ANÁLISE DE CONTEÚDO	243

1. INTRODUÇÃO

Tecnologia e o conseqüente processo de desenvolvimento tecnológico são questões centrais na compreensão de nossa sociedade contemporânea. Nossa sociedade constitui-se fundada em amplos sistemas de produção – sistemas esses interligados entre si, construídos e sedimentados a partir de diferentes subsistemas de conhecimento e tecnologia. Falar de tecnologia é, sob diversas formas, falar de mudança: tecnologia é um artefato que, em si, está em constante transformação.

Em determinados momentos observa-se um processo de mudança mais amplo, e que transcende, em si, ao próprio artefato tecnológico; mudança essa que pode vir a resultar em conseqüências para a sociedade como um todo. Não se constitui apenas em um processo de desenvolvimento tecnológico, mas sim em um movimento mais amplo que será denominado na presente pesquisa de transição sociotecnológica.

Transições tecnológicas são processos de substituição não apenas de artefatos tecnológicos, mas sobretudo de artefatos sociais - sistemas produtivos e econômicos, políticas públicas, bem como significado simbólico e social desta tecnologia, tal como discutido em Geels (2002; 2004). Estes conjuntos de artefatos estão consolidados em estruturas sociais denominadas regimes sociotecnológicos; a transição sociotecnológica trata-se, antes de tudo, da emergência de novos regimes sociotecnológicos.

Contemporaneamente, uma das mais significativas transições que se observam na sociedade é em direção à sustentabilidade (GEELS, 2007; GEELS; SCHOT, 2007; MARKARD et al., 2012). Sustentabilidade aqui entendida como um processo que apresenta em si diferentes dimensões, em uma concepção de fazer econômico que venha a ser socialmente justo, plural e equânime, na mesma medida em que busque respeitar o meio ambiente. A orientação usual das políticas ligadas à sustentabilidade adota a concepção de que os custos sociais e ambientais são apenas externalidades negativas da ação econômica, os quais deveriam ser internalizados – ou suportados – pelas empresas (JACOBSSON; BERGEK, 2011). Em oposição, o desenvolvimento sustentável passou a se constituir contemporaneamente no modelo desejado pela sociedade, (MUNASINGHE, 1993;

LEISEROWITZ et al., 2006) configurando-se como meta na agenda internacional a redução dos impactos sociais e ambientais da atividade econômica.

Na dimensão do desenvolvimento sustentável, a principal discussão relacionada à transição sociotecnológica está na possibilidade de substituição de regimes sociotecnológicos vigentes por regimes que se caracterizem por maior equidade social e respeito ao meio ambiente. O processo de transição sustentável tem sido conduzido principalmente por meio da constituição de nichos tecnológicos. Estes nichos são espaços protegidos, mantidos pela sociedade e que servem como arena de desenvolvimento e maturação para diferentes soluções tecnológicas, as quais se apresentam como caminhos viáveis para a estruturação de um novo regime sociotecnológico.

A transição sustentável vem também sendo observada na economia brasileira. Sendo país dito em desenvolvimento, a estrutura de nossa economia apresenta em anos recentes uma dinâmica de transformação acelerada. Este processo tem se configurado de forma heterogênea entre os diferentes setores nacionais, apresenta particularidades e especificidades, mas está inserido em um esforço internacional de modificação de estruturas produtivas atualmente estabelecidas, em direção à uma maior sustentabilidade no fazer econômico.

A academia tem dado atenção ao processo de transição sociotecnológica, propondo modelos que possibilitem a sua compreensão, bem como estudando os efeitos e direcionadores do processo. Apesar da relevância da transição sociotecnológica para a sociedade como um todo, esta é uma área de pesquisa que tem se consolidado apenas em anos recentes. Diversas questões encontram-se ainda em aberto na literatura, constituindo-se este em tema de pesquisa relevante e contemporâneo.

A presente pesquisa tem seu foco, portanto, no estudo de transições entre regimes sociotecnológicos, a partir do estudo do desenvolvimento de nichos tecnológicos, inseridos em processos mais amplos de transição. Dada a relevância deste processo em nossa sociedade contemporânea, nesta pesquisa trata-se em especial sobre transições para regimes sociotecnológicos sustentáveis, considerando a sua realidade em um país em desenvolvimento.

No desenvolvimento da presente pesquisa, foi adotado como objeto o nicho de produção de energia eólica brasileiro como objeto de estudo. O uso intensivo de energia, especialmente nos sistemas de produção, é uma das características de nossa sociedade. As discussões que tratam de sustentabilidade e desenvolvimento, bem como de tecnologia, estão em muito relacionadas à discussão sobre as formas de produção e uso de energia. A energia

eólica é entendida como uma energia limpa, livre de emissões de gases de efeito estufa, de baixo impacto ambiental, e impacto social positivo. O Brasil é um país que se destaca no uso de fontes de energia renováveis e sustentáveis. Notadamente, o nicho brasileiro de energia eólica vem apresentando crescimento bastante significativo, alterando assim a base da matriz energética nacional, já considerada uma das mais limpas do mundo, o que justifica o entendimento desta como uma transição sustentável em andamento.

Esta pesquisa está estruturada em oito capítulos. Na continuação dessa seção introdutória e de contextualização são apresentados o problema central de pesquisa, bem como justificativa e objetivos de pesquisa. No capítulo seguinte, desenvolve-se a estrutura conceitual adotada na presente pesquisa, com base no conceito de transição sustentável e de nicho tecnológico, bem como o modelo conceitual proposto e as hipóteses de trabalho.

No terceiro capítulo, discutem-se os caminhos metodológicos para a presente pesquisa, com base em uma postura epistemológica complexa. Adota-se uma abordagem de estudo multimétodos, constituída de uma fase qualitativa, e de uma fase quantitativa e computacional. No quarto capítulo apresenta-se o objeto de estudo abordado na presente pesquisa. No quinto capítulo desenvolve-se a fase qualitativa da presente pesquisa, a partir de análise de conteúdo das narrativas observadas no processo de transição.

No sexto e sétimo capítulos, é apresentada a fase quantitativa de pesquisa, desenvolvida a partir de modelagem computacional por meio de um sistema multiagente. Discutem-se os conceitos adotados na modelagem computacional, bem como o processo e os resultados de simulação, e o teste das hipóteses de estudo propostas no segundo capítulo. Por fim, no último capítulo apresentam-se as considerações finais sobre a presente pesquisa, consolidando-se os resultados observados, bem como discutindo as limitações da pesquisa, e apontando emergências e novos caminhos de estudo tidos como relevantes.

1.1. O PROBLEMA

A partir do trabalho de Geels (2002; 2004), tem sido adotada a perspectiva multinível como estrutura conceitual para o estudo da transição sociotecnológica. A perspectiva multinível propõe o estudo da transição a partir de três diferentes níveis de análise – nicho,

regime e cenário - adotando como unidade de análise principal a estrutura de relacionamentos entre os diferentes atores sociais situados a cada nível conceitual.

A perspectiva multinível é entendida por Geels (2010) não como uma proposição teórica unificadora, mas como uma estrutura conceitual de base para o estudo da transição entre regimes sociotecnológicos. A perspectiva multinível é uma abordagem contemporânea no estudo das modificações na sociedade que se dão como resposta à introdução e desenvolvimento de uma tecnologia. Constitui-se em uma estrutura conceitual que integra e amplia os temas discutidos nos estudos que tratam dos conceitos de ciclos tecnológicos, dependência tecnológica da trajetória e difusão da inovação.

Considerando o seu desenvolvimento recente, diferentes críticas têm sido apresentadas sobre a capacidade da perspectiva multinível de compreender e explicar o processo de transição sociotecnológica. Em especial, nota-se no desenvolvimento desta linha teórica a ausência de uma discussão mais ampla sobre a função de agência. Agência, seguindo a proposição de Giddens (1989), pode ser definida como a capacidade de agir sobre algo, e produzir efeitos na realidade a partir desta ação. Geels (2006) observa no processo de coevolução entre sociedade e tecnologia um padrão contínuo de tensão-ajuste; trata-se, antes de tudo, de discutir o processo de condução da dinâmica de ajuste.

Por vezes a sociedade mantém, e mesmo incentiva a existência de nichos tecnológicos inovadores, que não são tidos como eficientes, mas representam novas demandas da sociedade, ou novas formas de atender a estas demandas. Como a sociedade define quais caminhos tecnológicos - ou nichos - devem ser selecionados, apoiados e desenvolvidos? Como coordenar este processo? Estas questões genéricas consolidam-se na dimensão da compreensão da função de agência do processo de transição entre regimes sociotecnológicos.

Pesquisas sobre inovação e tecnologia usualmente adotam uma construção com ênfase no entendimento da tecnologia como um artefato físico, desenvolvida de forma contínua e linear. Para Genus e Coles (2008), esta abordagem acabou por minimizar, em grande medida, o papel desempenhado pela agência no processo de desenvolvimento tecnológico. Pesch (2015), por exemplo, afirma que a ênfase discutida na literatura sobre transições sociotecnológicas geralmente está na descrição e reprodução de regras. A produção de novos regimes, práticas e instituições em grande parte não é discutida. O problema está em que esta concepção está em conflito com o foco no estudo dos processos de mudança social presente

na literatura sobre inovação e transições tecnológicas. Vasileiadou e Safarzynska (2010) entendem que a abordagem multinível, tratando da modificação de estruturas já estabelecidas, não possibilita a compreensão dos mecanismos específicos, sociais e cognitivos, que levam à alteração no comportamento dos agentes. Haveria um distanciamento conceitual entre o agente e o sistema em que esse está inserido.

Apresenta-se, portanto, como uma questão em aberto a discussão sobre em que medida a agência emerge da ação de determinados atores, ou rede de atores sociais. Isto porque a transição entre regimes sociotecnológicos é processo social complexo, que envolve a interação entre múltiplos atores, inviabilizando em si a concepção do exercício da função de agência por um agente social único ou específico. Trata-se da agência de um processo coletivo, e envolve a preocupação de entender o como é constituída e exercida a capacidade de influenciar decisões sobre estes fenômenos sociais, tal como discutido em Geels (2005) e Smith e Raven (2012).

Estas críticas são centrais quando observada a perspectiva de transição sustentável, a qual, conforme Smith et al. (2010), enfatiza a existência de interesse explícito da sociedade no direcionamento do esforço de mudança. A literatura trata especificamente da possibilidade de gestão do processo de transição. Entende-se que não está consolidada na literatura como a transição para sistemas de produção mais sustentáveis pode ser estimulada e direcionada, na medida em que é necessária uma melhor compreensão da função de agência no processo de transição.

Para Geels e Schot (2007), assim como para Markard et al, (2012), sob diversos aspectos o nicho tem sido visto como um ator político, capaz de influenciar o ambiente e cenário onde está inserido. Uma visão mais consistente do processo de agência da transição sociotecnológica deveria considerar as questões políticas envolvidas no desenvolvimento e manutenção do nicho, bem como do processo de construção de seu poder e capacidade de influência.

Tem-se mostrado relevante a o desenvolvimento de uma melhor compreensão sobre a forma como estes nichos constroem seus sistemas de influência sobre os regimes sociotecnológicos, e como moldam o cenário e constituem um novo regime a partir deste sistema de influência. E tal realidade se mostra mais significativa quando considerando o

estágio atual de desenvolvimento das tecnologias sustentáveis, visto que a grande maioria destas encontra-se ainda estruturada na forma de nichos restritos de mercado.

Entende-se, portanto, que a forma como este poder de agência se estrutura e é exercido na transição para regimes sociotecnológicos sustentáveis, é uma lacuna presente no atual estágio de desenvolvimento conceitual da perspectiva multinível, e questão de pesquisa relevante e atual. Dada estas considerações, a questão de pesquisa explorada neste estudo é **como é exercida a agência no processo de transição sociotecnológica sustentável?**

1.2. JUSTIFICATIVA

Como discutido em Freeman e Perez (1988), têm sido observados amplos processos de transição entre sistemas tecnológicos, os quais tem resultado em transformações significativas na sociedade. Entender a forma como se desenvolvem esses processos de transição é portanto de grande relevância, pois são parte da construção de nossas realidades atuais. A presente pesquisa se justifica assim em diferentes níveis.

O processo de transição entre regimes sociotecnológicos tem recebido atenção crescente em anos recentes, como pode ser observado na tabela 1. O número de publicações no campo, bem como o de citações a estes trabalhos, tem apresentado um crescimento bastante expressivo, principalmente a partir do ano de 2005 (MARKARD et al, 2012). O estudo da dinâmica das transições tecnológicas tem se consolidado contemporaneamente para a comunidade acadêmica, portanto, como um campo emergente e relevante (MARKARD et al, 2012; GENUS; COLES, 2008).

Em termos de contribuições a academia, o estudo se justifica pela necessidade de melhor compreender o processo de transição entre regimes sociotecnológicos. Apesar do dinamismo desta linha de estudos, críticas têm sido apresentadas sobre a capacidade da perspectiva multinível de efetivamente explicar os processos relacionados à transição. Diferentes pesquisadores têm apresentado questões que necessitam ainda ser desenvolvidas, condensadas em agendas de pesquisa propostas à comunidade acadêmica, tal qual em Markard et al. (2012) e Jacobsson e Johnson (2000).

Tabela 1: Citações indexadas por ano – artigos selecionados sobre transição sociotecnológica

Trabalho	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Kemp et al (1998)	68	100	91	88	119	107	154	157	164	180
Geels (2002)	61	83	108	116	152	172	232	288	346	393
Geels (2004)	38	66	77	73	116	149	211	212	230	243
Geels (2005)	31	35	61	58	86	68	93	106	110	90
Smith et al. (2005)	17	46	54	75	101	97	144	128	156	157
Geels, Schot (2007)		20	50	79	130	135	200	264	288	335
Verbong, Geels (2007)		7	25	26	33	29	53	61	55	62
Schot, Geels (2007)			14	19	32	22	34	27	36	23
Schot, Geels (2008)				11	51	41	74	89	109	125
Smith et al. (2010)					12	44	101	89	133	115
Markard et al. (2012)							27	58	126	161
Smith, Raven (2012)							13	46	84	108

Fonte: Desenvolvido pelo autor, a partir de informações da base de dados Ebsco

Como discutido na seção 1.2, a função de agência no processo de transição tecnologia é uma destas questões em aberto. Diversos autores, entre eles Garud e Karnoe (2003), Berkhout et al. (2004), Geels e Schot (2007), Markard et al. (2012), Smith et al. (2010), Geels (2010) e Smith e Raven (2012), tem expressado a necessidade de melhor compreensão da agência no contexto do processo de transição entre regimes sociotecnológicos. Shove e Walker (2007) questionam especificamente a ideia de transição sustentável, dado que a literatura sobre transições sustentáveis pressupõe em alguma medida a existência de poder de agência. A abordagem multinível, embora tenha como intenção tratar da alteração de estruturas sociais estabelecidas, não dá ênfase aos mecanismos que levam esta mudança. É tema que se mostra assim atual e oportuno.

E, em oposição ao significativo desenvolvimento internacional do tema, a pesquisa nacional sobre transições tecnológicas encontra-se em estado bastante incipiente. Poucas pesquisas têm focado o processo de transição sociotecnológica no Brasil, onde são exemplos Pellegrin (2006), Hoff (2011) e Almeida e Moraes (2011). Mesmo considerando o fato de que a base produtiva nacional está em notório processo de transição, quase todos os trabalhos nacionais têm como foco a transição sociotecnológica no agronegócio, como em Marques

(2008) e Dunham et al. (2011). A presente pesquisa justifica-se, também, pela possibilidade de desenvolver a discussão sobre transições tecnológicas a partir do ambiente social e econômico nacional.

A presente pesquisa contribui também em termos da abordagem metodológica no estudo de transições sociotecnológicas e sustentáveis. Diversas das críticas que são feitas em relação à perspectiva multinível, tais como em Genus e Coles (2008), centram-se no desenvolvimento desta linha conceitual com base em estudos de caso único, conduzidos de forma descritiva e isolada. A maior parte das pesquisas tem se concentrado no estudo do nível conceitual meso, situado ao nível do regime sociotecnológico em si. Já a presente pesquisa foi desenvolvida com base em uma epistemologia da complexidade, adotando uma abordagem multimétodos, em uma fase qualitativa e uma fase quantitativa e computacional.

Uma das contribuições de pesquisa está na exploração de formas de conexão entre métodos de pesquisa qualitativos e quantitativos. Observa-se esta contribuição notadamente no desenvolvimento do estudo de uma construção social por meio de modelagem computacional. A adoção de sistemas multiagentes na pesquisa em Administração, embora se possam destacar exemplos como os trabalhos de Berger (2013) e Ferreira (2009), é bastante incipiente. Nesta pesquisa contribui-se ao desenvolvimento do uso do método, e especialmente na adoção da modelagem computacional para o teste das hipóteses de trabalho.

Da mesma forma, a presente pesquisa inova na forma de desenvolvimento do processo de modelagem. O modelo desenvolvido nesta pesquisa tem o intuito de estudar a agência no processo de transição, e adota as funções de expectativas e narrativas, as quais não são abordadas em outros modelos propostos na literatura, tais como os de Bergman et al. (2007; 2008) e Safarzyńska e Van Den Bergh (2010a; 2010b; 2011). A exploração da ideia de narrativas por meio de modelagem computacional é uma contribuição teórica e metodológica da presente pesquisa.

Propõe-se também na presente pesquisa uma modelagem que adota uma abordagem com base em um grupo de agentes autônomos e fragmentados, tanto ao nível do nicho, quanto ao nível de regime e cenário, o que a diferencia das abordagens adotadas em, por exemplo, Bergman et al. (2007; 2008) e Köhler et al. (2009). Desta forma busca-se simular de forma mais fiel o processo de transição do suporte ao regime, para uma situação de suporte ao nicho.

Ao nível da sociedade como um todo, a demanda por sustentabilidade tem sido temas dos mais presentes na agenda política. Em termos da sustentabilidade, o interesse da perspectiva da transição sustentável está na possibilidade de substituição de regimes sociotecnológicos atualmente vigentes, por regimes que representam menores impactos social e ambiental. Muito da relevância desta pesquisa está na avaliação da possibilidade do estímulo e condução do processo de transição sustentável, como discutido em Geels et al. (2008), Verbong e Geels (2007; 2010), e Geels (2012).

E a presente pesquisa justifica-se também na medida em que, possibilitando uma melhor compreensão da transição sociotecnológica, leva também a um melhor entendimento de qual o papel e capacidade de ação do governo e demais atores da sociedade civil no processo. De forma mais ampla, contribui assim para a discussão sobre desenvolvimento de políticas públicas que tratem sobre a atividade econômica, e sobre a sustentabilidade em específico.

E, em termos de oportunidade, é necessário também que se atente que as chamadas energias renováveis representam uma questão central na discussão sobre sustentabilidade. Tanto em escala nacional quanto global, a adoção de energias renováveis tem se tornado prioridade nas estratégias de crescimento e desenvolvimento econômico (RESCH et al., 2008). Isso porque uma significativa parcela dos impactos ambientais relacionados à atividade econômica, notadamente em termos da geração de gases de efeito estufa, está relacionada ao processo de geração e consumo de energia.

A Europa, por exemplo, considerando a participação de energia renovável de 12% em 2012 (RESCH et al., 2008; MORIARTY; HONNERY, 2012; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2013A; TWIDELL; WEIR, 2015), comprometeu-se a atender 20% de sua demanda de geração por meio de fontes de energia renováveis até o ano de 2020. O mesmo movimento tem sido observado em outras partes do mundo. É neste ponto que se estabelece a importância de estudar as fontes de energia renováveis, e a forma como a sociedade vem passando a adotar a premissa de sustentabilidade no processo de produção energética.

E o Brasil ocupa uma posição de destaque mundial no tocante à adoção de energia renovável. Enquanto nos EUA e Japão a participação de energia renovável na matriz energética é de aproximadamente 11%, Europa e China em torno de 18%, e Rússia 20%, o Brasil produz aproximadamente 85% de sua energia de fontes renováveis. A posição do Brasil

se explica pelo fato de nossa matriz energética estar baseada em um sistema composto principalmente por usinas hidrelétricas. Em que pese a sua característica de fonte de energia renovável, existe hoje uma restrição na sociedade quanto ao crescimento da geração hidroelétrica, principalmente por conta da extensa área alagada necessária a operação deste tipo de geração (SIMAS; PACCA, 2013).

Já o interesse pela energia eólica se justifica principalmente pelo entendimento de ser esta uma fonte sustentável, renovável, de baixo impacto ambiental e social. Internacionalmente, o crescimento da geração de energia eólica tem sido expressivo, em média 10% ao ano (GLOBAL WIND ENERGY CONCIL, 2014). Tem sido observado recentemente um crescimento significativo na geração de energia eólica no Brasil, atingindo o setor representatividade em termos nacionais. Se em 2006 a capacidade instalada de geração por fonte eólica era de apenas 29 MW, em meados de 2016, essa mesma capacidade instalada atingiu 9.700 MW, com 390 usinas operacionais e respondendo por cerca de 6% da demanda de energia brasileira (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2016). O desenvolvimento desta capacidade instalada nacional representou um investimento de no mínimo R\$ 30 bilhões, e o setor hoje responde por pelo menos 15.000 empregos diretos (MELO, 2013; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014). E a previsão para 2020 é de um investimento total que pode chegar a R\$ 50 bilhões, gerando até 330 mil empregos-ano.

1.3. OBJETIVOS

São objetivos que nortearam o desenvolvimento da presente pesquisa:

1.3.1. Objetivo Geral

Analisar a agência no processo de transição sociotecnológica sustentável no nicho de energia eólica no Brasil.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a. Desenvolver um modelo conceitual de agência do processo de transição sociotecnológica sustentável.
- b. Caracterizar as narrativas desenvolvidas pelo nicho de energia eólica brasileiro no processo de transição sociotecnológica sustentável.
- c. Analisar a agência no processo de transição sociotecnológica por meio de um modelo computacional multiagente.

2. A TRANSIÇÃO ENTRE REGIMES SOCIOTECNOLÓGICOS

A primeira fase de pesquisa consiste na proposição de um modelo conceitual para o entendimento da agência no processo de transição sociotecnológica sustentável. Esta revisão de literatura explora de forma mais ampla o conceito de transição sociotecnológica, bem como o papel do nicho e a possibilidades para a compreensão da agência no processo. Transições tecnológicas são entendidas como um processo de transição e substituição de sistemas produtivos e econômicos, políticas públicas, e eventualmente de visões de mundo, as quais estão consolidadas em estruturas sociais denominadas de regimes sociotecnológicos. A transição sociotecnológica deve ser entendida como um processo que pode implicar em um amplo conjunto de transformações na forma como parte da sociedade se organiza (GEELS, 2002; 2004).

Freeman e Perez (1988), tal como em Dosi (1982), propõem existirem ciclos tecnológicos, os quais denominam paradigmas tecnoeconômicos, cada ciclo sendo composto de um modelo tecnológico inter-relacionado. Esse modelo englobaria o sistema de produção daquela tecnologia, bem como as estruturas econômicas e políticas que a tecnologia representa e lhe dão suporte. A mudança de um paradigma para outro resultaria de um ciclo de introdução, maturação e adoção de novas tecnologias, as quais vêm a transformar esse sistema produtivo como um todo. Representam assim rupturas nos sistemas e estruturas existentes, os quais Freeman e Perez (1988) definem como crises estruturais de ajustamento.

Nelson e Winter (1982) introduzem a noção de regime tecnológico, definindo este como um conjunto de regras e conceitos, estruturados em um sistema complexo de práticas de engenharia, tecnologias de produção, características de produtos, habilidades e procedimentos, bem como formas de compreender determinados objetos e grupos sociais, o qual está por fim assentado em um conjunto de instituições e infraestrutura. O regime tecnológico definiria os limites de uso e adoção de determinado conjunto de tecnologias. O regime tecnológico também definiria, por meio do sistema de crenças dos desenvolvedores e usuários da

tecnologia, quais os problemas a resolver; condiciona, portanto, a forma como se desenvolvem os processos de inovação.

Hughes (1987) analisa a forma de consolidação de grandes sistemas tecnológicos. No seu entendimento, um sistema ou regime tecnológico apresenta, em si, dimensões tecnológicas e não-tecnológicas. Para uma tecnologia ter uso, deve estar relacionada a diferentes estruturas sociais. Um sistema tecnológico é assim constituído pelos usuários da tecnologia, bem como pelos sistemas industriais e da infraestrutura de suporte daquela tecnologia. Sistemas tecnológicos são socialmente construídos e formatados.

Grandes sistemas tecnológicos configuram-se em **formas socialmente construídas de resolução de problemas complexos**. A inserção de dimensões não-tecnológicas na compreensão leva a uma complexificação na consideração deste problema. São definidos principalmente em termos de fluxos de conhecimentos e competências, em oposição à concepção da sua definição por meio de fluxos de bens e serviços comuns. O sistema tecnológico se caracteriza por redes de agentes que interagem em uma área tecnológica específica, atuando sob a guarda de uma determinada infraestrutura institucional.

Geels (2002; 2004; GEELS; SCHOT, 2007; GEELS, 2010), com base no trabalho de Kemp (1994) e Kemp et al. (1998), bem como de Hughes (1987) e Nelson e Winter (1982), propõe ampliar o conceito de regime tecnológico, expandindo a unidade de análise do sistema de inovação e produção de uma tecnologia, de modo a incorporar as dimensões relacionadas aos usuários desta tecnologia. Propõe assim o conceito de regime sociotecnológico, definindo este como um **sistema semicoerente de regras sobre um determinado contexto tecnológico, adotadas por diferentes grupos sociais**.

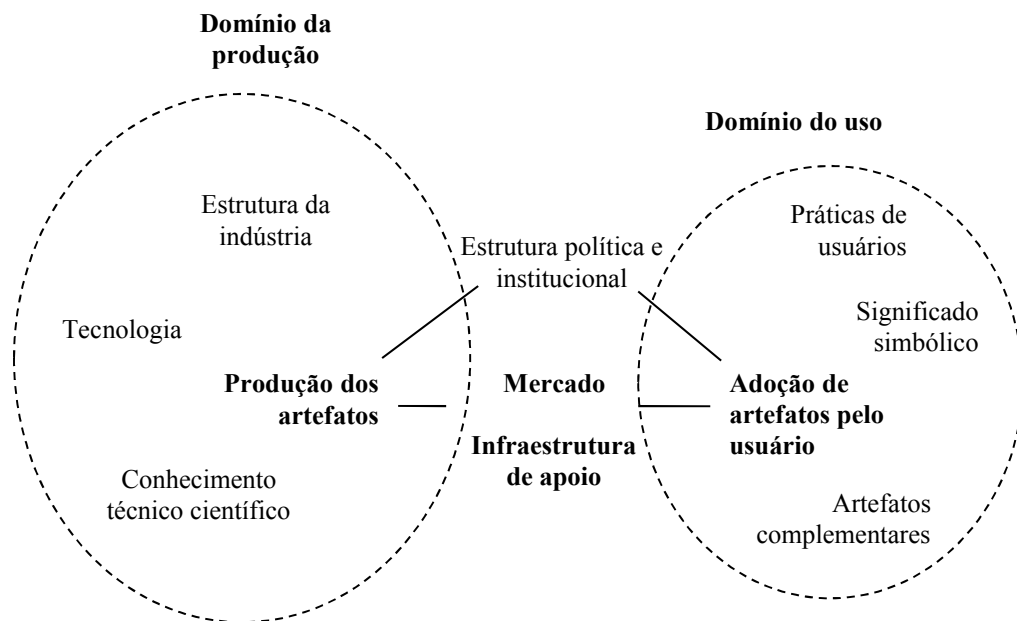
A economia evolucionária trata do estudo de processos de transformação e desenvolvimento da economia pelas firmas, através das ações de introdução de inovações, e a partir do processo de acumulação de experiência e conhecimento, e das interações entre firmas, usando para tal de inspiração e analogia com a biologia evolucionária (DOSI; NELSON, 1994; FAGERBERG, 2003). A economia evolucionária se caracteriza pela rejeição dos pressupostos econômicos ortodoxos de maximização e equilíbrio, adotando uma compreensão dos comportamentos dos agentes como sob incerteza e racionalidade limitada.

Assim como os estudos sobre inovação, a economia evolucionária tende a dar atenção principalmente ao desenvolvimento do conhecimento e da inovação. Na maior parte da

pesquisa relacionada à economia evolucionária, mercados e demais atores sociais são considerados como dados. O principal avanço presente na concepção de transição sociotecnológica - como desenvolvida em Geels (2002; 2004; 2005; 2007; 2010; 2012) e demais acadêmicos que tem adotado esta perspectiva - está na definição da **comunidade interorganizacional** como unidade de análise, resultando daí também a incorporação de novas dimensões na análise.

Na proposição de Geels (2002; 2004), um sistema sociotecnológico seria uma estrutura onde artefatos físicos - tecnologias - e artefatos sociais - práticas - estão relacionados. O regime sociotecnológico se configuraria na interação de uma dimensão voltada à produção e oferta dos artefatos tecnológicos, e uma dimensão voltada ao uso e adoção destes artefatos tecnológicos pela sociedade, conforme apresentado na figura 1.

Figura 1: Elementos básicos de um sistema sociotecnológico



Fonte: Adaptado de Geels (2002; 2004)

A dimensão de produção dos artefatos é composta pela tecnologia, estrutura da indústria e conhecimento técnico e científico associado. Já o domínio do uso engloba as práticas dos usuários, o significado simbólico da tecnologia e os artefatos complementares a adoção daquela tecnologia. O mercado, a estrutura política e institucional, e a infraestrutura

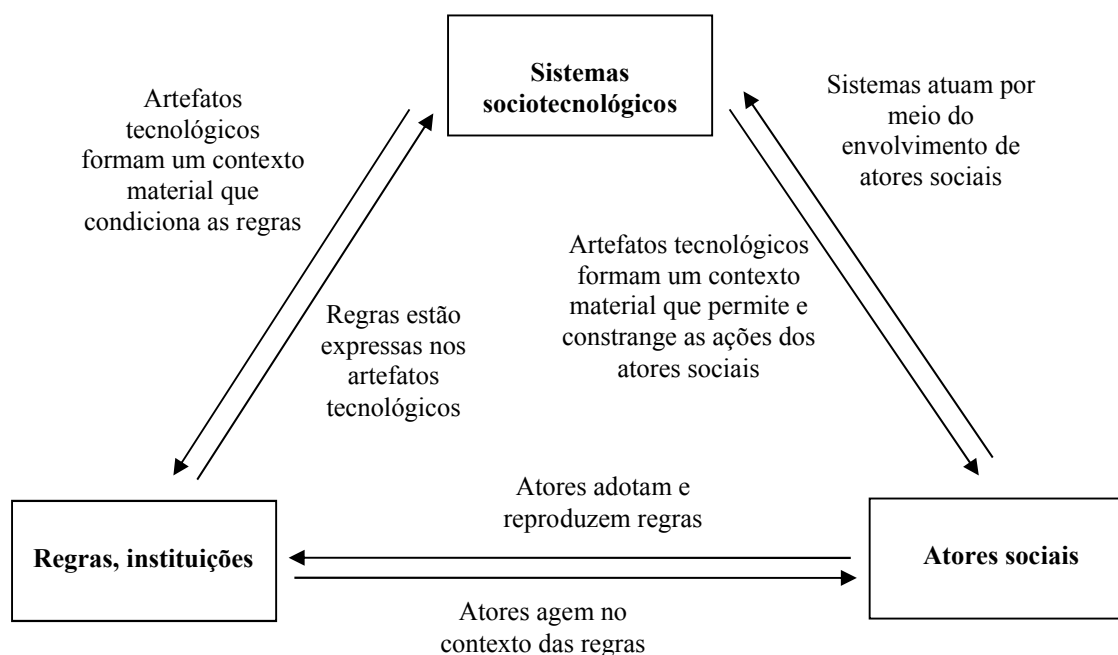
de apoio conectam os domínios de produção e uso da tecnologia. Esta proposição define de forma mais explícita a importância não apenas do desenvolvimento da tecnologia, mas também da sua difusão na sociedade. Da mesma forma, a proposição de Geels (2002; 2004), ao incorporar os significados simbólicos e culturais da tecnologia, explicita a sua estrutura de regulação e integração social.

A abordagem sociotecnológica explora assim a interação entre sociedade e tecnologia na constituição de um determinado regime, entendendo esta tecnologia como parte de uma função social. Sistemas sociotecnológicos não são autônomos, mas sim resultado da ação de atores humanos, que estão inseridos em grupos sociais com os quais dividem diferentes características, percepções, normas, referências e agendas. Mais ainda, conforme Winner (1977) e Williams e Edge (1996), artefatos tecnológicos carregam concepções ideológicas e políticas incorporadas a eles.

Geels (2004) entende assim que o regime sociotecnológico é constituído de sete diferentes elementos: i) tecnologia; ii) práticas de usuários e domínios de aplicação (mercados); iii) significado simbólico da tecnologia; iv) infraestrutura de apoio ao regime; v) estrutura da indústria; vi) estrutura política e institucional; e vii) estrutura de conhecimento técnico científico. Dados esta construção conceitual e os elementos básicos definidos, Geels (2004; 2005) propõe para a compreensão do regime sociotecnológico, conforme figura 2, a adoção de uma estrutura analítica com três dimensões inter-relacionadas: (i) sistemas, tecnologias, recursos formados pelo conjunto de artefatos tecnológicos e demais aspectos materiais do regime; (ii) atores envolvidos na manutenção e mudança do regime; e (iii) regras e instituições que orientam as percepções e atividades dos atores.

Sistemas sociotecnológicos atuam por meio dos atores sociais a estes relacionados; esses sistemas conformam também um contexto que constringe e permite a ação desses atores sociais. Da mesma forma, sistemas de regras formais estão expressas nos sistemas sociotecnológicos, bem como artefatos tecnológicos formam um contexto material que condiciona o desenvolvimento das regras. Por fim, atores sociais criam, adotam e reproduzem as regras, na mesma medida em que agem restritos ao contexto destas regras.

Figura 2: Dimensões analíticas do regime sociotecnológico



Fonte: Adaptado de Geels (2004)

Uma transição sociotecnológica é vista nesta abordagem como uma mudança significativa no regime sociotecnológico, implicando alterações tanto das tecnologias adotadas, quanto consequentes alterações no sistema econômico e social relacionadas à adoção, uso e produção daquela tecnologia (HUGHES, 1987; GEELS, 2002). Falar de transição sociotecnológica resulta não só considerar a alteração de tecnologia, mas também considerar as mudanças na sociedade que resultam desta alteração. Transições envolvem mudanças não apenas em tecnologia, mas também nas práticas do usuário, regulação, redes industriais, infraestrutura e significado simbólico e cultural. A transição sociotecnológica é considerada como um processo onde a tecnologia, em si, constitui apenas uma das dimensões de análise (GEELS, 2002; 2004; 2005).

Dada a proposição de Geels (2002; 2004) de que processos de transição implicam em mudanças amplas no regime sociotecnológico, entende-se que a ideia de uma transição sociotecnológica implica necessariamente a existência de certo grau de inovação. A perspectiva de transição sociotecnológica entende a mudança tecnológica de forma cumulativa e gradual (GEELS, 2010; KEMP, 1994).

Considerando-se a dimensão das mudanças sociais observadas em um processo de transição sociotecnológica, pode-se entender que nem toda a inovação irá conduzir a uma

transição entre regimes. Esta proposição implica que muitas mudanças tecnológicas graduais e incrementais, as quais possam ocorrer internas a um determinado regime sociotecnológico, não tenham capacidade de efetivamente caracterizar uma transição, constituindo-se muito antes em um processo de reprodução do regime.

É necessário também diferenciar os conceitos de difusão da inovação e de transição sociotecnológica. O processo, como as inovações são selecionadas e incorporadas à sociedade, é denominado de difusão tecnológica. Este processo de difusão é dependente essencialmente da comunicação dessa inovação, ao longo do tempo, para os diferentes membros do sistema social (ROGERS, 2003). Neste processo de adoção, a informação sobre a inovação se difunde por meio de diversos canais. Durante esta fase de comunicação, a inovação raramente é avaliada de um ponto de vista científico; normalmente, percepções subjetivas sobre essa inovação influenciam a sua adoção.

A difusão de uma tecnologia é apenas parte da dinâmica de transição sociotecnológica. O estudo sobre transições entre regimes sociotecnológicos apresenta uma abordagem mais ampla e recente para a dinâmica de criação e adoção de uma nova tecnologia pela sociedade. A transição entre regimes sociotecnológicos deve ser entendida como um processo de maior amplitude e impacto na sociedade, resultando em mudanças significativas na forma como esta se organiza e se relaciona com determinado campo tecnológico.

A discussão de Geels (2004) sobre a difusão do uso do automóvel é um bom exemplo dessa diferença de abordagem. A popularização dos automóveis resultou em desenvolvimento de tecnologia, criação de uma cadeia de produtores, fornecedores e revendedores, bem como a criação de mercados para os novos produtos. Mas também representou extensas alterações nas cidades, com a necessidade de criação de mais e mais largas ruas. Representou a mudança da percepção de distância. Provocou alterações na cultura. E criou novos sistemas legais de suporte ao sistema, como o direito de trânsito. Assim, a transição é compreendida como o resultado da difusão e consolidação de um conjunto de inovações interrelacionadas, bem como as mudanças em termos de sociedade, resultado da difusão deste conjunto de tecnologias.

A ideia de transição sociotecnológica é discutida também no corpo de teorias que buscam compreender os processos de desenvolvimento econômico e social (SOETE, 1985; LUCAS; ROBERT, 1988; LELE, 1991; LALL, 1998; MURPHY, 2001; PERKINS, 2003). Esta concepção é explorada principalmente na literatura que considera o desenvolvimento tecnológico como um processo central para o desenvolvimento econômico e social (NELSON;

WINTER, 1982). Sendo o Brasil país de economia emergente, a discussão sobre processos de transição sociotecnológica deve sempre guardar esta perspectiva.

A ideia de transição sociotecnológica é estudada neste corpo teórico principalmente a partir da perspectiva de *catching-up* - possibilidade de países em desenvolvimento alcançarem e, em determinados setores econômicos, ultrapassarem o nível de desenvolvimento tecnológico de países industrializados (BOWER; CHRISTENSEN, 1995; BREZIS; KRUGMAN, 1993; LEE; LIM, 2001; SAUTER; WATSON, 2008; GOLDENBERG, 1998).

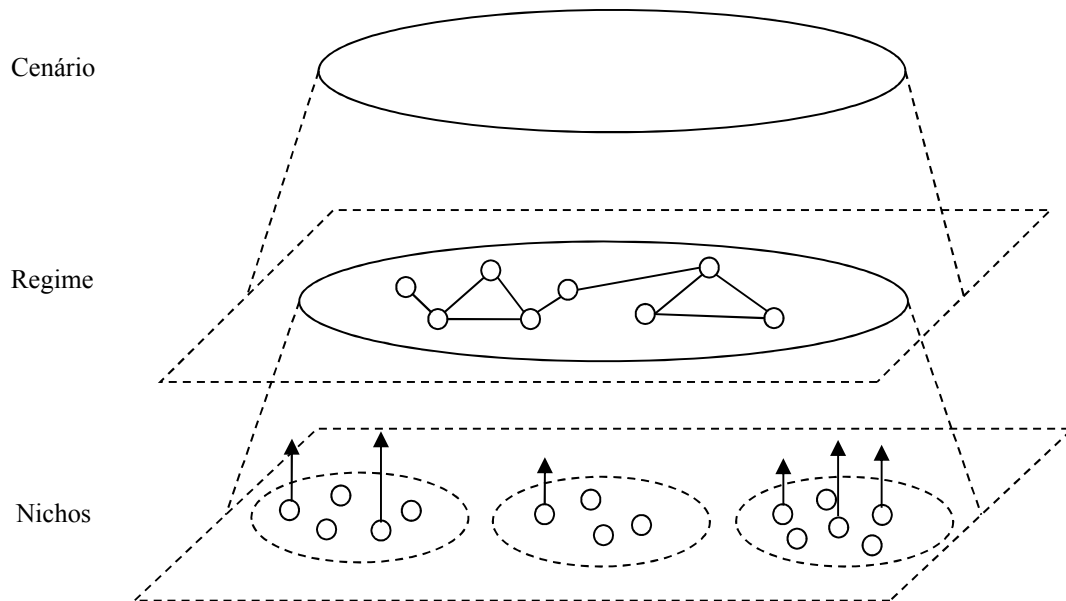
A concepção ortodoxa de crescimento endógeno sugere que processos de mudança tecnológica tenderiam a reforçar a posição de economias tecnologicamente líderes. Em oposição, Abramovitz (1986) discute a hipótese da tendência à convergência de níveis de produtividade entre economias. Esta hipótese surge da proposição conceitual de que a produtividade em uma economia é função do seu nível de desenvolvimento tecnológico (NARULA, 2003). Taxas de crescimento de produtividade tenderiam a variar inversamente aos níveis de produtividade - dado que, quanto maior a produtividade de um país ou região, mais próximo do limite potencial teórico de produtividade - e, portanto, menor a possibilidade de crescimento desta produtividade. Dados empíricos históricos, de forma agregada, dariam suporte a esta hipótese de convergência. Mas observa-se que existe grande divergência de trajetórias entre países; casos de modificações de paradigma tecnológico, como os relatados em Freeman e Perez (1988), resultam em grandes saltos em produtividade (BREZIS; KRUGMAN, 1993), e podem estar centrados em países que não estavam vinculados com os regimes sociotecnológicos incumbentes, como os caso de Japão e Coréia do Sul.

A dinâmica de transição entre regimes não é fenômeno exclusivo de economias de elevado nível de desenvolvimento. Existem diversas experiências relatadas de transições sociotecnológicas em países em desenvolvimento, como relatado, por exemplo, em Antonelli (1991), Kim (1997) e Hobday (2003). Já Bell e Pavitt (1993) e Keefer e Knack (1997) observam uma discrepância entre as expectativas relacionadas ao processo de difusão e transferência de tecnologia para países em desenvolvimento e os resultados observados. Segundo Freeman (2002), a experiência dos países sul-asiáticos sugere que políticas de suporte a transição sociotecnológica são necessárias.

2.1. A ABORDAGEM MULTINÍVEL NA COMPREENSÃO DA TRANSIÇÃO SOCIOTECNOLÓGICA

É inerente à proposição de Geels (2002; 2004) a compreensão das transições entre regimes sociotecnológicos a partir da perspectiva multinível (*Multi-Level Perspective - MLP*). A perspectiva multinível propõe o estudo da transição a partir de três níveis de análise inter-relacionados - nicho, regime e cenário - como apresentados na figura 3. Nesta perspectiva, entende-se que inovações surgem e são desenvolvidas usualmente no nível de nicho - nível micro - caracterizado por uma empresa ou um grupo de empresas inter-relacionadas. Estes funcionam como ambiente de maturação para tecnologias ainda incipientes se desenvolverem.

Figura 3: Níveis conceituais do processo de transição sociotecnológica



Fonte: Adaptado de Gels (2002; 2004)

O regime sociotecnológico, conforme proposição de Geels (2002), define-se ao nível meso; conforme discutido, é constituído por um sistema de atores interrelacionados, em diferentes grupos sociais e comunidades, e que seguem determinado conjunto de regras. Uma trajetória tecnológica é definida ao nível do regime. As mudanças que ocorrem ao nível do regime sociotecnológico são normalmente mais lentas e incrementais do que as mudanças ao

nível de nicho. Os atores que constituem o regime existente têm interesse em manter o modelo tecnológico atual, em detrimento do novo.

Já o cenário (*landscape*, no original), nível macro, é definido a partir de uma ampla gama de fatores externos, mas relacionados ao regime sociotecnológico (GEELS, 2002). Neste nível encontram-se dimensões tais como pressões econômicas, valores culturais, tendências sociais, conflitos internacionais e as questões ambientais. A mudança ocorre a um ritmo mais lento, e acabam por representar uma transição ampla na forma como a sociedade, ou parte dela, atua.

A perspectiva multinível é defendida por Geels (2010) como uma estrutura conceitual para o estudo da transição entre regimes sociotecnológicos, e não como uma proposição teórica unificadora. Acima de tudo, a perspectiva multinível apresentaria um viés descritivo, não se constituindo em uma construção conceitual que tenha em si uma intenção prescritiva.

Um dos focos principais da pesquisa tem sido a compreensão de processos históricos de transições tecnológicas de grande envergadura, em diferentes domínios empíricos. A maior parte da pesquisa efetuada no campo se caracteriza por estudos de caso e descrições históricas. A tabela 2 abaixo apresenta síntese de trabalhos selecionados desta linha de pesquisa, bem como o tratamento dado a questão da agência neste conjunto de trabalhos.

Tabela 2: Estudos de caso selecionados sobre transição tecnológica e abordagem multinível, e a discussão sobre agência

Autor	Objetivo	Achados	Agência
Verbong e Geels (2010)	Analisa transições sustentáveis no sistema de eletricidade da Europa, e especificamente Holanda	Descreve três possíveis caminhos de transição. (i) Transformação: hibridação da infraestrutura; (ii) Reconfiguração: internacionalização, integração e aumento de escala; e (iii) realinhamento: dominado por geração distribuída. Realinhamento, trajetória vista como mais sustentável, é dependente de intervenções políticas.	Apesar de tratar da necessidade de intervenções políticas em determinados cenários, o artigo não analisa o poder de agência
Verbong e Geels (2007)	Analisa transições sustentáveis no sistema de eletricidade da Europa, e especificamente Holanda	A transição energética ainda em andamento, impulsionada principalmente por liberalização e europeização. Aspectos ambientais tornaram-se parte desta transição em curso, mas não formam seu principal condutor.	Discute a relevância de políticas públicas e do governo na transição, mas não discute agência em específico

Tabela 2 (continuação): Estudos de caso selecionados sobre transição tecnológica e abordagem multinível, e a discussão sobre agência

Autor	Objetivo	Achados	Agência
Jacobsson e Lauber (2006)	Explora as razões para a rápida propagação de tecnologias de geração de eletricidade a partir de fontes renováveis na Alemanha.	Demonstra como o quadro regulamentar é formado em uma "batalha sobre instituições", opondo apoiadores de soluções sustentáveis, e defensores dos regimes estabelecidos.	Apesar de apresentar a ideia de batalha de instituições, não explora o poder de agência dos diferentes grupos envolvidos
Jacobsson e Bergek (2004)	Analisa o desenvolvimento e difusão de tecnologias de energias renováveis na Alemanha, Suécia e Holanda.	Amplia o modelo de ciclo de vida da evolução da indústria para o foco sobre a formação e evolução de novos sistemas tecnológicos. Explica a transição de uma fase formativa para uma caracterizada por <i>feedbacks</i> positivos.	Atores políticos são identificados como influenciadores do processo
Jacobsson e Jonhson (2000)	Estuda o processo de alteração no sistema de energia usando uma perspectiva de sistema de inovação, com foco em redes, instituições e empresas	Apresenta um quadro analítico e identifica questões fundamentais relacionadas com a velocidade e direção do processo de transformação.	Identificam a existência de processos políticos e de poder na transição, mas não exploram a função de agência
Pahl-Wostl (2007)	Analisa a aplicação de abordagens de gestão da água integradas e adaptáveis.	Desenvolvimento e aplicação de abordagens de gestão adaptativa exigem mudanças estruturais nos regimes de gestão da água; tais mudanças são lentas devido a inércia inerente aos regimes em vigor.	Não abordam questões políticas e a função de agência
Tompkins et al. (2010)	Investiga se e em que medida atores no Reino Unido estão se adaptando às mudanças climáticas, e se esta é uma evidência de uma transição social.	A abordagem de adaptação direcionada adotada pelo governo do Reino Unido tem gerado ação antecipatória a baixo custo em algumas áreas. Essas ações podem ter criado nichos que permitam a difusão de novas práticas de adaptação.	Identifica o governo como ator influenciador do processo, mas não discute a efetiva capacidade de agência deste ator
Foxon et al. (2010)	Descreve a abordagem de gestão de transição usando a estrutura multinível, para um sistema de eletricidade de baixo carbono no Reino Unido.	Descreve a aplicação da abordagem na transição para um sistema de energia de baixo carbono no Reino Unido, tanto na evolução de infraestruturas físicas, quanto nas estruturas institucionais e papéis dos atores.	Identifica o governo como ator influenciador do processo, mas não discute a efetiva capacidade de agência deste ator
Foxon e Pearson (2008)	Analisa os processos políticos na difusão de tecnologias mais limpas.	Analisa dois princípios orientadores na formulação de políticas: (1) estimular o desenvolvimento de uma política de inovação sustentável; (2) adoção de novos sistemas de pensamento, para promover a transição sustentável	Identifica a questão de agência como relacionada ao desenvolvimento de políticas públicas.

A abordagem multinível deve ser compreendida como uma abordagem processual, na medida em que tem como foco de análise os processos em diferentes níveis que levam a uma transição entre regimes. Regimes não devem ser entendidos como entidades estáticas (GEELS;

2006). A questão central na compreensão social destes três níveis é de que eles possibilitam a existência de diferentes tipos de coordenação e estruturação a cada nível. Os regimes devem ser entendidos como inseridos na realidade de um cenário, da mesma forma que os nichos devem ser entendidos como inseridos nos regimes.

A transição sociotecnológica, como processo desenvolvido por múltiplos atores com diferentes níveis de comprometimento e ação, resulta em última instância da compreensão de necessidades e prioridades pela sociedade, que define o que quer e como pretende usar a tecnologia. A tecnologia é adotada e difundida com base nesta interação entre a inovação e as necessidades da sociedade. Existiria, portanto, uma evolução conjunta entre sociedade e tecnologia (GEELS; 2004).

Assim, a concepção implícita na abordagem multinível altera a proposição usualmente adotada na pesquisa sobre inovação de que as alterações de regimes sociotecnológicos são resultado exclusivo da expansão e adoção de inovações tecnológicas (SCHOT; GEELS; 2008). Uma transição sociotecnológica, sendo definida por uma mudança ao nível do regime, resultaria da interação entre processos que ocorrem nos três níveis. Embora inovações continuem sendo importantes, elas apenas se difundem na sociedade se estiverem conectadas a processos em andamentos ao nível do regime e cenário.

Diferentes críticas têm sido apresentadas sobre a capacidade da perspectiva multinível de compreender e explicar o processo de transição sociotecnológica. Genus e Coles (2008), por exemplo, afirmam que a própria definição do que é uma transição é problemática. Vasileiadou e Safarzynska (2010), também argumentam que a identificação do que é efetivamente um regime sociotecnológico é problemático. Observa-se a necessidade de melhor elaborar a estrutura conceitual adotada no estudo dos processos de transição, bem como da compreensão das relações entre os níveis conceituais de nicho, regime e cenário (MARKARD et al., 2012; SMITH et al., 2010).

Igualmente, a maior parte das pesquisas tem se concentrado no estudo do nível conceitual meso, onde se situa o regime sociotecnológico em si, dando pouca ênfase às dinâmicas existentes ao nível do cenário e, principalmente, do nicho. Considerando a dimensão geográfica, há também a demanda por uma melhor compreensão das espacialidades dos processos de transição sociotecnológica, como em Cooke (2010), Truffer e Coenen (2012), Coenen et al. (2012) e Raven et al. (2012).

Têm sido desenvolvidas também diversas discussões sobre as abordagens metodológicas adotadas no estudo da transição sociotecnológica. Genus e Coles (2008) alertam que os estudos de caso desenvolvidos com base na abordagem multinível, em sua maioria, foram conduzidos de forma isolada e não-sistematizada. Não existe clareza se a mesma estrutura conceitual, ou as mesmas questões de pesquisa tenham sido abordadas nestas pesquisas. Observa-se na academia uma demanda por um maior rigor metodológico no desenvolvimento do tema.

2.2. A ESTABILIDADE DO REGIME

Regimes sociotecnológicos são vistos como relativamente estáveis. Uma característica importante de um regime sociotecnológico é que este usualmente apóia-se em uma tecnologia central, que provê uma estrutura conceitual compartilhada por toda comunidade de atores deste regime. Kemp et al. (1998) entendem que o desenvolvimento da tecnologia em um regime tende a ser gradual, e é a partir desta tecnologia central que melhorias incrementais são introduzidas.

Na vigência de um regime sociotecnológico, inovações continuam a ocorrer, mas delimitadas ao escopo específico definido pela tecnologia de base do regime. Diversos autores adotaram o conceito de dependência da trajetória na análise da estabilidade de sistemas tecnológicos e econômicos (UNRUH, 2000; JACOBSSON; JOHNSON, 2000; WALKER, 2000; ARAUJO; HARRISON, 2002). A noção de dependência da trajetória representa os diferentes tipos de incentivos para a manutenção do regime vigente, por meio de inovações incrementais e inseridas no limite do regime.

Transições tecnológicas usualmente são vistas como processos de longo prazo; a transição completa pode ter duração de décadas. Os processos de transição entre paradigmas tecnológicos relatados por Freeman e Perez (1988) apontam para ciclos de até 50 anos de transição sociotecnológica. Recentemente existe uma compreensão de que os ciclos estariam se reduzindo, com o processo de inserção de novos regimes tecnológicos se mostrando mais rápido. Mas esta percepção é principalmente resultado de mudanças em setores em rápida

transformação como tecnologia da informação; setores como o de energia e transporte, dada a característica da infraestrutura dedicada, mantêm longos ciclos de transição.

Uma ideia central é de que o ritmo de difusão tecnológica não é linear; a taxa de adoção da inovação varia ao longo do tempo. O ritmo de mudança tende a ser lento no período de desenvolvimento e maturação do modelo tecnológico, e muito mais rápido quando uma tecnologia passa a ser aceita pela sociedade, ou mesmo considerada necessária ou fundamental.

Kemp (1998) e Kemp et al. (1998) citam três razões em especial para a estabilidade de um regime sociotecnológico. (i) Regimes sociotecnológicos estão imersos em regras, formais e informais, que norteiam ações, e que fazem com que os agentes compartilhem das mesmas percepções e crenças. As regras não estão apenas presentes na forma de pensar dos atores, mas também estão expressas nas práticas destes mesmos atores, bem como nos artefatos tecnológicos adotados por estes (GEELS 2004). (ii) Agentes estão estruturados em redes de interação e interdependência mútua, que sustentam um ao outro e mantêm o regime ativo. E (iii) regimes sociotecnológicos apresentam certa inércia, pois uma vez que sistemas tecnológicos estejam instalados, existem diversos custos associados a sua substituição.

A dimensão de estabilidade de um regime é entendida por Turnheim e Geels (2012) com base em três dimensões: (i) fluxo financeiro externo em direção ao regime; (ii) legitimidade, dada pelo suporte do público e por lideranças de fora do regime; e (iii) pelo compromisso endógeno das empresas com o próprio regime. Geels (2007) entende que no processo de transição os regimes gradualmente desestabilizam-se e vem eventualmente a se dissolver, adotando a dimensão de **compromisso** para com o regime como variável explicativa. A existência de compromisso é entendida, aqui, como pressupondo a existência de ação do agente que o conecte e vincule ao regime ou nicho. Quanto mais amplo é o compromisso do agente, maiores e mais amplas são as ações desse agente vinculadas a este regime ou nicho.

A explicação básica para a desestabilização de um regime é de que esta resulta de pressões externas a este, implicando na gradual erosão do compromisso das firmas e demais atores para com este regime. Na ausência de pressões, tanto ao nível do cenário quanto ao do nicho, observa-se uma trajetória de estabilidade; nesta situação, o regime sociotecnológico se mantém dinamicamente estável, reproduzindo a si mesmo, e não é observada transição sociotecnológica. Em oposição a esta situação de estabilidade, a natureza das transições

tecnológicas pode apresentar diferentes trajetórias, a partir da origem das pressões que direcionam esta transição (GEELS; SCHOT, 2007).

Transições podem se originar de pressões ao nível do cenário, determinadas por atores que exigem determinado comportamento social ou político. Também existem transições que surgem a partir de inovações maduras existentes ao nível do nicho, resultado do surgimento de sistemas de novas tecnologias interligadas entre si. A desestabilização completa de um regime ocorre quando as firmas e demais atores sociais abrem mão do compromisso para com a manutenção do regime sociotecnológico, e movem-se para um novo regime.

Depreende-se das proposições de Nelson e Winter (1982), Hughes (1987) e Geels (2002; 2004), conforme comentado, que múltiplos atores usualmente estão envolvidos no processo de desenvolvimento de um regime tecnológico. A comunidade científica é fundamental para o desenvolvimento de uma tecnologia, mas atores tais como empresas, governo, ONGs, grupos de interesses específicos, entre outros, estão envolvidos no desenvolvimento, definição, adoção e difusão de um novo sistema tecnológico.

Geels (2006) observa no processo de coevolução entre sociedade e tecnologia um padrão contínuo de tensão-ajuste. Partindo de uma situação de ajuste, dinâmicas internas ou externas ao regime, por meio de trajetórias de ação de diferentes grupos e atores sociais, podem resultar em determinado momento em um desalinhamento de interesses. Gradualmente há um afastamento entre as dimensões de adoção e o sistema tecnológico em si. Para Perez e Soete (1998), as pressões que o regime sofre do ambiente podem resultar em "janelas de oportunidade", momentos onde a adoção de novas tecnologias é facilitada e precipitada.

Esta divergência de interesses resulta em uma conseqüente tensão entre estes grupos e atores, a qual pode levar por sua vez a um esforço por meio destes agentes de reaproximação de interesses. Modificações simultâneas podem ocorrer em diferentes dimensões, como por exemplo: políticas, interesse do público, forma de adoção, tecnologia, infraestrutura e cultura. O padrão de tensão-ajuste é contínuo, até que resulte em uma transição entre regimes. Esta perspectiva significa que tanto a estabilidade quanto a transição de regimes sociotecnológicos resultam da interação entre múltiplos atores sociais. Este processo constitui uma relação recursiva entre regime e ambiente externo, onde os atores operam nas estruturas existentes, e estas são reproduzidas nas práticas locais. Tal implica que a desestabilização não significa declínio financeiro, mas antes o declínio financeiro é parte de um processo de desestabilização.

2.3. A TRANSIÇÃO SOCIOTECNOLÓGICA COMO SISTEMA COMPLEXO

Vasileiadou e Safarzynska (2010), Nill e Kemp (2009), Smith et al. (2010) e Loorbach (2010) defendem a necessidade de compreender o processo de transição entre regimes sociotecnológicos como sendo um sistema social caracteristicamente complexo e autoadaptativo. A dimensão de complexidade da transição sociotecnológica surge da compreensão desta como um processo resultado da interação entre múltiplos agentes interdependentes. Conforme Geels et al. (2008), Verbong e Geels (2007; 2010), e Geels (2012), transições para tecnologias sustentáveis apresentam grande complexidade, dado o desenvolvimento sustentável ser um problema coletivo, resultado da interação entre diversos atores, envolvendo também amplas questões políticas e regulatórias.

Sistemas complexos são sistemas caracterizados por serem constituídos de um grande número de elementos, ou agentes, que apresentam, de forma agregada, comportamentos entendidos como não lineares, eventualmente de difícil compreensão e previsibilidade. Este comportamento do sistema é resultado da interação entre estes elementos ou agentes, os quais tendem a seguir regras de ação simples, e usualmente não adotam nenhum tipo de controle centralizado. Sistemas sociais, e notadamente as organizações, têm sido compreendidos como sistemas complexos, dadas suas características de padrões de comportamento não lineares e auto-organizativas (CHIA, 1999).

Elementos ou agentes são entendidos como parcialmente autônomos, e conectados uns aos outros. O comportamento de cada agente é regulado por uma estrutura cognitiva, que determina a ação que o agente deve adotar no tempo t , dada sua interação e percepção do ambiente. Um sistema complexo se organiza a partir do conjunto de regras que definem as formas de ação e interação entre agentes.

Da mesma forma, deve ser considerada a proposição de que a transição sociotecnológica é um processo que está em constante alteração e acomodação por si mesmo, por meio das ações individuais dos diferentes agentes. Agentes de um sistema complexo usualmente não têm condições de prever as consequências ao nível do sistema das suas ações, e buscam aperfeiçoar o seu próprio ajuste ao sistema. O agente é assim adaptativo, e seu comportamento pode ser compreendido como tendo o objetivo de maximizar os seus próprios propósitos (HOLLAND; MILLER, 1991; ANDERSON et al., 1988). A adaptação do

sistema ao seu ambiente e sua evolução emerge dos esforços de adaptação individuais dos agentes.

Padrões complexos de comportamento em um sistema podem surgir a partir da interação de agentes que adotam regras de comportamento bastante simples (ANDERSON, 1999); comportamentos complexos resultam muito mais da maneira como os agentes estão interconectados e interagem do que das regras de comportamento. Da mesma forma, sistemas complexos usualmente são abertos, interagindo com o seu ambiente, seja por meio da absorção, seja pela produção de recursos e informação do meio externo. Assim, podem ser compreendidos três níveis de complexidade do sistema, interagindo continuamente entre si: (i) ao nível do agente, (ii) ao nível do sistema de interações entre agentes, e (iii) ao nível do contexto onde o sistema está inserido.

Transições sociotecnológicas sustentáveis implicam em maiores graus de complexidade, por conta da inclusão das dimensões ambiental e social como norteadoras do processo, em adição às dimensões econômica e tecnológica usualmente presentes. Não se trata apenas da substituição de regimes tecnológicos, mas a substituição por regimes que se caracterizem por menores impactos sociais e ambientais.

Este padrão de comportamento é resultado em parte da existência de processos de realimentação - ou *feedback* - atuando no sistema, tanto positivas quanto negativas. A realimentação pode ser entendida como fluxo de informação que emerge como consequência do desenvolvimento do sistema (COOKSEY, 2001). Realimentações negativas surgem de percepções de que o estado atual do sistema diverge do seu estado desejado, o que estimula ações de correção. Respostas a retroalimentações negativas resultam em relações de amortecimento, e tendem a levar o sistema à estabilidade, por meio da restrição à variabilidade no comportamento dos atores do sistema.

Já realimentações positivas emergem da percepção de que o estado atual do sistema, ou os pressupostos ligados a este estado atual, estão alinhados com o correto ou desejados. Realimentações positivas resultam em relações de amplificação e aceleração, e podem criar desequilíbrio e instabilidade por encorajar variabilidade na forma de agir dos agentes (COOKSEY, 2001; COSTANZA, 1993). Um sistema complexo pode possuir diversas formas de retroalimentações positivas e negativas atuando (GREGERSEN; SAILER, 1993). A interação entre os elementos constituintes do sistema e o processo de realimentação resulta em

comportamentos não lineares, complexos e imprevisíveis, usualmente observáveis nestes sistemas (VASILEIADOU; SAFARZYNSKA, 2010).

Igualmente, é necessário observar que, seguindo a proposição presente na perspectiva multinível, os agentes atuantes na transição sociotecnológica são compreendidos como dispersos em diferentes níveis conceituais de agregação. Sistemas complexos podem ser formados de uma hierarquia de sistemas contidos um no outro. Simon (2002) afirma que em sistemas que consistam de uma hierarquia de componentes, as interações entre componentes de um mesmo nível de hierarquia tendem a ser muito maiores do que as interações entre componentes de hierarquias diferentes, e esta habilidade levaria o sistema à uma maior capacidade de ajuste a condições ambientais. O comportamento do sistema é resultado da interação de agentes em um nível inferior de agregação (ANDERSON, 1999).

Existe uma dificuldade conceitual em explicar satisfatoriamente a forma como ações ao nível do agente, micro, acabam por conformar o ambiente, o macro, resultando eventualmente na emergência e consolidação dos padrões de comportamento coletivo (HITT et al., 2007). Da mesma forma existem problemas na compreensão sobre a forma como as realidades observadas no nível macro acabam por moldar ou influenciar o comportamento individual, ao nível micro.

Questões relevantes que envolvem a interação entre níveis macro e micro estão presentes em diferentes disciplinas das ciências sociais, dentre elas sociologia, economia e administração (SAWYER, 2003). A administração, como ciência social aplicada, carece também de pesquisas que abordem a relação entre os diferentes níveis de análise. A compreensão da interação entre os diferentes níveis de análise é central na compreensão do fenômeno organizacional, como discutido em Hitt et al. (2007).

Por fim, apesar da dispersão entre múltiplos agentes e níveis de agregação, pode ser observada no processo de transição sociotecnológica uma coerência distinguível ao nível macro, a qual caracterizaria em si a transição. A existência de uma estrutura multinível em um sistema complexo resulta no fenômeno da emergência, processos que resultam de fenômenos em níveis inferiores que interagem entre si, criando um fenômeno em nível macro e que é observado de forma distinta de suas origens de nível inferior (SAWYER, 2003).

O resultado final deste processo leva a diferentes formas de emergência, desde a composição - criados pela homogeneidade de fenômenos de nível inferior - à compilação - criados através da heterogeneidade dos fenômenos. Este conceito de emergência não implica

que fenômenos de nível superior sejam mais ou menos complexos do que os de nível inferior, mas sim que estejam relacionados.

O processo de emergência em sistemas complexos pode ser compreendido como um comportamento auto-organizativo. Esta auto-organização é vista como um ponto ou situação de maior estabilidade do sistema (MAY, 2001). A auto-organização do sistema emerge sem a necessidade de existência ou intervenção de um sistema de controle central. A auto-organização, ou autogênese, é o resultado natural da interação não linear do sistema nas suas condições – e não da tendência ou desejo de algum ator em buscar ordem.

Mesmo eventualmente apresentando auto-organização, sistemas complexos muitas vezes não apresentam estabilidade consistente em nenhum ponto (VASILEIADOU; SAFARZYNSKA, 2010). Podem apresentar tendência a não atingirem nenhum tipo de equilíbrio, mesmo no longo prazo (GREGERSEN; SAILER, 1993; LOYE; EISLER, 1987; DOWNEY; FELLOWS, 1999); são ditos assim como sistemas longe do equilíbrio. São também ditos assim de comportamento caótico, e o comportamento do sistema resulta por vezes de uma dependência excessiva das condições iniciais, sujeito a reforço por elos de realimentação positiva.

Sistemas complexos podem também apresentar a existência de um atrator, um ponto ou conjunto de pontos, para o qual todo desenvolvimento de comportamento do sistema que se situar suficientemente próximo converge. O atrator age como um ponto focal para o comportamento e organização do sistema. Este atrator é denominado como “estranho”, (HÉNON, 1976; ECKMANN; RUELLE, 1985) se a atração que este exerce sobre o comportamento do sistema o leva continuamente a uma dinâmica de aproximação deste conjunto de pontos, mas nunca pela mesma trajetória exata, e nunca atingindo um ponto de equilíbrio de longo prazo.

Os atratores usualmente são sensíveis a quaisquer variações observadas nas condições iniciais do sistema, bem como no seu desenvolvimento. Da mesma forma, este tipo de comportamento é resultado de situações onde o *feedback* positivo é maior do que o negativo; o resultado é um comportamento imprevisível, embora restrito a uma gama específica de resultados e condições contextuais (COSTANZA, 1993).

Por fim, sistemas complexos podem apresentar a capacidade de evoluírem ao longo do tempo, por meio da entrada, saída e transformação dos agentes (ANDERSON et al., 1988), bem como da transformação dos padrões de interação entre estes agentes. Todos os aspectos

formadores de um sistema complexo – agentes, seus esquemas de ação internos e as formas de interação entre agentes - podem se alterar com o tempo. O próprio comportamento global do sistema, por meio da retroalimentação, pode alterar o comportamento específico do agente (MINAR et al., 1996).

2.4. TRANSIÇÕES SUSTENTÁVEIS

A transição sociotecnológica tem sido discutida no âmbito da pesquisa sobre sustentabilidade, sendo assim compreendida como uma das possibilidades para o desenvolvimento sustentável da sociedade (SAUTER; WATSON, 2008; WALTZ, 2010, SMITH et al., 2010). O conceito de desenvolvimento sustentável foi consolidado em 1987, através do conhecido Relatório Brundtland, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU (UNITED NATIONS, 1987). Tendo sido definido naquele relatório como “processo de desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades”.

Desenvolvimento Sustentável se traduz num modelo de desenvolvimento que deve incorporar ao processo de desenvolvimento econômico os interesses dos diversos atores sociais. Embora existam diversas divergências entre autores sobre o entendimento do conceito de desenvolvimento sustentável, este normalmente envolve um grupo de ideias correlatas: equidade inter e intrageracional, preocupação com o futuro, conservação da natureza, proteção dos recursos naturais e desenvolvimento equilibrado (ALMEIDA, 2007, ALMEIDA; MORAES, 2011).

Portanto, desenvolvimento sustentável implica na ideia de que a busca por um nível satisfatório de desenvolvimento econômico deve incorporar a necessidade de desenvolvimento social, bem como um uso equilibrado dos recursos naturais. A forma de compreensão da sustentabilidade mais disseminada é o de *Triple Bottom Line*, proposto em 1994, que define como dimensões orientadoras os impactos em termos de resultados financeiros, sociais e ambientais. A compreensão de sustentabilidade com base nesses três pilares evoluiu consideravelmente e de forma positiva, caracterizando-se hoje como uma

demanda da sociedade em geral (ELKINGTON, 1997; 2004; NORMAN; MACDONALD, 2004).

A sustentabilidade caracteriza-se por conjunto de ações e políticas que visam à incorporação na dimensão econômica das questões ambientais e sociais. Nesta perspectiva, o resultado de uma firma ou economia não deve ser medido apenas como resultado financeiro, mas também por conta do impacto das atividades nas dimensões sociais e ambientais. Sustentabilidade na dimensão econômica inclui preocupações com um uso eficiente e equilibrado dos recursos naturais, seja estes recursos minerais, seja o bioma, ou ainda energéticos.

A exploração destes recursos naturais deve considerar o seu não esgotamento, bem como as externalidades relacionadas à atividade econômica, tais como a poluição e degradação ambiental (MUNASINGHE, 1993; 1999). Assim, sustentabilidade ambiental consiste na busca pela preservação das diferentes funções e componentes do ecossistema onde a atividade econômica está inserida. Representa a capacidade que o ambiente natural tem de manter as condições de vida tanto para as pessoas, como para os demais seres vivos. Na perspectiva da sustentabilidade social, busca-se a humanização da atividade econômica, da mesma forma que se pretende que esta atividade desenvolva o tecido social nos seus componentes históricos e culturais.

Na dimensão do desenvolvimento sustentável, os principais temas relacionados à transição sociotecnológica estariam na possibilidade de substituição de regimes sociotecnológicos vigentes por regimes mais social e ambientalmente sustentáveis. A expressão transição sustentável é adotada para designar a transição sociotecnológica, que tem como objetivo maior - a sustentabilidade. A agenda da sustentabilidade tem, em diversos momentos, resultado em um entendimento da necessidade desta transição (SMITH et al., 2005; 2010).

Existe uma discussão na literatura sobre a existência de relação entre desenvolvimento econômico, e impactos sociais e ambientais. As evidências empíricas não dão suporte a esta ideia de uma relação direta e linear. Em oposição, Grossman e Krueger (1995) relatam, tal como outros estudos analisados por eles sobre a questão, a observação de uma relação não linear, na forma de uma curva em U invertida. O crescimento da renda per capita estaria associado inicialmente a um aumento de impactos negativos nas primeiras fases, seguido de uma fase de melhora.

Esta observação está consolidada no conceito da Curva de Kuznets (CK). Munasinghe (1993), bem como Dinda (2004), definem esta como a representação gráfica da proposição defendida por Kuznets, de que o crescimento da renda per capita implicaria em uma fase de crescimento dos impactos sociais – no trabalho original de Kuznets, principalmente desigualdade social, mas modernamente relacionado também ao impacto ambiental da atividade econômica. À medida que a renda *per capita* cresce, seria observada uma fase de transição e acomodação, e posteriormente uma fase de redução destes impactos sociais e ambientais. O conceito desta proposição, quando aplicada à questão da sustentabilidade ambiental, é denominado Curva de Kuznets Ambiental (CKA).

Esta proposição entende a desigualdade social e poluição industrial como fenômenos transitórios, e não efeito colateral inevitável do processo de desenvolvimento econômico (MUNASINGHE, 1993; 1998; LIEB, 2004). A principal explicação para a observação da CK está nas transições tecnológicas características do processo de desenvolvimento econômico; de uma economia agrária simples, igualitária e “limpa”, para economia industrial poluente e desigual, e por fim para uma economia de serviços que demande alta capacitação humana (DINDA, 2004). Também o crescimento da renda per capita aumentaria a disponibilidade de recursos para programas de distribuição de renda e suporte social, bem como para controle da poluição associada às atividades produtivas.

Em oposição, Stern (2004) afirma que o conceito da CK e a CKA têm sido questionados na literatura em diferentes dimensões. Existe um debate considerável sobre o grau em que a Curva de Kuznets seria aplicável aos diferentes tipos de impacto ambiental e social. Para Lieb (2004), poucos indicadores de degradação ambiental, especificamente os relacionados à qualidade do ar, apresentam uma evidência consistente da existência da CKA. Galeotti et al. (2006) observam que as evidências da aderência da Curva de Kuznets para as emissões mensuráveis de carbono nos países em desenvolvimento são bastante fracas. Perkins (2003) afirma ainda que as abordagens sobre as transições para sistemas tecnológicos de menor impacto ambiental são usualmente ambíguas, e normalmente desenvolvidas com um entendimento parcial das implicações políticas e tecnológicas destas transições.

Mas esta proposição significa também que países em desenvolvimento não precisariam seguir as trajetórias de desenvolvimento adotadas pelos países atualmente industrializados. Não se deveria supor que existe apenas uma trajetória de transição sociotecnológica – as características de um contexto social, em específico, sempre possibilitam a evolução de uma ou mais soluções diferentes. Entende-se sim que economias em desenvolvimento poderiam

adotar trajetórias tecnológicas próprias, fundadas em suas características, demandas, limitações e interesses específicos (GOLDENBERG, 1994; MUNASINGHE, 1999).

Para Smith et al. (2010), a concepção de transição sociotecnológica enfatizaria sempre um interesse explícito no direcionamento do esforço de inovação. A literatura sobre transição sustentável trata da possibilidade de gestão do processo de transição, como discutido em Kemp et al. (1998), Nill e Kemp (2009), e Schot e Geels (2008). Para Loorbach et al. (2011), a ideia de gestão de transição tem como objetivo influenciar mudanças em curso na sociedade, em termos de sua velocidade, e notadamente em termos da sua direção.

A ideia de gestão de transição supõe a intervenção deliberada na busca de objetivos específicos, como os de sustentabilidade, e os considera socialmente possível, desejável e eficaz. Assim, a noção de que o desenvolvimento tecnológico seguiria o seu próprio curso de ação é rejeitada neste corpo teórico. A responsabilidade pelos resultados estaria contida no contexto social e dos atores onde se institui o regime sociotecnológico, o que se relaciona com a discussão sobre o gerenciamento de nichos.

Transições para regimes sociotecnológicos de maior sustentabilidade geralmente importam em maiores custos para a sociedade, sem necessariamente resultarem em uma maior eficiência econômica imediata. Transições em regimes sociotecnológicos em setores tais como o de transportes, energia, agrário, entre outros, são transições que exigem grande esforço por parte da sociedade (GEELS et al., 2008; VERBONG; GEELS, 2007; 2010; GEELS, 2012). Este esforço resulta na necessidade de desenvolvimento de alternativas tecnológicas, de mudanças em sistemas produtivos, desenvolvimento de infraestrutura, e de adoção de usuários.

Em que pese esta discussão, não está consolidada na literatura como a transição para sistemas de produção mais sustentáveis pode ser estimulada. Para Loorbach et al. (2011), por exemplo, não está claro como esses processos devem ser governados. Transições descritas na literatura se caracterizaram como processos sociais autônomos, não tendo sido dirigidos de forma coletiva, mas surgindo como uma demanda da sociedade.

Shove e Walker (2007) apresentam ressalvas à ideia de transição sustentável. Atentam que a literatura sobre transições sustentáveis, pressupõe em alguma medida a existência de poder de agência, mas a existência desta capacidade de agência não está clara na literatura

sobre transições tecnológicas. Em que pese esta constatação, a maior parte dos trabalhos recomenda, em certo grau, a implantação de métodos de intervenção no mercado, direta e indireta, como principal ferramenta de gestão de transições. Da mesma forma, Shove e Walker (2007) alertam que uma melhor compreensão da dinâmica das transições não necessariamente aumentaria a capacidade de gestão.

Segundo Loorbach et al. (2011), a ideia de gestão de transições fundamenta-se na concepção da transição como um sistema complexo, dado depender de diversos agentes que continuamente ajustam suas ações ao desenvolvimento do sistema. Muito da dinâmica de gestão de transições estaria em definir quais são os atores críticos e qual sua capacidade de ação. Os problemas relacionados ao processo de transição são complexos: envolvem múltiplas partes interessadas, e em diferentes níveis de participação. Configura-se assim em um ciclo de definição de problema, intervenção e resposta.

Kemp e Van Lente (2011) argumentam que transições sustentáveis representam duas dinâmicas associadas. Por um lado, representam uma mudança de longo prazo em diversas tecnologias e sistemas de infraestrutura; mas também exigem que critérios de consumo da sociedade também sejam alterados. Transições que não atendam a esta dupla dinâmica acabam por não se sustentarem. Kemp e Van Lente (2011) atentam que as atuais transições nos setores de mobilidade e energia aparentemente não atingem mudanças em termos de valores, percepções e critérios de consumo das diferentes populações afetadas.

Também Seyfang et al. (2010) defendem que transições sustentáveis são dependentes da incorporação pela sociedade de novas práticas. Mudança social é vital na transição, dado estas implicarem em mudanças significativas nos sistemas e estruturas sociais - e não apenas mudanças em comportamentos ao nível individual. Modelos que se concentram nesta mudança de ao nível do indivíduo, explorados na literatura sobre consumo consciente, como em Michaelis (2003) e Jackson (2004), acabam por não dar atenção às implicações sistêmicas do processo de transição. Mudanças de comportamento ocorrem no contexto da mudança de valores, estilos de vida e normas de conduta social.

Conforme Paredis (2011), o discurso do desenvolvimento sustentável sempre teve um forte componente tecnológico. A literatura apresenta um significativo debate sobre quais tecnologias devem ser desenvolvidas e adotadas, e como este processo pode ser conduzido de forma mais eficiente. O que é novo na ideia de transição sustentável é a ampliação da discussão

pela inclusão do sistema social em que a tecnologia está inserida, em termos das estruturas que a suportam e que dela dependem.

Jacobsson e Bergek (2011) apontam que a orientação usual para a política ligada a sustentabilidade é a abordagem de "falha de mercado". Os custos sociais e ambientais relacionados à atuação econômica dos regimes sociotecnológicos vigentes são tratados como externalidades negativas da ação econômica, os quais não seriam internalizados – ou suportados – pelas empresas. Devido às falhas existentes no mercado, empresas se apropriariam de bens de uso coletivo, tais como meio ambiente. Políticas relacionadas à abordagem de falhas de mercado normalmente se limitam a imposição de taxa econômica e financeira às empresas por conta dos impactos sociais e ambientais da sua atividade econômica.

Em oposição, uma abordagem centrada na compreensão da necessidade de transição sustentável entende como necessário a mudança nos regimes sociotecnológicos. A intervenção pública se centra assim em incentivos econômicos relacionados ao processo de substituição de tecnologias e práticas, bem como ao processo de desenvolvimento tecnológico e aprendizagem. Jacobsson e Bergek (2011) destacam a dificuldade dos formuladores de políticas em identificar os processos que são de relevância para a dinâmica de transição e que devam sofrer intervenção política.

Mah et al. (2013) demonstram o papel relevante do governo em liderar o processo de transição, atuando na estruturação de novos sistemas produtivos e persuasão dos agentes envolvidos. Apontam para a complementaridade entre atores estatais e não-estatais. Em oposição, demonstram também que, em transições lideradas pelo estado, a participação dos consumidores se manteve limitada, não resultando em uma alteração de maior grau no sistema como um todo.

Para Mah et al. (2013), limitações na introdução de alterações regulatórias constrangeriam o processo de transição no caso de transições lideradas pelo estado. Ressaltam assim a importância de mudanças regulatórias na superação da estabilidade de um regime sociotecnológico. Jacobsson e Bergek (2011) argumentam também que as políticas específicas para desenvolvimento de tecnologia são necessárias para o processo de transição.

Em que pese a atenção da sociedade e academia, a noção de que a transição sustentável é algo contínuo, ou mesmo crescente, deve ser questionada. Hess (2014) afirma que mesmo em países onde existe um forte consenso político em favor de uma transição sustentável, o ritmo desta transição tem sido lento. O principal fator que leva a essa lentidão de transição observada é a resistência do regime sociotecnológico incumbente, principalmente por meio de ações políticas conjuntas dos atores do regime.

Geels (2013), por sua vez, aponta quatro cenários possíveis para a dinâmica de transição sustentável como resultado da crise econômica de 2009. Os três primeiros cenários observam as possibilidades de impactos positivos sobre a dinâmica de transições sustentáveis: i) a possibilidade de uma reconfiguração abrangente do sistema capitalista, modificando as dinâmicas de consumo e produção; ii) a possibilidade de uma revolução industrial verde, relacionada a uma crise estrutural de reconfiguração produtiva, como proposta em Perez e Soete (1998); iii) em menor escala, a possibilidade de crescimento verde, ou seja, a adoção dos mercados sustentáveis como uma nova possibilidade de crescimento e desenvolvimento.

Em oposição, o (iv) quarto cenário percebe o impacto da crise como predominantemente negativo, dado a crise enfraquecer a atenção do público, do mundo político e do mercado para os problemas ambientais e sociais. Para Geels (2013), os anos iniciais da crise (2008-2010) criaram uma janela de oportunidade para soluções positivas, mas desde 2010-2011 esta janela reduziu-se, tendo a crise econômico-financeira influenciado negativamente as transições em curso.

Para Truffer et al. (2010), o processo de transição sustentável exige também uma mudança na abordagem de planejamento público. Abordagens de planejamento usuais negligenciam incertezas presentes no contexto atual, ignoram alternativas que se caracterizem como mudanças significativas ou radicais, e concentram-se em considerações de valor estabelecidas, e não futuras. Tendem assim a perpetuar as configurações dos regimes sociotecnológicos estabelecidos.

2.5. A RELEVÂNCIA DO NICHOS NA TRANSIÇÃO SOCIOTECNOLÓGICA

Dada a estabilidade característica de um regime sociotecnológico, diversos autores têm estressado a importância do nicho como local de desenvolvimento e maturação das inovações. Considerando que o desempenho de novas soluções tecnológicas é inicialmente baixo, estas surgiriam em espaços relativamente protegidos das pressões existentes ao nível do mercado e do cenário. Esta proteção pode ser dada por meio de subsídios pelo poder público, ou investimentos estratégicos por parte de firmas.

Para Smith et al. (2010), nichos tecnológicos caracterizam-se como pequenas comunidades que adotam ou desenvolvem uma nova tecnologia, muitas vezes experimental. Schot e Geels (2007) afirmam que, no caso de nichos tecnológicos, não existem mercados para estes nichos previamente constituídos. Os mercados são criados com base na perspectiva de sua viabilidade futura. Schot e Geels (2007) afirmam também que um nicho tecnológico é isolado do regime sociotecnológico vigente. Da mesma forma, em um nicho tecnológico as regras cognitivas que usualmente conduzem o processo de inovação de um regime não estão formalmente estabelecidas e são instáveis.

Nichos são espaços onde projetos alternativos de desenvolvimento sociotecnológico podem ser avaliados (SMITH et al, 2010). São importantes porque provêem espaços para o processo de aprendizado, de forma que a solução tecnológica possa amadurecer. Possibilitam o desenvolvimento de tecnologias desejadas pela sociedade, bem como de inovações radicais que resultem em um descasamento com o regime em vigor (SCHOT; GEELS, 2008).

Nichos surgiriam por meio da ação coletiva de um grupo de atores com interesses comuns, e eventualmente mobilizados pelo interesse de um ator específico. A ação e intervenção do governo não são entendidas, portanto, como centrais a este processo. Nichos permitem a articulação entre os diferentes atores de visões e expectativas conjuntas. É um local que possibilita a coevolução da tecnologia, bem como as práticas dos atores e estruturas regulatórias. Têm, assim, sido constituídos nichos que atuam no desenvolvimento de diversas tecnologias entendidas como sustentáveis, e que apresentam possibilidades de vir a se incorporar, ou mesmo substituir, regimes sociotecnológicos vigentes.

Neste âmbito, um grupo de autores, entre eles Smith e Raven (2012), Schot e Geels (2008), Kemp et al. (1998), e Nill e Kemp (2009), têm advogado a possibilidade da gestão estratégica de nichos, como espaço ou arena de experimentação para novas tecnologias que

possam ser do interesse da sociedade. Schot e Geels (2008) entendem que este processo configura-se em quatro passos cíclicos e sequenciais:

- (i) Organização de uma rede de múltiplos atores, definição do problema, das partes interessadas, definições para as conduções de operação da área e dos temas de trabalho;
- (ii) Desenvolvimento de visões conjuntas: estabelecimento de uma visão de longo prazo comum sobre o problema;
- (iii) Exploração dos diferentes caminhos de transição por meio de experimentação e ações conjuntas, e implementação de instrumentos efetivos;
- (iv) Avaliação, aprendizado e monitoração do progresso de metas intermediárias, ajustes e preparação para a próxima fase.

Proteção inicial é defendida como essencial, dado que inovações usualmente não têm inicialmente como competir com tecnologias já maduras e plenamente desenvolvidas. Além da função de (i) proteção, Smith e Raven (2012) defendem que os nichos desempenham outras duas funções na dinâmica de desenvolvimento de uma inovação. O (ii) cultivo é definido como o processo que dá suporte ao desenvolvimento de inovações, especialmente as inovações disruptivas. As principais formas de cultivo estão nos processos de aprendizagem e de articulação de expectativas entre atores.

Já (iii) empoderamento refere-se principalmente aos esforços de convencer o sistema social externo ao nicho que este possui condições de tornar-se competitivo no ambiente existente ao nível do regime, segundo os critérios convencionais de avaliação e desempenho do regime. Da mesma forma, faz parte deste empoderamento o desenvolvimento de meios de influenciar – através, entre outros, de ação política - mudanças no ambiente externo ao nicho que facilitem a sua consolidação como parte do regime vigente.

2.6. A RELEVÂNCIA DAS EXPECTATIVAS NA TRANSIÇÃO SOCIOTECNOLÓGICA

A articulação de expectativas entre os atores é considerada central no processo de desenvolvimento de uma tecnologia. Expectativas são definidas como processos cognitivos desenvolvidos pelos diferentes atores ao nível do nicho e do cenário, como resposta a uma novidade, inovação ou incerteza (ROSENBERG, 1976).

Expectativas contribuem no desenvolvimento do nicho na medida em que sejam (i) robustas, ou seja, compartilhadas por diversos autores; (ii) específicas; e (iii) consistentes, expectativas realistas suportadas por observações e projetos em andamento (BROWN; MICHAEL, 2003). As expectativas quanto ao desenvolvimento de uma nova tecnologia são inicialmente difusas, superficiais e instáveis. Espera-se que estas expectativas evoluam como resposta aos processos de aprendizagem existentes no nicho.

Uma das razões que governos e sociedade subsidiam e cultivam nichos que estejam cultivando inovações ainda não lucrativas é a expectativa de que estas tecnologias virão a desempenhar papéis e objetivos sociais relevantes no futuro. Por conta dessas expectativas, tanto a sociedade quanto os atores operando ao nível deste nicho podem aceitar as desvantagens existentes no presente, destinando recursos para a melhoria e desenvolvimento destas inovações. Expectativas de ganhos para os atores envolvidos legitimam processos de proteção e cultivo do nicho. Da mesma forma, expectativas direcionam os processos de aprendizagem e a atenção dos atores externos ao nicho (BORUP et al., 2006).

Processos de transição sustentável podem implicar no estabelecimento de expectativas contrastantes na sociedade. Estes processos usualmente não implicam em ganhos econômicos e de eficiência para os agentes, e resultam em custos e esforços para a sociedade, bem como envolvem diversas questões políticas e regulatórias. As expectativas são usualmente articuladas em termos de benefícios sociais e ambientais possíveis, bem como na viabilidade da transição.

Berkhout et al. (2004) alertam que em diversas situações se tem um distanciamento entre as expectativas e os processos efetivamente observados de emergência de nichos e tecnologia. Existem diversos exemplos de transições tecnológicas nas quais não havia uma visão de futuro conjunta, ou mesmo positiva, sobre o futuro daquela determinada tecnologia. Da mesma forma, diferentes tecnologias que eram tidas como fortemente promissoras

acabaram por não se firmar. Existem grandes dificuldades em determinar quando uma visão de futuro é socialmente ou tecnologicamente viável, ou mesmo reflete um objetivo conjunto da sociedade, e esta é uma questão em aberto na literatura.

Geels e Deuten (2006) enfatizam o papel dos atores inseridos no nicho em estabelecer estas expectativas. O nicho age, portanto, moldando as expectativas sobre qual é o futuro das inovações, tecnologias e regimes em desenvolvimento. Este processo de construção de expectativas caracteriza-se assim como uma dinâmica de empoderamento do nicho, conforme discutido por Smith e Raven (2012). As expectativas sobre o desenvolvimento do nicho e da tecnologia são articuladas pelos atores do nicho na forma de narrativas sobre as possibilidades de desenvolvimento do nicho, bem como do sistema tecnológico cultivado.

2.7. TRANSIÇÕES SOCIOTECNOLÓGICAS E APRENDIZAGEM

A justificativa do conceito de gestão estratégica de nicho está diretamente relacionada à possibilidade de aprendizado e desenvolvimento de tecnologia envolvida nestes espaços protegidos (SCHOT; GEELS, 2007; SMITH; RAVEN, 2012; KEMP et al., 1998; NILL; KEMP, 2009). A literatura sobre transição sociotecnológica dá ênfase a importância do aprendizado, notadamente quando tratando de transições que foram de alguma forma induzidas. Convencionalmente, aprendizagem pressupõe acumulação de informação, inclusive informação construída com base em experiências anteriores, e a possibilidade de uso desta informação nas ações futuras. A literatura distingue diferentes tipos de aprendizagem (ADLER; CLARK, 1991; VAN DE KERKHOF; WIECZORE, 2005).

Em termos do sujeito do aprendizado, esta pode ser individual, com base no processo de acumulação de conhecimento do sujeito em si. Mas também pode se constituir em coletiva, quando construída com base nos processos de acumulação de conhecimento de diferentes sujeitos. A aprendizagem no processo de transição sociotecnológica deve ser compreendida fundamentalmente como um processo coletivo (VAN DE KERKHOF; WIECZOREK, 2005; VERGRAGT; BROWN, 2007). Esta aprendizagem coletiva desenvolve-se principalmente quando diferentes atores sociais, representando diferentes estruturas cognitivas e interpretativas, bem como diferentes estruturas de competências, passam a interagir sobre um

assunto, problema ou ideia, de forma a buscar o melhor arranjo de estruturas cognitivas e de competências para a resolução do problema.

Um conceito central para a concepção de aprendizagem coletiva é o de contágio. A ideia de contágio é derivada da forma de compreensão de processos de difusão de doenças desenvolvido na epidemiologia. Esta dinâmica de contágio pode ser compreendida como a transferência de um estado agente a agente, através da interação entre estes agentes - tal como um patógeno que se espalha de hospedeiro a hospedeiro. O processo de contágio depende da suscetibilidade do agente a esse estado, a qual resulta em uma taxa de infectabilidade, representada por uma probabilidade da transferência do estado entre agentes. Como discutido em Vespignani (2012), diversos processos sociais apresentam dinâmicas de transferência agente a agente similares; o conceito de contágio tem sido utilizado no estudo de processos tais como a difusão de conhecimentos, comportamentos ou inovações.

Já em termos do objeto do aprendizado, distinguem-se usualmente na literatura duas formas (ARGYRIS, 1976; ADLER; CLARK, 1991). O aprendizado de ciclo simples, também dito de primeira ordem ou instrumental, se relaciona ao nível cognitivo de análise, e busca apresentar novas soluções para um determinado problema. Resulta na mudança dos instrumentos e heurísticas que são adotadas ao abordar e tratar determinado problema. Já o aprendizado de duplo ciclo, também dito de segunda ordem ou conceitual, se refere ao nível normativo da análise, com base na mudança dos próprios pressupostos, interpretação e compreensão do problema em si. Tem como resultado a mudança das estruturas de ideias que os atores usualmente adotam, bem como seus pressupostos básicos.

Van de Kerkhof e Wieczorek (2005), Vergragt, Brown (2007) e Schot, Geels (2007) defendem que no processo de transição sociotecnológica a aprendizagem de segunda ordem é a mais relevante. Neste, diferentes atores sociais não apenas geram novos conhecimentos sobre como resolver um determinado problema, como geram novas percepções, ideias e concepções sobre as dimensões que constituem o problema em si.

Um amplo conjunto de trabalhos sobre aprendizagem considera este como resultado de um processo de estímulo e resposta, através da interação entre as crenças e estruturas cognitivas e interpretativas existentes frente a novas experiências (VAN DE KERKHOF; WIECZORE, 2005). Estas estruturas cognitivas e interpretativas existentes recebem respostas da sua adequação frente a novos problemas ou objetivos. Se, como resultado deste conjunto

de respostas, torna aparente que os resultados desejados não foram atingidos, estas estruturas cognitivas tornam-se sujeitas à reavaliação e, eventualmente, substituição por novas.

Assim, a literatura sobre transições tecnológicas dá uma ênfase clara ao conceito de aprendizagem por meio da prática - *learning by doing* (BAHK; GORT, 1993; VERGRAGT; BROWN, 2007; BROWN; VERGRAGT, 2008; VAN DE KERKHOF; WIECZORE, 2005; SCHOT; GEELS, 2007). Esta forma de construção de conhecimento teórico e conceitual por meio da prática está no cerne da ideia de uma transição sociotecnológica estimulada. Opõe-se assim a uma concepção da aprendizagem centrada em um processo formal de investimento em pesquisa e desenvolvimento (JENSEN et al., 2007).

Seguindo esta concepção, usualmente modelos econômicos representam a aprendizagem pela prática como um aumento na produtividade do capital. Resultaria assim em uma redução no custo de produção mais do que proporcional ao montante de crescimento de capital, trabalho, ou mesmo do que a obtenção de economias de escala ou escopo, como discutido em Arrow (1962), Argote et al. (1990) e Atkeson e Kehoe (2007). Esta aprendizagem é vista como função do tempo e, principalmente, da produção absoluta acumulada - representa a concepção de experiência em uma determinada tarefa. E, conforme Argote et al. (1990), resultados empíricos sugerem pela transferência de aprendizagem entre agentes de um mesmo nicho tecnológicos; organizações que iniciam a produção mais tarde são mais produtivas. Firms assim tendem a se beneficiar da aprendizagem já acumulada

A aprendizagem pode ser também compreendida como um fator de crescimento dinâmico da produtividade do trabalho na função de produção convencional, tal como em Bahk e Gort (1993). E alguns autores, como em Ma et al. (2009), abordam também a aprendizagem como possibilidade, dado que todo processo de desenvolvimento e aprendizagem é associado a uma incerteza característica. Ma et al. (2009) tratam especificamente do risco inerente ao processo de aprendizagem futura, propondo formas de quantificação dos custos existentes por conta destes riscos.

É importante que se observe que cada firma possui uma base de conhecimento específica, e o campo de sua competência está usualmente relacionado a esta base de conhecimento. Tipicamente, a oferta de uma firma é representada por uma gama limitada de produtos e processos, representando uma estrutura limitada de conhecimento e competências sob domínio da firma. Este conhecimento e competências são construídos ao longo do processo de desenvolvimento e consolidação da firma, e, na concepção de aprendizagem pela

prática, estão relacionados aos mercados onde esta atua. Existe assim uma heterogeneidade natural entre firmas em termos de conhecimento, desempenho e possibilidade de aprendizado, resultado de suas diferentes trajetórias.

Por fim, a aprendizagem acumulada teria também impactos sobre o processo de difusão de uma tecnologia. Entende-se que firmas escolhem não apenas a tecnologia, mas também o momento de sua adoção, como proposto em Parente (1994). No início de uma transição, agentes possuem um estoque de conhecimento acumulado sobre a tecnologia em uso. Agentes não abandonam a tecnologia rapidamente – em vez disso, continuam por determinado tempo a investir e aprender sobre a tecnologia em uso.

Assim, agentes mantêm o investimento em tecnologias antigas, mesmo quando novas tecnologias estão disponíveis, como discutido em Atkeson e Kehoe (2007), e tal como proposto quando da discussão sobre a estabilidade do regime sociotecnológico em Kemp et al. (1998). Em oposição, agentes que acumularam pouco conhecimento tendem a adotar, de forma antecipada, a nova tecnologia. Observa-se, portanto, um padrão onde a adoção da nova tecnologia será heterogênea entre agentes, principalmente por conta da aprendizagem acumulada – e o compromisso do agente para com aquela tecnologia.

2.8. A AGÊNCIA NA TRANSIÇÃO SUSTENTÁVEL

Um dos pontos em discussão na literatura sobre transições sociotecnológicas sustentáveis está na questão da agência (GEELS, 2010). Schot e Geels (2007) enfatizam que nichos tecnológicos se desenvolvem como um produto de agência. Nichos não devem ser considerados como espaços de mercado pré-existentes e que são preenchidos por inovações que se ajustam às demandas destes espaços. Ao contrário, inovações tendem a construir os seus próprios nichos e mercados.

Há ampla discussão sobre o conceito de agência na sociologia (EMIRBAYER; MISCHÉ, 1998). Construções teóricas tais como a teoria da ação, teoria normativa e institucionalismo tem abordado o tema, de formas diferentes e por vezes contraditórias. Giddens (1984) produz um dos trabalhos mais aceitos na literatura sobre a compreensão de

agência; para Giddens (1984), posição adotada nesta pesquisa, a agência é entendida como a capacidade de atuar sobre, e por meio desta ação dirigir um curso de eventos.

Pesquisas sobre inovação e tecnologia usualmente adotam uma construção com ênfase no entendimento da tecnologia como um artefato físico, desenvolvida de forma contínua e linear. Para Genus e Coles (2008), esta abordagem acabou por minimizar em grande medida o papel desempenhado pela agência no processo de desenvolvimento tecnológico.

Vasileiadou e Safarzynska (2010) entendem que a abordagem multinível, embora tratando da modificação de estruturas já estabelecidas, não possibilita a compreensão dos mecanismos específicos, sociais e cognitivos, que levam a alteração no comportamento dos agentes. Haveria um distanciamento conceitual entre o agente e o sistema em que este está inserido. Já Pesch (2015) afirma que a ênfase discutida na literatura sobre transições sociotecnológicas geralmente está na descrição e reprodução de regras. A produção de novos regimes, práticas e instituições em grande parte não é discutida. O problema estaria na concepção de que esta abordagem está em conflito com o foco no estudo dos processos de mudança social presente na literatura sobre transições tecnológicas.

Para Geels e Schot (2007), assim como para Markard et al, (2012), uma visão mais ampla do processo de agência de transição sociotecnológica deve tratar das questões políticas envolvidas no desenvolvimento e manutenção do nicho, bem como do processo de construção de seu poder e capacidade de influência. Para estes autores, sob diversos aspectos, o nicho tem sido visto como um ator político, capaz de influenciar o ambiente e cenário onde está inserido.

A teoria econômica ortodoxa, ou neoclássica, está construída sobre uma concepção específica de agente econômico. Este agente econômico é entendido como racional, possuidor de interesses, e consciente dos mesmos. A concepção de homem que surge deste agente econômico maximizador, ativo e dono da informação perfeita denomina-se usualmente *homo economicus* (HENRICH et al., 2001). Esta compreensão ortodoxa de agente econômico pressupõe a existência por parte deste agente de capacidade de ação e de tomada de decisão na busca de seus interesses (DEQUECH, 2006; 2004).

Para tal, a teoria econômica ortodoxa se estrutura em um pressuposto de eficiência de mercado, onde a informação é tida como existente, disponível e perfeita. O agente econômico seria assim capaz do cálculo econômico das suas alternativas de ação. Este agente é também

visto quase sempre como um agente egoísta e oportunista, buscando o seu próprio bem-estar acima dos interesses coletivos, de forma independente do bem estar dos demais agentes e da sociedade como um todo.

A concepção de agente plenamente racional presente na ideia de *homo economicus*, bem como o pressuposto da informação perfeita são amplamente criticados na própria teoria econômica (PERSKY, 1995; HENRICH et al., 2001). Diferentes escolas de pensamento foram desenvolvidas, as quais relativizam, ou mesmo se opõem, a esta concepção ortodoxa. Impõe-se entre estas a proposição de Simon (1978) sobre a limitação na racionalidade humana. Tal seria resultado do reconhecimento tanto da incapacidade humana de acessar todas as informações, quanto da incapacidade de modelar estas informações em torno de uma solução ótima. O reconhecimento dessa racionalidade humana limitada traria, como consequência, a restrição à compreensão de um agente como capaz de tomar decisões econômicas ótimas.

Também Bordieu (2000) critica a concepção antropológica do agente adotada na construção teórica econômica ortodoxa. Questiona assim a ideia de racionalidade do agente na representação de sua capacidade de pesar suas preferências e necessidades, bem como a compreensão da forma e capacidade de ação deste agente. Para Bordieu (2005, 2012), a ação resulta em um duplo processo, tanto de interiorização das estruturas, quanto de exteriorização do subjetivo, adotando assim uma concepção de agência centrada na prática e ação do agente social (praxiológica).

Assim, Bourdieu (2000, 2012) propõe compreender a agência a partir do conceito de *habitus*. O *habitus* seria a prática mediadora mantida continuamente pelo agente em relação à estrutura social condicionante. A ideia de *habitus* está fundada na concepção de que o agente possui um sistema socialmente constituído de disposições, adquiridas através da aprendizagem e convivência social; práticas só podem ser inteiramente compreendidas quando confrontadas a estrutura na qual são produzidas. O *habitus* representa a capacidade ativa do agente no mundo social, sem excluir ou afastar os condicionantes sociais de sua ação.

E para Emirbayer e Mische (1998), a agência é um processo de engajamento social, temporalmente situado. A agência é informada pelo passado, mas orientada para o futuro, na capacidade de imaginar escolhas alternativas, e para o presente, na capacidade de compreender as contingências do momento.

Já a ausência de uma discussão mais ampla, sobre a função de agência na literatura sobre transições sustentáveis poderia sugerir a adoção, neste corpo teórico, de uma ontologia

predominantemente estruturalista (PESCH, 2015). O objetivo da escola estruturalista está principalmente na explicação da ordem social. O estruturalismo adota o pressuposto de que a realidade social resulta de processos objetivos que se impõem aos atores sociais, na forma de constrangimentos exteriores a sua ação.

Busca-se principalmente descobrir padrões de estabilidade e regularidade, como forma de tornar a ciência social positiva - capaz de apresentar relações de causa/consequência, e de apresentar padrões de previsibilidade para a realidade social. A agência humana torna-se restrita, limitada à internalização passiva de valores e normas sociais (ARBOLEYA, 2013; CARNEIRO, 2006). A abordagem estruturalista se opõe assim a uma concepção de agência interiorizada em um ator consciente e reflexivo, dotado de conhecimento e poder de decisão, e que dá a este ator a possibilidade da origem da ação. A própria terminologia adotada na literatura sobre transições - sistema, regimes, níveis – sugeriria que esta pode ser entendida como empregando uma ontologia estruturalista.

Geels (2005) por sua vez não entende a perspectiva multinível como estruturalista, e propõe para tal uma concepção de agência com base na teoria da estruturação de Giddens (1989). Giddens (1979; 1989) desenvolve uma proposição onde parte do indivíduo e da ação deste a criação da estrutura social. O ator social é visto como intencional e reflexivo, consciente de suas ações e razões (PENNA, 2012, CARNEIRO, 2006), e capaz de projetar discursivamente esta consciência. Os atores sociais são compreendidos como possuidores da capacidade de analisar as informações que recebem, de forma a desenvolverem as suas estratégias de ação. Este ator é um ser que monitora contínua e reflexivamente suas ações, e não apenas compreende o como age, mas também compreende o porquê age desta forma.

Os atores sociais controlam a si mesmos e ao fluxo e resultado de suas ações, e esperam que os demais atores ajam da mesma forma. A concepção de um controle reflexivo das ações expressa em si uma expectativa de reciprocidade nas ações por parte dos demais atores sociais (PENNA, 2012; ARBOLEYA, 2013). Esta expectativa de reciprocidade dá a ação uma racionalidade intrínseca e específica (GIDDENS, 1989). A racionalidade é assim compreendida como uma característica da ação social, relacionada à sua intencionalidade e reflexividade, e mediada pela consciência do agente das regras de ação presentes na estrutura. A ação é definida em Giddens (1989; 1979) como uma intervenção no processo contínuo de acontecimentos do mundo. As ações se fazem sobre elementos que as estruturam; os atores não apenas se ajustam às estruturas, mas as criam, reproduzem e mantêm vivas.

As estruturas são definidas por Giddens (1979; 1989) como sistemas de regras, e se manifestam na existência de normas, poder e significados para as ações. As regras presentes na estrutura podem se constituir tanto em recursos para uma ação, quanto em constrangimentos a esta ação, conforme a posição e poder do agente no contexto da mesma (PENNA, 2012). A estrutura em Giddens (1989) é, portanto, tanto o meio como o resultado da ação humana. Ao agirem, os agentes reproduzem as condições que tornam possíveis suas ações. Assim, a estrutura é contínua e recursivamente organizada e modificada.

É a consciência das regras representadas na estrutura que confere aos indivíduos sua reflexividade. Na medida em que têm consciência das regras que constituem as estruturas, e são dotados de capacidade para interpretá-las, bem como de capacidade para compreender a intenção e resultado de suas ações, os agentes agem produzindo, reproduzindo, ou modificando, estas estruturas. Nem a estrutura adquire primazia sobre a ação, nem a ação e o sentido se sobrepõem a essa estrutura (CARNEIRO, 2006, ARBOLEYA, 2013).

Na configuração da ação, a estrutura adquire em Giddens (1989) um caráter dual. As regras e recursos condicionam a ação social, e, na mesma medida em que esta ação é resultado destas regras, produzem e reproduzem o sistema. As estruturas são integradas por meio da ação, e a ação se conforma estruturalmente. É a partir desta dualidade que Giddens (1989) propõe a mediação entre ação e estrutura (CARNEIRO, 2006), possibilitando uma conexão dos conceitos de agência, poder e ação ao de reflexividade.

Giddens (1989) denomina este processo de construção e reprodução recursiva de processo de estruturação; e compreende a estruturação como o processo constitutivo da sociedade. A estruturação pode ser compreendida como um processo ordenador, e inclui, em si, tanto os elementos da ação, motivação, intencionalidade e racionalidade, como os fatores associados às estruturas sociais. Ao propor o conceito de dualidade, Giddens (1989) entende que tanto estrutura quanto ação atuam no processo de estruturação.

Na construção de Giddens (1989), a agência implicaria assim na capacidade do ator em produzir efeitos e transformações no mundo real. A agência não se refere à existência de intenção do ator, e nem na sua reflexividade e capacidade de compreender a sua ação. A agência implica sim na sua capacidade de agir, ou abster-se de agir, e de, neste agir, influenciar um processo ou estado específico de coisas (CARNEIRO, 2006). Caberia aos atores sociais, mediante esta capacidade de agência, a construção da realidade social.

Conforme discutido em Machado-da-Silva et al. (2005), a adoção nos estudos em Administração de uma concepção de um equilíbrio entre agência e estrutura como a proposta em Giddens (1979; 1989) não significa a negação da intencionalidade e racionalidade da ação do agente, mas sim a adoção de uma concepção de racionalidade limitada, como proposta em Simon (1979).

A concepção desenvolvida na perspectiva multinível entenderia que a estruturação de um novo regime se dá pelas interações entre os três níveis, bem como pela interação entre atores em cada um dos níveis. Cada nível conceitual - nicho, regime e cenário - estaria crescentemente estruturado e, portanto menos capaz de ser controlado por um determinado grupo ou ator social (BERKHOUT et al, 2004).

2.8.1. Agência Distribuída na Transição Sociotecnológica

Em adição a uma concepção de uma agência reflexiva, a presença de múltiplos atores no processo de transição, com diferentes níveis de envolvimento e compromisso, possibilitaria a compreensão de uma função de agência como distribuída entre estes atores (GARUD; KARNØE, 2003; 2009). Esta é concepção de uma agência não apenas distribuída entre grupos de atores interdependentes, mas também distribuída ao longo do tempo e espaço. Esta abordagem pressupõe o entendimento da inexistência da necessidade de um ator único e específico desempenhar o papel de agência no desenvolvimento de um regime.

Garud e Karnøe (2009) adotam a analogia ao cérebro humano para representar o processo de agência distribuída. Grupos de neurônios formam diversos módulos no cérebro; os módulos, conectados um ao outro, são especializados em determinadas funções, apesar de também apresentarem redundância de funções entre eles. As conexões específicas que são ativadas e a força destas ligações têm um papel central na resposta do sistema. Esta concepção de grupos de agentes, especializados e redundantes, e conectados entre si, é aderente à compreensão da interação entre níveis conceituais na transição proposta na abordagem multinível.

Já Latour (1994) desenvolve uma concepção de agência que não se restringe aos atores humanos. Considerando que agência seria a capacidade de agir e desta ação provocar resultados na realidade, Latour (1994) entende que máquinas também poderiam possuir

formas de agência. Propõe assim o termo atuante, para fugir à ideia de associar agência unicamente aos humanos. A teoria ator-rede não restringe assim a agência a humanos, mas também a atribui aos artefatos tecnológicos. Pickering (2010) descreve a interação entre agência humana e não-humana como “danças de agência”, referindo-se a este como um processo interativo e contínuo. Em que pese não ser desenvolvida a ideia de agência não humana nesta pesquisa, a construção de Latour (1994) é relevante em termos da concepção da possibilidade de uma agência distribuída.

Assim, a literatura sobre transições tecnológicas trata da agência principalmente como resultado da ação de um grupo, e não de um indivíduo. Smith e Raven (2012) e Pesch (2015) entendem a agência do processo de transição sociotecnológica como resultado da ação coletiva do nicho. A articulação de esforços para atendimento a estas pressões envolve interações entre os diferentes atores, por meio de redes e coalizões, às vezes incluindo inclusive membros do regime vigente. Nesta perspectiva, o processo de transição não é resultado da descoberta de novas oportunidades por atores individuais; envolve sim a criação de uma nova realidade por meio de uma ação coletiva.

A capacidade de influenciar subentende o exercício de um determinado nível de poder econômico, político e institucional. Regimes constituem assim uma estrutura de poder, condicionando as ações e interações entre os atores nele inseridos. Um regime pode facilitar ou constranger as ações do ator, especialmente ações que busquem produzir mudanças neste mesmo regime. O regime não apenas é uma fonte de agência sobre os atores, mas tem o poder de estruturar a agência dos atores (SMITH et al., 2005). A associação e o compromisso do ator para com o regime ou o nicho são importantes para compreender a capacidade deste ator no processo de intervir e transformar o regime.

Smith et al. (2005) entendem a mudança no processo de transição entre regimes como função de dois processos: (i) pressões de seleção entre trajetórias tecnológicas atuando sobre o regime, e (ii) esforços, internos e externos ao regime, para adaptação a estas pressões. A agência no processo de transição entre regimes sociotecnológicos se constituiria na capacidade de intervir para alterar as pressões de seleção, bem como na coordenação dos esforços para adaptação.

Esta agência deve atuar por meio de pressões por influência em situações nas quais as instituições existentes dão suporte ou constrangem as ações dos atores, tanto ao nível de nicho, quanto ao do regime. Para Pesch (2015), a agência se dá por meio de alterações nos campos

discursivos construídos sobre determinado domínio sociotecnológico; alterações materiais pressupõem antes a existência de mudanças discursivas. A concepção de agência em transições tecnológicas deveria buscar descobrir como esses campos discursivos podem ser usados para induzir e direcionar a mudança.

2.8.2. A Agência como Função de Narrativas

Smith et al. (2005) e Smith e Raven (2012) propõem que a agência na transição sociotecnológica constitui-se a partir de um processo de articulação de expectativas dos atores, por meio de um sistema de narrativas socialmente construídas. Estas narrativas constituem-se em processos de comunicações sobre um tema construídos pelos atores, e difundidos por meio de suas redes de interação. Hermwille (2016) define narrativa como uma história simples que (i) descreve um problema, e (ii) define suas consequências ou (iii) sugere possíveis soluções. Hermwille (2016) entende a narrativa como uma entidade analítica chave na compreensão do processo de transição sociotecnológica.

Narrativas atuam principalmente de três formas na interação do nicho com a sociedade/cenário (SMITH; RAVEN, 2012). (i) Narrativas positivas sobre o futuro são apresentadas pelos atores como justificativa da existência do nicho. (ii) Essas narrativas também se constituem demandas por alterações em regulação e políticas públicas favoráveis aos interesses do nicho. E ainda (iii) agem desafiando o regime sociotecnológico vigente, enfatizando as contradições e limitações deste regime, bem como as oportunidades presentes no novo nicho.

As expectativas são assim mobilizadas principalmente de uma forma política, com o objetivo de convencer a sociedade da relevância da existência do nicho. Constitui-se assim em um processo de empoderamento, onde o nicho passa a atuar como um ator político. Processos de mudança discursiva e social devem envolver a difusão de ideias e significados a partir do nicho, para os níveis de regimes e cenário.

Esta agência é operada por meio de redes de interação, que se constituem tanto em internas ao nicho, e que buscam alinhar e mobilizar os atores pertencentes a este nicho; quanto em redes externas, nas quais atores do nicho buscam apoio e ação de atores sociais relevantes, externos ao nicho, mas capazes de estabelecer contato com o nicho. Narrativas, conforme

Geels e Deuten (2006), Smith e Raven (2012) e Pesch (2015), provocam alterações no campo social, e acabam por conformar as expectativas existentes sobre a capacidade de evolução do nicho, e condicionam as dinâmicas de pressões existentes ao nível do cenário.

Para Pesch (2015), a concepção de fixação de um processo discursivo é central na explicação da dinâmica de introdução e crescimento de nichos tecnológicos. Processos discursivos estariam submetidos a diferentes graus de fixação na sociedade. Essa fixação resulta da abertura de determinado campo a receber e ser influenciado por um novo processo discursivo. A fixação representa a medida que um agente social é sensibilizado pelas narrativas dos demais agentes. A dimensão de fixação é representativa do processo de difusão de expectativas e compromisso.

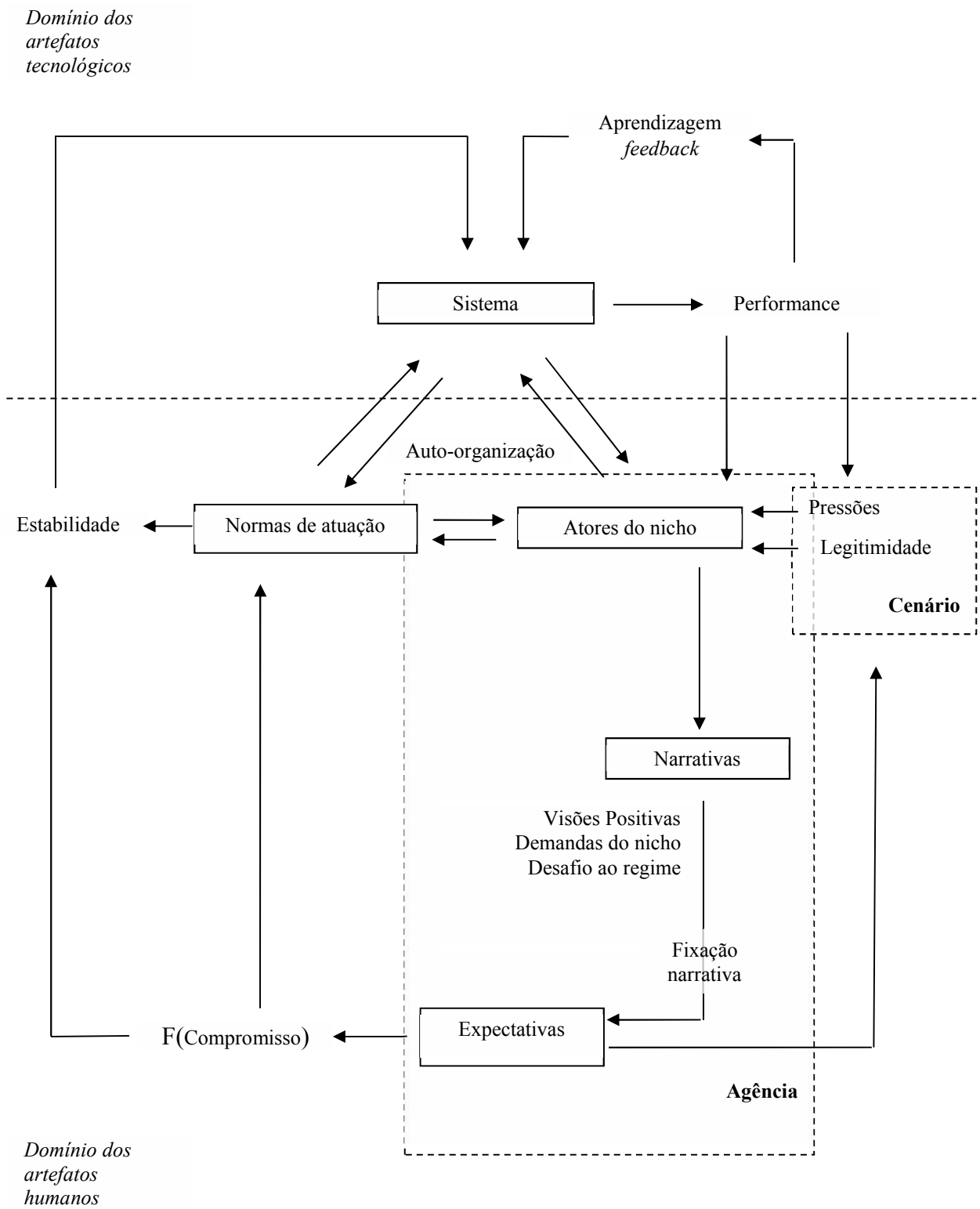
O primeiro nível de fixação discursiva refere-se a situações em que o processo de transição é facilitado, dado o espaço discursivo ser aberto a mudanças e pouco estruturado. Um segundo nível de fixação discursiva ocorreria na situação em que significados específicos estão incorporados a sistemas discursivos já estabelecidos, o que restringiria o espaço de ação de grupos e indivíduos. Regimes são situações estabelecidas a este nível de fixação. A ideia de fixação, como proposta em Pesch (2015), de similar ao conceito de contágio como discutido em Vespignani (2012).

2.9. MODELO CONCEITUAL E HIPÓTESES DE TRABALHO

A primeira fase da presente pesquisa foi conduzida pelo objetivo específico de desenvolver um modelo conceitual de agência do processo de transição sociotecnológica sustentável. Com base no discutido na revisão da literatura desenvolvida neste capítulo, propõe-se o modelo conceitual estruturado apresentado na figura 4 para o entendimento da função de agência.

O modelo conceitual foi desenvolvido tendo como base as três dimensões de análise de um regime sociotecnológico propostas em Geels (2004), (i) sistemas e tecnologias; (ii) atores e (iii) regras e instituições. Como discutido em Geels (2004), o modelo diferencia entre dois diferentes domínios – domínio dos artefatos tecnológicos, e domínio dos artefatos humanos.

Figura 4: Modelo Conceitual Proposto



Fonte: desenvolvido pelo autor

A tabela 3 apresenta as variáveis e dimensões adotadas na estrutura conceitual proposta, bem como as relações entre estas variáveis, e referências que suportam a cada uma das variáveis adotadas.

Tabela 3: Dimensões e variáveis adotadas na estrutura conceitual proposta

Variável	Descrição	Relações	Referencia
<i>Narrativas</i>	Comunicação socialmente construída Processo discursivo sobre visões do futuro	Agência	Hermwille (2016) Pesch (2015) Smith e Raven (2012)
<i>Fixação</i>	Medida em que um agente é sensibilizado pelas narrativas dos demais agentes	Narrativa	Pesch (2015)
<i>Expectativas</i>	Processos cognitivos desenvolvidos em resposta a uma novidade <i>Feedback</i>	Função de narrativas e desempenho	Rosenberg (1976) Brown e Michael (2003) Borup et al. (2006)
<i>Desempenho</i>	Capacidade de realizar a aprendizagem proposta anteriormente	Função da aprendizagem	Borup et al. (2006)
<i>Compromisso</i>	Compromisso de agentes para com o nicho ou regime, entendendo algum nível de ação do agente vinculada ao nicho ou regime	Função das expectativas	Geels (2012) Turnheim, Geels (2012)
<i>Aprendizagem</i>	Redução dos custos de produção resultado da produção acumulada, mais do que proporcional à quantidade de crescimento de capital	Função da produção acumulada, do fator de aprendizagem e do risco de aprendizagem	Arrow (1962) Argote et al. (1990) Atkesone Kehoe (2007) Bahk e Gort (1993) Ma et al. (2009)

A partir deste modelo conceitual, estão propostas três hipóteses de trabalho, as quais estão representadas no modelo e estão discutidas nesta seção. Busca-se compreender a função de agência no processo de transição entre regimes sociotecnológicos, propondo no modelo relações entre as diferentes variáveis e dimensões observadas na literatura. Em conjunto, estas hipóteses consolidam o entendimento da agência no processo de transição sociotecnológica sustentável desenvolvido nesta pesquisa.

A perspectiva multinível condicionou também o desenvolvimento do modelo conceitual de agência proposto. Na proposição desta estrutura e das hipóteses de trabalho, considera-se em primeiro lugar o entendimento da existência e interação de múltiplos atores no processo de transição sociotecnológica, com diferentes níveis de compromisso e influência. Como discutido em Garud e Karnøe (2003; 2009), compreende-se esta agência como resultado

da interação entre diferentes atores sociais, sendo exercida de forma distribuída. O modelo proposto avança, considerando esta agência como o resultando de uma ação coletiva do nicho. Da mesma forma, adota-se o entendimento da incapacidade de um ator isolado exercer a agência, e direcionar o esforço coletivo do nicho. Assim, a primeira hipótese de trabalho desenvolvida na presente pesquisa é:

H1: A função de agência no processo de transição entre regimes sociotecnológicos é exercida de forma distribuída pelos atores do nicho tecnológico.

A partir da proposição de Gells (2012) e Turnheim e Geels (2012), entende-se que a estabilidade de um regime sociotecnológico resulta do compromisso dos agentes para com este regime; a transição se daria pela erosão do compromisso dos atores com o regime vigente. Mas o modelo proposto avança, na medida em que considera que o processo de constituição de um nicho sociotecnológico resulta do compromisso. A transição estaria centrada assim na construção deste compromisso por parte dos atores para com o novo nicho. A agência do processo de transição entre regimes resultaria da dinâmica de condicionamento e direção deste compromisso.

Para tal, propõe-se no modelo conceitual que o compromisso dos agentes é resultado das expectativas futuras dos mesmos para com a manutenção do regime e para com o desenvolvimento do nicho. Processos de transição sustentável seriam centralmente dependentes deste processo de construção de expectativas dos agentes do nicho e do cenário, dada a transição para tecnologias entendidas como sustentáveis usualmente não implicarem em ganhos de eficiência para os agentes. No modelo proposto, compromisso pressuporia sempre algum nível de ação. O direcionamento de expectativas condicionaria as ações dos atores, tanto internos, quanto externos ao nicho.

No modelo proposto, adota-se um entendimento da agência como resultado de um processo discursivo. Conforme proposto em Smith et al (2005), Smith e Raven (2012), e em Pesch (2015), este processo discursivo se traduz na construção de sistemas de narrativas por parte dos atores sociais do nicho, por meio de suas redes de interação internas e externas ao nicho.

Conforme Pesch (2015), narrativas estariam sujeitas a diferentes graus de fixação na sociedade, resultado da medida em que o campo onde se opera a narrativa encontra-se aberto a ser influenciado por um novo processo discursivo. Estas narrativas, em se fixando na sociedade, acabariam por conformar as expectativas existentes sobre a capacidade de evolução do nicho, e condicionariam as dinâmicas de pressões e apoio existentes ao nível do cenário. Considerando estas proposições, a segunda hipótese de trabalho adotada na presente pesquisa é:

H2: Narrativas construídas pelos agentes do nicho tecnológico direcionam expectativas e ações dos atores, internos e externos ao nicho;

Com base na literatura sobre a sociologia das expectativas desenvolvida em Brown e Michael (2003) e Borup et al. (2006), tem-se que expectativas, bem como pressões e apoio do cenário resultantes destas expectativas, seriam continuamente ajustadas por conta da sua confrontação ao desempenho efetiva do sistema. No caso do processo de desenvolvimento de um nicho tecnológico, propõe-se nesta pesquisa que a principal medida de desempenho estaria na sua capacidade de efetivamente empreender o aprendizado anteriormente proposto. Desempenhos que se alinhem com as expectativas anteriores tendem a reforçar as mesmas; desempenhos que contradigam expectativas tendem a erodir estas. Considerando estas questões, a terceira hipótese de trabalho desenvolvida nesta pesquisa é:

H3: A função de agência no processo de transição entre regimes sociotecnológicos é mediada pelo desempenho observado do nicho tecnológico

Este padrão de comportamento atua como a realimentação - *feedback* - agindo no controle do sistema, e resulta na construção de uma relação dialética entre expectativas e desempenho do sistema. O sistema assim tenderia a um processo de auto-organização, compreendido como um ponto ou situação de maior estabilidade em torno do novo nicho tecnológico. A evolução dinâmica do sistema é entendida como resultado do processo de aprendizagem, como proposto em Schot e Geels (2007), e em Arrow (1962), Atkeson e Kehoe (2007) e Argote et al. (1990). Com base em Arrow (1962) e Bahk e Gort (1993), indica-se

adotar um conceito de aprendizagem do tipo *learning by doing*, expresso por meio de um fator de crescimento dinâmico do retorno do capital em função da experiência e conhecimento acumulados ao longo do tempo.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa tem como intenção analisar a agência em processos de transições sociotecnológicas sustentáveis. Considerando este objetivo geral, neste capítulo são discutidas a estrutura epistemológica, bem como desenho de pesquisa, métodos adotados e procedimentos de coleta, análise e interpretação dos dados coletados.

3.1. POSICIONAMENTO EPISTEMOLÓGICO: COMPLEXIDADE ORGANIZACIONAL

Tem sido observado recentemente o desenvolvimento de um corpo de pesquisa que adota a Complexidade como base epistemológica (PEDROZO; DIAS, 2014; CRUZ et al. 2006; STEWART, 2001; BYRNE, 2002; DENT, 1999, PHELAN, 2001). A Complexidade tem sido proposta também como base para o entendimento do processo da inovação, quando na conexão entre as dinâmicas observadas nas dimensões analíticas micro e macro. Em grande medida, a Complexidade, enquanto posicionamento epistemológico, surge como resultado às limitações presentes no desenvolvimento científico contemporâneo.

Para Stewart (2001), existem duas abordagens principais para compreensão do que pode ser entendido como Complexidade. Em um primeiro nível, a (i) Complexidade algorítmica, em grande parte desenvolvida por meio de matemática computacional. Esta complexidade trata de previsibilidade e reprodutibilidade de padrões em sistemas ditos complexos, sistemas nos quais é necessário grande quantidade de informação para a sua caracterização.

Já a (ii) complexidade organizacional é decorrente de desenvolvimentos conceituais na química, termodinâmica, biologia e cibernética. Esta abordagem explora a Complexidade principalmente através da noção da emergência de macropadrões auto-organizativos, em sistemas ditos longe do equilíbrio. Estes padrões de auto-organização da Complexidade

organizacional também são explorados por meio de processos de simulação computacional, os quais procuram emular a emergência de comportamentos coerentes ao nível coletivo.

Morin (2007) também entende que a abordagem epistemológica da Complexidade se dá em dois níveis, mas amplia em muito a extensão da ruptura que a epistemologia da Complexidade representa. A Complexidade desenvolvida na teoria dos sistemas complexos - bem como em toda a ideia da ciência da Complexidade desenvolvida pelo Instituto Santa Fé - é entendida como uma Complexidade restrita. Para Morin (2007), esta abordagem, embora aceite a Complexidade inerente dos sistemas reais, não questiona a epistemologia da ciência tradicional. Tanto a Complexidade algorítmica como a organizacional poderiam ser compreendidas como inclusas nesta compreensão de uma Complexidade restrita.

Como extensão desta Complexidade restrita, Morin (2007) define uma segunda abordagem mais ampla, que denomina de Complexidade generalizada. Esta Complexidade geral em si demandaria uma reorientação epistemológica, provocando uma re-estruturação mais ampla do processo de construção da ciência.

Segundo Morin (2003; 2007), a construção científica tradicional trabalha com três princípios regentes. O (i) princípio do determinismo leva ao entendimento da ciência tendo como objetivo propor relações de causa e efeito entre variáveis e dimensões diferentes, situadas ao mesmo nível de análise. O (ii) princípio da redução consiste no entendimento de que o conhecimento do todo pode ser dado pelo conhecimento dos seus elementos básicos constituintes. E o (iii) princípio da separação consiste na ideia da necessidade de divisão do conhecimento entre disciplinas diferentes, e que eventualmente acabaram se tornando herméticas entre si.

A ideia de Complexidade opõe-se a estes princípios da ciência dita normal. Sistemas complexos usualmente não podem ser descritos por meio de modelos de relações causais simples (ANDERSON, 1999; ANDERSON et al., 1988). Da mesma forma, a epistemologia da Complexidade entende também a necessidade da busca pela compreensão do todo, dada a forma de organização das partes caracterizarem o todo, a partir de uma interação contínua e recorrente entre ordem, desordem e organização. E, por fim, a epistemologia da complexidade defende a reintegração do conhecimento e das disciplinas, na busca de um entendimento mais amplo e transversal da realidade (MORIN, 2003; 2007).

Frente a estas proposições, para Cooksey (2001) tem sido observado o surgimento de um "paradigma da Complexidade" na ciência organizacional, por conta de um conjunto

significativo de contribuições recentes em *journals* e publicações reconhecidas, e que têm buscado explorar as implicações da perspectiva da Complexidade nos contextos da organização, gestão e economia. Pollack et al. (2014) afirma que, com base em levantamento bibliográfico comparado com os campos da matemática e ciências da computação, a ciência organizacional seria um adotante tardio da Complexidade - e a forma de adoção da Complexidade nas ciências organizacionais guardaria pouca conexão com a forma como a Complexidade é desenvolvida nestes campos.

No desenvolvimento da presente pesquisa adotou-se como posicionamento epistemológico uma concepção de complexidade organizacional, conforme definição de Stewart (2001). Tal posicionamento resulta da compreensão discutida na seção 2.2 de transições como sistemas complexos, com base nas proposições de Vasileiadou e Safarzynska (2010), Nill e Kemp (2009), Smith et al. (2010) e Loorbach (2010), e do foco de pesquisa em processos que se caracterizam como macropadrões auto-organizados por meio da ação de grupo de atores autônomos, em um sistema caracteristicamente não em equilíbrio.

Este paradigma da Complexidade indica, entre outros, a adoção de uma diversidade de abordagens metodológicas, dando valor ao que pode ser aprendido sobre o comportamento de um sistema a partir de diferentes perspectivas, seja ela positivista, interpretativo/fenomenológica, crítica, ou outra. A complexidade adota a ideia de que diferentes visões de mundo são possíveis e aceitáveis, e devem-se buscar formas de como contextualizar cada visão em um esquema maior de coisas.

Assim, diferentes formas de conceituar problemas, bem como diferentes formas de abordar e explorar soluções para estes problemas, podem ser adotadas em conjunto. Esta posição pode ser denominada de ecletismo metodológico (COOKSEY, 2001; YANCHAR; WILLIAMS, 2006), e conduz principalmente pelo uso conjunto de abordagens de pesquisa qualitativas e quantitativas. A adoção de abordagens de pesquisa multimétodos a partir de uma postura epistemológica complexa tem sido proposta nos estudos Organizacionais, como em Dias (2011), e Pedrozo e Dias (2014).

Frequentemente no estudo das organizações, bem como em outras áreas do estudo das ciências sociais, entende-se abordagens de pesquisa qualitativa e quantitativa como sendo paradigmas diferentes no estudo da realidade social. Segundo Brannen (2005), esta compreensão de paradigmas diferentes leva por vezes a um entendimento da incompatibilidade entre abordagens de pesquisa, dado estas estarem conectados a conjuntos

de pressupostos epistemológicos e estruturas conceituais que seriam fundamentalmente diferentes e irreconciliáveis entre si.

A Complexidade rejeita esta proposição, adotando a tese de compatibilidade (TASHAKKORI; TEDDLIE, 2010), entendendo que a combinação de abordagens metodológicas diferentes a uma mesma pesquisa não apenas seria possível, mas, dependendo do objeto pesquisado, apropriado e até desejável. A partir desta concepção de complexidade, a presente pesquisa adotou uma abordagem multimétodos, como discutido na seção 3.2 seguinte, sendo desenvolvida em uma fase qualitativa, por meio de análise de conteúdo, e outra fase quantitativa e computacional.

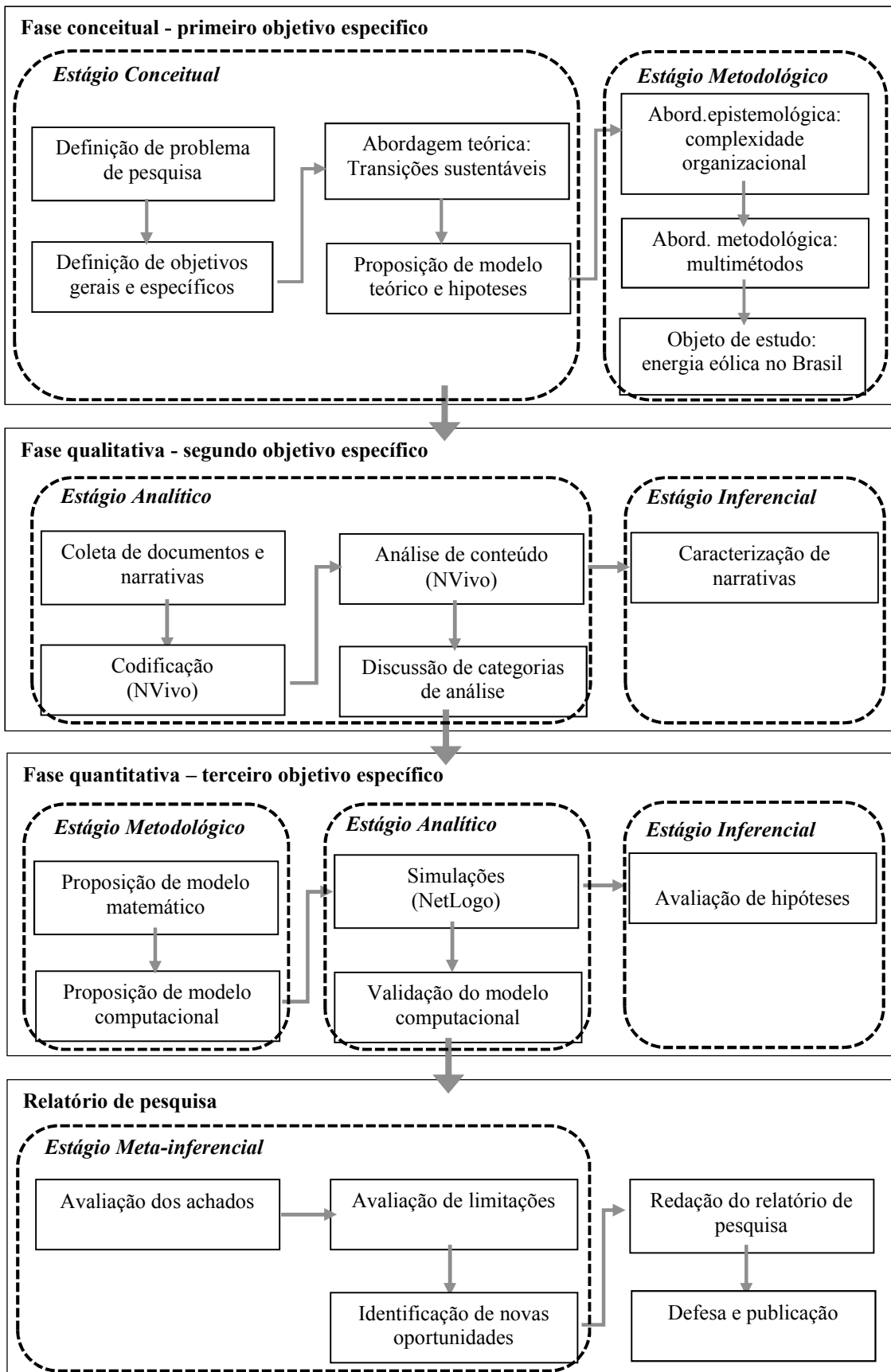
Brannen (2005) afirma, por exemplo, existir a possibilidade de uso conjunto de abordagens de pesquisa qualitativa e quantitativas, discutindo que estas estariam principalmente relacionadas a diferentes fases e objetivos de pesquisa. Diferencia assim entre fase de projeto e desenho de pesquisa, desenvolvimento teórico, exploração do objeto, e o contexto de justificação e quantificação, onde volumes de dados são analisados e interpretados.

3.2. DESENHO DE PESQUISA

A pesquisa apresentada neste relatório foi desenvolvida em quatro diferentes fases, que se sequenciam e se complementam na aproximação e compreensão da questão em estudo. A figura 5 resume as quatro fases de pesquisa. Por se tratar de um processo de construção, cabe citar que todas as fases de pesquisa estão interligadas e fazem parte de um único esforço, tendo sido desenvolvidas de forma integrada, sendo continuamente revistas a cada avanço produzido.

A primeira fase de pesquisa compreendeu o projeto de tese, defendido em outubro de 2014, e correspondeu ao desenvolvimento conceitual da presente pesquisa. A fase de desenvolvimento conceitual incluiu a delimitação, problematização e justificação do estudo, apresentados no primeiro capítulo deste relatório.

Figura 5: Fases de desenvolvimento da pesquisa



Esta primeira fase de pesquisa abrangeu também o desenvolvimento da estrutura teórica e conceitual adotada como base na presente pesquisa, a partir da ideia de transição sustentável e nicho tecnológico. Como resultado deste desenvolvimento conceitual, foi proposto o modelo conceitual apresentado na seção 2.9, bem como as hipóteses de trabalho que o estruturam.

A partir da adoção de uma concepção epistemológica de complexidade organizacional, como discutido na seção 3.1, a presente pesquisa adotou uma abordagem multimétodos (TASHAKKORI; TEDDLIE, 2010), entendendo que a combinação de diferentes métodos de pesquisa seja possível e interessante no desenvolvimento do estudo proposto. Teddlie e Tashakkori (2006) propõem uma tipologia geral de desenhos de pesquisa, na qual situam abordagens multimétodo frente a abordagens de pesquisa consideradas como mais simples e tradicionais. A tipologia relaciona o número de métodos empregados (monometodo ou multimétodos) pelo número de fases de pesquisa (única ou múltipla). Abordagens de pesquisa com múltiplas fases de pesquisa e que adotem múltiplos métodos são consideradas as de maior complexidade, e incluem quatro famílias de desenhos de pesquisa: sequenciais, concorrentes, de conversão e totalmente integradas.

A tabela 4 abaixo apresenta a tipologia proposta por Teddlie e Tashakkori (2006).

Tabela 4: Tipologia de desenhos de pesquisa

Desenho de pesquisa	Mono-fase	Multifases
Mono-método	Design quali tradicional Design quanti tradicional	(1) Concorrentes: a. quanti + quanti b. quali + quali (2) Sequenciais: a. quanti → quanti b. quali → quali
Multimétodo	Monofase quase-misto Monofase de conversão	A) Multimétodos multifases: (1) Misto concorrente (2) Misto sequencial (3) De conversão mista (4) Plenamente integrado B) Quase-mistos multifases Multimétodos apenas na fase experimental

Fonte: Adaptado de Teddlie e Tashakkori (2006)

A presente pesquisa foi assim desenvolvida em uma fase qualitativa, e outra quantitativa e computacional; o modelo conceitual proposto na primeira fase de pesquisa foi operacionalizado nestas duas fases subsequentes. Esta pesquisa pode ser classificada na tipologia de Teddlie e Tashakkori (2006) como multimétodo multifases, adotando um desenho

de pesquisa misto sequencial. Estes são desenhos de pesquisa em que há pelo menos duas vertentes metodológicas, quantitativa e qualitativa, que ocorrem em ordem cronológica e sequencial.

Nesta pesquisa, como apresentados na figura 5, estão definidos diferentes estágios, propostos conforme tipologia de Teddlie e Tashakkori (2006): (i) conceitual, (ii) metodológico, (iii) analítico, (iv) inferencial, e (v) metainferencial. As conclusões e resultados da segunda fase de pesquisa, qualitativa, levaram à formulação de perguntas, estruturação, coleta e análise de dados da terceira fase, quantitativa e computacional. As conclusões finais são resultado de uma fase metainferencial, e foram construídas com base nos resultados de ambas as fases da pesquisa.

Assim, a segunda fase de pesquisa constituiu-se de uma abordagem qualitativa ao problema proposto. Esta fase qualitativa teve como objetivo o desenvolvimento de subsídios para o desenvolvimento da terceira etapa. Como resultado desta fase buscou-se, sobretudo, identificar e caracterizar empiricamente dimensões de expressão das diferentes variáveis propostas na construção teórica. Dados seus objetivos, a fase de pesquisa qualitativa caracterizou-se eminentemente como exploratória, conforme a classificação proposta por Maxwell (2012).

Para tal, considerando a construção conceitual desenvolvida na primeira fase de pesquisa, adotou-se como método na fase qualitativa a análise de conteúdo. Esta etapa de pesquisa foi desenvolvida em dois momentos: coleta de dados e análise. A seção 3.3 a seguir discute o desenvolvimento desta fase da pesquisa.

A adoção de um método de análise de discurso se justifica na medida em que a construção conceitual adotada nesta pesquisa se desenvolve a partir de uma concepção de agência sendo exercida por meio de uma estrutura de narrativas, como discutido em Smith et al (2010). Analisaram-se assim os processos discursivos desenvolvidos na dinâmica de transição entre regimes sociotecnológicos. A análise qualitativa e os resultados observados nesta fase de pesquisa estão discutidos no quinto capítulo deste relatório.

Da mesma forma, entende-se que o estudo da transição trata da observação de um processo no tempo, dando atenção a dinâmicas características de mudança social. A estrutura conceitual base do estudo adota as ideias de processo e transição, e é inerente a percepção de se tratar da discussão de um tema em desenvolvimento. Esta concepção está alinhada abordagem adotada na fase qualitativa. A coleta e utilização como base de pesquisa de dados

secundários permitiu observar o desenvolvimento dos processos discursivos ao longo de um amplo período de tempo.

A terceira fase da pesquisa compreendeu uma abordagem quantitativa, por meio da condução de um conjunto de experimentos computacionais. Dados os objetivos propostos para a fase quantitativa, esta se caracterizou, conforme Maxwell (2012), como uma pesquisa explicativa. Partindo-se das propostas de Loorbach (2010) e Vasileiadou e Safarzynska (2010), considerando-se o posicionamento epistemológico adotado na presente pesquisa conforme discutido em 3.1, e considerando-se a proposição de uma função de agência distribuída como desenvolvida na construção conceitual, adotou-se o entendimento da transição entre regimes sociotecnológicos como sendo um sistema complexo.

Adotou-se como método de pesquisa para a fase quantitativa a simulação computacional, com base no desenvolvimento de um sistema multiagente. A seção 3.4 discute o método de multiagentes, bem como a estrutura de sua adoção na presente pesquisa. Esta fase de pesquisa teve como objetivo a manipulação das variáveis empíricas observadas na fase qualitativa de pesquisa, para teste das hipóteses propostas na fase conceitual de pesquisa e discutidas na seção 2.9. A validação do modelo multiagente desenvolvido, bem como o teste das hipóteses de estudo e os resultados observados, estão discutidos no quinto capítulo.

Para o desenvolvimento do presente estudo, a segunda e terceira fases de pesquisa adotaram como objeto de estudo o desenvolvimento do setor de energia eólica no Brasil. O capítulo 4 a seguir apresenta o objeto estudado, definindo, limitando e caracterizando o mesmo, e situando-o no desenvolvimento do regime sociotecnológico vigente no sistema energético brasileiro. A adoção de caso específico como objeto de estudo possibilitou a esta pesquisa a conexão com a realidade empírica em estudo, mesmo a partir da adoção de um método de pesquisa normalmente abstrato, tal como a modelagem computacional (JANSSEN; OSTROM, 2006).

Por fim, a quarta etapa de pesquisa compreendeu a redação do presente relatório. Nesta fase foram estruturados e consolidados os resultados e achados observados durante as outras três fases de pesquisa. Esta fase compreendeu a publicação de trabalhos derivados desta pesquisa em eventos científicos, bem como submissão de artigos a *journals*. Como resultado desta fase avaliou-se também as limitações do presente estudo. E, por fim, novos caminhos e questões de pesquisa observados como relevantes foram discutidos.

3.3. METODOLOGIA - FASE QUALITATIVA DE PESQUISA: ANÁLISE DE DISCURSOS SOBRE UM CASO SELECIONADO

A fase de pesquisa qualitativa foi norteada pelo objetivo específico de caracterizar as narrativas desenvolvidas pelo nicho de energia eólica brasileiro no processo de transição sociotecnológica. A caracterização desenvolvida na etapa de pesquisa qualitativa foi adotada como subsidio para o processo de simulação computacional desenvolvido na terceira fase de pesquisa, quantitativa e computacional.

O uso de uma abordagem qualitativa como aproximação inicial ao tema em estudo se justifica porque esta, conforme Triviños (1994), propicia um maior aprofundamento na realidade concreta do fenômeno a ser investigado. A pesquisa qualitativa permite assim uma maior aproximação do pesquisador com o objeto em investigação, especialmente em fenômenos que dependam do contexto onde estão inseridos.

Como forma de analisar os processos discursivos no desenvolvimento da transição sociotecnológica, a etapa qualitativa de pesquisa foi desenvolvida com base no método de análise de conteúdo. A análise de conteúdo se caracteriza por um método de pesquisa qualitativo, que busca identificar e objetivar o que é dito a respeito de determinado tema. Segundo Bardin (2004), a análise de conteúdo envolve um conjunto de técnicas com objetivo de explicitação, sistematização e expressão do conteúdo de comunicações socialmente produzidas, bem como as suas condições de produção e apropriação.

Análise de conteúdo não se trata de um estudo de linguística ou gramática (ORLANDI, 2000), mas sim de compreender como e porque a mensagem foi socialmente produzida. O valor de determinada comunicação depende da sua forma de produção e circulação; depende também da posição social de quem emite esta comunicação, e da conexão entre esta e a situação específica do contexto de sua produção (MOZZATO; GRZYBOVSKI, 2011). A análise de conteúdo se preocupa com a explicitação tanto do conteúdo manifesto das comunicações, quanto do conteúdo latente presente por vezes nesta comunicação.

Dada a característica dos dados coletados e da forma de análise, a pesquisa qualitativa está sujeita à subjetividade do pesquisador na interpretação dos resultados e achados. Como forma de tratar dessa subjetividade possível, é necessário que sejam observados, na sua

condução, estrito rigor metodológico. A análise de conteúdo envolve, em certo grau, uma busca de rigor metodológico na pesquisa qualitativa, como forma de validação e legitimação de achados e descobertas. Conforme Bardin (2004) e Mozzato e Grzybovski (2011), esta busca de rigor se dá pela adoção de conjuntos de técnicas e métodos formalmente estruturados, bem como de ferramentas específicas para o desenvolvimento de Análise de Conteúdo.

A análise de conteúdo vem sendo continuamente adotada no campo da administração no Brasil (MOZZATO; GRZYBOVSKI, 2011; SILVA et al., 2013), e constitui-se em método de pesquisa maduro e reconhecido. A adoção do método de análise de conteúdo se justifica principalmente a partir da estrutura teórica e conceitual proposta. A presente pesquisa explora a função de agência no processo de transição sociotecnológica sustentável, a partir da ideia de uma agência exercida pelos atores do nicho por meio de um conjunto de narrativas socialmente construídas. O método de análise de conteúdo se adequaria assim ao processo de caracterização destas narrativas.

Da mesma forma, entende-se que o estudo da transição sociotecnológica trata do desenvolvimento de um processo no tempo, dando atenção as dinâmicas características de mudança social. O desenvolvimento de uma análise de conteúdo com base na observação de narrativas produzidas ao longo de um período extenso de tempo permitiu observar o desenvolvimento destes discursos no tempo.

É importante, neste momento, discutir os conceitos de Análise de Discurso e Análise de Conteúdo. Ambos se diferenciam, na forma como proposta a Análise de Conteúdo nesta pesquisa, na medida em que diferem na sua dimensão e foco de análise. A Análise de Discurso busca a compreensão dos sentidos dados aos macrodiscursos sociais, sentido esse que é produzido pelo discurso, e não traduzido no mesmo. A análise de discurso, como estrutura epistemológica, é introduzida principalmente pelos trabalhos de Foucault (1990), sendo o seu foco a análise das condições que tornaram possível a emergência de determinados discursos socialmente construídos. Já Fairclough (2001) busca principalmente a compreensão das práticas e estruturas sociais, com base na observação das relações e interações entre os textos produzidos, e os eventos discursivos.

Apesar das diferenças entre as abordagens da análise do discurso, Fairclough (2001) e Foucault (1990) definem esse discurso como uma prática política, que resulta das relações de poder e dominação social. A análise de discurso não se caracteriza como uma metodologia, sendo antes uma disciplina epistemológica. Já a análise de conteúdo tem seu foco principal na identificação dos conteúdos presentes em um dado conjunto de textos, considerando estes

como uma comunicação socialmente produzida. Caracteriza-se principalmente como metodologia, dando ênfase aos procedimentos e técnicas de pesquisa e análise.

Na fase qualitativa da presente pesquisa, adotou-se em pleno o enfoque metodológico presente na análise de conteúdo. Apesar do disposto, na medida em que a análise de conteúdo busca explicitar determinada comunicação social, esta comunicação pode se constituir também em um discurso, condensando em si uma mensagem mais ampla e também socialmente construída. Bardin (2004), inclusive, sustenta que a análise do discurso pertence ao campo da análise de conteúdo. Frente a esta consideração, observa-se que na presente pesquisa adotou-se o termo “discurso”, principalmente com a ideia de um determinado conjunto coeso de narrativas, construídas em determinado momento do tempo, e sobre determinado tema. Esta concepção da possibilidade de identificação de um discurso socialmente construído, observado quando da análise de conteúdo, não deve se confundir com a ideia de uma análise de discurso, enquanto enfoque epistemológico, como disposto nos trabalhos de Fairclough (2001) e Foucault (1990).

3.3.1. Coleta e Seleção de Materiais

Conforme proposto em Bardin (2004), a análise de conteúdo desenvolvida na fase qualitativa de pesquisa foi estruturada em três etapas distintas e sequenciais. A primeira etapa, de pré-análise, foi composta de coleta, seleção e organização do material a ser analisado. Esta etapa da análise de conteúdo teve por objetivo principal buscar a representatividade das narrativas socialmente construídas sobre o desenvolvimento do nicho tecnológico brasileiro de energia eólica.

Decidiu-se por proceder à análise de conteúdo com base em comunicações consolidadas em documentos, e emitidas por diferentes atores sociais sobre o tema. Observou-se uma grande quantidade de comunicações recentes sobre o desenvolvimento do nicho de energia eólica no Brasil.

Esta quantidade de comunicações dificultou significativamente a seleção de documentos relevantes para análise do processo de pesquisa. Conforme Greenhalgh e Peacocki (2005), em coletas de documentos a partir de bases de dados complexas e heterogêneas, como no caso desta pesquisa, estratégias de coleta orientadas por protocolos

formais e pré-definidos podem ser falhas na identificação de documentos relevantes. Recomendam assim a adoção de métodos menos estruturados - notadamente métodos de abordagem do tipo “bola de neve”, a partir do rastreamento sequencial de citações e referências entre documentos.

Na presente pesquisa, o critério de representatividade para a seleção de documentos foi o da quantidade de citações a cada destes por outros atores sociais e documentos. Documentos iniciais foram selecionados por busca ampla na Internet através de mecanismos de pesquisa, adotando como significante para tal o termo “energia eólica no Brasil”, tendo sido selecionados em um primeiro momento 22 documentos entendidos como de maior representatividade. A partir destes, foram sendo selecionados consecutivamente outros documentos relacionados, por meio de cadeias de citações e conexões entre documentos.

Adotou-se como estratégia na seleção e documentos a busca de exaustividade, como forma de se esgotar a possibilidade da comunicação, e dar maior credibilidade e consistência ao desenvolvimento da pesquisa. Mesmo aqueles que trouxessem mensagens semelhantes foram selecionados, na intenção de compreender a forma como se estruturaram as narrativas sobre o tema. O espaço temporal abrangido pela coleta de documentos situou-se entre os anos de 1981 e 2015, abrangendo todo o desenvolvimento do nicho de energia eólica no Brasil. Observou-se que a quantidade de comunicações sobre o nicho de energia eólica brasileiro cresceu de forma significativa em anos recentes. Foram selecionados assim 246 documentos para análise, nos quais foram identificadas 2262 comunicações relevantes, conforme discriminados na tabela 5 abaixo. A listagem completa de documentos analisados consta citada no Apêndice I.

Tabela 5: Documentos selecionados

Documentos	Quantidade de fontes	Comunicações observadas
Documentos oficiais e emitidos por órgãos governamentais	109	940
Documentos empresariais e de associações de classe	73	634
Artigos e trabalhos acadêmicos	42	472
Notícias e informes em geral	22	216

No processo de codificação foram considerados, como comunicação individual, os fragmentos de documento que trouxessem uma mensagem consistente e completa sobre o tema em estudo. Da mesma forma, a observação de mensagens semelhantes em fragmentos

diferentes de um mesmo documento foi tratada como fazendo parte da mesma comunicação. Em conjunto, a quantidade de documentos e comunicações selecionados para análise constituiu-se em um grande volume de dados.

Com base na primeira leitura dos documentos, foram identificadas quatro categorias de emittentes de narrativas:

- (i) Órgãos governamentais, notadamente Ministério das Minas e Energia, Agência Nacional de Energia Elétrica e Empresa Planejamento Energético; pelas suas características, órgãos governamentais são entendidos como atores sociais pertencentes ao regime tecnológico vigente;
- (ii) Atores sociais constituintes do nicho, empresas e associações de classe;
- (iii) Atores sociais característicos do cenário, sociedade civil em geral;
- (iv) Academia, entendido também como um ator social constituinte do cenário;

É importante que se observe que, tal como adotado em Hermwille (2016), artigos acadêmicos que abordam o tema em estudo foram tratados também como narrativas socialmente construídas, e fazem parte do processo de análise conjuntamente com as demais narrativas observadas. Partindo desta identificação inicial de emittentes das narrativas, os documentos selecionados foram catalogados em categorias, conforme o emittente da narrativa: (i) documentos oficiais e emittidos por órgãos governamentais; (ii) documentos empresariais e de associações de classe; (iii) notícias e informes em geral, e (iv) artigos e trabalhos acadêmicos.

3.3.2. Análise e Interpretação de Dados

Conforme Bardin (2004), a exploração e codificação do material coletado e identificado na primeira etapa de pesquisa constituíram a segunda fase do processo de análise de conteúdo. Na fase de pesquisa qualitativa, a partir do desenvolvido por Smith e Raven (2012) e Pesch (2015), foi adotado o conceito de narrativa como uma comunicação socialmente construída sobre um tema. E, conforme Hermwille (2016), a narrativa foi adotada como a unidade relevante de significação na codificação.

Foram assim identificadas diferentes narrativas construídas em cada comunicação. Na codificação de narrativas, a partir do processo de leitura compreendido na primeira etapa, e com base na construção teórica desenvolvida no referencial e no modelo conceitual proposto na seção 2.9, foram adotadas como categorias de análise:

- (i) Narrativas positivas sobre o futuro do nicho;
- (ii) Narrativas de desafio ao regime;
- (iii) Narrativas sobre demandas públicas;
- (iv) Narrativas sobre o desempenho do nicho;
- (v) Narrativas sobre expectativas para o desenvolvimento do nicho;
- (vi) Compromisso para com o nicho;

Seguindo a proposição de Bardin (2004), o processo de codificação envolveu a identificação de forma estruturada das narrativas observadas em cada um dos documentos coletados. Para tal, os elementos textuais identificados em cada comunicação foram agrupados nas categorias de análise de acordo com as características das narrativas e segundo os critérios estabelecidos. Os elementos textuais coletados na primeira etapa foram assim desmembrados em unidades de significação, e reagrupados em categorias, segundo os temas em comum, presentes em cada fragmento, na medida em que estes foram sendo observados. Estas categorias foram subdivididas no processo de análise, de acordo com os elementos textuais observados.

A partir deste agrupamento, foram identificados conteúdos e temas desenvolvidos pelos atores nas narrativas, como forma de construir unidades de compreensão que representem a mensagem emitida em seu respectivo contexto. Grupos de narrativas, quando observados como conjuntos coesos entre si, foram tratados na forma de discursos, adotando nestes a ideia de unidades de significação mais amplas, desenvolvidas sobre um tema específico.

No desenvolvimento desta fase de pesquisa foi adotado o aplicativo de análise NVivo, na sua versão 11. O uso do aplicativo viabilizou a análise qualitativa do volume expressivo de dados coletados na primeira fase de pesquisa. O aplicativo facilitou a identificação das narrativas significativas, bem como os temas e conteúdos abordados nestas narrativas. Da mesma forma, facilitou e conduziu a codificação das narrativas nas categorias de análise adotadas. Assim, o aplicativo permitiu a interpretação de forma ampla dos dados coletados,

bem como a objetivação dos resultados observados nas várias etapas de pesquisa, objetivação esta que se observa nas diferentes figuras e mapas de palavras apresentadas nos resultados de pesquisa qualitativa deste relatório de pesquisa.

Também seguindo a estrutura da análise de conteúdo como proposta em Bardin (2004), a terceira etapa da análise de conteúdo consistiu na interpretação e inferência dos dados coletados. Nesta fase de análise, buscou-se identificar as narrativas apresentadas pelos diferentes atores sociais. Foram considerados, para tal, os significados dados pelos emittentes a cada uma das comunicações observadas, no contexto de emissão de cada comunicação, bem como o desenvolvimento temporal e histórico destas narrativas.

Da mesma forma, foram avaliadas também a frequência e amplitude com que as narrativas eram observadas, especialmente quando apresentadas por diferentes atores sociais, bem como a permanência dessas narrativas ao longo do tempo. Diversos trechos representativos das narrativas e documentos selecionados foram citados na fase de análise, tratados na forma de evidências do que se está afirmando no desenvolvimento de cada categoria de análise.

Como resultado desta fase qualitativa de pesquisa, buscou-se caracterizar as narrativas desenvolvidas pelo nicho de energia eólica brasileiro, principalmente em termo de: (i) definir características dos discursos desenvolvidos pelos diferentes agentes no processo de construção de narrativas sobre o nicho tecnológico; (ii) avaliar formas como este discurso evoluiu ao longo do tempo; (iii) avaliar como estes discursos atuaram no processo de consolidação e compromisso para com o nicho.

A caracterização das narrativas desenvolvida na fase de pesquisa qualitativa foi adotada como subsídio para o processo de simulação computacional desenvolvido na terceira fase de pesquisa, quantitativa e computacional. A modelagem adotada para o processo de simulação computacional buscou replicar as características das narrativas observadas nesta fase de pesquisa. Tal se deu no intuito de, embora se tratando de um processo de simulação, produzir uma abordagem do problema mais consistente e vinculada à realidade empírica.

3.4. METODOLOGIA - FASE QUANTITATIVA DE PESQUISA: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL POR SISTEMAS MULTIAGENTES

A terceira fase de pesquisa, quantitativa, foi desenvolvida com base no objetivo específico de analisar a agência no processo de transição sociotecnológica por meio de um modelo computacional multiagente. Para a etapa quantitativa de pesquisa foi adotado como método a simulação computacional. A caracterização de narrativas desenvolvida na etapa de pesquisa qualitativa foi adotada como subsídio para o processo de simulação computacional desenvolvido nesta fase de pesquisa.

Simulação computacional envolve a representação de um modelo conceitual de compreensão ou abstração da realidade por meio de uma ferramenta computacional. Modelos são simplificações racionais da realidade, que embora sejam simplificações, permitem que estudem aspectos específicos desta realidade - mesmo no caso desta realidade se caracterizar como complexa e de difícil representação. A simulação computacional é bastante difundida nas ciências naturais, mas é uma abordagem relativamente recente nas ciências sociais - embora a aceitação da validade da simulação nas ciências sociais tenha crescido significativamente (DUAN; QIU, 2012).

Tem havido interesse recente no estudo de processos de transição sociotecnológica por meio de simulação computacional, principalmente a partir de abordagens de dinâmica de sistemas e multiagentes. Entre estes esforços se destacam os modelos propostos em Bergman et al. (2007; 2008) e Köhler et al. (2009), bem como nos trabalhos de Safarzyńska e Van Den Bergh (2010a, 2010b, 2011; SAFARZYŃSKA et al. 2012), e modelos desenvolvidos em Kasmire et al. (2013), Zhang et al. (2011), Balaji e Srinivasan (2010), e Twomey e Cadman (2002).

Bergman et al. (2007; 2008) e Köhler et al. (2009) desenvolvem um modelo conceitual e computacional genérico, que busca replicar a estrutura multinível proposta por Geels (2002; 2004). Esta abordagem de modelagem e a transição de nicho para regime têm como objetivo replicar de forma ampla processos de transição sociotecnológica, com intenção principal na análise de políticas para suporte a essas transições. Para isso, apresentam um desenho de

agentes agregados individuais, representando os níveis conceituais de nicho, nicho “empoderado” e regime. Estes agentes agregados apresentam um comportamento complexo, e buscam o suporte de diversos agentes autônomos e fragmentados denominados consumidores. A tabela 6 sumariza os modelos propostos na literatura sobre processos de transição, bem como outros modelos correlatos e que adotam dimensões analíticas discutidas na literatura.

Adotou-se nesta pesquisa como abordagem de simulação computacional o desenvolvimento de um sistema multiagente. Sistema multiagente - *multiagent system*, ou MAS - é um processo de modelagem e simulação computacional estruturada a partir de um conjunto de agentes computacionais heterogêneos, que atuam de forma autônoma em um ambiente definido, e podem interagir entre si (EPSTEIN; AXTELL, 1996; SAWYER, 2003; HEGSELMANN; FLACHE, 1998; MACY; WILLER, 2002; ZIMBRES; BRITO, 2006; DAWID, 2006). Tanto os agentes quanto o ambiente são representados por meio de ferramentas computacionais (GILBERT; TERNA, 2006).

Tabela 6: Modelos propostos na literatura – transição sociotecnológica

Autor	Conceito do modelo
Bergman et al. (2007; 2008)	Objetivo de replicar de forma ampla processos de transição sociotecnológica Objetivo de analisar de políticas para suporte a transições
Köhler et al. (2009)	Desenho de agentes agregados, representando os níveis conceituais de nicho, nicho “empoderado” e regime
Safarzyńska, Van Den Bergh (2010a, 2011)	Discute diferentes tipos e modelagem computacional do processo de transição sociotecnológica, com base em uma abordagem evolucionária e complexa
Kasmire et al. (2013)	Modelo de um setor econômico de horticultura No modelo, agentes representam estufas que concorrem para elevar ganhos Agentes concorrem por meio de sua escolha entre várias tecnologias de controle de condições climáticas internas de estufas
Zhang et al. (2011),	Estuda o problema de consenso distribuído Uma nova técnica é introduzida para superar as dificuldades induzidas pelos atrasos e ruídos. Adota uma abordagem de consenso com ganhos pela persistência
Balaji e Srinivasan (2010)	Discute dois tipos diferentes de arquiteturas multiagente implementadas em uma rede de tráfego simulado urbano em Singapura
Twomey, Cadman (2002)	Apresenta conceitos básicos de modelagem e aplicações de negócios

Simulações de sistemas sociais adotando o conceito de MAS usualmente são denominadas de sociedades artificiais. O desenvolvimento de sistemas multiagente é uma abordagem para pesquisa de sistemas complexos que tem recebido atenção recente na academia, dentre estas nas ciências sociais (SAWYER, 2003). Apesar da falta de padrões amplamente aceitos de avaliação do rigor da modelagem (RAND; RUST, 2011), o crescimento paulatino de publicações que tratam de sociedades artificiais mostra que a abordagem vem se tornando aceita no meio acadêmico internacional (DUAN; QIU, 2012).

Sociedades artificiais baseadas em sistemas multiagente têm sido utilizadas, assim, na busca de entendimento de comportamentos sociais complexos e não lineares, tais como comportamento do consumidor (TWOMEY; CADMAN, 2002) e marketing (RAND; RUST, 2011), aprendizagem social e emergência de normas (SEN; AIRIAU, 2007), gestão de infraestrutura e mobilidade urbana (CAMARINHA-MATOS; AFSARMANESH, 2006; BALAJI; SRINIVASAN, 2010; WHITEHEAD, 1991), avaliação de políticas públicas (ZHANG; NUTTALL, 2011), difusão de inovações (ZHANG et al., 2011; DEFFUANT et al., 2006), cooperação e competição (AXELROD, 1997; CAMARINHA-MATOS; AFSARMANESH, 2007), dentre outros.

Sistemas multiagente têm sido adotados para descrever e explicar processos sociais caracterizados pela interação entre vários agentes, especialmente quando estruturados em diferentes níveis de agregação - caso desta pesquisa. O mérito da abordagem está em que sociedades artificiais têm a capacidade de representar macropadrões de comportamento complexos, a partir do comportamento dos agentes ao nível micro. Muitos ambientes, em especial organizações, podem ser compreendidos como sociedades de agentes, tanto cooperativos quanto competitivos.

Como método de pesquisa, a validade da simulação computacional por meio de sociedades artificiais está muito mais no desenvolvimento teórico do que a capacidade de predição de um modelo. Sociedades artificiais permitem assim que se desenvolvam experimentos virtuais, a partir de simulações que representem questões de pesquisa específicas. Através de simulações por meio de sistemas multiagentes seria possível formalizar o estudo de teorias e proposições sobre processos sociais complexos (GILBERT; TERNA, 2006). Os macropadrões observáveis nas sociedades artificiais podem ser utilizados como ferramenta de análise de comportamentos em sociedades reais, na análise de realidades que são de difícil compreensão por meio de modelos conceituais tradicionais (EPSTEIN; AXTELL, 1996).

Um MAS baseia-se no conceito de modelagem do comportamento e interação de múltiplos agentes em um determinado ambiente, cada agente adotando uma forma de comportamento independente dos demais, conforme regras e objetivos pré-estabelecidos. Em conjunto, estes múltiplos agentes acabam por conformar o comportamento do grupo como um todo, bem como a dinâmica do próprio ambiente em que se inserem.

O que torna o MAS uma abordagem de simulação poderosa não é a capacidade específica dos agentes, mas a possibilidade de simulação das interações entre estes agentes. Muitos MAS são relativamente simples em termos de regras de ação de agentes, bem como de regras de interação (CHAN et al., 2010).

A partir da modelagem, podem ser investigadas as condições sobre as quais são atingidas determinadas observações empíricas (JANSSEN; OSTROM, 2006). Possibilitaria assim analisar formalmente sistemas complexos observados empiricamente, por meio da compreensão das interações entre os diferentes componentes constituintes do sistema, da avaliação do ajuste de diferentes cenários e estruturas conceituais, bem como da relevância de mecanismos de realimentação (GARCIA; JAGER, 2010).

Dados empíricos podem ser obtidos de diversas fontes de observações de campo, entre estes: etnografia, (HUIGEN et al., 2006), *surveys* (ROBINSON et al, 2006) e dados estatísticos descritivos (HAPPE et al. 2006). MAS também podem ser utilizados em uma abordagem de estudo de caso (WOOLDRIDGE et al., 2000), com base no grupo de informações disponíveis sobre um sistema em específico. A abordagem de análise de dados empíricos por meio de MAS tem sido adotada em campos tais como finanças, (LeBARON, 2001), economia (AXTELL, 1999) e ciências sociais (CEDERMAN, 2002; SAYWER, 2003).

3.4.1. Desenho de Agentes em um MAS

Sistemas multiagentes resultam da interação de dois ou mais agentes computacionais, em um ambiente definido. O termo agente aqui não possui o mesmo significado usualmente adotado nas ciências sociais; a ideia associada ao conceito é a de que este agente é um sistema computacional autônomo, que possui certo grau de controle sobre o seu comportamento e pode agir sem a intervenção externa ou de outros sistemas (SAWYER, 2003).

Agentes podem representar indivíduos, comunidades, firmas, nações, dentre outras representações possíveis, conforme a aplicação que está lhe sendo dada. Podem ser modelados de forma bastante simples, representando agentes passivos e sem objetivos específicos. Também é possível desenvolver agentes ativos, com objetivos simples, ou mesmo agentes complexos, que buscam replicar um comportamento cognitivo racional.

O ideal é assumir a concepção de que o comportamento do agente é simples, mas adaptativo, de forma a explorar a complexidade do comportamento agregado do sistema. A cognição humana é um processo de tal forma complexo que é impossível atingir um modelo que tenha o viés de ser completo; mas o desenvolvimento de modelos simplificados de comportamento é viável, e estes modelos são comparáveis entre si, e com a realidade empírica. Uma noção central no desenvolvimento de sistemas multiagente é que mesmo regras de comportamento simples ao nível dos agentes podem resultar em macrocomportamentos complexos (GILBERT; TERNA, 2006; ZIMBRES; BRITO, 2006).

A abordagem principal na concepção de sistemas multiagentes que se caracterizem como sociedades artificiais é buscar emular por meio deste sistema as formas de funcionamento das práticas dos agentes em um determinado contexto social. A teoria dos jogos é a estrutura teórica predominante atualmente para a proposição da forma de comportamento dos agentes (WOOLDRIDGE, 2009).

Agentes são desenhados com base em três componentes conceituais: (i) regras, (ii) formas de interpretação da regra, e (iii) memória. As regras são constituídas de duas partes: a (i) condição, que especifica quando a regra é executada, e a (ii) ação, que determina qual a consequência do acionamento da condição (GILBERT; TERNA, 2006).

Agentes podem ser modelados de forma a ser possível recusarem-se a executar ações solicitadas por outros agentes, ou responderem propondo negociar os parâmetros de ação (SAWYER, 2003). Podem ser interdependentes e adaptativos, e sua interação pode resultar em comportamentos tais como persuasão, sanção, imitação e aprendizado (HOLLAND; MILLER, 1991). Agentes podem também ser modelados de forma a expressar comportamentos tais como egoísmo, não cooperação e mesmo engodo (DUAN; QIU, 2012). A seleção da ação específica adotada pelo agente irá depender das expectativas e estratégias de ação, bem como de normas de seu ambiente.

A aprendizagem é uma dinâmica importante no processo de desenvolvimento de sociedades artificiais. Os agentes podem ter a capacidade de aprender sobre o seu (i) ambiente,

a partir das (ii) consequências de suas ações, e a partir das suas (iii) interações com outros agentes. Agentes podem assim ser direcionados a aprender por meio de tentativas e erro e acerto, ou pela interação, ou mesmo imitação, com outros agentes. Podem igualmente ser emulados processos de aprendizagem coletiva entre agentes, representando o processo de aprendizagem social (PRICE; BOUTILIER, 1999). A aprendizagem pode permitir aperfeiçoar ou mesmo superar restrições impostas pelo ambiente, resultando em um comportamento contingencial desenvolvido a partir da trajetória de interação entre agente com o ambiente (GILBERT; TERNA, 2006).

Em si, o processo de aprendizagem adotado no MAS pode ser compreendido como coletivo, em oposição a processos da aprendizagem individual (WHITEHEAD, 1991). Isso porque o processo de aprendizagem é resultado principalmente da interação e compartilhamento entre agentes como processo de produção de conhecimento e aprendizagem (ANNUNZIATO; PIERUCCI, 2003). Este conhecimento é expresso por meio da informação compartilhada entre agentes, e também em termos de comportamento compartilhado ou imitado. O conhecimento produzido é um produto da sociedade, e se move dinamicamente entre os diversos indivíduos.

O conceito de heterogeneidade entre agentes também é um aspecto importante na construção de sociedades artificiais e no processo de aprendizagem coletivo. Heterogeneidade pode resultar de diferenças, principalmente em objetivos individuais e nas suas preferências, mas também pode incluir diferenças em nível de conhecimento, riqueza, conexões sociais, bem como nos processos cognitivos emulados. É dessa heterogeneidade que surge a possibilidade de se desenvolverem diferentes comportamentos que serão testados frente ao ambiente, na busca coletiva de um comportamento tido como ótimo, ou superior.

3.4.2. Desenho do Ambiente em um MAS

A ação do agente em um MAS está sempre limitada às características de uma estrutura conceitual definida como ambiente. o ambiente é formado principalmente pela rede que dá suporte às interações entre os agentes (WOOLDRIDGE; JENNINGS, 1995). Agentes podem observar o ambiente, de forma a construir suas expectativas e aprenderem. Agentes também podem interagir com o ambiente, de forma a buscar atingir seus objetivos.

Ambientes podem ser definidos para emularem diferentes propriedades reais, ou mesmo de arenas de interação conceituais, tais como mercados, áreas de terras agriculturáveis, cidades, regiões e países. Ambientes ostentam grupos de características, que conduzem a sua interação com agentes, bem como a interação entre agentes. De acordo com Russell e Norvig (1995), um ambiente pode ser definido em termos de:

- (i) Acessível ou inacessível. Um ambiente acessível é aquele em que o agente pode continuamente obter informações completas e precisas sobre o estado do meio;
- (ii) Determinista ou não-determinista. Um ambiente determinista é aquele em que não há incerteza sobre o estado resultante da execução de uma ação;
- (iii) Estático ou dinâmico. Um ambiente dinâmico se caracteriza por apresentar processos que operam sobre ele alheios à vontade do agente;
- (iv) Discreto ou contínuo. Um ambiente é discreto se houver um número finito de ações e estados possíveis no mesmo.

3.4.3. Validação e aceitação de um Sistema MultiAgente

A aceitação de um modelo conceitual estruturado em um MAS como verdadeiro deve ser feita com relativa cautela. Embora a modelagem com base em agentes ofereça um resultado em termos das possibilidades de explicação de um comportamento, este não permite a compreensão de que aquela é a única, ou mesmo a melhor explicação para o comportamento (WOOLDRIDGE, 2009). Existem diferentes dimensões nas quais um modelo pode ser avaliado, tanto qualitativa quanto quantitativamente. O processo de validação do sistema multiagente está discutido na seção 6.2.

Sistemas multiagentes necessitam ser calibrados e validados, de forma a buscar um maior grau de aderência ao seu propósito inicial. O conceito de calibração e validação é diferente, embora ambos relacionem-se com a avaliação da qualidade do modelo desenvolvido. Calibração refere-se ao processo de ajuste interno do modelo. Já a validação refere-se à capacidade explicativa externa do modelo, frente a dados empíricos, comparada ao comportamento esperado do modelo, ou mesmo a outros modelos.

Na medida em que a simulação computacional tenha a capacidade de replicar padrões, fatos estilizados conhecidos ou mesmo dados empíricos do objeto de estudo, a similaridade

entre o comportamento do modelo e o observado no mundo real pode ser considerada como evidência da validade deste modelo (GILBERT; TERNA, 2006; BERGER; SCHREINEMACHERS, 2006; AXELROD, 1997).

A validação de um modelo, ou seja, a sua capacidade de explicar os dados empíricos, sugere pela aceitação da sua estrutura conceitual de base. Epstein e Axtell (1994) propõem avaliar a *performance* de um MAS com base em quatro níveis:

- (i) Nível 0: o modelo é apenas uma caricatura da realidade;
- (ii) Nível 1: o modelo está qualitativamente alinhado com macroestruturas observáveis empiricamente;
- (iii) Nível 2: o modelo apresenta ajuste quantitativo com macroestruturas observáveis empiricamente
- (iv) Nível 3: o modelo apresenta ajuste quantitativo com microestruturas observáveis empiricamente

Também deve ser observado que modelos de maior complexidade, com maiores graus de liberdade, tendem a resultar em melhores ajustes. Alguns pesquisadores sugerem a restrição ao nível de complexidade adotada no modelo (EPSTEIN; AXTELL, 1996; GILBERT; TERNA, 2000) no intuito de buscar desenvolver a estrutura conceitual mais simples capaz de gerar uma resposta ao problema proposto.

3.4.4. Testes de Hipóteses por meio de MAS

Sistemas multiagentes, por definição, não possuem controles centralizados. O sistema tende a se auto-organizar por meio das interações entre agentes, e entre agentes e o ambiente. Dada esta característica dos sistemas multiagentes e das sociedades artificiais, o comportamento do sistema é dito como auto-organizativo. (DUAN; QIU, 2012; SAWYER, 2003; TEFATSION, 2006; MACY; WILLER, 2002; HEGSELMANN; FLACHE, 1998; GILBERT; TERNA, 2000, HOLLAND; MILLER 1991; GRANOVETTER, 1978; DAWID, 2006).

Da interação entre os agentes, e entre agentes e o seu ambiente, pode ser observados a emergência de diferentes padrões de comportamentos. O comportamento emergente é definido

como uma regularidade coerente observável ao nível macro. Estes padrões de comportamento emergentes do sistema são tidos em um sistema multiagente como os resultados de simulação.

Esta regularidade ao nível macro resulta da interação de diferentes tipos de comportamentos performados ao nível micro, comportamentos estes usualmente independentes - e eventualmente tidos como irregulares e até incoerentes entre si (SAWYER, 2003; MA; NAKAMORI, 2005; 2009; CHAN et al., 2010). Da mesma forma, por conta desta característica de auto-organização, o comportamento de um MAS usualmente é de difícil previsão. Pode ser observada a emergência de comportamentos e fenômenos não lineares, complexos, e mesmo inesperados, que vão contra as expectativas existentes no seu desenvolvimento.

A modelagem com base em agentes oferece um resultado que indica as possibilidades de comportamento de um determinado modelo conceitual ou computacional, e em termos de uma explicação possível para o comportamento do sistema (MA; NAKAMORI, 2005; 2009). MAS podem ser assim utilizados como método para a prova de teoremas e estruturas conceituais. O teorema em prova deve ser compreendido como uma especificação do comportamento esperado do ambiente ou agente. Para tal, as fórmulas lógicas que compõem o teorema devem ser expressas nas representações simbólicas de ambiente e comportamento do agente (DIXON, 1999; WOOLDRIDGE, 2009).

Um teorema usualmente pode ser escrito na forma de *se (p) A, então (a)*, onde *p* é a proposição teorizada, *A* é a condição do ambiente, e *a* é o comportamento esperado do sistema frente a estas condições. O processo de decisão dos agentes do MAS deve ser modelado por um conjunto de regras que resultem na decomposição do teorema em prova, em estruturas lógicas que resultem por fim em uma condição do tipo *se (p) A, faça (a)*, onde (*a*) denota uma ação do agente (WOOLDRIDGE, 2009).

A manipulação sintática do sistema corresponde à dedução lógica das consequências observáveis do teorema em prova. Caso o sistema apresente comportamentos emergentes que se alinhem com o proposto na estrutura teórica, dão assim suporte a sua aceitação. Entende-se que se o processo de simulação tende a replicar a realidade como observada empiricamente, infere-se pela não rejeição da construção teórica proposta como explicação para aquela realidade representada. A forma proposta para o teste das hipóteses de trabalho adotadas na presente pesquisa está discutida na seção 6.3 deste relatório, e leva em consideração na sua

construção os achados observados na fase qualitativa, bem como o modelo conceitual proposto.

3.4.5. A Ferramenta Computacional

No desenvolvimento do modelo de trabalho da presente pesquisa adotou-se o tutorial de Macal e North (2010), e conforme considerações sobre o desenvolvimento de MAS nas ciências sociais, como sugerido em Gilbert e Terna (2000) e Bonabeau (2002). O desenvolvimento do modelo de MAS adotado nesta pesquisa foi feito com base nos resultados observados na fase de pesquisa qualitativa, e é discutido na seção 6.1 deste relatório.

A modelagem foi desenvolvida com base no ambiente NetLOGO. NetLOGO é uma plataforma de simulação de licença aberta e de uso livre, desenvolvida e disponibilizada pelo *Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling* da *Northeastern University*, USA. A adoção do ambiente NetLOGO justificou-se por ser uma plataforma amplamente difundida na comunidade de pesquisa sobre MAS, que apresenta um bom nível de desenvolvimento e documentação, além de ser de livre acesso e uso. Railsback et al. (2006) avaliam diferentes ambientes e plataformas de simulação, e defendem que o NetLOGO é capaz de expressar diferentes abordagens e conceitos de modelagem. Consideram assim o uso do ambiente NetLOGO como recomendável.

NetLOGO adota uma linguagem de programação é bastante simples, natural e de alto nível. A documentação referente ao NetLOGO, incluindo sobre a linguagem de programação adotada e bibliotecas de modelos desenvolvidos encontra-se e <http://www.netlogo.org>.

Como base para a apresentação do modelo multiagente e seu desenvolvimento, foi adotado o protocolo de descrição e documentação proposto por Grimm et al. (2006; 2010), denominado de *Overview, Design Concepts, and Details* (ODD). Este protocolo consiste de três blocos de informações, (i) visão geral, (ii) conceitos de design e (iii) detalhes, que são subdivididas em sete elementos distintos, e que são apresentados nos capítulos 6 e 7 do presente relatório.

4. OBJETO DE PESQUISA: O NICHOSOCIOTECNOLÓGICO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA

Adotou-se como objeto de estudo na presente pesquisa o nicho tecnológico brasileiro de geração de energia por meio de fonte eólica. O setor de geração de energia eólica brasileiro configura-se como um nicho tecnológico onde pode ser observado um processo de transição sustentável em andamento. A matriz energética brasileira está baseada na produção de energia elétrica por meio de usinas hidrelétricas, responsável pelo atendimento da maior parte da demanda energética total (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2013c; BRASIL, 2007; ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2003).

A inserção de outras energias renováveis na matriz energética brasileira tem resultado em uma mudança significativa na forma de organização do regime tecnológico do setor de geração de energia elétrica brasileiro. Este capítulo define o regime sociotecnológico vigente no setor brasileiro de energia elétrica, bem como apresenta o setor de energia por fonte eólica caracterizado como um nicho tecnológico em desenvolvimento.

4.1. O REGIME SOCIOTECNOLÓGICO VIGENTE NO SETOR BRASILEIRO DE ENERGIA ELÉTRICA

A maior parte dos sistemas de geração de energia elétrica presentes no Brasil constitui-se de prospectos de grande porte, localizados em pontos distantes dos centros urbanos, marcadamente na região sudeste, e marginalmente na região sul e nordeste. Recentemente, os prospectos de Jirau e Santo Antônio, no Rio Madeira, e de Belo Monte, no Rio Xingu, aumentaram significativamente a produção de energia elétrica na região norte do Brasil (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2016). Dada esta característica, a energia

elétrica tem de ser transportada entre regiões no Brasil; para tal foi estabelecido o Sistema Interligado Nacional (SIN), um dos maiores sistemas elétricos interligados do mundo.

A característica central do modelo de desenvolvimento do setor energético brasileiro adotado até meados da década de 90 estava na presença do Estado como ator principal, tanto como planejador quanto investidor (CCEE, 2012). A partir de 1995, passou-se a adotar um novo marco regulatório no setor energético, com um conjunto de políticas caracteristicamente desregulamentadoras. A responsabilidade pelo planejamento e execução do investimento no setor energético foram transferidas, através da Lei nº 9.074 de 1995, aos atores privados (LOSEKAN, 2003). Nesse período, observou-se uma queda acentuada nos investimentos em geração. Em 2001, em razão desta redução de investimentos e de uma sequência de dois anos de pluviometrias desfavoráveis, tem-se a depleção dos reservatórios abaixo do nível mínimo operativo, resultando na necessidade de implementação de um programa emergencial de racionamento de energia elétrica (BRASIL, 2002).

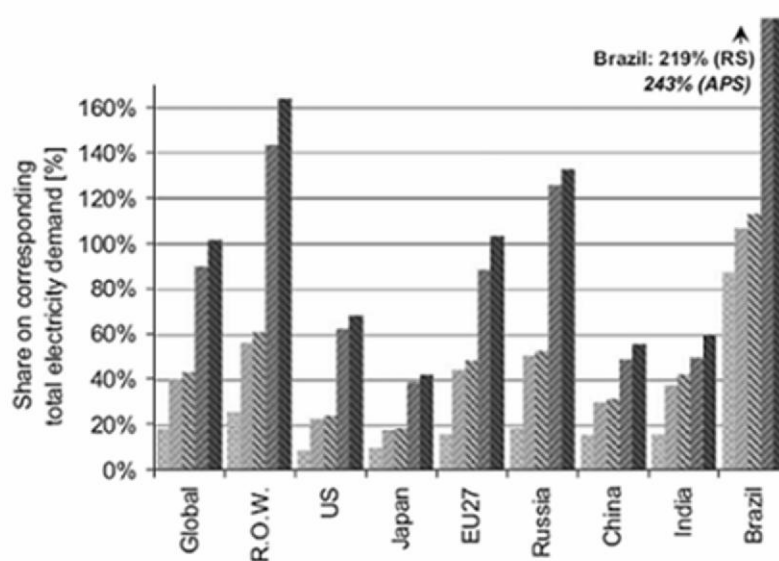
O atual marco regulatório do setor elétrico e energético nacional é instituído como resposta a esta situação de restrição na oferta de energia, e tem como objetivo condutor a garantia no fornecimento energético. Nesse marco regulatório, instituído pela Lei 10.847 e 10.848, de 2004, a responsabilidade pelo planejamento da expansão do sistema elétrico, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, volta a ser do Governo Federal, por meio da EPE – Empresa de Pesquisa Energética (CCEE, 2012).

A partir da previsão de demanda futura de energia, a EPE efetua leilões regulares, sendo feita a comercialização com os diversos agentes distribuidores que operam no mercado. Estes agentes assumem o direito de suprir a demanda futura apresentada, com prazos de um a cinco anos de antecedência da entrega da primeira energia. Os agentes vencedores dos leilões devem construir e operar os empreendimentos de geração, sendo remunerados tanto pela disponibilidade da energia, quanto por capacidade instalada (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2013a; 2013b; 2012; 2007).

A inserção de outras energias renováveis na matriz energética brasileira representa uma mudança significativa no sistema. O Brasil ocupa uma posição de destaque mundial no tocante à geração e uso de energia renovável. A maior parte dos parques de geração existentes internacionalmente é constituída de sistemas de geração termoeletrica ou termonuclear (ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2003; TWIDELL; WEIR, 2015).

Já a matriz energética brasileira está baseada na produção de energia elétrica por meio de usinas hidrelétricas, responsável pelo atendimento de mais de 30% da demanda energética total (BRASIL, 2007; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014c, INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2010), e 70% da geração de energia elétrica. A figura 6 abaixo apresenta as posições brasileiras e internacionais na geração de energia convencional e renovável. São consideradas renováveis as energias eólica, solar, geotérmica, hidrelétrica, das marés e a proveniente de biomassa.

Figura 6: Participação energia renovável – Brasil e demais países do mundo



- Percentual em 2005 de energia renovável no total da demanda
- ■ Percentual realizável até 2020 de energia renovável no total da demanda (cada cor representa um diferente cenário)
- ■ ■ Percentual realizável entre 2030 e 2050 de energia renovável no total da demanda (cada cor representa um diferente cenário)

Fonte: Resch *et al.*, 2008.

Neste contexto, a demanda por sustentabilidade, e notadamente a sustentabilidade na sua dimensão ambiental, é uma questão que vem sendo paulatinamente inserida na agenda energética. O Proinfra – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - instituído pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, e revisado pela Lei nº 10.762, de 11 de novembro de 2003, foi o primeiro programa que previa contratação extensa de fontes alternativas de energia elétrica, em especial Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs), usinas de base de Biomassa e Eólicas (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2013a; AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008). A previsão do Proinfra era a

implementação de 144 usinas, em um total de aproximadamente 3.200 MW de capacidade instalada - sendo 1.423 MW (44,5 %) provenientes de 54 usinas eólicas.

Os incentivos previstos pelo Proinfra estavam na compra da energia por uma tarifa, subvencionada e fixa conforme os preços definidos em leilão, condição denominada de *feed-in*, para o prazo de 20 anos. A tabela 8 detalha os incentivos concedidos pelo governo no âmbito do Proinfra.

Tabela 7: Incentivos a energia renovável no âmbito do Proinfra

Dimensão	Ação
Tarifa	Garantia de compra de 20 anos Tarifa fixa conforme preços de leilão Garantia do piso de 70% da receita contratual durante todo o período do contrato
Comercialização	Comercialização no mercado de curto prazo das diferenças entre a energia contratada e a energia produzida
Financiamento	Financiamento pelo BNDES de até 80% dos investimentos Amortização em até 12 anos
Fiscais	Isenção e desconto em ICMS em equipamentos, conforme convenio estadual Alíquota de 0% no Imposto de Importação para aerogeradores Alíquota de 0% em PIS-Cofins para investimento na infraestrutura
Taxas operacionais	No caso de energia incentivada: Desconto em Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição (TUSD) Desconto na Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Transmissão (TUST)

Fonte: INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2010; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2013a; Lage, Processi, 2013

Além da definição da tarifa, o Proinfra apresenta mecanismo de subsídios para investimentos, por meio de linhas especiais do BNDES disponíveis para os projetos selecionados. O governo garante também, aos parques geradores, reduções de impostos em investimentos, tais como o ICMS na compra de equipamentos (SIMAS; PACCA, 2013; SIMAS, 2012; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2013a), e de tarifas operacionais.

Após a experiência inicial do Proinfra, o Governo Brasileiro passou a incluir fontes alternativas em leilões de compra de energia, alternando leilões específicos por fonte de energia com leilões de concorrência mais ampla. O Governo Brasileiro tem passado a prever o crescimento constante da oferta de fontes de energia alternativas nos próximos 20 anos (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2016; 2013c; ANEL, 2011). A tabela 7 apresenta o crescimento da energia contratada no mercado nacional, e a expectativa de

crescimento até 2017, por fonte. Como pode ser observado, a energia eólica foi a fonte que apresentou maior crescimento de contratação no horizonte de 2009 a 2017.

Tabela 8: Evolução da capacidade instalada por fonte de geração

Fonte	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016*	2017*	Cresc.
Hidro	74.279	82.939	84.736	86.741	88.966	89.856	94.053	98.946	104.415	141%
Urânio	2.007	2.007	2.007	2.007	2.007	2.007	2.007	3.412	3.412	170%
Gás natural	9.107	9.180	9.384	10.184	11.309	11.659	11.659	11.659	11.659	128%
Carvão	1.415	1.765	2.485	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	227%
O.Combust.	1.673	2.371	3.744	5.172	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790	525%
Diesel	1.497	1.497	1.497	1.471	1.471	1.121	1.121	1.121	1.121	75%
PCH	2.235	3.806	4.201	4.230	4.376	4.633	4.957	5.187	5.457	244%
Biomassa	1.637	4.496	5.844	7.272	8.681	12.271	13.257	13.850	14.120	863%
Eólica	600	931	1.429	2.524	3.480	5.972	8.736	11.612	13.959	2.327%

* contratado

Fonte: EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2016, 2013c

4.2. DESENVOLVIMENTO DO NICHOS DE ENERGIA EÓLICA BRASILEIRO

Energia eólica é a energia cinética contida em massas de ar em movimento, o aproveitamento ocorre por meio de turbinas eólicas denominadas de aerogeradores. A energia eólica é entendida como uma energia limpa, livre de emissões de gases de efeito estufa (SIMAS; PACCA, 2013), de baixo impacto ambiental, e impacto social positivo, sendo sua implementação entendida como um processo de transição para uma tecnologia dita sustentável.

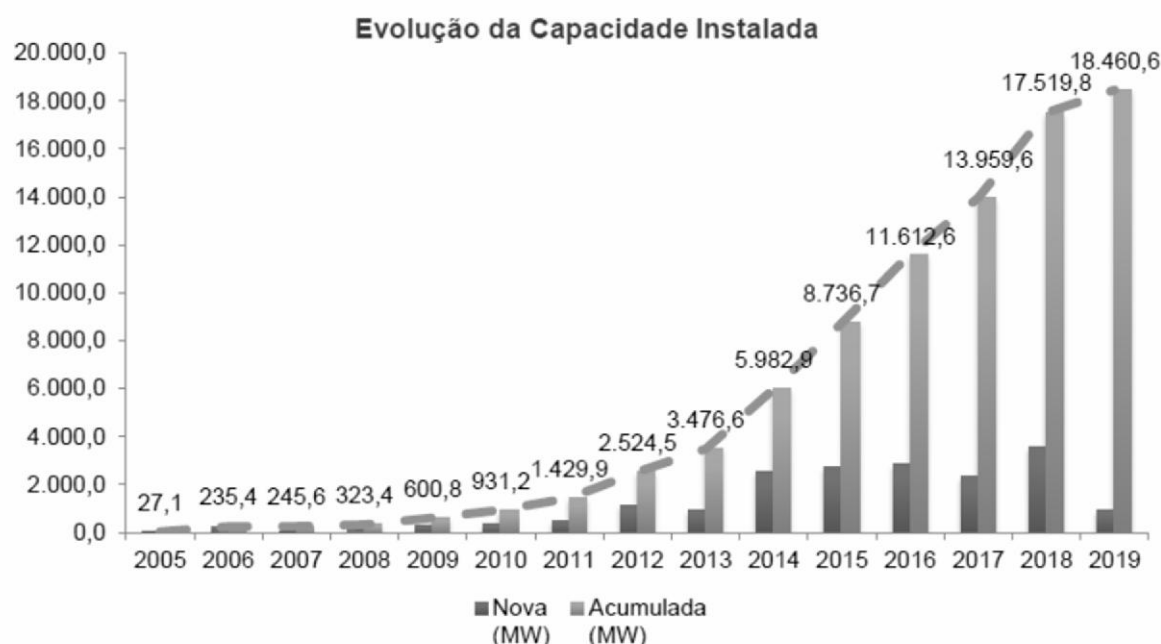
O interesse no aproveitamento comercial da energia eólica tem início na década de 70, com a sua disseminação ocorrendo na Europa a partir da década de 90 e 2000. A capacidade instalada internacionalmente tem crescido de forma acelerada, a uma média de 10% ao ano, sendo hoje de aproximadamente 121,5 GW na Europa, 61 GW nos Estados Unidos e de 91,5 GW na China (GLOBAL WIND ENERGY CONCIL, 2014).

Turbinas eólicas podem ser classificadas quanto ao seu porte: como pequenas – potência menor que 500 kW; médias – potência entre 500 kW e 1000 kW; e grandes – potência maior que 1 MW. Embora a instalação das turbinas possa ser feita em mar - *off-shore* – a característica dos parques brasileiros é de locação em terra firme. Em termos tecnológicos, atualmente encontra-se consolidado o uso do *lay-out* de turbinas eólicas com eixo de rotação horizontal, três pás, alinhamento ativo, gerador de indução e estrutura não flexível.

Consistente ao crescimento internacional, a participação da energia eólica na matriz energética brasileira tem apresentado crescimento recente bastante significativo. Em 2001 existiam apenas três usinas operando no Brasil, com capacidade total de 28 MW. Ao final de 2012 havia 108 usinas de geração de energia eólica em operação no Brasil, totalizando 2,5 GW de potência eólica instalada, 2% da demanda nacional. Em meados de 2016, a capacidade atingiu 9,7 GW, com 390 usinas operacionais, respondendo por em torno de 6% da demanda de energia (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2016).

O desenvolvimento desta capacidade instalada nacional representou um investimento de pelo menos R\$ 30 bilhões, e o setor hoje responde por pelo menos 15.000 empregos diretos (MELO, 2013). Entre 2009 e 2015 foram contratados por meio de leilão público mais de sete GW em novos projetos de geração de energia eólica. A figura 7 apresenta a evolução da capacidade instalada de energia eólica no Brasil.

Figura 7: Evolução da capacidade total instalada em energia eólica



Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2016

O conceito de contratação adotado nos leilões de compra de energia eólica brasileiros é o de disponibilidade. A contratação é definida pela oferta média contratada, expectativa do montante de energia disponível para o empreendimento, considerando a capacidade instalada

contratada e o fator de aproveitamento esperado para cada empreendimento. A partir desta disponibilidade, são contratados os prospectos que ofereçam o menor preço, até o limite de contratação definido pelo governo. O produtor recebe uma receita anual fixa, com base na expectativa de produção de energia. A energia produzida em excedente à disponibilidade contratada é utilizada como garantia de compensação para períodos de geração menor do que contratada – e sendo que o montante produzido que ultrapassar a garantia permitida é comercializado no mercado de curto prazo.

Existe uma ampla discussão sobre os efeitos econômicos e sociais de políticas de estímulo à geração de energia renovável, principalmente para os casos onde estão sustentadas em subsídios governamentais (SIMAS; PACCA, 2013). O que pode ser observado é que a contratação de grandes volumes de energia nos leilões viabilizou o desenvolvimento da indústria em território nacional, possibilitando não apenas o atendimento ao mercado brasileiro, mas também o desenvolvimento de uma plataforma de exportação de aerogeradores para o mercado latinoamericano.

A indústria de aerogeradores está organizada internacionalmente sob a forma de oligopólio, sendo que os 4 maiores fabricantes atendem a aproximadamente 70% da demanda internacional. As empresas líderes de mercado, desenvolvedoras de tecnologia original, são principalmente Vestas, Gamesa, Suzlon e Enercon. Grandes corporações industriais, como a GE, têm entrado neste setor por aquisições. Também estão se consolidando empresas de atuação regional, como as chinesas Sinovel e Goldwind (MELO, 2013).

O nicho tecnológico é construído hoje por fornecedores de tecnologia, componentes e serviços, a maior parte constituída de empresas internacionais, e situada na região sudeste. Da mesma forma, constituem o nicho os parques geradores de energia eólica, presentes em todo o Brasil, embora principalmente nas regiões sul e nordeste.

Atualmente, existem treze empresas fabricantes de aerogeradores atuando no mercado nacional, sendo que oito delas por meio de fabricação local. O índice de nacionalização da indústria hoje se situa em torno de 70% (FÓRUM NACIONAL EÓLICO, 2014; MELO, 2013), e a maioria dos fabricantes do setor eólico no Brasil tem buscado cada vez mais o aumento do conteúdo local (SIMAS; PACCA, 2013). Também constituem a indústria no país, seis fornecedores de torres eólicas, e a Tectis, empresa de origem brasileira, segunda maior fabricante de pás eólicas do mundo.

Dadas estas observações, entende-se que a implementação de um parque nacional de produção de energia eólica é processo de transição sociotecnológica sustentável em andamento. É fonte de energia limpa, cuja participação no mercado nacional tem apresentado crescimento significativo. Os preços e custos envolvidos com o processo de implementação deste parque tem apresentado quedas significativas, resultado de diversos fatores, mas sobretudo do desenvolvimento da tecnologia adotada. E a implementação deste parque de geração implicou no desenvolvimento de um setor produtivo nacional, articulado e capaz de agir em conjunto.

5. CARACTERIZAÇÃO DE NARRATIVAS: DESENVOLVIMENTO DO NICHOS TECNOLÓGICO DE ENERGIA EÓLICA DO BRASIL

Na presente pesquisa estuda-se a função de agência em processos de transição entre regimes sociotecnológicos, especialmente em processos que representem a transição para regimes sustentáveis. Entende-se tal agência como sendo exercida por diferentes atores do nicho tecnológico envolvidos no processo, por meio de uma estrutura de narrativas socialmente construídas.

A fase de pesquisa qualitativa foi norteada pelo segundo objetivo específico proposto para esta pesquisa, de caracterizar as narrativas desenvolvidas pelo nicho de energia eólica brasileiro no processo de transição sociotecnológica. Como forma de caracterizar as narrativas no processo de consolidação do nicho e transição sociotecnológica, a segunda fase de pesquisa, discutida neste capítulo, foi desenvolvida com base em uma análise de conteúdo dos discursos construídos pelos atores sociais ao longo do processo de desenvolvimento do nicho tecnológico. Analisa-se assim a criação do nicho de geração de energia eólica no Brasil, bem como o conseqüente processo de transição entre regimes sociotecnológicos. A caracterização de narrativas resultado desta fase de pesquisa foi adotada como subsídio para o desenvolvimento da terceira fase de pesquisa, quantitativa e computacional.

A discussão é desenvolvida aqui em termos da construção de um grupo de narrativas sociais que deram sustentação e agiram na consolidação do nicho. No desenvolvimento desta análise, entendeu-se que empresas que atuam no setor e associações de classe são os atores sociais constituintes do nicho, e as narrativas emitidas por estes atores são entendidas como refletindo ações do nicho. Da mesma forma, órgãos governamentais, pela sua característica, são entendidos como atores sociais pertencentes ao regime tecnológico vigente. Por fim, foram entendidas como narrativas do cenário as emitidas pela sociedade civil em geral, bem como pela academia. Reitera-se aqui que trabalhos acadêmicos que constituem um entendimento sobre a viabilidade da energia eólica no Brasil foram tratados na forma de narrativas, tal como em Hermwille (2016).

5.1. NARRATIVAS DE DESAFIO AO REGIME: A DEMANDA POR SUSTENTABILIDADE

Narrativas buscam condicionar a ação dos atores sociais, agregando apoio, interno e externo, ao nicho, ao mesmo tempo em que buscam questionar e expor os problemas e contradições do regime sociotecnológico vigente. O regime vigente de produção de energia elétrica no Brasil é baseado em um sistema de usinas hidroelétricas interligadas, e um segundo sistema de usinas termoelétricas que funcionam como *backup* no caso de restrições de oferta nas usinas hidroelétricas.

O principal desafio ao regime vem se constituindo no discurso sobre sustentabilidade, com ênfase na sua dimensão ambiental. Observa-se nos últimos anos um aumento da pressão institucional e social por maior respeito ao meio na atividade de geração energética, principalmente a partir de 2005, como expresso em Faria (2011).

As licenças emitidas são, com frequência, alvos de críticas e contestações judiciais por parte dos opositores dos empreendimentos. (...) A atuação do Ministério Público, por exemplo, vem sendo caracterizada por diversas ações que põem em dúvida o rigor das análises técnicas feitas por técnicos dos órgãos licenciadores, especialmente os do Ibama. Há pressão quando são poucas as condicionantes da licença. Há pressão quando as condicionantes são muitas. (FARIA, 2011)

Essa pressão institucional, tanto por parte de organismos nacionais e internacionais, quanto por parte de órgãos públicos, como o IBAMA e o Ministério Público Federal (ABBUD; TANCREDI, 2010), resulta em uma compreensão de que houve um grande crescimento da restrição na sociedade quanto à construção de novos prospectos de geração termo e hidroelétrica. Os novos empreendimentos hidroelétricos têm apresentado como característica uma área alagada bastante inferior à média anteriormente observada, ditos operando “a fio d’água”, bem como têm arcado com custos elevados de compensações ambientais. Tal é consequência da inclusão da agenda da sustentabilidade como um valor para a sociedade brasileira (SIMAS; PACCA, 2013).

A sustentabilidade relacionada à geração de energia eólica é tida pelos diferentes atores sociais como dada. A energia eólica é apresentada sempre como uma energia limpa, livre de emissões de gases de efeito estufa. As diversas narrativas a compreendem como de baixo

impacto ambiental, e de impacto social positivo, conforme se observa, entre outros, nas narrativas apresentadas pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE em EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2014a; 2014b; 2012), bem como em Simas e Pacca (2013), e Nascimento et al. (2012).

Além dos pontos levantados, a energia é obtida sem a emissão de gases de efeito estufa, o que contribui com a estratégia brasileira para atingir as metas de redução de emissões desses gases. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014a)

A energia eólica tem sido uma eficiente fonte de eletricidade por comportar numerosas vantagens face às energias tradicionais e mesmo em comparação com outros tipos de energias renováveis. Em razão da sua rápida implantação torna-se uma das fontes mais atrativas em termos de planejamento energético, sobretudo pelas vantagens no que se refere aos aspectos ambientais. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2012).

Como é possível verificar, por meio da trajetória da produção de energia eólica, o Brasil vem se empenhando (...) em aumentar a capacidade de oferta de energia que leve em consideração aspectos ambientais, sociais e econômicos. (NASCIMENTO et al., 2012)

É consenso que a inserção de energias renováveis leva à mitigação das emissões de GEE. Outros impactos ambientais, como emissões de poluentes atmosféricos e aquáticos, impactos ambientais no ciclo de vida das tecnologias de geração de energia, mudanças no uso da terra e impactos na biodiversidade vêm sendo amplamente estudados.

Entre os principais benefícios socioeconômicos trazidos pelas energias renováveis podem ser citados: a inovação tecnológica e o desenvolvimento industrial; a geração distribuída e a universalização do acesso à energia; o desenvolvimento regional e local, especialmente em zonas rurais; e a criação de empregos. (SIMAS; PACCA, 2013)

O discurso de defesa da dimensão de sustentabilidade na geração de energia eólica é observado sendo produzido inicialmente na academia, e depois na sociedade civil como um todo. Constitui-se recentemente como central para o nicho, como expresso em GLOBAL WIND ENERGY CONCIL (2012) e Nascimento et al. (2012), refletindo o aumento da relevância da questão para a sociedade como um todo.

Entre as medidas que adotamos desde o *Global Wind Energy Council* incluímos uma proposta baseada em elevar à agenda política os objetivos de sustentabilidade (...) como uma prioridade política. (GLOBAL WIND ENERGY CONCIL, 2012)

Com o status de fonte de energia renovável de maior potencial econômico, as usinas de energia eólica desempenham um papel importante que não se relaciona apenas à segurança energética das nações, reduzindo sua dependência de combustíveis fósseis, mas também implica desenvolvimento econômico, redução da pobreza, controle da poluição atmosférica e redução de emissão de gases, contribuindo diretamente, para um desenvolvimento mais sustentável, visto que pode reduzir as emissões de dióxido de carbono com finalidades energéticas em uma relação de 600 toneladas para cada GWh de energia gerada. (NASCIMENTO et al., 2012)

Esta difusão entre os emitentes das narrativas sobre sustentabilidade, inicialmente observadas na Academia e sociedade civil, e depois expandindo-se para nicho, e por fim para governo, sugere uma considerável condição de fixação destas narrativas na sociedade. Conforme a proposição desenvolvida em Pesch (2015), esta fixação das narrativas sobre sustentabilidade na sociedade sugere também que o campo discursivo estava pouco estruturado, aberto a novas dinâmicas discursivas. Tal poderia ser, em parte, resultado da reestruturação recente que o setor de energia brasileiro sofreu no início da década de 2000, por conta do racionamento implementado em 2001.

Este processo de difusão e fixação de narrativas vem se desenvolvendo nos últimos 20 anos, e constitui-se um desafio ao regime atualmente estabelecido no mercado brasileiro, baseado na geração hidroelétrica, como proposto na literatura em Smith e Stirling (2012) e Smith et al. (2005). O governo brasileiro tem sofrido continuamente pressão por adotar uma postura que proporcione maior relevância à sustentabilidade. Como resultado, em anos recentes passou-se a avaliar novos empreendimentos de geração de energia elétrica quanto a sua sustentabilidade nas dimensões social e ambiental, como pode ser visto em EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2013; 2014a). Mas o que se observa é que esta inserção ainda se caracteriza muito mais legitimadora das decisões tomadas, do que como uma dimensão real de decisão.

Apesar da relevância observada na adoção recente da sustentabilidade como uma dimensão norteadora de ações no setor, narrativas observadas no início do desenvolvimento do nicho estavam centradas na garantia da geração e oferta de energia. Este discurso constitui-se em um desafio ao regime vigente na medida em que aponta a incerteza característica existente na oferta de energia gerada por fonte hidroelétrica. É um discurso que sustentava a necessidade de diversificação da matriz energética, como pode ser visto em Marinho et al. (2006), Dutra e Szklo (2006) e Amarante et al. (2009). Este discurso permeia as narrativas até mesmo recentemente, como em Oliveira Neto e Lima (2013) e OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (2010).

Um dos méritos dos investimentos em energia eólica é a sua contribuição para a diversificação da matriz energética brasileira como uma fonte de recursos renovável, sem risco hidrológico. (MARINHO et al., 2006)

Dentro deste contexto de mudanças e novas perspectivas para a utilização de fontes renováveis de energia na matriz energética nacional, a energia eólica mostra-se como uma interessante opção para a diversificação do parque gerador nacional, utilizando recursos naturais de baixo impacto ambiental e potencial de complementaridade com o parque hidrelétrico. (DUTRA; SZKLO, 2006)

A energia eólica, por não ser vinculada a combustíveis fósseis, é invulnerável a flutuações de preços de commodities, o que a torna um recurso agregador de segurança energética. (AMARANTE et al., 2009)

Estudos sobre o potencial, viabilidade econômica e ampliação da participação das fontes alternativas na matriz elétrica brasileira se justificam. O país deve priorizar a diversificação do sistema elétrico com fontes que complementem o parque hídrico. (OLIVEIRA NETO; LIMA, 2013).

Não obstante, pequenas centrais e as fontes alternativas complementares no período seco, como eólicas e biomassa, também apresentam papel importante na segurança operativa do SIN. (ONS, 2010)

É como resposta a este entendimento da necessidade de diversificação que as fontes alternativas – a eólica entre elas – passaram a ser inseridas na matriz energética nacional. Este discurso é observado principalmente nos documentos oficiais desenvolvidos por órgãos do governo, como justificativa de suas ações, onde EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2006) é um exemplo. O Proinfra, instituído em 2001 teve como objetivo central a garantia de fornecimento energético. Mas estas narrativas também estão presentes na academia, como em Schultz et al. (2005).

A estabilização da oferta de energia em sistemas predominantemente hídricos tem sido historicamente um desafio praticamente intransponível, que agora se vislumbra possível com a integração entre esta forma convencional e a geração eólica. (SCHULTZ et al., 2005).

O desenvolvimento da energia eólica, no Brasil, tem ocorrido de forma gradual e consistente e está em consonância com a diretriz do Governo Federal de diversificação da Matriz Energética, bem como valorizando as características e potencialidades regionais na formulação e implementação de políticas energéticas. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2006)

Este discurso se expande recentemente, principalmente dado o expressivo crescimento da geração eólica, em uma afirmação da complementaridade entre fontes eólica e hidráulica, tal como Schultz et al. (2005), AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2005) e Rampinelli e Junior (2012), entre outros. Este discurso defende assim a necessidade de implementação de geração eólica, apontando os efeitos da sazonalidade e incerteza existente sobre a oferta de energia gerada por fonte hidroelétrica.

Os estudos sobre a interação hidro/eólica foram realizados na COPEL e na CHESF, onde já existem informações suficientes para indicar um potencial de complementaridade. (Schultz et al., 2005).

Outro fator importante, como incentivo, é a possibilidade de complementaridade entre a geração hidrelétrica e a geração eólica, visto que o maior potencial eólico, na região Nordeste, ocorre durante o período de menor disponibilidade hídrica. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2005)

Outro fator de extrema importância para o sistema elétrico brasileiro é a complementaridade entre as fontes eólicas e hídricas, que devido à sua sazonalidade, necessita de complementação e que tende a crescer com o passar dos anos, em função das exigências ambientais que prevêm diminuição dos reservatórios das novas usinas hidroelétricas. (RAMPINELLI; JUNIOR, 2012)

Ambos os argumentos se constituíram em desafios ao regime vigente no Brasil de geração de energia elétrica, de forma a defender a necessidade de expansão da geração de energia eólica. Considerando estas observações, a tabela 9 abaixo apresenta as narrativas de desafio ao regime observadas no processo de análise de conteúdo, e consolida os principais discursos observados.

Tabela 9: Narrativas de desafio ao regime – Fontes, referências e discursos observados

Dimensão	Quantidade de fontes	Referências observadas	Narrativas observadas
Sustentabilidade	29	70	Necessidade de maior sustentabilidade na geração de energia elétrica Usinas termo e hidroelétricas trazem impactos ao ambiente Energia eólica como sustentável Narrativas apresentaram significativa fixação na sociedade
Diversificação da matriz energética	13	17	
Segurança energética	19	36	Incerteza característica na oferta de energia hidroelétrica, por conta da sazonalidade de chuvas

5.2. NARRATIVAS POSITIVAS SOBRE O FUTURO: O POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO

Narrativas positivas sobre o desenvolvimento do setor estão centradas na existência de significativo potencial para geração de energia por fonte eólica no Brasil. São observadas inúmeras narrativas, apresentadas ao longo de todo período analisado, construindo um discurso que em si sustenta a compreensão da possibilidade de um desenvolvimento positivo para o setor.

A figura 8 apresenta linha do tempo, construída com narrativas selecionadas situadas ao longo do período estudado. Narrativas sobre o significativo potencial para geração eólica existente no Brasil mantiveram-se estáveis e positivas ao longo de todo o período. Não se

observa a alteração no conteúdo de narrativas, mas sim a sua difusão e fixação por diferentes atores sociais ao longo do tempo.

Figura 8: Linha do tempo - narrativas sobre potencial eólico brasileiro futuro



Como proposto em Smith e Stirling (2012) e Smith et al. (2005), são observadas dinâmicas significativas de narrativas positivas sobre o futuro do nicho de energia eólica. Estas

narrativas principiaram sendo apresentadas no âmbito da academia como ,por exemplo, em SILVA et al (1992), DALMAZ et al. (2007), e Ortiz e Kampel (2011).

A potência eólica no Nordeste do Brasil evoluiu de zonas de baixas potencialidades, como no centro-oeste, com valores da ordem de 5 W m⁻², até zonas de máximas potencialidades, como no litoral norte, com valores da ordem de 65 W m⁻². (SILVA et al. 1992)

O estudo sobre o potencial eólico de Santa Catarina indica a existência de localidades com características de ventos adequadas à geração. Dentre as regiões analisadas, destacam-se Laguna e Urubici, (...) e Água Doce (...), apresentando resultados satisfatórios para geração de eletricidade. (DALMAZ et al., 2007)

Estimou-se que o potencial energético offshore na ZEE brasileira é cerca de 12 vezes maior que na área continental do país, sendo capaz de alavancar o desenvolvimento sustentável do Brasil em longo prazo. (ORTIZ; KAMPEL, 2011)

As narrativas são endossadas e apresentadas ao longo do tempo, de forma exaustiva e contínua, difundindo-se assim pelos diferentes atores sociais – academia, nicho, sociedade em geral, e, por fim, no governo. As narrativas falam de levantamentos iniciais desde a década de 70 (CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, 1979; 1988). Mas os marcos principais na construção das narrativas sobre o potencial estão no desenvolvimento dos estudos do potencial dos estados do Paraná e do Ceará, e na publicação do Atlas Eólico Brasileiro, em 2001 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2002; CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, 2001).

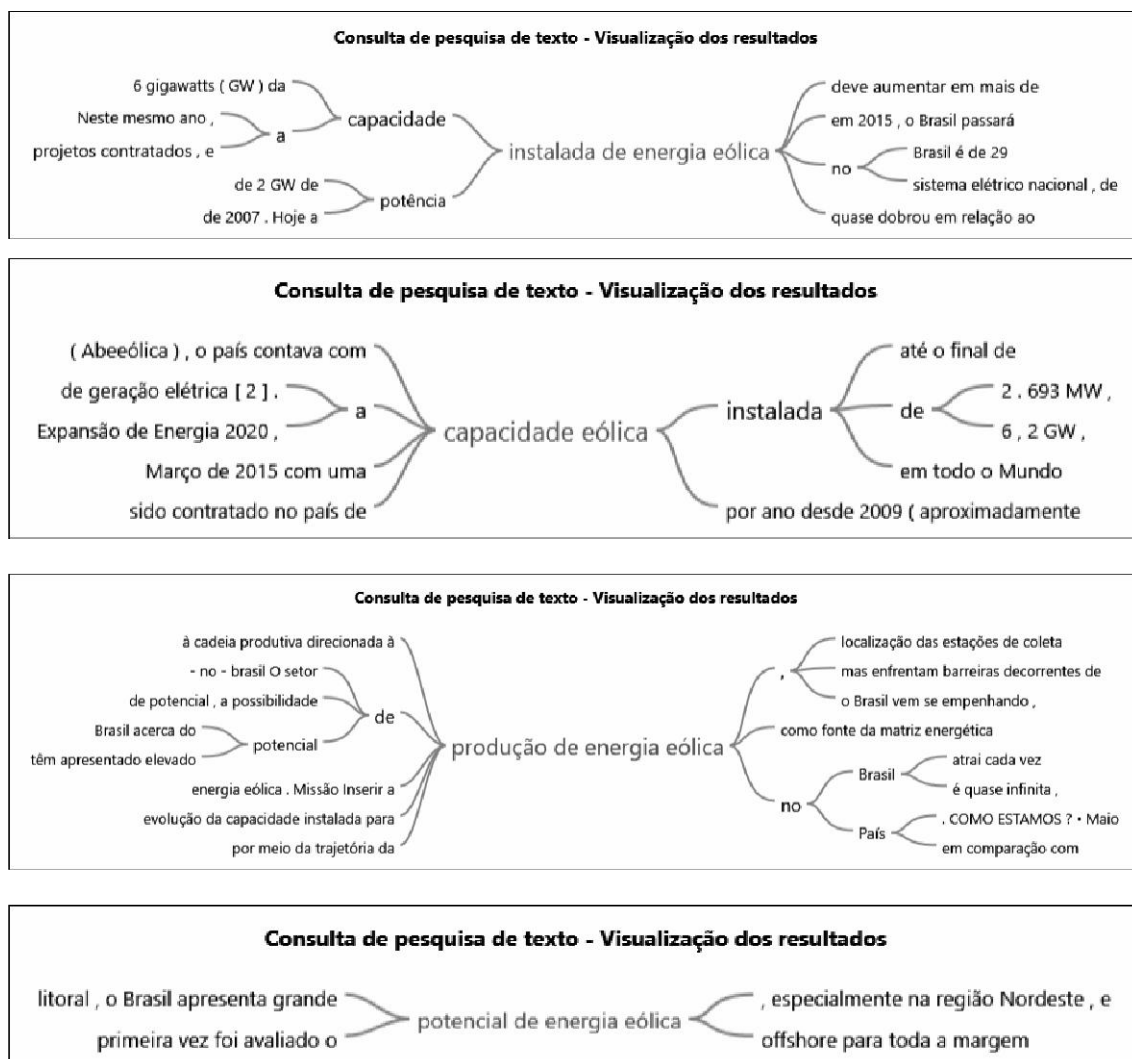
Narrativas sobre o potencial desenvolvidas no Atlas são adotadas como verdade pelos diferentes atores sociais, que as incorporaram ao seu discurso, resultado da dinâmica de fixação destas narrativas na sociedade. Tal se observa principalmente no fato de que esses atores – notadamente governo em anos recentes, mas também os diferentes atores que constituem o nicho - costumam justificar ações com base no potencial identificado no Atlas, como se observa em EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2007).

O potencial eólico brasileiro para aproveitamento energético tem sido objeto de estudos e inventários desde a década de 1970, que culminaram com a publicação, em 2001, do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. O Atlas apontou a existência de áreas com regimes médios de vento propícios a instalação de parques eólicos, principalmente nas regiões Nordeste (144 TWh/ano), Sul e Sudeste do país (96 TWh/ano). (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2007)

A figura 9 abaixo apresenta mapa de conexão de palavras, construídos com base nas diversas narrativas coletadas, e que apresentam conexões significativas observadas na análise de conteúdo. Como pode ser observado no mapa de palavras, “Potencial” e “Capacidade” são

termos presentes e associados às narrativas sobre energia eólica, indicando a centralidade destas ideias à construção dos discursos sobre o desenvolvimento do setor de energia eólica.

Figura 9: Mapas de conexão de palavras – Termos “Potencial” e “Capacidade”



Apesar de sempre ser observado que os atores consideram a narrativa presente no Atlas Eólico Brasileiro como legítima, narrativas mais recentes, principalmente após 2008, têm externado visões para o futuro ainda mais positivas, como em Melo (2013).

Observa-se também o elevado potencial de geração de energia eólica presente no território brasileiro. O potencial eólico brasileiro é atualmente estimado em até 300 GW. (MELO, 2013)

Narrativas positivas sobre o futuro do setor também se sustentam significativamente no crescimento da capacidade instalada e geração de energia eólica observada internacionalmente, como expresso por exemplo expresso em Lage e Processi (2013).

A Europa foi pioneira no aproveitamento da energia eólica e responde atualmente por grande parte da capacidade instalada mundial. (...) Nos últimos anos, a China, os Estados Unidos e a Índia aumentaram sobremaneira suas instalações eólicas. (LAGE; PROCESSI, 2013)

Da mesma forma que a narrativa sobre a demanda de maior sustentabilidade na geração de energia elétrica, as narrativas sobre o potencial de produção de energia eólica apresentaram uma dimensão relevante de fixação na sociedade brasileira. Como pode ser observado na figura 8 acima, as narrativas sobre o potencial principiaram por atores restritos, e acabaram se difundindo a diversos outros atores representativos do setor elétrico e da sociedade brasileira.

Narrativas sobre o potencial eólico conformaram-se como fortemente significativas na justificação da ação de diversos atores, o que caracteriza a incorporação destas narrativas por estes. Agentes do nicho conseguiram assim acessar a diferentes plateias representativas por meios destes sistemas de contato entre nicho e sociedade, por meio de agentes do governo, tal como a Agência Nacional de Energia Elétrica e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

Narrativas positivas sobre o futuro da energia eólica incluem também narrativas do potencial de desenvolvimento econômico que o crescimento da indústria representa, como em Simas e Pacca (2013). Essas narrativas se centram nas dimensões características dos discursos sobre desenvolvimento e no potencial de criação da indústria nacional, tal como em EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2009), Excelência Energética (2009) e Schultz et al. (2005).

Nesse contexto, a implantação de projetos de energias renováveis tende a oferecer oportunidade para o desenvolvimento de indústrias de equipamentos para consumo interno e até mesmo para a exportação. (SIMAS; PACCA, 2013).

Como efeito colateral benéfico, desenvolveu-se em cada país uma nova indústria especializada que gera emprego e renda. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2009)

A inserção desse tipo de energia na matriz energética contribuirá para o desenvolvimento sustentável energético do País. (EXCELÊNCIA ENERGÉTICA, 2009)

A inserção da energia eólica na matriz energética tem o potencial de criação de uma indústria nacional e respectiva criação de empregos, respaldada nas experiências similares no mercado mundial. (SCHULTZ et al., 2005)

Mais recentemente, principalmente a partir do desenvolvimento do setor no Brasil, as narrativas têm se centrado nos montantes de investimento que este setor representaria, bem como número de empregos gerados, como descrito por Melo (2013), EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2014c), CGGE (2012), Santos (2014) e Simas (2012).

A energia eólica é uma fonte limpa e renovável, que gera empregos e renda para o Brasil. Em 2012 foram gerados 15 mil empregos diretos e temos, hoje, 11 fabricantes instalados no país. No último ano foram investidos no setor cerca de R\$ 7 bilhões, e a previsão é chegar a R\$ 50 bilhões até 2020.

...
Uma demanda anual de 2 GW de capacidade instalada, conforme vem ocorrendo nos leilões a partir de 2009, movimentará mais de R\$ 7 bilhões por ano. Tal estrutura atualmente atende apenas o mercado potencial interno e representa a produção de 1.000 turbinas, 1.000 torres e 3.000 pás eólicas. (MELO, 2013)

Somente no ano de 2012, o BNDES financiou cerca de US\$ 1,4 bilhões para parques eólicos. (SANTOS, 2014)

Seu caráter inovador favorece a dinâmica econômica com a criação de novos postos de emprego e de oportunidades de negócio nos diversos setores.

...
O montante a investir em novas usinas, ainda não contratadas ou autorizadas (planejadas) é da ordem de R\$ 143 bilhões, sendo 40% em hidrelétricas, 49% no conjunto de outras fontes renováveis (PCH + biomassa + eólica + solar) e 11% em termo elétricas. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014c)

O crescimento da energia eólica no Brasil demonstra o dinamismo dessa indústria, a qual apresenta um grande potencial de geração de empregos e de desenvolvimento da economia. (CGGE, 2012)

Os resultados obtidos permitem afirmar que a energia eólica pode oferecer uma contribuição significativa para a geração de empregos, gerando até 330 mil empregos-ano até 2020. (SIMAS, 2012)

Além das narrativas relacionadas ao potencial para geração eólica existente no Brasil, e ao desenvolvimento econômico que a implementação do nicho representa, diversas narrativas têm sido apresentadas que discutem outros benefícios marginais existentes na adoção da fonte eólica, como em EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2015; 2014b; 2012), bem como em INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (2010), entre outros.

Neste panorama, as centrais eólicas e a energia solar assumem papéis de destaque no cenário energético nacional. Em especial porque geralmente tais projetos estão associados a impactos socioambientais menos expressivos se comparados aos de outras fontes convencionais. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2015)

A energia eólica tem assumido um importante papel como fonte de eletricidade já que agrega numerosas vantagens frente às energias tradicionais e mesmo em comparação a outras renováveis. Dentre as características mais atrativas em termos de planejamento energético, pode-se citar a implantação rápida e, em geral, o impacto reduzido na ocasião da construção dos parques eólicos. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014b)

Por não emitir GEE na geração de energia, compensa a emissão de outras fontes, reduzindo a contribuição para as alterações climáticas globais. Por essa razão, se incluem na estratégia brasileira para atingir as metas de redução de emissões de GEE. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2012)

A tabela 10 abaixo resume os diversos benefícios usualmente apresentados em narrativas para a geração de energia por fonte eólica.

Tabela 10: Narrativas positivas sobre a fonte eólica

Dimensão	Benefício
Social	Possibilidade de melhor aproveitamento de terras; Inexistência de necessidade de deslocamento de populações na sua implementação;
Desenvolvimento econômico	Geração de empregos diretos; Alternativa de renda a produtores rurais; Criação de setor industrial nacional;
Custos/econômico	Não necessita suprimento energético para gerar energia: aproveitamento da força dos ventos; Alto fator de utilização da capacidade instalada no Brasil: regularidade de ventos
Ambiental	Inexistência de emissões de gases de efeito estufa na sua operação; Inexistência de áreas alagadas; Inexistência de dejetos e rejeitos;
Planejamento energético	Rápida implantação Possibilidade de implantação modular Possibilidade de complementação sazonal com fonte hidroelétrica
Operacional	Larga vida útil dos investimentos Alta confiabilidade de equipamentos Simplicidade de operação

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2013; 2015; GLOBAL WIND ENERGY CONCIL, 2012; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014a; 2015

Os discursos apresentados sobre os diferentes benefícios existentes na geração eólica, apesar de relevantes, são observados como de muito menor densidade do que os discursos centrados na defesa do potencial eólico, e desenvolvimento econômico. A tabela 11 apresenta síntese das narrativas positivas sobre o desenvolvimento do nicho tecnológico de energia eólica do Brasil que foram observadas no processo de análise de conteúdo.

Tabela 11: Narrativas positivas sobre o nicho – Fontes, referências e discursos observados

Dimensão	Quantidade de fontes	Referências observadas	Narrativas observadas
Potencial Eólico Brasileiro	155	288	Narrativas centradas na possibilidade de desenvolvimento do nicho Existência de expressivo potencial para geração de energia eólica Narrativas apresentaram difusão e fixação na sociedade
Desenvolvimento econômico	27	40	Energia eólica representa desenvolvimento econômico sustentável

5.3. NARRATIVAS DE DEMANDA POR POLÍTICAS PÚBLICAS

Há uma compreensão no setor energético brasileiro de que a inserção de fontes de geração de energia sustentáveis, entre elas a eólica, depende da existência de políticas públicas de apoio, como expresso em Walter (2000), Lage e Processi (2013), e Nascimento et al. (2012).

Quanto à regulação fiscal e aos incentivos financeiros, matérias que não são de competência da ANEEL e do MME, avalia-se que muito ainda precisa ser feito, desde a concessão de incentivos específicos até a desburocratização dos procedimentos. Sem linhas de financiamento adequadas os investimentos esperados certamente não ocorrerão. Sem a desburocratização dos procedimentos os custos de transação e administrativos serão muito altos, desestimulando os pequenos empreendedores. (WALTER, 2000)

Ainda de modo a incentivar o incremento da energia eólica na matriz elétrica brasileira, o governo federal zerou o Imposto de Importação sobre a aquisição de aerogeradores do exterior.

(...)

O Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (Reidi) reduziu para zero a cobrança de PIS-Cofins para toda a infraestrutura, sendo o segmento de geração de energia eólica um dos beneficiários mais importantes. Incentivos governamentais destinados ao setor lograram êxito em aumentar a participação eólica na matriz elétrica brasileira. (LAGE; PROCESSI, 2013)

Como é possível verificar, por meio da trajetória da produção de energia eólica, o Brasil vem se empenhando, por meio de políticas, planos, programas e ações, aumentar a capacidade de oferta de energia que leve em consideração aspectos ambientais, sociais e econômicos, que vem sendo possibilitada pela adoção de inovações conceituais, técnicas, regulamentares e operacionais dos agentes setoriais públicos e privados. (NASCIMENTO et al., 2012)

Estas dinâmicas discursivas se caracterizam como narrativas de demanda por apoio público ao desenvolvimento do nicho, como discutido no trabalho de Smith e Stirling (2012). Diversas narrativas, como no exemplo em EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2008)

e Simas e Pacca (2013) abaixo, externam a importância do estabelecimento do Proinfra – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, primeiro programa que previa contratação extensa de fontes alternativas de energia.

O principal incentivo a esta fonte de energia foi instituído por meio da Lei no 10.438, de 26 de abril de 2002, a qual representa um marco no arcabouço regulatório do setor elétrico, por ter criado o PROINFA (1ª Etapa) cujo objetivo é aumentar a participação de energia elétrica produzida a partir das fontes de geração eólica, pequena central hidrelétrica (PCH) e biomassa. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2008)

O Proinfra, instituído em 2002, foi o principal motor para impulsionar o desenvolvimento do mercado eólico no Brasil. Como a primeira política pública efetiva voltada ao setor, proporcionou um ambiente com poucos riscos para o investimento em uma tecnologia ainda pouco conhecida no país. (SIMAS; PACCA, 2013).

Conforme detalhado na tabela 8, as ações adotadas no âmbito do Proinfra são compreendidas por estarem principalmente na garantia de contratação da geração por valor subvencionado. O próprio Proinfra tornou-se parte central das narrativas no desenvolvimento da energia eólica. Os atores sociais pertencentes ao nicho apresentam diversas narrativas no tocante a demanda por políticas públicas, e reconhecem que o Proinfra foi relevante no início da formação da indústria nacional, como em Costa (2006) e Melo (2013).

O grande marco para o setor veio em 2002 com a aprovação da Lei 10.438 que criou o PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia), fixando metas para a participação das fontes de energia renovável no sistema interligado nacional. (COSTA, 2006)

Essa trajetória teve início com o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfra). (...) Tal política, com a sua maturação, elevou o país a um patamar ímpar, em que se contratam, atualmente, energias renováveis não convencionais, sem necessidade de subsídios. (MELO, 2013)

Mas estes atores têm recentemente apresentado diversas narrativas de demandas por novas políticas de suporte ao nicho, como pode ser observado em GLOBAL WIND ENERGY CONCIL (2011) e AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (2014).

A associação eólica ABEEólica tem pleiteado uma estratégia mais “10 GW em 10 anos” e, mais recentemente, 2 GW/ano, o que permitiria consolidar os planos de investimentos em eólicas e inclusive permitiria que um fabricante local, talvez a Embraer ou um estaleiro nacional, posicione-se no mercado como o primeiro fabricante nacional de turbinas eólicas. (GLOBAL WIND ENERGY CONCIL, 2011)

Ou seja, é preciso promover uma política articulada para a cadeia produtiva de eólica, com o objetivo de obter a sua nacionalização, inclusive dos componentes de alto valor agregado,

como sistemas de controle e máquinas geradoras. (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2014)

Narrativas desenvolvidas no nicho também criticam o modelo de leilão adotado inicialmente no Proinfra, considerando este como um modelo que não estimularia o desenvolvimento de tecnologia local, como em Cavaliero e Silva (2002) e GLOBAL WIND ENERGY CONCIL (2011).

Existem dúvidas quanto a capacidade deste programa em desenvolver as tecnologias a ponto de reduzir os seus custos e torná-las competitivas. (...) No entanto, na segunda etapa, onde se prevê a expansão de longo prazo destas fontes, este sistema pode ser muito pouco eficaz e até mesmo vicioso, já que as empresas não terão motivações para melhorarem a sua eficiência e buscarem reduzir seus custos. (CAVALIERO; SILVA, 2002)

Quando em novembro de 2007 GWEC entrou em contato com a realidade eólica brasileira, pode constatar que os fatores de natureza político-energética e regulatória limitavam o desenvolvimento desta tecnologia, em contraposição do seu imenso potencial eólico. (GLOBAL WIND ENERGY CONCIL, 2011)

E, a partir dos leilões dos anos de 2009 e 2010, tem sido construído um discurso de que o setor tem se desenvolvido sem o apoio de políticas públicas, à margem da ação do governo, tal como Melo (2013) e Reichmann Neto e Nunes (2008). Este discurso se observa também nas narrativas que criticam os preços máximos de tarifas definidos pelo governo para os leilões em 2012.

O crescimento da energia eólica nos últimos anos, ocorrido a despeito da carência de incentivos, mostra o potencial do mercado. (MELO, 2013)

É notória a ausência de uma política de incentivo ao desenvolvimento da indústria nacional de equipamentos. (REICHMANN NETO; NUNES, 2008)

Narrativas sobre políticas públicas não apresentaram a mesma dinâmica de difusão entre atores sociais – academia e sociedade, e depois mercado e governo- observadas nos demais sistemas. Estas narrativas apresentaram também um descasamento de significados, quando observada a divergência de conteúdo das comunicações desenvolvidas pelos diferentes atores. Narrativas sobre políticas públicas não apresentam assim o mesmo componente de fixação observado nas narrativas sobre sustentabilidade e potencial de desenvolvimento da energia eólica.

As narrativas centram-se assim na necessidade de apoio ao crescimento ao setor, principalmente por meio de leilões regulares específicos para energia eólica. A tabela 12 abaixo o quantitativo de narrativas observadas no processo de análise de conteúdo que tratam de demandas por políticas públicas, e resume os discursos observados.

Tabela 12: Narrativas sobre políticas públicas – Fontes, referências e discursos observados

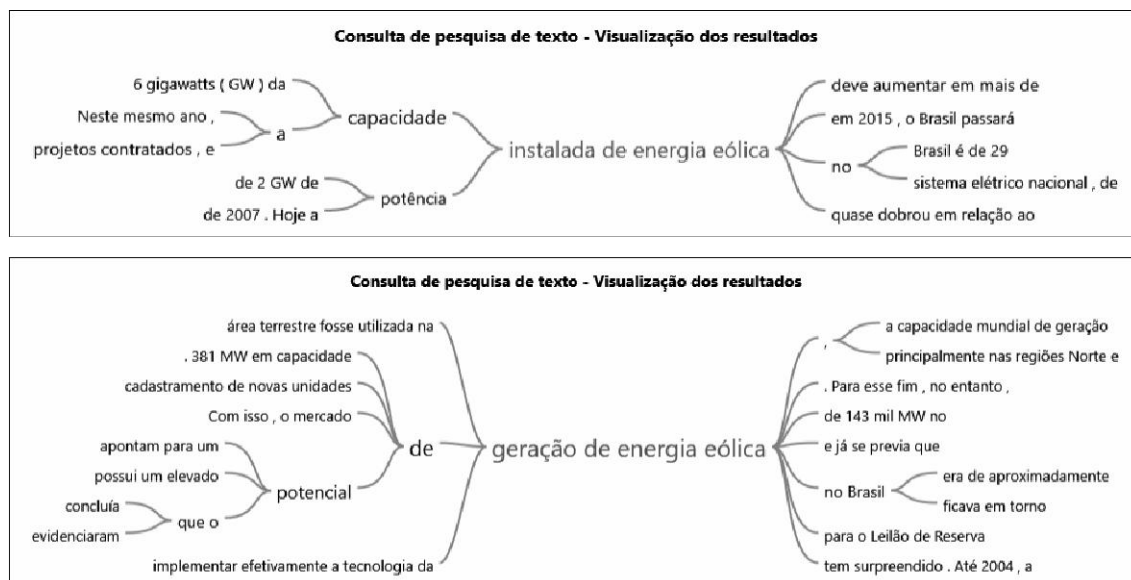
Dimensão	Quantidade de fontes	Referências observadas	Narrativas observadas
Diretrizes	4	4	Necessidade de políticas de incentivo no desenvolvimento de geração de energia eólica
Incentivo governamental	20	25	Necessidade de políticas de compra contínua e de preços mínimos

5.4. O DESEMPENHO DO NICHOS TECNOLÓGICO: CAPACIDADE INSTALADA, DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E COMPETITIVIDADE DE PREÇO

Tem sido observado um crescimento bastante expressivo no setor de energia eólica no Brasil, como apresentado na tabela 6. Ao final de 2014 estavam operando 254 parques geradores no mercado nacional, totalizando 6,39 GW de capacidade instalada. Em meados de 2016, a capacidade de produção de energia por fonte eólica atingiu 9,7 GW, com 390 usinas operacionais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2016), o que leva aos atores a falar sobre a consolidação da fonte eólica na matriz energética brasileira.

Narrativas sobre o crescimento da energia eólica no Brasil se centram tanto no crescimento da capacidade instalada, quanto no da geração de energia eólica. Capacidade instalada se refere à capacidade nominal dos parques de geração implementados, e à geração de energia efetivamente produzida nestes parques. Os mapas de palavras apresentados na figura 10 abaixo apresentam as conexões observadas para estas duas ideias, e mostram como as mesmas demonstram estar interconectadas nas narrativas observadas.

Figura 10: Mapa de palavras - Geração e capacidade instalada de energia eólica



Destaca-se o rápido processo de desenvolvimento destas narrativas. Observa-se a mudança significativa dos componentes presentes em um período de poucos anos. O desempenho recente do nicho tem sido sempre relatado como muito positivo; os diversos atores têm externado em suas narrativas recentes a relevância do crescimento recente da capacidade instalada, como pode ser observado em Melo (2012).

O ano 2012 foi marcado pela comemoração da inserção de 2 GW de potência instalada de energia eólica no sistema elétrico nacional, de forma que o Brasil encerra o ano de 2012 com 2,5 GW de potência eólica instalada e 2% de participação na matriz elétrica brasileira. (MELO, 2012).

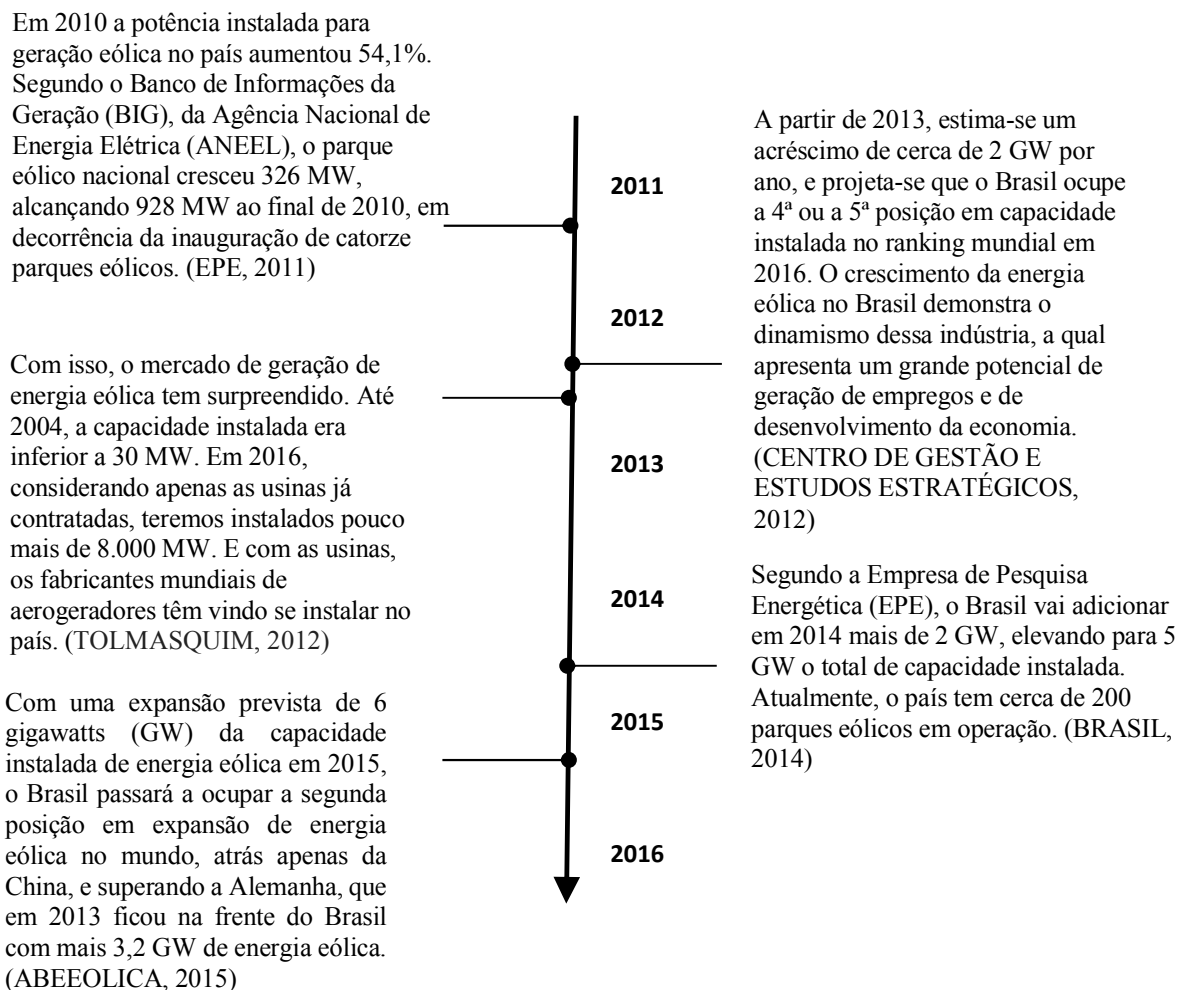
E o mercado brasileiro tem inclusive se tornado um dos focos principais do setor em nível mundial, como se observa em GLOBAL WIND ENERGY CONCIL (2014).

The 2014 Latin American market tripled in size compared with 2013 (...) Brazil led the market, at #4 in the world with nearly 2,500 MW installed last year, and moved into 10th place in the global cumulative rankings.(GLOBAL WIND ENERGY CONCIL, 2014).

Estas narrativas passaram de apresentar o parque de geração nacional como pequeno e pouco expressivo, a enfatizar o seu crescimento e capacidade de geração, inclusive em termos relativos internacionais. A modificação nos componentes do discurso se torna ainda mais relevante, especialmente quando comparado as narrativas anteriores na primeira metade da

década de 2000 que tratavam do crescimento futuro da geração. A figura 11 apresenta o desenvolvimento histórico de narrativas sobre a capacidade instalada do setor.

Figura 11: Linha do tempo - narrativas sobre capacidade instalada do setor



Tem sido observado também recentemente narrativas que questionam o desempenho do setor por conta de dificuldades observadas na conexão dos parques eólicos ao sistema interligado nacional. A falta de interligação resulta em uma ociosidade temporária por parte dos parques geradores eólicos, dada a incapacidade destes em escoar a energia produzida. Apesar do exposto, narrativas expressas pelo nicho minimizam os problemas observados, e

relatam estas dificuldades como resultado do próprio desempenho positivo do nicho, como pode ser observado em Grandes Construções (2016) abaixo.

“No Nordeste brasileiro, a falta de linhas de transmissão em três estados impediu, por vários meses, que a energia por usinas eólicas chegasse às casas de milhares de brasileiros.

(...)

Para Elbia Silva Gannoum, Presidente Executiva da Associação Brasileira de Energia Eólica -ABEEólica, o problema era resultado do descompasso entre os cronogramas das obras dos parques eólicos e das linhas de transmissão. “Esta situação, decorrente de um processo de crescimento rápido do setor eólico no Brasil, vem sendo solucionada, mas ainda restam 15 parques sem conexão, com capacidade de geração de 377,5 MW.” (GRANDES CONSTRUÇÕES, 2016).

Os custos de investimento e instalação associados à energia eólica, entendidos como elevados frente a outras fontes de energia, eram normalmente expressos nas diferentes narrativas como o principal limitante na expansão do parque de geração, como apresentado em EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2006) e AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2002) abaixo.

Espera-se, portanto, que a energia eólica venha a ser muito mais competitiva economicamente na próxima década. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2002)

No caso das centrais eólicas, deve-se reconhecer que o esforço de redução do custo de investimento ainda não deverá conferir competitividade econômica a essa alternativa. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2006).

Em oposição a este discurso existente no início do período, o preço médio da geração de energia por fonte eólica tem apresentado redução significativa no mercado brasileiro. Os preços médios contratados passaram de R\$ 270,00/MWh em 2002, para R\$ 148,39/MWh em 2009, R\$ 130,86/MWh em 2010, e os leilões de 2011 e 2012 obtiveram patamares médios de preços em torno de R\$ 100,00/MWh (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014). A tabela 13 apresenta os valores obtidos para a energia eólica em cada leilão, em R\$/MWh e US\$/MWh.

Tabela 13: Evolução de preços energia eólica

ANO	Leilão	Preço Médio R\$/MWh	Preço Médio US\$/MWh
2002	PROINFRA	272,32	116,23
2009	LER	148,39	77,24
2010	LFA	130,86	71,04
2011	LER e A-3	99,54	59,43
2011	A-5	105,12	62,76
2012	A-5	91,25	44,97
2013	LER	110,51	54,30
2013	A-3	124,43	61,14
2013	A-5	119,03	58,49
2014	A-3	126,18	54,08
2014	LER	142,00	60,87
2014	A-5	135,50	68,08
2015	LFA	177,44	66,51
2015	A-3	179,88	67,29

Os agentes do nicho têm externado de forma bastante enfática esta redução de preço, afirmando inclusive que a geração eólica brasileira apresenta um custo significativamente competitivo em termos internacionais, como expresso em Nascimento et al. (2012) e Melo (2012).

Considerando a conjuntura de crise internacional, o Brasil tem sido o único locus de investimento para este setor, uma vez que Europa e EUA reduziram e, em alguns casos, cortaram seus investimentos em fontes renováveis subsidiadas. Esses fatores fazem com que a competição se torne ainda mais acirrada, de forma que os investidores, para ganhar mercado, tendem a aceitar uma remuneração menor para entrar no Brasil. (MELO, 2012)

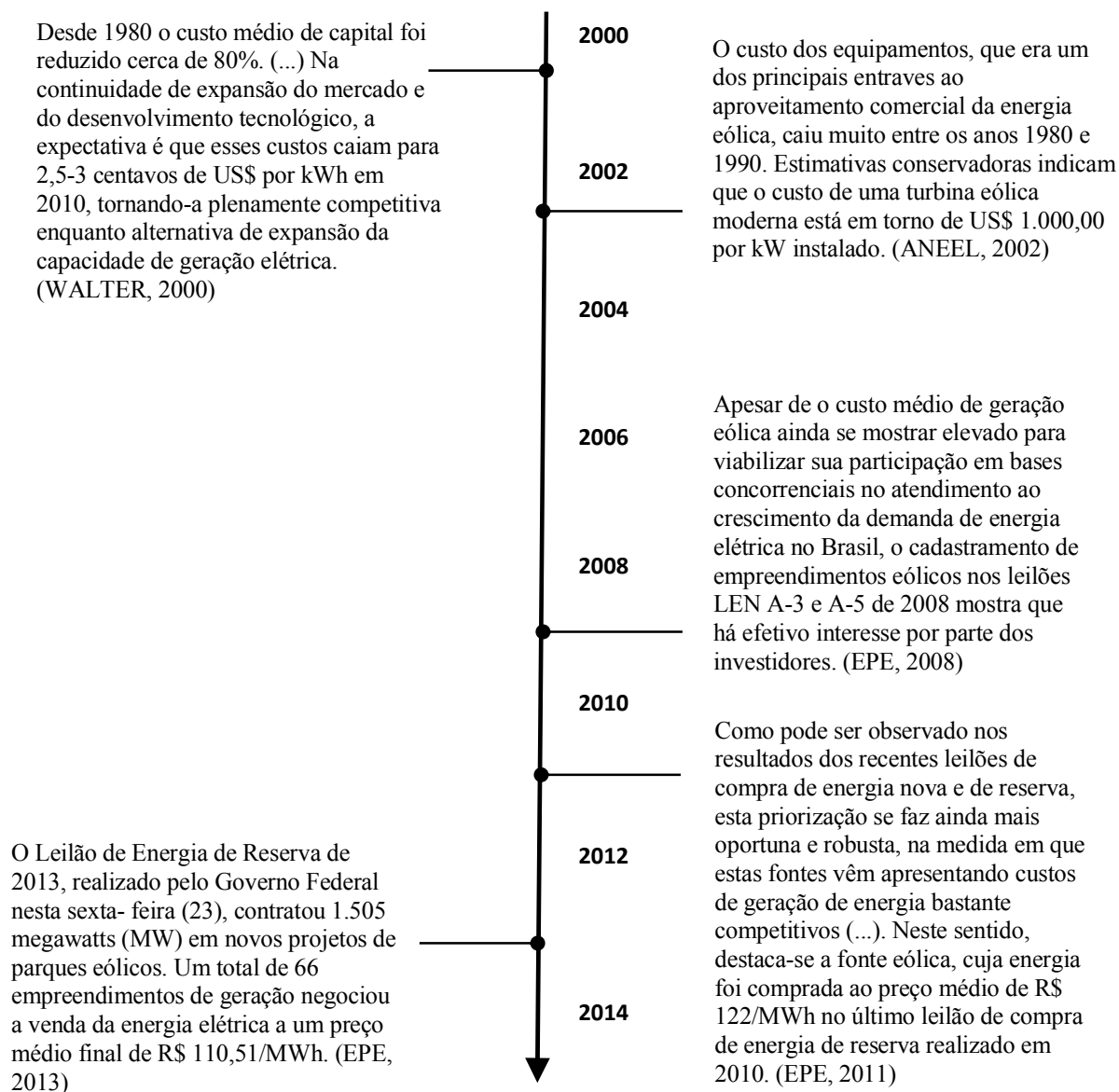
Em agosto de 2010 a Aneel realizou novo leilão para pequenas centrais hidroelétricas, biomassa e energia eólica e o resultado alcançado em termos de preços foi ainda mais satisfatório do que o leilão de 2009, alcançado o valor de R\$ 134,00/MWh para a contratação de 50 projetos com capacidade de produção de 1.519 MW, um dos mais competitivos do mundo, que deverão estar plenamente implementados nos 20 anos subsequentes e iniciar a entrega de energia a partir de janeiro de 2013. (NASCIMENTO et al., 2012)

Esta redução de preços é apresentada pelos diferentes atores sociais como um fator relevante do desenvolvimento do setor no Brasil, como em Empresa de Pesquisa Energética (2010).

Esta priorização se faz ainda mais oportuna e robusta, na medida em que estas fontes vêm apresentando custos de geração de energia bastante competitivos já no horizonte deste PDE. Um destaque neste sentido é a energia eólica que, contra todas as previsões do mercado, apresentou grande competitividade no último leilão de compra de energia de reserva. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2010)

A figura 12 apresenta o desenvolvimento histórico em termos da percepção de custos envolvidos com a geração de energia por meio da fonte eólica.

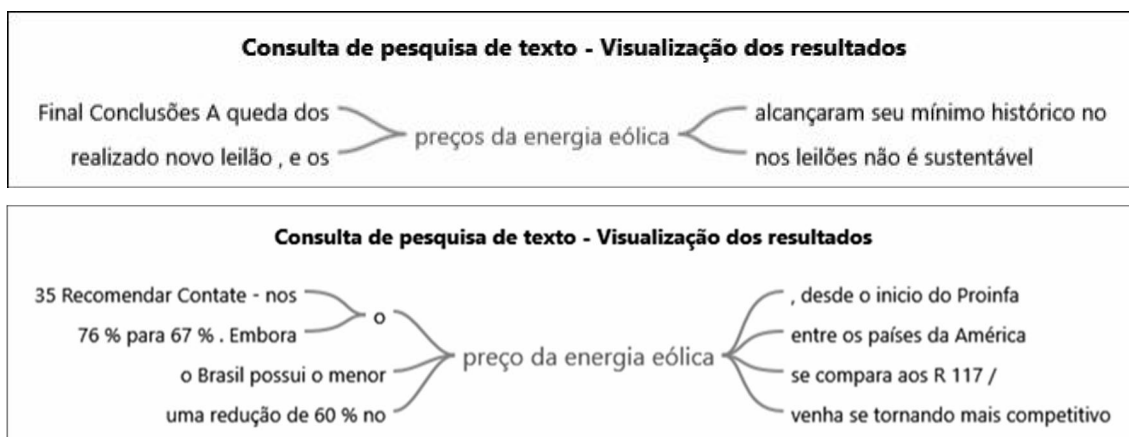
Figura 12: Linha do tempo - narrativas sobre preços e custos da energia eólica



O mapa de palavras apresentado na figura 12 mostra que as narrativas sobre o preço de energia eólica estão fortemente conectadas à ideia de redução. A observação destas conexões

reforça a compreensão de uma estrutura narrativa construída recentemente em torno de uma percepção de redução dos preços e custos da energia eólica.

Figura 13: Mapa de palavras: Preços de energia eólica



Os preços atingiram no leilão de 2012 patamares bastante baixos, entendidos pelo setor como não sustentáveis, como expresso em Gaylord (2013) e Canal Energia (2012).

O declínio contínuo dos preços nos leilões alimentados pelos preços baixos dos aerogeradores não é sustentável. No momento, a alta competição entre fabricantes de aerogeradores sustenta esta situação, mas, no futuro, a indústria terá que reduzir custos para garantir lucros aos fabricantes, a fim de que a energia eólica seja rentável e viável no Brasil. (GAYLORD, 2013)

A Associação Brasileira de Energia Eólica está perplexa com o resultado do leilão A-5, que aconteceu nesta sexta-feira, 14 de dezembro. Segundo Élbina Melo, presidente-executiva da ABEEólica há uma surpresa muito grande no que diz respeito a quantidade de energia contratada - apenas 574 MW entre hídricas e eólicas - e, principalmente, com os preços praticados pelas eólicas, em média de R\$ 87,94/MWh - o menor valor registrado até o momento para a fonte.

Segundo Élbina, esse preço não pode ser considerado como um indicador porque não reflete os custos da energia eólica. "Esse preço não pode de forma alguma ser confundido com o custo de produção. Esse preço não remunera a indústria de energia eólica e é bastante perigoso". (CANAL ENERGIA, 2012)

Os preços observados nos leilões seguintes foram superiores, como os preços obtidos no leilão de 2013, e notadamente em 2014 e 2015, conforme observado na tabela 13, o que poderia indicar uma coordenação entre agentes do nicho. Igualmente, este movimento de modificação de preços mínimos após o desenvolvimento de um conjunto de narrativas pelo

setor pode indicar a difusão e fixação de narrativas produzidas pelo nicho no campo, como proposto em Pesch (2015).

O movimento de modificação de preços pode ser entendido como uma evidência da agência do nicho sobre este campo. Este movimento leva a compreensão da existência de interação entre resultados observados do nicho e a construção de expectativas sobre o seu desenvolvimento. No momento em que o nicho constatou que se estava agindo baseado em expectativas ilusórias, houve um movimento de realinhamento de expectativas, e os preços apresentaram crescimento. Apesar deste aumento observado em leilões mais recentes, narrativas dos atores permanecem apresentando a redução de preços como um fator relevante no processo de desenvolvimento do nicho no Brasil. Vale ressaltar que este movimento de aumento de preços em leilões recentes foi muito menos significativo se considerados os valores tomados em Dólares.

Narrativas dos atores creditam esta redução de preços a fatores diferentes. O governo aponta a redução na percepção de riscos e incerteza, fruto da implementação dos marcos legais pelas diferentes esferas de Governo envolvidas, bem como aumento de escala de produção, como discutido em EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2014c). Alguns atores creditam também a forte concorrência internacional e mesmo a prática de dumping, como discutido em Nascimento (2015).

Os atores do nicho e a academia relacionam a queda de preço principalmente ao desenvolvimento tecnológico e aprendizagem do nicho, como expresso em Melo (2013) e COSTA et al. (2009). Segundo estes, o processo de desenvolvimento tecnológico dos aerogeradores tem reduzido os custos de investimento, e melhorado o desempenho e confiabilidade dos sistemas.

A trajetória tecnológica, principal fator de competitividade dessa indústria (...) nos permitem uma vantagem comparativa única.

(...)

O valor inicial de R\$ 6 milhões por MW instalado (Proinfa) foi reduzido para R\$ 3,5 milhões por MW instalado nos projetos recentes. Tal redução se justifica em grande parte pela revolução tecnológica que a indústria sofreu nos últimos anos. (MELO, 2013)

O custo dos equipamentos e dos projetos eólicos, um dos principais entraves ao aproveitamento comercial da energia eólica, reduziu-se significativamente nos últimos anos e vem contribuindo para o aumento da instalação de capacidade eólica no mundo, e o uso de tecnologias mais modernas permite melhor aproveitamento do equipamento. (COSTA et al., 2009).

O desenvolvimento tecnológico tem sido relatado como o principal fator de competitividade na indústria. Desenvolvimentos incluem o aumento na altura média dos aerogeradores de 50 m para 100 m, bem como o aumento do diâmetro das pás e capacidade dos rotores, o que contribui fortemente para a redução no custo de implementação dos sistemas de energia eólica. Outros desenvolvimentos tecnológicos nos aerogeradores - em especial nos sistemas de transmissão, aerodinâmica, sistemas de controle e operação - têm também reduzido custos de investimento, e melhorado o desempenho e confiabilidade dos sistemas.

Estes desenvolvimentos foram introduzidos por atores específicos e têm sido rapidamente absorvidos pelos demais atores do nicho. O processo de desenvolvimento tecnológico tem se caracterizado por uma dinâmica de aprendizagem coletiva. Desenvolvimentos tecnológicos introduzidos internacionalmente têm sido internalizados recentemente no Brasil, principalmente por conta do desenvolvimento significativo do setor.

A percepção dos atores sobre o desenvolvimento da tecnologia empregada no setor também se alterou no período analisado, passando da narrativa sobre uma tecnologia madura, sem grandes desenvolvimentos a serem atingidos, à narrativa de setor no qual o desenvolvimento tecnológico é central, resultando na garantia da sua expansão e viabilidade. Esta transição pode ser observada no contraste entre percepções expressas em Romário (2006) e AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2013).

Tecnologia madura, energia eólica no Brasil é uma questão de escala. (ROMÁRIO, 2006)

Recentes desenvolvimentos tecnológicos têm reduzido custos e melhorado o desempenho e a confiabilidade dos equipamentos.

...

Em relação à tecnologia de aerogeradores, considera-se prioridade o desenvolvimento do rotor apropriado ao regime de ventos brasileiro e a criação de um modelo de aerogerador com melhor qualidade de energia gerada, considerando economia, melhor comportamento em situações de uma falha da rede, menos flutuações de potência e melhora na adaptação às condições operacionais da rede.

Diante do exposto, considera-se pertinente a criação de estímulos e a definição de diretrizes para o desenvolvimento de tecnologia de geração eólica de energia no âmbito de Projeto Estratégico de P&D. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013)

A tabela 14 apresenta as narrativas observadas na análise de conteúdo sobre a *performance* do nicho tecnológico, bem como os principais achados observados na análise.

Tabela 14: Narrativas sobre *performance* do nicho – Fontes, referências e discursos observados

Dimensão	Quantidade de fontes	Referências observadas	Narrativas observadas
Capacidade Instalada e Geração	12	18	Grande crescimento da capacidade instalada, acima do anteriormente previsto. Expectativas evoluíram ao longo do tempo, incorporando desempenho do setor;
Preços e custos de implantação	49	81	Queda significativa recente dos custos de implantação e preços de venda, acima do anteriormente previsto, tornando o setor competitivo; Redução de riscos associados ao setor; expectativas evoluíram ao longo do tempo, incorporando desempenho do setor;
Desenvolvimento tecnológico e aprendizagem	32	54	Desenvolvimento tecnológico e aprendizagem coletiva têm propiciado redução de custos e viabilidade do setor

5.5. A CONSTRUÇÃO DE EXPECTATIVAS: A EXPANSÃO FUTURA CONTRATADA E PREVISTA

No modelo conceitual adotado na presente pesquisa, expectativas desenvolvem-se a partir das narrativas sobre a tecnologia, sendo mediadas pelo desempenho observado, quando confrontadas com estas mesmas. As expectativas sobre o desenvolvimento do nicho de energia eólica se desdobram em narrativas sobre a expansão futura do parque de geração de energia. Esta expansão se apresenta tanto na energia já contratada para anos mais próximos, quanto à expansão planejada para anos mais distantes.

A partir de 2009, o governo passa a realizar leilões frequentes que incluem previsão de contratação para a fonte eólica. Entre 2009 e 2015 foram contratados por meio de leilão público 13,8 GW em novos projetos de geração de energia eólica, especialmente nos anos mais recentes, conforme apresentado na tabela 15 abaixo. Considerando os projetos contratados, a capacidade instalada da indústria nacional deve atingir 8,4 GW em 2017.

Tabela 15: Evolução dos leilões de energia eólica

Ano	Tipo de Leilão	Inscritos MW	Capacidade instalada contratada MW	Oferta média contratada MW	Nº de agentes contratados
2002	PROINFRA		1.422		53
2009	LER	13.000	1.805	753	71
2010	LFA	11.000	2.047	899	70
2011	LER e A-3	6.052	1.928	913	34
2011	A-5	7.500	978	487	37
2012	A-5	12.000	281	152	2
2013	LER	9.000	1.484	640	66
2013	A-3	10.460	867	380	39
2013	A-5	13.287	2.299	1.083	97
2014	A-3	7.000	547		21
2014	LER	15.356	762		31
2014	A-5	14.155	925		36
2015	LFA	3.931	90		3
2015	A-3	8.328	508		18
2015	LER	17.964	548		20

Fonte: Melo, 2013; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2015; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2013d; 2014d

LER: Leilão de energia de reserva
A-5: energia para entrega em 5 anos

LFA: Leilão de fonte alternativa
A-3: energia para entrega em 3 anos

Observa-se que continuamente são inscritos nos leilões uma quantidade de energia maior do que a contratada. A oferta inscrita para cada leilão tem se situado no patamar de mais de 10 GW. Um grande número de novos agentes tem se inscritos nos leilões, bem como agentes já em operação têm apresentado propostas de oferta de ampliação de capacidade. A planta em operação em Osório, Rio Grande do Sul, é um exemplo deste processo de crescimento de agentes do setor – Osório I iniciou a operação em 2006 com 150 MW de capacidade instalada, e as plantas de Osório II e III entraram em operação em 2009 com mais 150 MW.

A evolução das expectativas dos diferentes agentes tem reagido de forma bastante significativa frente ao desempenho que tem sido observado nos leilões, impactando as percepções inclusive do Governo quanto a viabilidade do nicho. A partir de 2013 observa-se mudança de patamar de contratação de energia eólica. O governo federal passa a adotar uma estratégia de contratação mais extensa de fontes alternativas, com ênfase nas fontes eólica e biomassa. Esta estratégia de ampliação de contratação está refletida na mudança de patamar

das expectativas para com o nicho. A tabela 16 abaixo apresenta a dinâmica das expectativas oficiais apresentadas pela EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA para o crescimento da energia eólica no Brasil.

Tabela 16: Evolução das expectativas de expansão da capacidade instalada (em MW)

Fonte	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022
EPE (2007)					1.500		2.020	
EPE (2008)	274	1423						
EPE (2010)		831	3.224	6.172	7.782	9.532	11.532	
EPE (2012)			1.805	6.561	10.780	13.063	15.063	17.463
EPE (2014c)				5.452	10.816	17.439	19.439	21.439

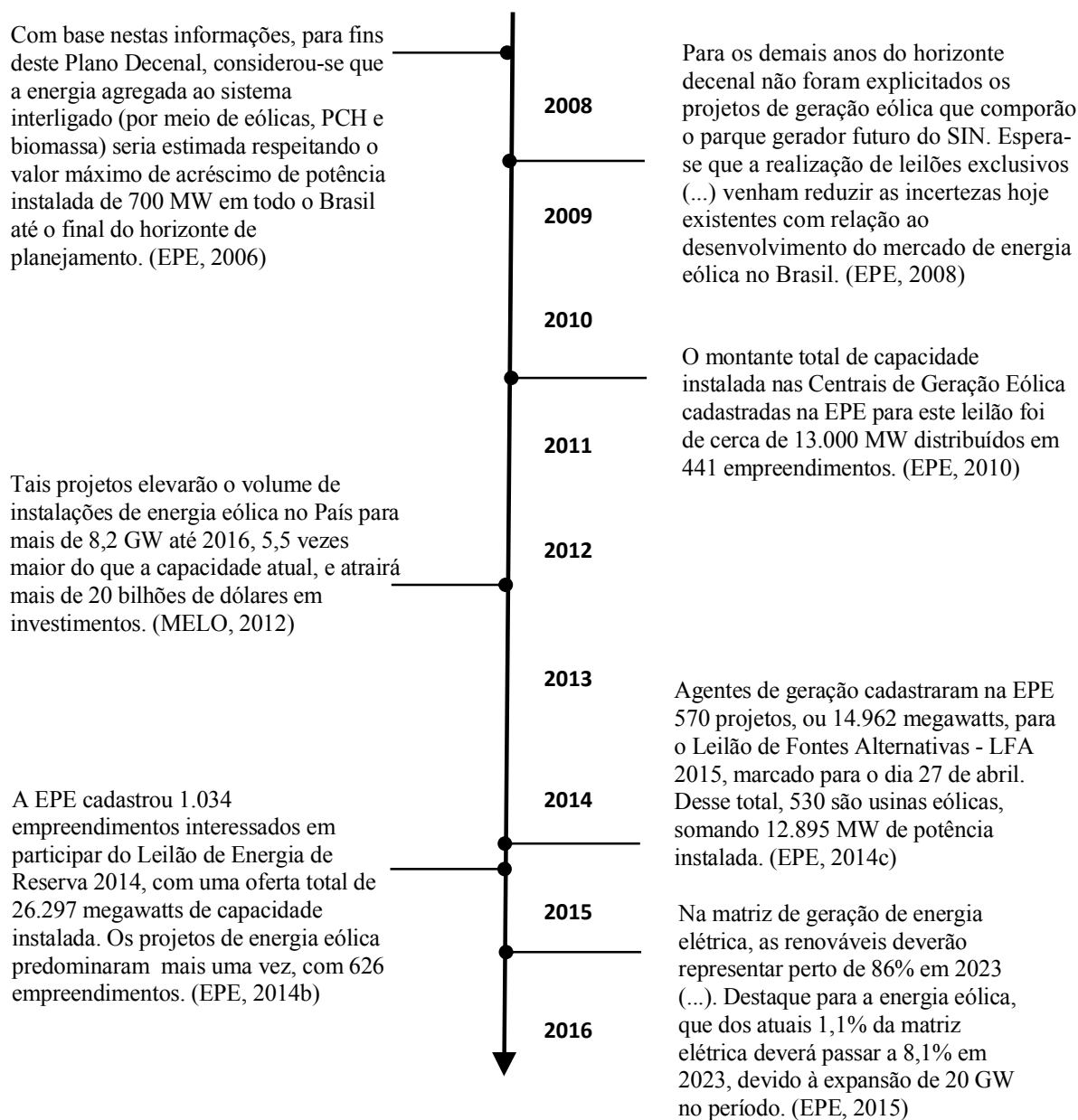
Como se pode observar, as expectativas vêm se tornando em anos recentes muito mais expressivas. Se em 2007, no plano nacional de energia, a EPE planejava uma capacidade instalada de 2.020 MW até 2020, em 2014 esta previsão cresceu para 21.439 MW; em sete anos houve um aumento de quase 10 vezes nas expectativas. Observa-se também a alteração da dimensão de planejamento. No planejamento de 2007 e 2008, a EPE fazia apenas previsões genéricas sobre o desenvolvimento da fonte. Já a partir de 2010, a EPE passou a planejar detalhadamente, em termos anuais, a expansão da fonte. Entre outros, esta observação representa o processo de fixação das narrativas sobre o potencial do nicho na sociedade.

As narrativas sobre a expansão planejada da capacidade instalada inicialmente se apoiavam quase que exclusivamente no aproveitamento do grande potencial eólico existente. Recentemente, principalmente a partir dos anos de 2009 e 2010, estas expectativas têm sido apresentadas em função de narrativas que externam o crescimento recente do parque de geração, a constituição localmente de uma cadeia produtiva, bem como os preços competitivos atingidos pela energia eólica. Tal crescimento de expectativas pode ser entendido como resultado do desempenho positivo que vem sendo obtido pelo nicho. A posição externada em GLOBAL WIND ENERGY CONCIL (2014) é um exemplo destas narrativas.

Brazil has a strong pipeline of up to 7,000 MW to be installed by 2016. (...) Brazil is one of the most promising onshore markets for wind energy, for at least the next five years. (...) This puts Brazil in an excellent position to be the regional leader in wind energy generation and development.(GLOBAL WIND ENERGY CONCIL, 2014)

Em especial, observa-se que as expectativas dos atores do nicho têm sido sempre mais elevadas do que a adotada oficialmente pelo governo. A figura 14 abaixo apresenta o desenvolvimento histórico de expectativas apresentadas observadas sobre o desenvolvimento do nicho de energia eólica.

Figura 14: Linha do tempo - expectativas sobre o desenvolvimento do nicho de energia eólica brasileiro



As figuras 15 e 16 apresentam nuvens de palavras obtidas a partir da análise de EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2008), primeiro plano decenal de energia consolidado, e EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2015).

documento de 2008 não havia citações sobre energias alternativas, ou energia eólica. Como um todo, foi observado na análise de conteúdo que o volume e quantidade de narrativas sobre o nicho se intensificaram de forma significativa em anos recentes. Estas palavras já aparecem de forma significativa na figura gerada a partir do documento de 2015.

Esta observação sugere uma dinâmica em que governo incorpora expectativas de desenvolvimento futuro como defendidas pelo nicho. Sociedade civil e a academia, por sua vez, têm replicado expectativas apresentadas pelo governo, sugerindo por um processo de transferência de narrativas entre os diferentes tipos de agentes.

O processo sugere também por uma significativa fixação das narrativas entre diferentes classes de atores sociais. O nicho seria hoje o principal agente a estabelecer expectativas sobre o seu desenvolvimento. O nicho tem atuado assim de forma política, apresentado de forma estruturada à sociedade e ao governo as suas demandas e visões de futuro. É notória a consistência de narrativas e expectativas entre os diferentes atores participantes do nicho.

Observa-se a criação de atores sociais correlatos, que têm buscado defender a legitimidade do nicho junto a sociedade. Entre estes, situa-se a criação da associação setorial com objetivo de defender os interesses do setor, a ABEEólica. E têm sido conduzidos eventos de classe e científicos relacionados ao setor com objetivo de aproximar a academia nacional e os agentes do nicho. Entre estes eventos, o mais significativo é o *Brazil Windpower*, evento anual específico, e que está na sétima edição. Mas também é relevante citar o ENASE - Encontro Nacional de Agentes do Setor Elétrico, o qual possui igualmente seções dedicadas a energia eólica.

Diferentes centros produtores de conhecimento nacionais têm demonstrado interesse recente sobre o tema, principalmente quando relacionado à sustentabilidade. Destaca-se entre estes a produção vinculada ao Programa de Planejamento Energético (PPE), da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e a produção do programa de Planejamento Energético da Universidade Federal de Campinas.

A tabela 17 abaixo apresenta as narrativas que estabeleciam expectativas futuras sobre o desenvolvimento do nicho observadas no processo de análise de conteúdo, bem como os principais achados observados.

Tabela 17: Narrativas sobre expectativas – Fontes e referências observadas e discursos observados

Dimensão	Quantidade de fontes	Referências observadas	Narrativas observadas
Expansão futura - contratada e prevista	47	119	Expectativas estabelecidas em termos de expansão futura do nicho; Narrativas tem se fixado na sociedade; Expectativas têm crescido ao longo do tempo, por conta dos resultados observados; Dinâmica de transição de expectativas do nicho para Academia, e para sociedade civil e Governo;

5.6. A CONSTRUÇÃO DO COMPROMISSO COM O NICHOS

Conforme já discutido, entende-se que o setor brasileiro de energia eólica se caracteriza como um nicho tecnológico em emergência. Como parte do processo de inserção da energia eólica se constituiu no Brasil um sistema setorial dedicado, o qual é usualmente referido como em franca expansão, como observado abaixo em Simas e Pacca (2013).

Entretanto, nos últimos anos, o setor de energia eólica experimentou um rápido aumento no número de projetos contratados, e a capacidade instalada de energia eólica deve aumentar em mais de 450% em apenas cinco anos. A indústria de aerogeradores também vem experimentando rápido aumento, e é esperado que a capacidade de produção aumente significativamente entre 2012 e 2013.

(...)

O rápido desenvolvimento do setor eólico brasileiro e a abertura de novas empresas e fábricas no território nacional trouxeram a necessidade da discussão dos efeitos sociais e econômicos, que o crescimento acelerado da energia eólica irá trazer à economia brasileira. (Simas, Pacca, 2013).

O setor de energia eólica brasileiro está estruturado em torno das empresas atuantes na área, especialmente parques geradores e fornecedores da cadeia de suprimento. Em 2011, o setor contava com cerca de de 13.500 pessoas diretamente empregadas. Mas também conta com diversos outros atores sociais correlatos, tais como Governo, instituições públicas e de classe, e a academia nacional (NASCIMENTO et al., 2012).

A industrialização da energia eólica no Brasil tem sido desenvolvida por meio de empresas internacionais. A maior parte dos parques geradores é constituído por empresas que são novos entrantes no mercado nacional, muitas delas já atuantes ou associadas com empresas do mercado internacional, que possibilitam a absorção de conhecimento ao mercado brasileiro.

O desenvolvimento da cadeia de suprimento ao nicho se deu de forma bastante rápida. Até 2008, havia apenas uma indústria fornecedora localmente instalada. Em 2016 treze empresas fabricantes de aerogeradores atuam no mercado nacional, sendo que oito delas por meio de fabricação local. Além dos parques geradores, desenvolveu-se uma cadeia de suprimentos de suporte à indústria, com mais de 40 empresas atuando no setor, e capacidade instalada de produção de 3.000 MW/ano. O índice de nacionalização da indústria é entendido como elevado, em torno de 70%, e tem conformado um nicho tecnológico local significativo, como expresso em EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (2006) e CGGE (2012).

Tal interesse pode ser evidenciado na instalação no país de firmas que, inicialmente, se voltavam para a construção das pás das turbinas, mas que hoje já desenvolveram infraestrutura e parcerias que viabilizam a manufatura com alto índice de nacionalização, tanto de matéria prima e como de mão de obra. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2006)

Se por um lado o país se apresenta como atraente mercado consumidor para fornecedores internacionais de máquinas e equipamentos eólicos, por outro tem a oportunidade de desenvolver internamente toda a cadeia produtiva da energia eólica, podendo vir a tornar-se autossuficiente e passar de importador a líder exportador de insumos para esse setor. (CGGE, 2012).

É relevante citar que grandes corporações industriais que atuam junto ao regime hidroelétrico vigente, como GE, Alston, WEG e Siemens, passaram a ingressar no nicho de geração de energia eólica no Brasil, como discutido em Alves (2010), e Lage e Processi (2013).

A importância do potencial eólico no Brasil tem despertado o interesse de vários fabricantes e representantes dos principais países envolvidos com energia eólica. (ALVES, 2010)

Os fabricantes de aerogeradores instalados no Brasil são, em sua maioria, empresas multinacionais que já dispõem de estrutura de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I) em suas matrizes. (LAGE; PROCESSI, 2013)

Estas observações em conjunto sugerem que o processo de entrada e criação de atores dedicados à geração de energia eólica no mercado Brasileiro representou, como um todo, um expressivo crescimento do compromisso dos atores sociais para com o nicho. A estrutura conceitual adotada nesta pesquisa, conforme o discutido na seção 2.9, avança a proposição de Turnheim e Geels (2012), adotando a dimensão do compromisso como explicativa para a constituição de um nicho sociotecnológico. Conforme discutido, entende-se que a existência de compromisso subentende necessariamente algum nível de ação do agente.

Esses compromisso e ação podem ser inferidos tanto pelo surgimento de atores dedicados exclusivamente ao nicho, quanto pela entrada no nicho de atores atuantes no regime

tecnológico vigente. Da mesma forma, este compromisso para com o nicho pode ser observado nas ações do governo, que vem mantendo leilões específicos dedicados à energia eólica, de forma contínua e consistente ao longo dos últimos anos; e ainda tem sinalizado pela manutenção do crescimento da participação da fonte eólica para os próximos anos.

A tabela 18 abaixo apresenta síntese das narrativas observadas que discutem o desenvolvimento de compromisso dos agentes para com o nicho tecnológico de energia eólica.

Tabela 18: Criação do compromisso com o nicho – fontes, referências e narrativas observadas

Dimensão	Quantidade de fontes	Referências observadas	Narrativas observadas
			Criação de novos atores dedicados ao nicho
			Entrada de atores internacionais no mercado brasileiro
Cadeia produtiva dedicada à energia eólica	22	44	Ingresso de atores dedicados ao regime vigente no nicho tecnológico

5.7. DISCUSSÃO: CARACTERIZAÇÃO DAS NARRATIVAS NO PROCESSO DE TRANSIÇÃO SOCIOTECNOLÓGICA SUSTENTÁVEL

Este capítulo teve como objetivo caracterizar os processos discursivos envolvidos em transições tecnológicas sustentáveis, entendendo estes como parte central da dinâmica de transição. No desenvolvimento desta análise, adotou-se como base o modelo conceitual de agência proposto na figura 4 a partir da revisão da literatura sobre transições tecnológicas. Esta proposição foi estudada na implementação no Brasil de um extenso parque de geração de energia eólica, o qual se entende representa uma transição sociotecnológica em andamento. A tabela 19 apresenta síntese e consolidação dos achados observados nesta fase de pesquisa qualitativa nas diferentes dimensões de análise propostas no modelo conceitual de base.

Tabela 19: Síntese, dimensões de análise e achados observadas empiricamente

Dimensão	Referências na Literatura	Observado empiricamente
Narrativas	Pesch (2015) Smith e Raven (2012) Hermwille (2016)	Desenvolvimento de um extenso sistema de narrativas de apoio ao nicho tecnológico Narrativas desenvolvidas inicialmente pelo nicho e academia, e depois incorporadas pelos demais atores Crescimento recente de volume de narrativas Narrativas desenvolvidas em termos de: <ul style="list-style-type: none"> • Defesa de grande potencial de geração eólica no Brasil • Demanda por sustentabilidade ambiental e social na geração de energia elétrica • Defesa da sustentabilidade da energia eólica • Demanda por apoio e políticas públicas • Desempenho do nicho
Fixação de Narrativas	Pesch (2015)	Agentes absorvem e replicam narrativas, resultado de um processo de fixação destas narrativas na sociedade Processos narrativos têm apresentado relevante fixação social Narrativas são transferidas entre atores sociais: entre academia e nicho, e do nicho para governo e sociedade
Desempenho e aprendizagem	Borup et al. (2006) Arrow (1962) Argote et al. (1990) Atkeson e Kehoe (2007)	Observadas narrativas que expressam o desempenho do nicho: <ul style="list-style-type: none"> • Narrativas sobre crescimento significativo da capacidade instalada • Narrativas sobre queda significativa de preços, por conta de processo de desenvolvimento tecnológico e aprendizagem Internalização de tecnologia internacional
Expectativas	Rosenberg (1976) Brown e Michael (2003) Borup et al. (2006)	Expressas por meio de expectativas de capacidade instalada futura Expectativas têm crescido por conta do desempenho do setor
Compromisso	Gells (2012) Turnheim e Geels (2012)	Criação de sistema setorial e cadeia produtiva dedicados à geração de energia eólica

A fase qualitativa de pesquisa foi conduzida pelo objetivo de caracterizar as narrativas desenvolvidas pelo nicho de energia eólica brasileiro no processo de transição sociotecnológica. A principal conclusão desta fase de pesquisa é a observação de que efetivamente pode se identificar o desenvolvimento de um extenso sistema de narrativas de apoio ao nicho tecnológico. Este processo se deu através de uma dinâmica de apresentação de um problema a sociedade, aliada à defesa de uma solução para este problema.

Narrativas são apresentadas em termos da existência de um grande potencial de geração eólica no Brasil, principalmente nas regiões nordeste e sul. Já narrativas de desafio ao regime vigente se situam em uma compreensão da necessidade de uma maior sustentabilidade na geração de energia elétrica. A energia eólica é apresentada como uma fonte renovável, de baixo impacto social e ambiental, cuja sustentabilidade é tida como dada pelos atores sociais. E, da mesma forma, foram observadas narrativas que se constituem em demandas por apoio de políticas públicas.

Da mesma forma, pode se entender pela construção de um significativo processo discursivo social sobre a capacidade futura do nicho. Estas narrativas emergem de atores ligados ao nicho, mas acabam se disseminando; observa-se a replicação destas por diferentes atores sociais. Narrativas têm sido incorporadas pelos atores do regime, bem como governo e diversos atores do cenário, academia e sociedade civil. Este processo de difusão de narrativas resulta da fixação do processo discursivo na sociedade, e representa a consolidação do campo.

Foram observadas também extensas narrativas que expressam o desempenho recente do nicho, apresentadas principalmente em termos do crescimento da capacidade instalada no Brasil, bem como a queda de preços do setor. Esta redução de preços e custos tem sido creditada ao processo de desenvolvimento tecnológico e aprendizagem do setor. Entende-se que a estrutura discursiva, mediada pela dinâmica do desempenho de desenvolvimento em termos de preços e capacidade instalada, constituíram expectativas positivas sobre o desenvolvimento futuro do nicho por parte dos atores sociais. Expectativas foram expressas principalmente por meio de narrativas sobre capacidade instalada futura do nicho. Estas expectativas evoluíram ao longo do tempo, tornando-se mais expressivas em momentos recentes.

Expectativas, por sua vez, atuaram na construção do compromisso dos atores sociais para com o nicho, representando uma dinâmica de fixação significativa de narrativas na sociedade. Este ambiente favorável traduziu-se no desenvolvimento de políticas públicas de suporte ao nicho, bem como na atração de diversos novos atores para ele. O compromisso dos atores representou assim a criação de sistema setorial no Brasil dedicado à energia eólica.

Observou-se assim uma dinâmica contínua de produção de narrativas no processo de desenvolvimento do nicho de energia eólica. Expectativas, percepção de desempenho do nicho, e compromisso para com este, foram igualmente apresentadas em termos de narrativas socialmente produzidas. Esta percepção de grande potencial e de desempenho relevante do

nicho levou à construção de um consenso em torno da viabilidade e interesse social da tecnologia de produção de energia eólica.

A caracterização de narrativas e dinâmicas discursivas do nicho observadas na fase qualitativa de pesquisa foi adotada como subsídio para o desenvolvimento do processo de modelagem computacional. Foi relevante para o processo de modelagem a compreensão de que atores sociais desenvolvem o processo discursivo de defesa do nicho com base em narrativas sobre o potencial eólico, bem como expectativas sobre o desenvolvimento do nicho são expressas principalmente em termos de capacidade instalada futura. O processo de modelagem está discutido no capítulo 6 a seguir.

6. MODELAGEM COMPUTACIONAL

Este capítulo trata do modelo computacional desenvolvido na etapa de pesquisa quantitativa, conforme terceiro objetivo específico proposto para esta pesquisa. A perspectiva multinível e a estrutura conceitual proposta em 2.9 foram adotadas como base conceitual primária para o desenvolvimento do modelo computacional. O modelo computacional proposto busca emular as características do processo de transição entre regimes sociotecnológicos, e desenvolvimento de um nicho tecnológico sustentável.

Para tal, no capítulo 5 da presente pesquisa analisou-se o desenvolvimento do setor de energia eólica no Brasil. A fase de pesquisa qualitativa teve como objetivo identificar e caracterizar as narrativas desenvolvidas pelos diferentes atores na transição. Esta caracterização foi adotada como estrutura de base para o desenvolvimento dos conceitos adotados no processo de modelagem e simulação. Na modelagem, foi utilizada da compreensão desenvolvida na fase qualitativa de pesquisa de que:

- (i) Atores sociais desenvolveram um amplo processo discursivo, baseado em um sistema de narrativas sobre o nicho;
- (ii) Agentes absorveram e replicam narrativas, indicando a existência de uma dinâmica de fixação destas narrativas no campo discursivo;
- (iii) Processo discursivo de defesa do nicho foi desenvolvido com base em narrativas sobre o potencial eólico existente no Brasil;
- (iv) Expectativas sobre o desenvolvimento do nicho foram expressas principalmente em termos de capacidade instalada futura;
- (v) Narrativas sobre o desempenho do nicho são desenvolvidas em termos dos resultados obtidos em aumento da capacidade instalada, e preços ofertados pelo nicho;

O modelo computacional caracteriza-se como um sistema multiagente (MAS), conforme discutido na seção 3.3; a caracterização formal do modelo proposto e o processo de simulação adotados são discutidos na próxima seção. O modelo computacional busca explorar a capacidade de agência dos atores sociais do nicho por meio do processo discursivo observado na fase qualitativa de pesquisa, a partir do teste das hipóteses de trabalho propostas em 2.9. A seção 6.2 apresenta a forma de expressão de resultados e os procedimentos adotados de validação do modelo. Os conceitos adotados para o teste de cada uma das hipóteses estão discutidos na seção 6.3.

6.1. O MODELO COMPUTACIONAL

Conforme o disposto em Epstein e Axtell (1996) e Sawyer (2003), esta seção desenvolve (i) as especificações do ambiente, (ii) o modelo de comportamento dos agentes, bem como seus (iii) objetivos, e apresenta também os (iv) modelos de interação agente/agente, agente/ambiente e ambiente/ambiente. O código do sistema multiagente está apresentado de forma sintética no Anexo I. O sistema multiagente desenvolvido para esta pesquisa encontra-se disponível para consulta e teste em <http://www.netlogo.org>.

Como discutido em 3.3, a modelagem proposta nesta pesquisa foi desenvolvida tendo como ponto de partida os modelos propostos em Bergman et al. (2007; 2008) e Köhler et al. (2009), bem como nos trabalhos de Safarzyńska e Van Den Bergh (2010a, 2010b, 2011, também Safarzyńska et al. 2012), e modelos desenvolvidos em Kasmire et al. (2013), Zhang et al. (2011), Balaji e Srinivasan (2010), e Twomey e Cadman (2002).

O modelo desenvolvido nesta pesquisa tem como objetivo estudar a função de agência no processo de transição, e explora as funções de expectativas e narrativas - dimensões que não são tratadas em Bergman et al. (2007; 2008), Safarzyńska e Van Den Bergh (2010a, 2010b, 2011) e Köhler et al. (2009). Propõe-se também no presente estudo uma modelagem que adota uma abordagem com base em um grupo de agentes autônomos e fragmentados, tanto ao nível do nicho, quanto ao nível de regime e cenário, diferentemente da adotada em Bergman

et al. (2007, 2008) e Köhler et al. (2009). Deste modo, busca-se simular de forma mais fiel o processo de transição do suporte ao regime, para uma situação de suporte ao nicho.

O ambiente de simulação desenvolvido emula três níveis conceituais de agentes, cada nível composto por agentes atuantes, diferentes entre si em termos de funções e objetivos. O nível conceitual de cenário foi modelado e composto por agentes a , que representam a opinião pública e os diversos grupos e atores sociais atuantes ao nível do cenário.

Os níveis conceituais de regime e nicho são compostos de agentes de dois tipos, agentes p do nicho e agentes f do regime; agentes p e f emulam as ações dos atores sociais geradores de energia elétrica. O regime também será composto por um comprador C , único, que emulará a função de comprador primário atualmente desempenhada pelo governo.

A função objetivo U dos agentes do nicho é de aumentar a sua quantidade produzida, bem como a quantidade produzida do nicho, considerando o preço de venda.

$$U_p = \max \sum_{i=1}^p (Q_{p t})$$

Sendo que:

$$Q_{p t} = f (Of_{p t} P_{p t})$$

Onde $Q_{p t}$ é a quantidade efetivamente produzida e vendida pelos agentes do nicho p , e é função da oferta Of e do preço P do agente p no tempo t . Escolheu-se por adotar como função objetivo dos agentes a quantidade produzida, em detrimento da utilização de uma métrica tal como o lucro do agente ou do nicho, por ser este um dado observável empiricamente, de forma individualizada e agregada, no nicho. Da mesma forma, a opção pela dimensão de quantidade produzida se deve por esta ser questão central explorada nas narrativas desenvolvidas pelos agentes do nicho, conforme observado na fase qualitativa de pesquisa.

A oferta dos agentes p do nicho representa a capacidade disponível que cada agente possui para venda. Cada agente p pode vender no máximo a sua capacidade ofertada naquele momento. A oferta inicial conjunta do nicho é de pequena quantidade, e tende a crescer ao longo do tempo. Assim:

$$Of_{p t} > Q_{p t} \quad e$$

$$\sum_{i=1}^p (Of_{p t+n}) > \sum_{i=1}^p (Of_{p t})$$

Em que $Of_{p t}$ representa a oferta do agente p do nicho no tempo t , e $\sum_{i=1}^p (Of_{p t})$ representa a oferta total do nicho no tempo t . Agentes do nicho p aumentam a quantidade vendida influenciando ações do comprador, bem como dos demais atores do cenário e nicho. Conforme o modelo conceitual proposto na presente pesquisa, **esta influência no processo dos agentes por meio de narrativas constitui-se na função de agência no processo de transição sociotecnológica**. A adoção de um modelo de agência distribuída pressupõe a incapacidade de um ator social específico, notadamente o ator comprador, ou mesmo o pesquisador responsável pela simulação, de desempenhar de forma isolada a função de agência no processo.

Neste modelo adotou-se como pressuposto que a agência está distribuída de modo uniforme entre agentes, ou seja, não há agente mais influente, ou que detenha maior poder de agência. Da mesma forma, neste modelo, agentes do nicho p não são modelados com comportamentos ditos estratégicos - ou seja, não decidem adotar uma ação como forma de embuste ou dissimulação, dentro de uma estratégia mais ampla de ação. Tal se dá porque o foco do modelo em teste está nas dinâmicas de interação entre agentes, e não na dinâmica de ação individual dos agentes. As regras de decisão dos agentes individuais foram assim mantidas o mais simples possível.

O modelo multiagente foi desenhado representando um processo de desenvolvimento temporal, por meio de intervalos de semana em semana, a uma proporção de 3 passos para cada semana. A cada passo, agentes do nicho (i) buscam estabelecer conexões com outros agentes, de forma aleatória e considerando as restrições definidas para a simulação. Agentes do cenário também podem estabelecer conexões com outros agentes. Estas conexões representam o processo de narrativas e pressões proposto no modelo conceitual.

Agentes do nicho atuam por meio de narrativas direcionadas principalmente aos agentes do cenário, mas também direcionadas aos demais agentes do nicho e regime. Conforme discutido no desenvolvimento conceitual, narrativas podem ser entendidas como

comunicações sociais que descrevem um problema, definem suas consequências ou sugerem possíveis soluções para este problema (HERMWILLE, 2016).

O modelo proposto adota a concepção da narrativa como uma comunicação entre dois agentes, na qual um agente apresenta ao outro a sua expectativa de futuro. Adotou-se neste modelo uma ideia de comunicação diádica, comunicação construída diretamente sempre entre pares de agentes. Esta forma de comunicação direta entre agentes se opõe a uma ideia de comunicação pública, onde a comunicação é apresentada a todos os agentes do sistema indistintamente - por meio de um painel de comunicação, ou *dashboard*. O modelo de comunicação direta entre agentes foi adotado pelo entendimento de este melhor representar a concepção de narrativas por meio de redes de relacionamento. Da mesma forma, a concepção de comunicação didática torna mais fácil o processo de modelagem como um todo, principalmente em termos da reação dos agentes à comunicação que foi apresentada.

Narrativas são apresentadas assim pelos agentes em termos de expectativas de quantidade futura e preço futuro da oferta do nicho. Temos assim:

$$N_t = \sum_{i=0}^p (Of_{p\ t+n}) (P_{p\ t+n})$$

tal que

$$\sum_{i=0}^p (Of_{p\ t+n}) > \sum_{i=0}^p (Of_{p\ t}) \quad e \quad P_{p\ t+n} > P_{p\ t}$$

Onde N_t representa as narrativas efetuadas no tempo t , $\sum_{i=0}^p (Of_{p\ t+n})$ representa a expectativa de oferta futura no tempo $t+n$, $P_{p\ t}$ representa o preço no tempo t , e $P_{p\ t+n}$ representa a expectativa de preço futuro no tempo $t+n$. Por sua vez, agentes do cenário atuam por meio de pressões exercidas sobre o comprador C , bem como sobre os demais agentes do cenário, e sobre agentes do nicho e regime.

Agentes a do cenário, bem como agentes p do nicho e f do regime, atuam conforme suas expectativas, e ajustam estas expectativas individualmente como função das narrativas exercidas pelo nicho; narrativas positivas geram expectativas positivas, e narrativas negativas, expectativas negativas. Quanto maior o volume de narrativas apresentadas pelo nicho, maior a capacidade de influência destas sobre os agentes, sejam estas narrativas positivas ou negativas.

Com base na ideia de fixação de narrativas discutida em Pesch (2015), propomos que agentes apresentem também uma fixação de narrativas específica Fx , e ajustem individualmente suas expectativas conforme a sensibilidade a esta dimensão de fixação. Agentes p e f são heterogêneos entre si em termos do seu grau inicial de expectativas quanto ao desenvolvimento do nicho, bem como da sua fixação Fx às expectativas. Agentes do nicho também são heterogêneos em termos do porte da sua oferta Q_p . O processo de transferência agente a agente de expectativas aqui proposto busca replicar o conceito de contágio, como desenvolvido em Vespignani (2012). A variável fixação Fx representa assim a suscetibilidade do agente ao estado do agente que apresenta a narrativa; e é dada pela probabilidade de transferência do estado entre agentes.

Da mesma forma, agentes ajustam as suas expectativas como função do desempenho geral observado do sistema: *performances* abaixo das expectativas existentes resultam em redução de expectativas futuras, *performances* acima das expectativas resultam em crescimento de expectativas futuras. Assim, expectativas E_p no tempo t podem ser expressas em termos de:

$$E_{p t} = \left(\sum_{i=1}^p N_{p t-1} Fx_p + E_{p t-1} \right) \left(\frac{D_t}{E_{p t-n}} \right)$$

$N_{p t-1}$ representando as narrativas observadas pelo agente p no tempo $t-1$, D_t representando o desempenho geral do sistema no tempo t , $E_{p t-1}$ a expectativa no tempo $t-1$, e Fx a fixação de narrativas de cada um dos agentes. $E_{p t-n}$ por sua vez representa a expectativa existente no tempo passado $t-n$, dimensão temporal de ajuste entre expectativas e desempenho observado. Por sua vez, agentes ajustam o seu compromisso para com o nicho de acordo com as suas expectativas E para com o desenvolvimento do nicho, ou seja:

$$Com_{p t} = f(E_{p t-1})$$

Onde $Com_{p t}$ representa o compromisso do agente p no tempo t . A cada passo, agentes (ii) atualizam suas expectativas e compromisso conforme as interações estabelecidas no passo anterior.

Neste modelo, de forma a emular o observado empiricamente, adotou-se a concepção de que a oferta cresce à medida que novos agentes entram no nicho e se tornam comprometidos

com este. Novos agentes tendem a ser atraídos para o nicho quando as expectativas de quantidade de oferta futura do nicho e de demanda de mercado, compartilhadas por agentes do cenário e do nicho, situam-se acima da oferta atualmente existente.

Da mesma forma, narrativas são exercidas por agentes do nicho p que apresentam certo grau de compromisso com o nicho. Quanto maior o compromisso e porte do agente, maior a sua tendência a gerar narrativas. Assim:

$$\sum_{i=1}^p N_{et} = f(Com_{t-1})$$

Onde $\sum_{i=1}^p N_{et}$ representa o somatório de narrativas apresentadas pelo agente do nicho p no tempo t . Expectativas positivas sobre o nicho geram mais pressão favorável ao nicho; expectativas positivas mais disseminadas entre os agentes do cenário resultam em maior número de pressões sendo exercidas.

O desempenho do sistema é expresso em termos de preços e quantidades ofertadas atuais. Não é interesse dos agentes do nicho desenvolver narrativas que não venham a ser observadas na realidade.

$$D_t = \sum_{i=0}^p (Of_{pt}) (P_{pt})$$

A cada passo, o desempenho do sistema é atualizado, e os agentes (iii) atualizam suas expectativas e compromisso conforme o desempenho observado do sistema. A função do comprador é prover a quantidade demandada pelos agentes atuantes no cenário. O comprador deverá escolher quanto irá comprar de ofertas caracterizadas como do nicho, em rodadas de compras sucessivas. O agente do nicho p irá vender sempre e exclusivamente para o agente comprador C .

Pressões exercidas pelos agentes a do cenário sobre o comprador C fazem com que este (iv) crie demanda para a oferta do nicho; quanto maior a pressão exercida pelos agentes do cenário, maior a demanda de mercado. A cada passo é atualizada a demanda de mercado. Considerando a realidade empírica do mercado modelado, entende-se que novos agentes são atraídos para o nicho caso as expectativas de demanda futura de mercado sejam maiores do que a oferta existente.

O processo de compra busca emular as condições observadas no nicho de energia eólica, conforme descrito no capítulo 5. A compra ocorre em momentos situados de forma aleatória, conforme a demanda de mercado, com uma média de 2 a 3 vezes por ano. A compra se dá por meio de um processo de leilão simples, onde os agentes do nicho (v) apresentam ofertas, e o comprador (vi) adquire as ofertas apresentadas. Agentes p do nicho apresentam ofertas caso a sua expectativa futura para o nicho for maior do que o mercado atual.

Ao exercer a função de compra, o comprador deve considerar as quantidades e preços ofertados pelos produtores p . Até atingir esta demanda de mercado, o comprador irá aceitar a oferta apresentada pelo nicho, dando preferência pelas de menor preço. A função objetivo do comprador é:

$$U_c = \min \sum_{i=1}^p (P_{p t} Q_p)$$

restrito à

$$\sum_{i=1}^p (Q_{p t}) > Qd_p$$

Onde Qd_p representa a demanda para oferta do nicho. A função de demanda é resultado das expectativas dos agentes a do cenário no tempo t , e é expressa por:

$$Qd_t = f \left(\sum_{i=1}^a E_{a t} \right)$$

E restrito à

$$\sum_{i=1}^p Q_{p t} < \sum_{i=1}^p Of_{p t}$$

Onde $\sum_{i=1}^a E_{a t}$ representa o somatório de expectativas dos agentes do cenário a no tempo t , $\sum_{i=1}^p Q_{p t}$ representa a compra total efetuada pelo comprador até o tempo t , e o somatório de ofertas dos agentes p até o tempo t é representado por $\sum_{i=1}^p Of_{p t}$. Agentes do nicho irão apresentar ofertas para o comprador C conforme seu compromisso para com o nicho; a ação do agente pressupõe a existência de compromisso para com o nicho. Assim:

$$Of_{p t} = f (Com_{p t})$$

Seguindo o proposto em Argote et al. (1990), bem como em Bahk e Gort (1993) e Atkeson e Kehoe (2007), o processo de aprendizagem está representado no modelo por meio de redução do preço da oferta do nicho como resultado da quantidade produzida acumulada pelo nicho como um todo. Considera-se explicitamente assim que existe transferência de aprendizagem entre agentes do nicho. Esta redução de preço se dá por um determinado fator constante que incide a cada vez que a produção acumulada dobra. Na medida em que o comprador decide por uma maior quantidade de compra do nicho, o preço possível da oferta por este tenderá a reduzir.

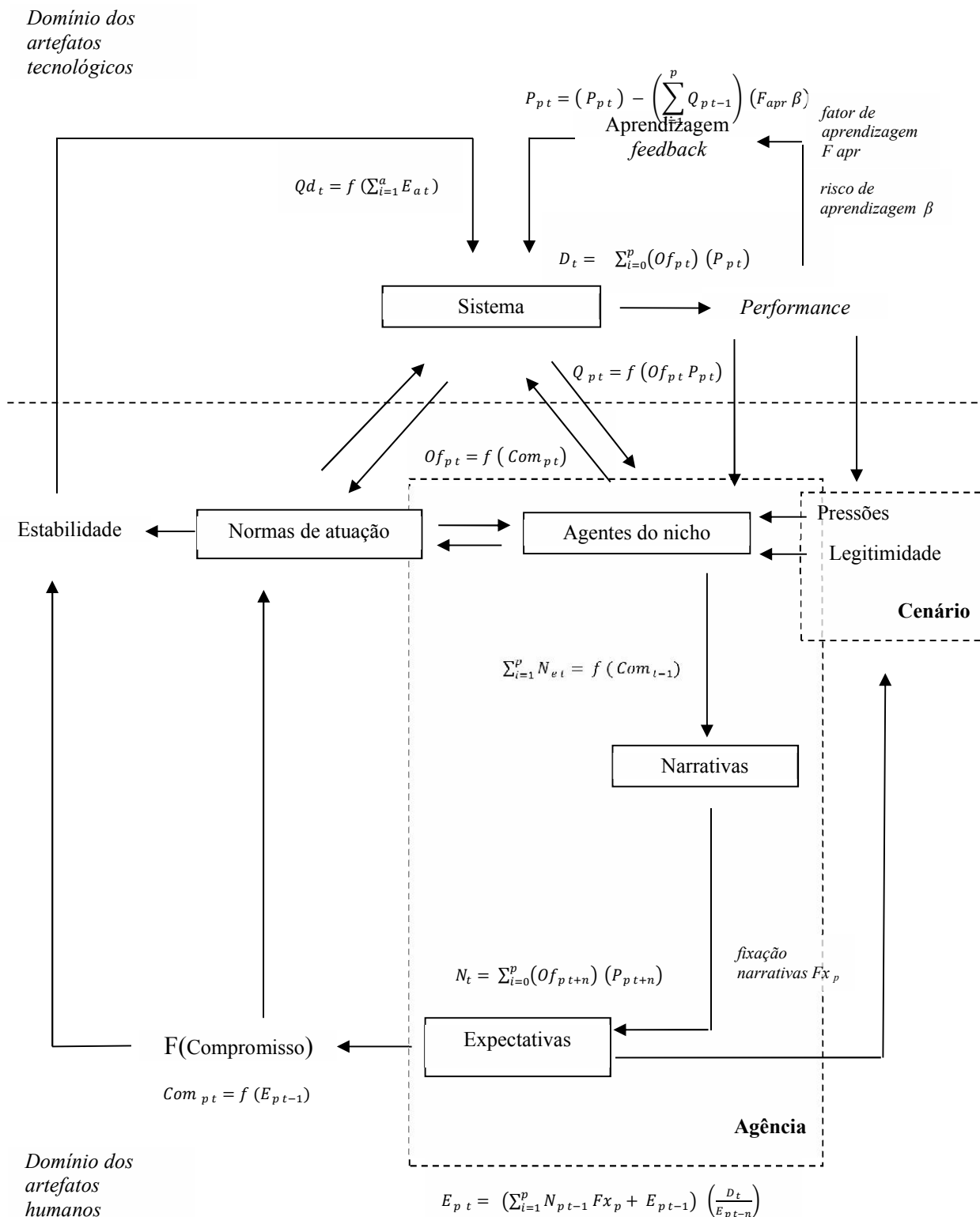
Conforme Ma et al. (2009), como todo processo de desenvolvimento tecnológico apresenta um risco natural e inerente, adota-se também um termo que representa este risco, na forma de um ajuste aleatório sobre o fator de aprendizagem efetivamente observado a cada passo. O preço como resultado do processo de aprendizagem é expresso por:

$$P_{p t} = (P_{p t}) - \left(\sum_{i=1}^p Q_{p t-1} \right) (F_{apr} \beta)$$

Onde $P_{p t}$ é o preço da oferta do nicho p , e $\sum_{i=1}^p Q_{p t-1}$ é a quantidade acumulada de produção do nicho, F_{apr} é o fator de aprendizagem do nicho por conta da produção acumulada, e β representa o risco na aprendizagem e desenvolvimento tecnológico. A dimensão de risco de aprendizagem foi pouco observada na análise de conteúdo, mas foi mantida na modelagem dada a sua relevância no processo. Assim, a cada passo (vii) agentes p do nicho atualizam o preço de sua oferta.

O modelo conceitual e as relações propostas nesta seção estão apresentados na figura 17.

Figura 17: Modelo conceitual e relações propostas no modelo computacional



Fonte: desenvolvido pelo autor

A tabela 20 abaixo resume a estrutura de ações previstas a cada passo do sistema.

Tabela 20: Estrutura de ações por passo do sistema

Subpasso	Agente	Ação
1	nicho e cenário	Agentes buscam estabelecer conexões e apresentar narrativas/pressões a outros agentes
2	nicho e cenário	Agentes atualizam suas expectativas e compromisso conforme as interações estabelecidas no subpasso anterior
3	nicho, regime e cenário	Agentes atualizam suas expectativas e compromisso conforme o desempenho do sistema
4	comprador	Comprador cria demanda para a oferta do nicho
5	nicho	Agentes apresentam ofertas
6	comprador	Comprador adquire ofertas apresentadas
7	nicho	Agente atualiza o preço de sua oferta

6.1.1. Processo de Simulação

O processo de simulação como um todo foi desenhado em rodadas de simulação, cada uma destas adotando uma condição inicial de simulação diferente, conforme os experimentos computacionais propostos. Como forma de possibilitar a manipulação do sistema e teste das hipóteses propostas, o MAS desenvolvido adotou um grupo de variáveis de manipulação, as quais são entendidas na condução dos experimentos como **variáveis independentes**.

Foram adotadas como variáveis independentes do processo de simulação: (i) quantidade inicial de agentes do nicho Qa_p e do regime Qa_f ; (ii) fixação de narrativas Fx_p ; e (iii) fator de aprendizagem F_{apr} e risco de aprendizagem β . A escolha das variáveis independentes para cada um dos experimentos está discutida na seção 6.3, e as variáveis são apresentadas na tabela 22.

A variável independente fixação de narrativas Fx_p foi expressa em termos do percentual da narrativa apresentada pelos demais agentes, incorporada pelos agentes às suas expectativas a cada passo. A variável fator de aprendizagem F_{apr} foi tratada na forma da razão entre a redução de preços na oferta média do nicho e o quadrado do crescimento na venda acumulada. Já o risco de aprendizagem β , conforme adotado em Ma et al. (2009), foi adotado na forma da probabilidade da obtenção da aprendizagem a cada passo.

O processo de manipulação para a simulação consistiu na designação, pelo pesquisador, de diferentes valores médios para cada uma das variáveis independentes adotadas. Com base no sugerido em Grimm et al. (2006; 2010), os valores médios para as variáveis independentes foram designados em cada experimento de forma arbitrária pelo pesquisador, conforme expresso na tabela 21.

Tabela 21: Condições de Simulação

Variáveis	Valores adotados					
<i>Oferta do agente Of_{p0}</i>	32 MWh					
<i>Preço $P_{p,t0}$</i>	R\$ 272.00/MWh					
Variável independente	Experimento	Condições de simulação				
<i>Quantidade de agentes do cenário Qa_f</i>		50	100	150	200	250
<i>Quantidade inicial de agentes do nicho Qa_p</i>	E1	5	15	25	35	
<i>Fixação de narrativas Fx_p</i>	E2	,1	,3	,5	,7	,9
<i>Fator de aprendizagem F_{apr}</i>		,1	,3	,5	,7	,9
<i>Risco na aprendizagem β</i>	E3	,1	,3	,5	,7	,9
Simulações por cenário		10				

O tratamento de probabilidades na simulação se deu a partir da função de geração de números aleatórios pelo sistema. A plataforma NetLOGO trata a geração de números aleatórios a partir de uma tabela de números aleatórios pré-definida; assim, a geração de números aleatórios pelo sistema se diz pseudo-aleatória. Tal tratamento tem a intenção de possibilitar a replicação de experimentos por diferentes pesquisadores.

Na designação de valores de variáveis independentes para os agentes, estes valores foram tratados como uma dispersão aleatória com distribuição normal em torno da média definida pelo pesquisador para cada uma das variáveis, em cada condição de simulação. As demais probabilidades adotadas no processo de modelagem foram tratadas como processos estocásticos, com probabilidades de obtenção de resultados individuais iguais entre si, e independentes a cada passo do sistema.

O coeficiente específico de cada agente para cada uma das variáveis de manipulação foi designado individualmente e de forma automatizada pelo sistema a partir dos parâmetros definidos, e a heterogeneidade entre agentes resulta da dispersão na alocação pelo sistema dos valores individuais para cada variável de manipulação. Um agente também é designado, de

forma aleatória, com um elevado grau de expectativas sobre o desenvolvimento do nicho, de forma a se constituir em um agente catalisador das expectativas sobre o futuro do nicho.

Como forma de dar maior consistência nos resultados e de reduzir a possibilidade de achados espúrios, foram adotadas também, em cada um dos experimentos, diferentes condições de simulação para as variáveis independentes que não estavam em teste. Foram definidas assim 425 diferentes combinações de condições, cada uma destas compondo um diferente cenário de simulação. Os valores adotados para simulação estão apresentados na tabela 21.

Já as variáveis oferta média por agente Of_p e preço médio inicial P_{p,t_0} foram adotadas para as simulações em valores próximos aos observados empiricamente no mercado Brasileiro. Foi definido também o número de passos médios $t+n$, o qual define a amplitude de memória de expectativas dos agentes adotada no sistema.

Como esforço para se evitar a observação de resultados espúrios e não característicos do sistema como um todo, para cada uma das condições de simulação foi performedo um grupo de 10 simulações, tendo assim sido realizado um conjunto total de 4.250 simulações. Cada conjunto de condições de simulação foi tratado como um experimento computacional individual, conforme proposto para o teste de cada hipótese de trabalho na seção 6.3. A tabela 21 apresenta as condições de simulação e experimentos adotadas.

O MAS adota também um conjunto de **variáveis de estado internas**, as quais representam as dimensões e relações propostas do modelo conceitual testado. A principal variável de estado interna definida foi a do grau de autonomia do agente. Como discutido em 3.3, agentes em um MAS devem possuir um certo grau de autonomia, de forma a ser possível ao sistema desenvolver a dinâmica de auto-organização e emergência. A autonomia foi tratada na modelagem como uma probabilidade de o agente seguir no passo as dimensões de ação definidas pelo sistema e demais agentes - principalmente ao decidirem sobre narrativas e expectativas, bem como sua oferta e preço. A autonomia do agente foi mantida estável ao longo do processo de simulação.

Os resultados das simulações foram observados em termos de séries históricas para um grupo de indicadores que caracterizam o desenvolvimento do nicho tecnológico; estas variáveis caracterizam-se como **variáveis dependentes** do experimento computacional.

Foram adotados como indicadores de saída do modelo computacional: (i) oferta do nicho $Of_{p,t}$; (ii) quantidade vendida pelo nicho $Q_{p,t}$; e (iii) preço da oferta do nicho $P_{p,t}$. Também foram observados, no processo de simulação, variáveis de estado internas que indicam o desenvolvimento do sistema: (i) compromisso com o nicho Com_t ; e (ii) expectativas para com o nicho E_p . A tabela 22 apresenta a estrutura conceitual de variáveis e relações propostas.

Tabela 22: Variáveis e relações propostas

Descrição variável	Notação	Relação
Função objetivo		
Objetivo dos agentes do nicho	U_p	$U_p = \max \sum_{i=1}^p (Q_{p,t})$
Objetivo do agente Comprador	U_c	$U_c = \min \sum_{i=1}^p (P_{p,t} Q_{p,t})$ restrito à $\sum (Q_{p,t}) > Qd_t$
Variáveis de estado interno		
		$N_t = \sum_{i=0}^p (Of_{p,t+n}) (P_{p,t+n})$
Modelo conceitual		tal que
Narrativa	N_t	$\sum_{i=0}^p (Of_{p,t+n}) > \sum_{i=0}^p (Of_{p,t})$ e $P_{p,t+n} > P_{p,t}$
Expectativa do agente	E_p	$E_{p,t} = \left(\sum_{i=1}^p N_{p,t-1} Fx_p + E_{p,t-1} \right) \left(\frac{D_t}{E_{p,t-n}} \right)$
Demanda de mercado	Qd_t	$Qd_t = f \left(\sum_{i=1}^a E_{a,t} \right)$
Desempenho do sistema	D_t	$D_t = \sum_{i=0}^p (Of_{p,t}) (P_{p,t})$
Compromisso do agente	Com	$Com_{p,t} = f (E_{p,t-1})$
Variáveis independentes		
Aprendizagem do nicho	F_{apr}	
Risco na aprendizagem	β	
Fixação de narrativas	Fx_p	
Quantidade inicial de agentes do nicho	Qa_p	
Quantidade dos agentes do cenário	Qa_f	
Variáveis dependentes		
Oferta do nicho	$Of_{p,t}$	$Of_{p,t} = f (Com_{p,t})$
Preço do agente do nicho	$P_{p,t}$	$P_{p,t} = (P_{p,t}) - \left(\sum_{i=1}^p Q_{p,t-1} \right) (F_{apr} \beta)$
Quantidade vendida pelo nicho	$Q_{p,t}$	$Q_{p,t} = f (Of_{p,t} P_{p,t})$ restrito à $Of_{p,t} > Q_{p,t}$

As variáveis: oferta do nicho Of_{pt} ; quantidade vendida pelo nicho Q_p ; compromisso com o nicho Com_t ; e expectativas para com o nicho E_p são expressas pelo modelo em termos de Megawatt hora – MWh. Já a variável preço da oferta do nicho P_{pt} é expressa em Reais por Megawatt hora – R\$/MWh.

A saída da ferramenta de simulação foi gerada por meio de planilhas em formato de arquivo texto, contendo o registro dos indicadores adotados, para cada um dos passos da simulação. A simulação final do experimento e1 foi executado em 18 de fevereiro de 2016, e o tempo de execução do experimento no cluster computacional foi de 15 h., 13 min. e 14 seg. O experimento e2 foi executado em 16 de fevereiro de 2016, e o tempo de execução foi de 18 h., 18 min. e 11 seg. E o experimento e3 foi executado em 24 de fevereiro de 2016, e o tempo de execução foi de 19 h., 24 min. e 13 seg. Os resultados observados para cada experimento e conjunto de condições de simulação resultaram em massas de dados bastante significativas.

O modelo computacional proposto não tem a intenção de gerar previsões de quantidades futuras de preço ou mesmo oferta para o nicho, mas sim o de avaliar a agência do processo de transição, com base no conjunto de variáveis propostas no modelo conceitual discutido em 2.9. Entende-se que os valores finais observados nos processos de simulação não são relevantes para a avaliação do comportamento do modelo, mas sim a forma como as séries históricas geradas no processo de simulação se comportam.

O processo de simulação é interrompido quando todos os agentes do nicho já tiverem vendido toda sua oferta, e novos agentes não são atraídos para o nicho. O processo de simulação também foi interrompido caso as expectativas de todos os agentes do nicho caiam próximas a zero. Caso estas condições não sejam atingidas, foi estabelecido o limite de 3.120 passos - ou 20 anos - para cada simulação.

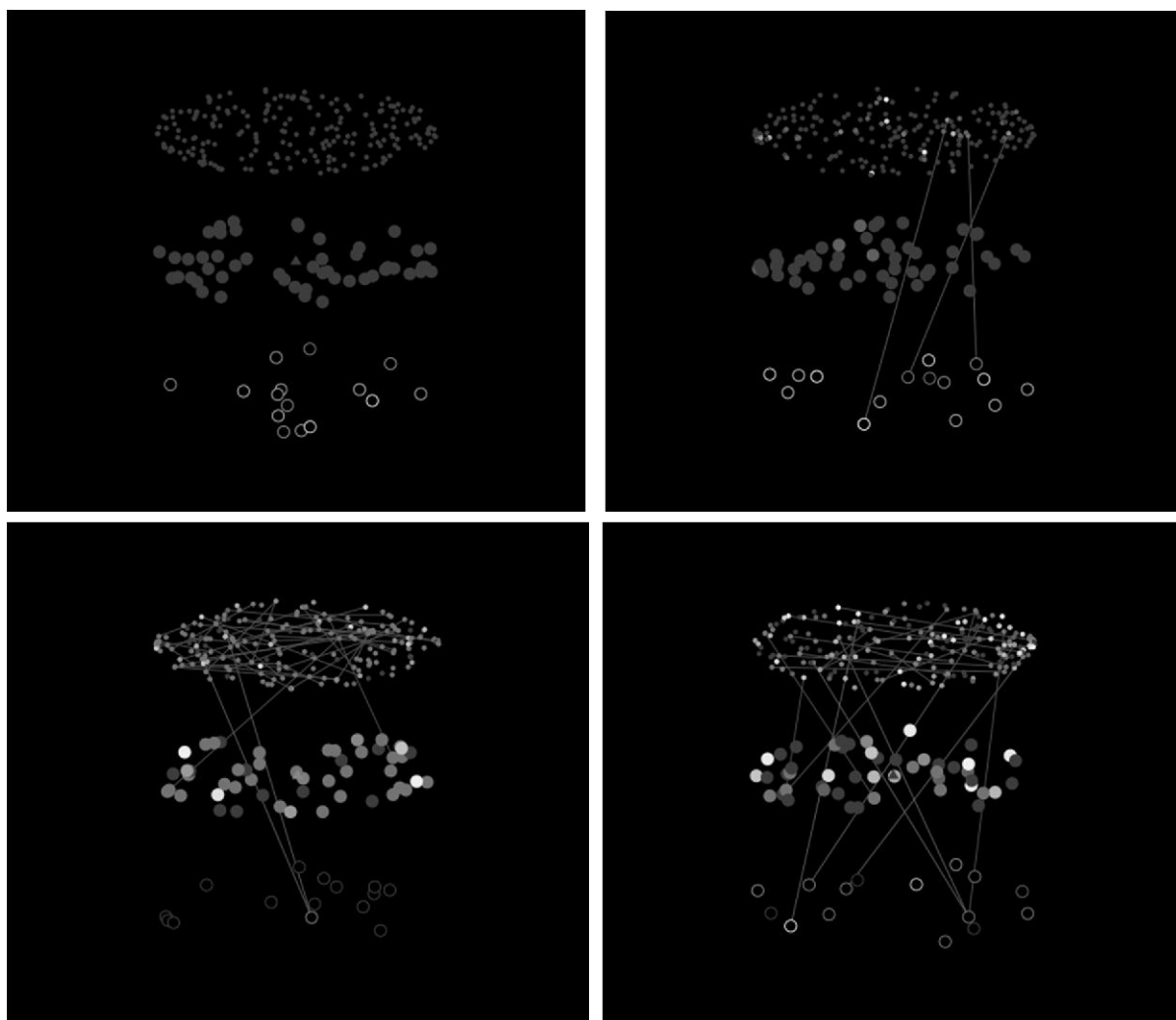
A interface de simulação adotada foi a padrão proposta no ambiente NetLOGO. Esta interface é composta de controles para a designação de valores para cada uma das variáveis de manipulação, e monitores para observação de resultados em variáveis dependentes e de estado interno. O ambiente apresenta também um monitor espacial onde pode ser observado o andamento do processo no ambiente de simulação.

A figura 18 apresenta o monitor de simulação utilizado no MAS nos experimentos e teste de hipóteses, em quatro momentos distintos de um mesmo processo de simulação. No

monitor, cada ponto representa um agente. O monitor busca emular a estrutura base do modelo adotado na perspectiva multinível, dispondo os agentes em três níveis, conforme a sua hierarquia – nicho, regime e cenário.

Conforme discutido no capítulo 5, agentes interagem uns com os outros por meio de narrativas e pressões. Estas narrativas estão representadas no monitor por meio de linhas de conexão entre cada um dos pontos. Agentes também vão mudando de cor na medida em que suas expectativas para o desenvolvimento do nicho se modificam. Tons que levam ao vermelho indicam expectativas negativas, tons brancos indiferente, e tons verdes expectativas positivas.

Figura 18: Monitor de simulação do MAS



No desenvolvimento de cada experimento, foi adotado a ferramenta *behaviorspace*, presente no pacote NetLOGO, que possibilita a execução de experimentos computacionais de forma automatizada. Para cada condição de experimento, foi realizado um teste de pré-experimento utilizando equipamento computacional de pequeno porte. Os experimentos em si foram desenvolvidos em *cluster* computacional constituído por três máquinas de grande capacidade integradas, com 128 núcleos cada. Para tal, foi utilizada a ferramenta *Open MOdeL Experiment*, desenvolvida pelo *L'institut des Systèmes Complexes – Paris*, e disponível no pacote NetLOGO disponibilizado pela *Northeastern Univesity*. A ferramenta *Open MOdeL Experiment* possibilita o desenvolvimento no ambiente NetLOGO de experimentos computacionais por meio de computação paralela distribuída.

6.2. RESULTADOS E VALIDAÇÃO DO MODELO COMPUTACIONAL

Modelos computacionais são representações simplificadas da realidade. O objetivo da validação do modelo computacional desenvolvido nesta pesquisa foi de avaliar se o modelo proposto tem capacidade efetiva de representar, mesmo que de forma simplificada, o processo de constituição de um nicho tecnológico. Conforme Gilbert e Terna (2006), Berger e Schreinemachers (2006), Axelrod (1997) e Bonabeau (2002), entende-se que a capacidade do sistema multiagente de replicar fatos estilizados e observações empíricas indicaria pela aceitação do modelo conceitual proposto.

Os resultados do processo de simulação foram avaliados em termos da correlação entre as séries históricas geradas na simulação, para as diferentes condições, e series históricas observadas empiricamente. A correlação foi estimada por meio do coeficiente de correlação de Pearson, e foram calculados adotando o software de tratamento estatístico SPSS 22. As séries históricas observadas, bem como os coeficientes de correlação estão apresentados e discutidos no capítulo 7 deste relatório.

Na avaliação do modelo computacional foi observada a aderência do comportamento do sistema e das séries históricas geradas, com fatos estilizados descritos na literatura como característicos do processo de transição entre regimes sociotecnológicos, e observados

empiricamente na análise de conteúdo discutida no capítulo 5. Foram adotados os seguintes fatos estilizados para a validação do modelo:

- (i) Difusão de expectativas entre agentes;
- (ii) Crescimento de expectativas sobre o nicho, pelos agentes do nicho e cenário;
- (iii) Crescimento da oferta do nicho;
- (iv) Crescimento da quantidade vendida pelo nicho;
- (v) Redução do preço da oferta do nicho;

Na avaliação da consistência do modelo computacional proposto foram adotados também dados empíricos referentes ao desenvolvimento do nicho de energia eólica brasileiro, observados em termos mensais, no período de 20 anos compreendidos entre 1995 a 2014, e conforme as **variáveis dependentes** definidas para o experimento computacional. Foram adotados dados referentes a: (i) oferta do nicho $Of_{p,t}$; (ii) quantidade vendida pelo nicho $Q_{p,t}$; e (iii) preço da oferta do nicho $P_{p,t}$. Os dados adotados para validação do modelo estão também apresentados de forma sintética na seção 4.1. e 4.2.

Conforme discutido na seção anterior, o modelo computacional proposto não tem a intenção de gerar previsões de quantidades futuras para o nicho. Assim, o processo de validação do modelo teve como objetivo avaliar se as séries históricas geradas nas simulações representam os comportamentos observados nos dados empíricos, mas não se entendeu como relevante a observação de resultados absolutos similares.

6.3. TESTE E ACEITAÇÃO DE HIPÓTESES

Hipóteses foram testadas por meio da manipulação nas variáveis dependentes definidas na seção 6.1. Foram desenvolvidos três experimentos computacionais, um experimento para avaliação de cada uma das três hipóteses de trabalho propostas em 2.9. É importante atentar

que entende-se que a modelagem proposta nesta pesquisa, bem como o sistema multiagente resultado desta modelagem, apresentam em si um viés autógeno que leva a um resultado esperado de crescimento do nicho tecnológico. Em cada experimento, estão propostas manipulações em variáveis independentes, as quais tem intenção isolar nesta tendência natural de crescimento o efeito de dinâmicas específicas, conforme propostas no modelo conceitual e hipóteses de trabalho.

A aceitação de cada uma das hipóteses foi avaliada com base na correlação observada entre os resultados de simulação e os valores designados na manipulação de cada uma das variáveis independentes. Coeficientes de correlações acima de ,900 foram consideradas como muito forte; coeficientes de ,700 a ,900 como correlação forte; de ,500 a ,700 como moderada; e abaixo de ,500 como fraca ou desprezível (HAIR et al., 2009; STEVENS, 2012). A correlação foi estimada por meio do coeficiente de correlação de Pearson, e foram calculados adotando o software de tratamento estatístico SPSS 22. Os parâmetros de aceitação de cada uma das hipóteses foram propostos a partir do modelo conceitual, e estão discutidos a seguir.

A hipótese h1 propõe que a função de agência no processo de transição entre regimes sociotecnológicos pode ser exercida de forma distribuída pelos agentes do nicho tecnológico. O teste da hipótese h1 foi desenvolvido no experimento computacional E1 por meio da manipulação da variável independente da quantidade inicial de agentes do nicho Qa_p .

No modelo conceitual proposto em 2.9, e discutido em Garud e Karnøe (2003, 2009), foi adotada a concepção de que o nicho desempenha o papel de agência de forma coletiva e distribuída. Esta concepção de agência distribuída significa a existência de múltiplos atores, com diferentes níveis de influência sobre o processo. O modelo proposto pressupõe a inexistência de um ator que possua isoladamente o poder de agência e a capacidade de direcionar o esforço coletivo. O que se busca avaliar é a capacidade de um grupo de agentes, conformado em um nicho, de conseguir condicionar a atuação de um sistema disposto em diferentes níveis hierárquicos – no caso regime e cenário. Trata-se da observação da emergência de um padrão de atuação a partir da ação de um pequeno grupo de agentes.

A variável quantidade inicial de agentes do nicho Qa_p indica a composição do nicho, no início do processo de simulação. Em todos os cenários adotados nos testes de hipóteses, apenas um agente do nicho inicia o processo de simulação com valores de expectativa elevados. Apesar de terem sido desenvolvidas simulações com quantidades iniciais de agentes do nicho diferentes, novos agentes poderiam ser atraídos para o nicho durante a simulação,

conforme discutido na seção 6.1, como resultado do desenvolvimento de expectativas sobre o desenvolvimento do nicho. Da mesma forma, a demanda de mercado Qd_t é resultado das expectativas dos agentes do cenário a sobre o desenvolvimento do nicho; quanto maior as expectativas, mais os agentes do cenário pressionariam o comprador C a comprar do nicho.

Caso a hipótese sobre uma agência, que seja resultado da ação em conjunto do nicho for verdadeira, entende-se que os resultados de desenvolvimento das expectativas e do nicho em si tenderiam a estar relacionados à quantidade inicial de agentes que produzem narrativas de apoio ao nicho. Isso porque um número maior de agentes compromissados com o nicho **resultaria em exercer um maior poder de agência sobre o sistema**. Mais agentes no nicho impactariam de forma positiva, assim, o estabelecimento de expectativas e compromisso para com o nicho, e por fim o próprio desenvolvimento deste. Já caso a hipótese de agência coletiva e distribuída não seja verdadeira, um número menor de agentes - ou mesmo um único agente - poderia exercer a função de agência no desenvolvimento do nicho.

A manipulação dessa variável dependente dá a possibilidade de estudar a difusão de expectativas entre agentes inicialmente participantes no nicho. Como o desenvolvimento do nicho é dependente de expectativas, uma maior difusão das mesmas levaria a esperar por um maior crescimento do nicho. Conforme observado na análise de conteúdo desenvolvida no capítulo 5, o volume e quantidade de narrativas sobre o nicho se intensificaram de forma significativa recentemente.

O desenvolvimento do nicho na avaliação da hipótese h1 foi observado por meio das variáveis dependentes da oferta do nicho Of_{pt} e da quantidade vendida pelo nicho Q_{pt} . Assim, caso o tratamento computacional resulte na observação de que o desenvolvimento do nicho é sensível a alterações na quantidade inicial de agentes, entende-se que este indica pela aceitação da hipótese. A hipótese h2 propõe que narrativas construídas pelos agentes do nicho tecnológico direcionem expectativas e ações dos atores, internos e externos ao nicho. O teste da hipótese h2 foi operacionalizado por meio da manipulação da variável fixação de narrativas Fx_p no experimento computacional E2.

O modelo conceitual adotado na presente pesquisa propõe que o processo de constituição de um nicho sociotecnológico resulta da construção do compromisso de agentes para com o nicho. Este compromisso por sua vez seria dependente das expectativas futuras dos agentes para o desenvolvimento do nicho. Processos de transição sustentável seriam centralmente dependentes deste processo de construção de expectativas dos agentes do nicho

e do cenário. O direcionamento de expectativas, por meio da estrutura de narrativas construídas pelos agentes do nicho, condicionaria as ações dos atores, tanto internos, quanto externos ao nicho. Compromisso pressupõe, em si, alguma dimensão de ação por parte dos agentes. O modelo conceitual desenvolvido nesta tese entende que a agência do processo de transição sociotecnológica está nesta dinâmica de narrativas e direcionamento de expectativas.

O conceito de fixação representa a abertura de um campo a receber e ser influenciado por um novo processo discursivo. Campos situados num primeiro nível de fixação discursiva referem-se a situações em que o processo de transição é facilitado; um segundo nível de fixação discursiva ocorreria na situação em que significados específicos estão incorporados a sistemas discursivos já estabelecidos, restringindo a capacidade de ação dos agentes.

A variável fixação de narrativas Fx_p representa a medida que um agente é sensibilizado pelas narrativas dos demais agentes, conforme proposto em Pesch (2015). Adotou-se o conceito de fixação como representativo do processo de difusão de expectativas e compromisso. Conforme observado na análise de conteúdo desenvolvida no capítulo 5, diversos sistemas narrativos foram observados, os quais tratavam de expectativas para o nicho, principalmente quando tratando de potencial futuro de desenvolvimento. Modificações na fixação de narrativas Fx_p tenderiam a produzir alterações no desenvolvimento de expectativas entre os agentes computacionais. A manipulação nesta variável dependente levaria expectativas e, por conseguinte compromisso, a apresentarem maior crescimento e difusão entre agentes do nicho, bem como do cenário e do regime.

Dado que o desenvolvimento do nicho é entendido como dependente de expectativas, maior difusão destas levaria a esperar um maior crescimento do nicho. Este maior crescimento estaria refletido em maior oferta e maior quantidade de agentes no nicho. Estas alterações foram observadas por meio das variáveis dependentes da oferta do nicho $Of_{p,t}$ e da quantidade vendida pelo nicho $Q_{p,t}$. Assim, caso o tratamento computacional desenvolvido no experimento E2 resulte na observação de que quantidades finais na simulação estão relacionadas a alterações na variável independente de fixação de narrativas Fx , entende-se que os resultados observados indicariam pela aceitação da hipótese h2.

A hipótese h3 afirma que a função de agência no processo de transição entre regimes sociotecnológicos é mediada pelo desempenho observado do nicho tecnológico. O teste da hipótese h3 foi desenvolvido no experimento E3 por meio da manipulação da variável independente fator de aprendizagem F_{apr} . No modelo conceitual proposto em 2.9, a

aprendizagem foi considerada como o principal fator de desempenho observado no desenvolvimento do nicho, atuando no sistema como uma função de realimentação. A existência e manutenção de um nicho tecnológico pela sociedade se justificam pelas possibilidades de aprendizado existentes para aquele nicho.

O impacto desta aprendizagem estaria em uma redução dos custos de produção, mais do que proporcional ao aumento de capital, e resultado do crescimento da produção acumulada absoluta. Adotou-se, portanto uma concepção de uma aprendizagem do tipo *learn-by-doing*. Os preços da oferta do nicho ao mercado foram adotados como uma *proxi* do processo: maior aprendizagem, maior redução de preços.

A variável fator de aprendizagem F_{apr} resulta na redução de preços por conta do acúmulo de produção no sistema computacional. Modificações na variável fator de aprendizagem F_{apr} tenderiam a produzir alterações no desenvolvimento de preços do nicho. Conforme discutido na seção 2.9, esta redução de preços é ajustada por conta do risco existente no aprendizado, representado pela variável independente risco de aprendizagem β . Da mesma forma, elevados riscos de aprendizagem β tenderiam a reduzir os impactos esperados resultado da manipulação da variável F_{apr} .

Esta manipulação leva os preços observados no experimento, e, por conseguinte o desempenho observado do nicho, a apresentarem melhores resultados, quando comparados com as expectativas anteriormente desenvolvidas pelos agentes. Conforme observado na análise de conteúdo desenvolvida, narrativas sobre a dinâmica de custos e preços do nicho são bastante significativas. O desempenho do nicho é comparado com expectativas estabelecidas pelo processo discursivo composto nas narrativas. Desempenhos acima das expectativas reforçariam as mesmas; desempenhos abaixo tenderiam a erodir estas expectativas.

Como o desenvolvimento do nicho é dependente de expectativas, maior sustentação para as mesmas levaria a esperar um maior crescimento do nicho. Estas alterações foram observadas por meio das variáveis dependentes ofertadas do nicho Of_p e da quantidade vendida pelo nicho Q_p . Assim, entende-se que a observação de que ofertas do nicho estão relacionadas a alterações na variável independente fator de aprendizagem F_{apr} indica pela aceitação da hipótese h3.

A tabela 23 resume os procedimentos de teste das hipóteses de trabalho.

Tabela 23: Resumo da formulação para teste das hipóteses

	Hipótese	Variável independente	Variáveis dependentes	Relação esperada
H1	A função de agência no processo de transição entre regimes sociotecnológicos é exercida de forma distribuída pelos atores do nicho tecnológico	Quantidade inicial de agentes do nicho Qa_p	Oferta do nicho Of_p Quantidade vendida Q_p	Se a agência é distribuída, quanto mais agentes, maior o impacto no sistema
H2	Narrativas construídas pelos agentes do nicho tecnológico direcionam expectativas e ações dos atores, internos e externos ao nicho	Fixação de narrativas Fx_p	Oferta do nicho Of_p Quantidade vendida Q_p	Se narrativas direcionam o nicho, quanto maior a fixação das narrativas, maior o impacto no sistema
H3	A função de agência no processo de transição entre regimes sociotecnológicos é mediada pelo desempenho observado do nicho tecnológico	Fator de aprendizagem F_{apr}	Oferta do nicho Of_p Quantidade vendida Q_p	Se desempenho media agência, quanto maior o desempenho, maior o impacto no sistema

Os resultados dos testes de hipóteses estão discutidos nas seções 7.2, 7.3 e 7.4 a seguir. Para ambos os tratamentos computacionais, os resultados observados também serão discutidos e ponderados na seção 7.5 a partir das observações empíricas obtidas no processo de análise de conteúdo discurso apresentado no capítulo 5.

7. SIMULAÇÃO E TESTE DE HIPÓTESES

A presente pesquisa tem como objetivo analisar a função de agência na transição para regimes sociotecnológicos sustentáveis. Este capítulo apresenta os resultados obtidos no processo de simulação desenvolvido com base no modelo computacional proposto na seção 6.1. A seção seguinte apresenta a validação do modelo computacional, com base em dados empíricos e fatos estilizados representativos do desenvolvimento do nicho. As seções 7.2, 7.3 e 7.4 tratam da avaliação das três hipóteses propostas em 2.9, a partir dos resultados de simulação observados. A última seção deste capítulo propõe discussão dos resultados obtidos, à luz da construção teórica e método de pesquisa adotados, e relacionando estes aos resultados obtidos na fase qualitativa de pesquisa.

7.1. VALIDAÇÃO DO MODELO

Nesta seção avaliou-se o sistema multiagente desenvolvido na seção 6.1 desta pesquisa no tocante a sua capacidade de representar um processo de constituição de um nicho tecnológico. Busca-se observar se o MAS teve capacidade de representar por meio de agentes computacionais o sistema de narrativas desenvolvidas por agentes do nicho, bem como de representar os processos de construção e difusão entre agentes de dinâmicas de compromisso e expectativas.

O comportamento do modelo foi avaliado frente a fatos estilizados descritos na literatura, bem como com base em dados empíricos obtidos sobre o processo de transição sociotecnológica, conforme discutido mais amplamente na seção 6.2. Conforme Gilbert e Terna (2006), Berger e Schreinemachers (2006), Axelrod (1997), Bonabeau (2002), entende-

se que a capacidade do sistema multiagente de emular fatos estilizados e observações empíricas indica pela aceitação do modelo conceitual proposto.

Dado o desenho do sistema, no processo de simulação, narrativas inicialmente concentram-se no nicho, e depois são incorporadas pelos agentes do cenário. Estas narrativas iniciavam-se centradas em poucos agentes, e em pequeno volume, crescendo depois em quantidade; este processo representa assim a difusão de expectativas e narrativas na sociedade.

Expectativas E_p se difundiam rapidamente no nicho, em poucos passos. Expectativas, quando atingiam o cenário, se difundiam também rapidamente entre os agentes deste. Os agentes do regime, conforme esperado, mantiveram-se muito mais resistentes à propagação de expectativas. A dinâmica de expectativas mostrou-se muito sensível ao desempenho e às variáveis de manipulação.

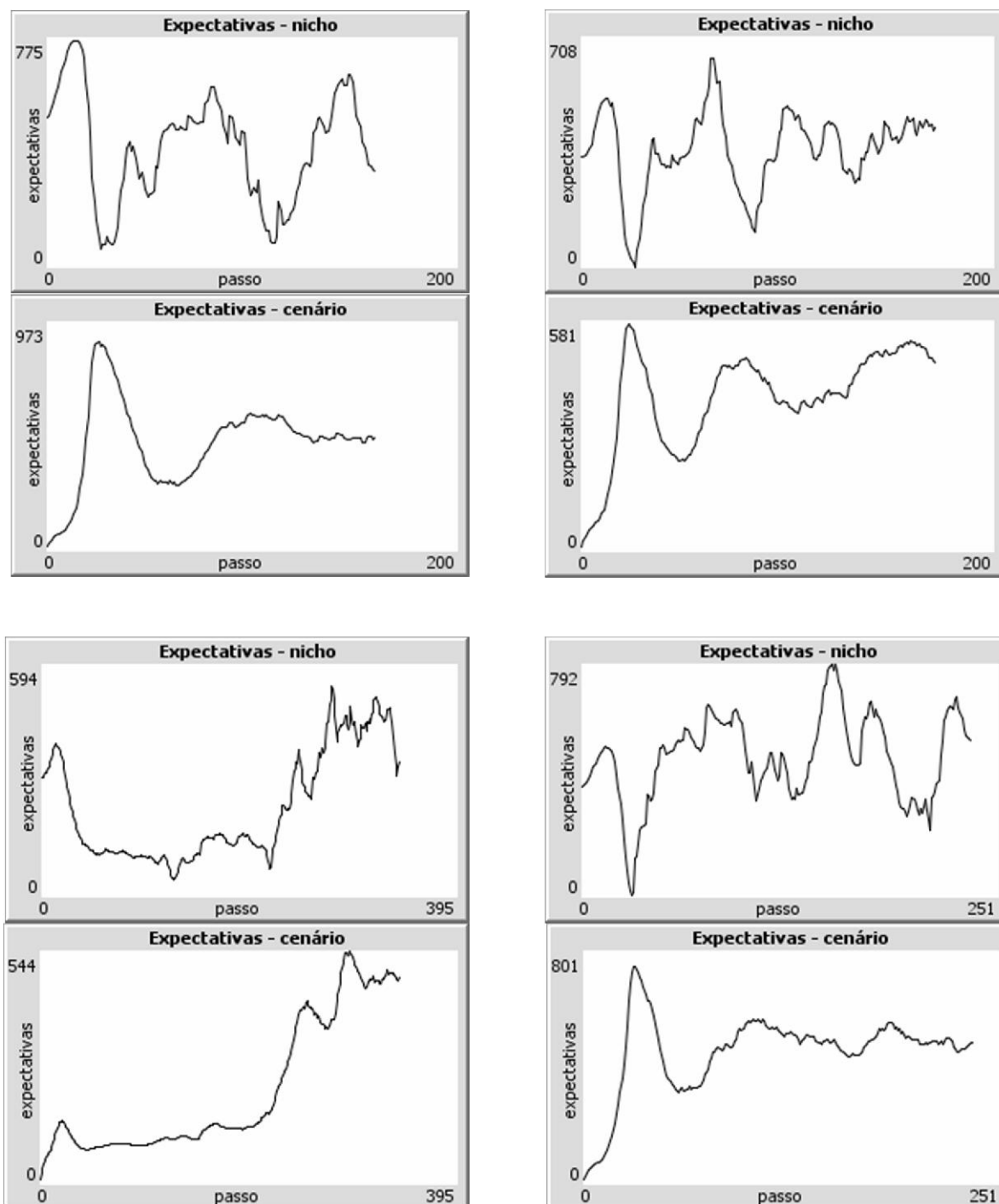
A figura 19 apresenta a dinâmica de difusão de expectativas E_p entre nicho e cenário, expressas pelo modelo em termos de megawatt hora – MWh, exemplificados em quatro simulações selecionadas. Observa-se na figura 19 que na dinâmica de difusão de expectativas entre níveis de agentes existe um certo amortecimento de expectativas.

Este comportamento de difusão de expectativas observado no modelo computacional está alinhado com os padrões observados empiricamente na análise de conteúdo, conforme discutido na seção 5.2 e apresentado na tabela 19. A aproximação entre o comportamento do MAS nas simulações com fatos estilizados observados empiricamente e descritos na literatura sugere pela aceitação inicial do modelo. Observações nas simulações onde o modelo fosse capaz de estabelecer e manter crescimento expectativas de forma continuada e sustentada, e cujo processo resultasse em crescimento do nicho, com atração de novos agentes a este nicho, foram entendidas como simulações onde houve **emergência do nicho**. Em aproximadamente 92% das simulações foi observada esta emergência.

Simulações onde houve emergência do nicho apresentaram diferentes padrões de difusão inicial de expectativas E_p , normalmente se observando um impulso de difusão e crescimento inicial, momento onde as expectativas passam a ser adotadas extensivamente por diferentes grupos de agentes. A partir deste momento de impulso, as expectativas mantidas pelos agentes alimentam as expectativas do grupo, em um processo de reforço mútuo, mesmo frente a desempenhos negativos pontuais do sistema. Em diversos processos de simulação se

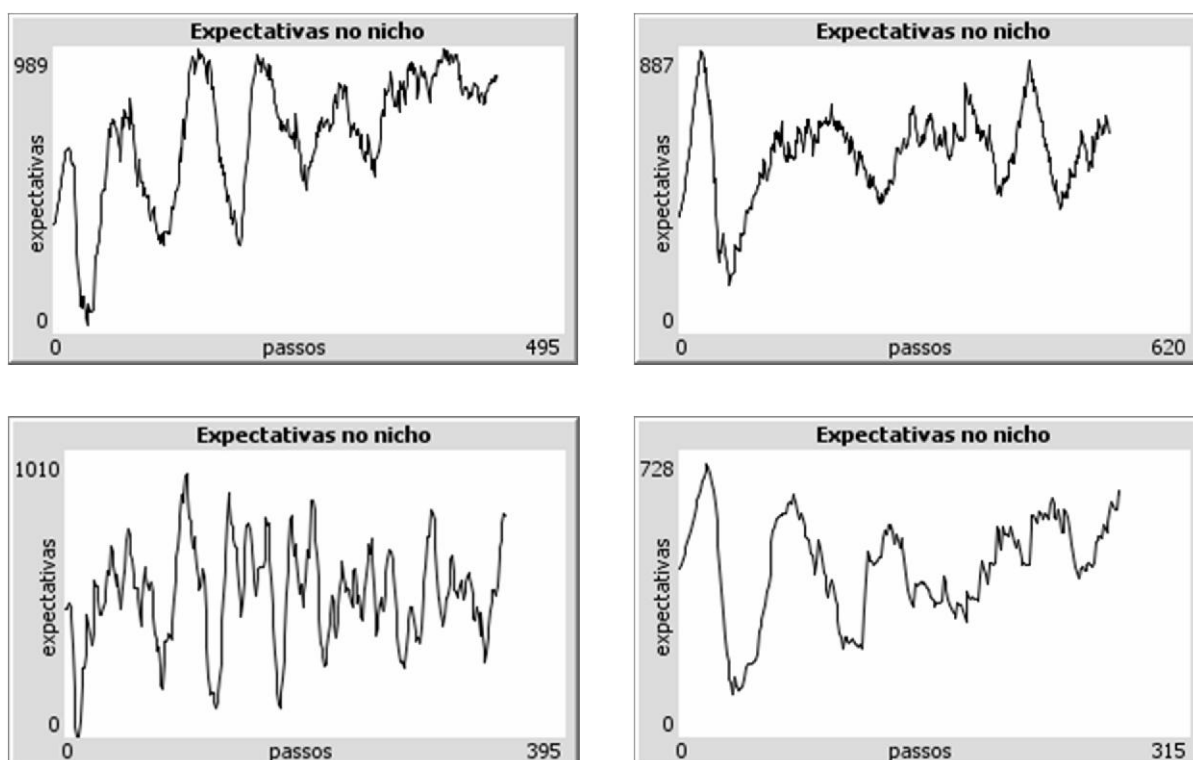
observou também uma situação de oscilação de expectativas pelos agentes, resultado do processo de ajuste pelo *feedback* de *performance*.

Figura 19: Difusão de expectativas na simulação no nicho e cenário - simulações selecionadas



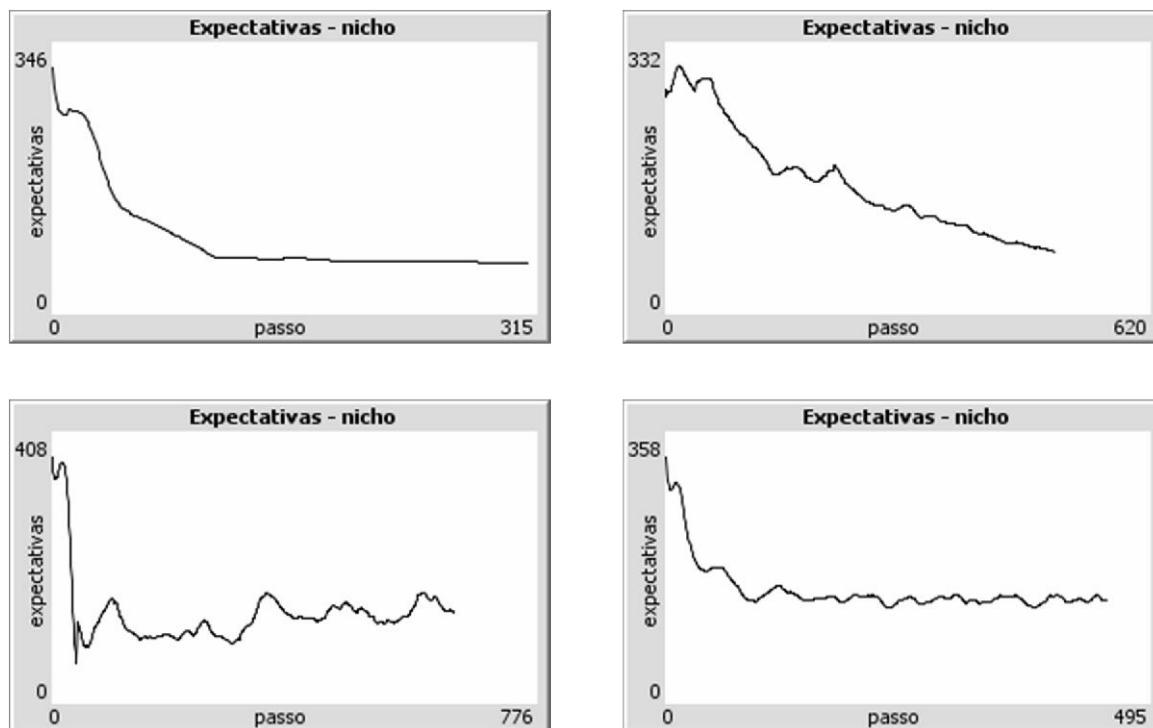
A figura 20 abaixo apresenta este momento de impulso e de oscilação de expectativas E_p em quatro simulações selecionadas. A observação da emergência do nicho na grande maioria das simulações desenvolvidas é similar aos fatos estilizados descritos na literatura e observados empiricamente, conforme discutido na seção 6.2, e sugere também a validação do modelo computacional.

Figura 20: Emergência do nicho - Simulações selecionadas



Em oposição, em simulações onde não foram observados impulso e oscilação de expectativas, não houve emergência do nicho. Neste caso, expectativas tendiam a colapsarem. A figura 21 apresenta a condição de colapso de expectativas em quatro simulações selecionadas. Os gráficos apresentam o desenvolvimento de expectativas dos agentes sobre o futuro do nicho, em MWh, por semanas; o colapso de expectativas representava uma situação onde expectativas caíam a um nível onde não se observava mais o processo de construção de narrativas. A partir do colapso de expectativas, agentes não produziam mais narrativas, e nem apresentavam ofertas ao agente comprador.

Figura 21: Colapso de expectativas - Simulações selecionadas



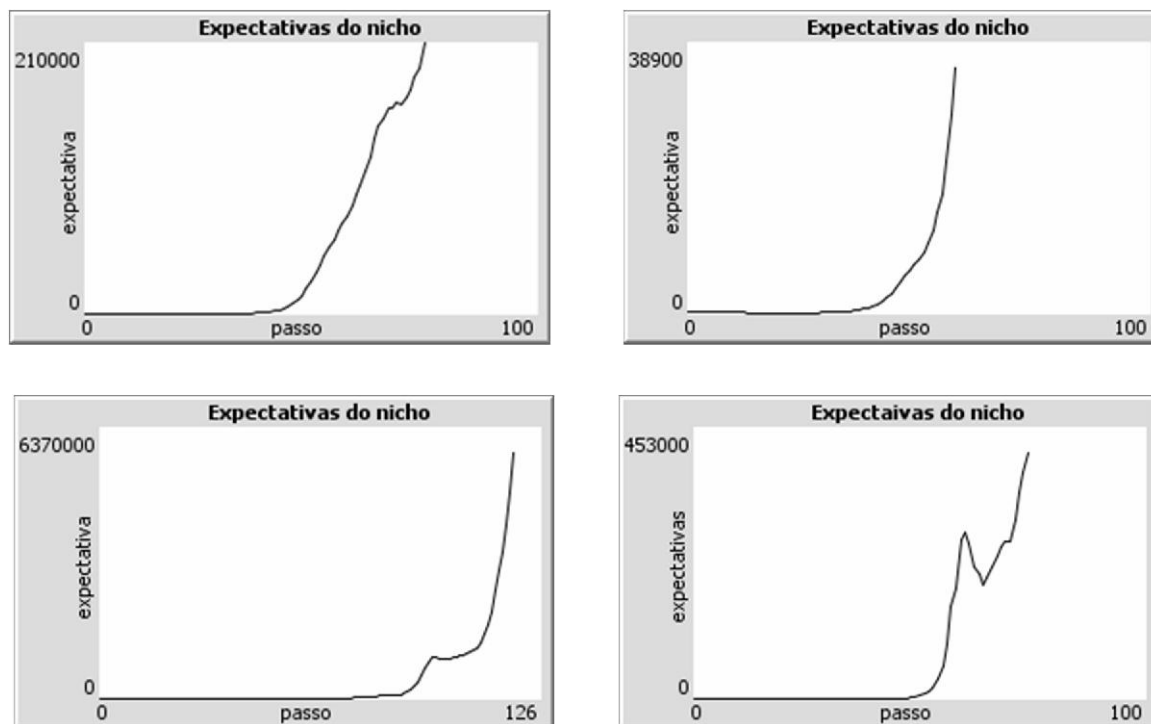
A partir da assunção de narrativas pelo cenário, as expectativas dos agentes passam a terem sustentação mesmo frente a choques de resultados e *performances* abaixo do esperado, dada a dinâmica de interação entre todos os agentes. As narrativas do cenário, por serem de maior número, acabam por ter um impacto muito maior no sistema.

Expectativas se mantinham por conta da dinâmica de retroalimentação que resultavam do processo de narrativas. Mesmo o desempenho do sistema muito abaixo destas expectativas não era o suficiente para alinhá-las; tal observação foi resultado da capacidade de autoreforço, observada por meio da dinâmica de interação e narrativas entre agentes. Esta realidade foi observada em quase todas as condições de simulação. O crescimento do compromisso com o nicho no processo de simulação foi observado como, em grande parte, contínuo, e correlacionado ao crescimento de expectativas. Após atingir um determinado nível de compromisso, o sistema não permitiu mais a exaustão deste.

Dado o exposto, em algumas simulações, considerando a característica de autonomia e aleatoriedade do sistema, os agentes passavam a constituir expectativas irrealistas, muito acima da realidade que estava sendo observada no momento, sobre o desenvolvimento do

nicho. A figura 22 abaixo apresenta a condição de manutenção de expectativas irrealistas em quatro simulações selecionadas; os gráficos apresentam o desenvolvimento de expectativas dos agentes dos nichos, por semanas.

Figura 22: Desenvolvimento de expectativas irrealistas - Simulações selecionadas



Os resultados do processo de simulação foram também validados em termos da correlação entre as séries históricas geradas na simulação, para as diferentes condições de simulação, e séries históricas observadas empiricamente. Esta correlação foi estimada por meio do coeficiente de correlação entre séries históricas, e foram calculados adotando o software SPSS 22. Para a validação do presente processo de modelagem foram adotados dados referentes ao desenvolvimento do nicho de energia eólica brasileiro, observados em termos mensais, no período de 20 anos compreendidos entre 1995 a 2014.

Foram adotados assim como indicadores do processo de constituição do nicho: (i) oferta do nicho $Of_{p t}$; (ii) quantidade vendida pelo nicho $Q_{p t}$; e (iii) preço da oferta do nicho $P_{p t}$. Estas variáveis caracterizam-se como **variáveis dependentes** de teste do experimento computacional. Os resultados das simulações foram observados em termos de séries históricas para cada um destes indicadores definidos, tendo as séries históricas sido tratadas para a média de 10 simulações efetuadas para cada condição de simulação, em cada experimento.

As séries históricas médias observadas para cada cenário de simulação estão apresentadas nas figuras 23, 24 e 25 a seguir.

Figura 23: Séries históricas observadas na simulação - oferta do nicho, em MWh

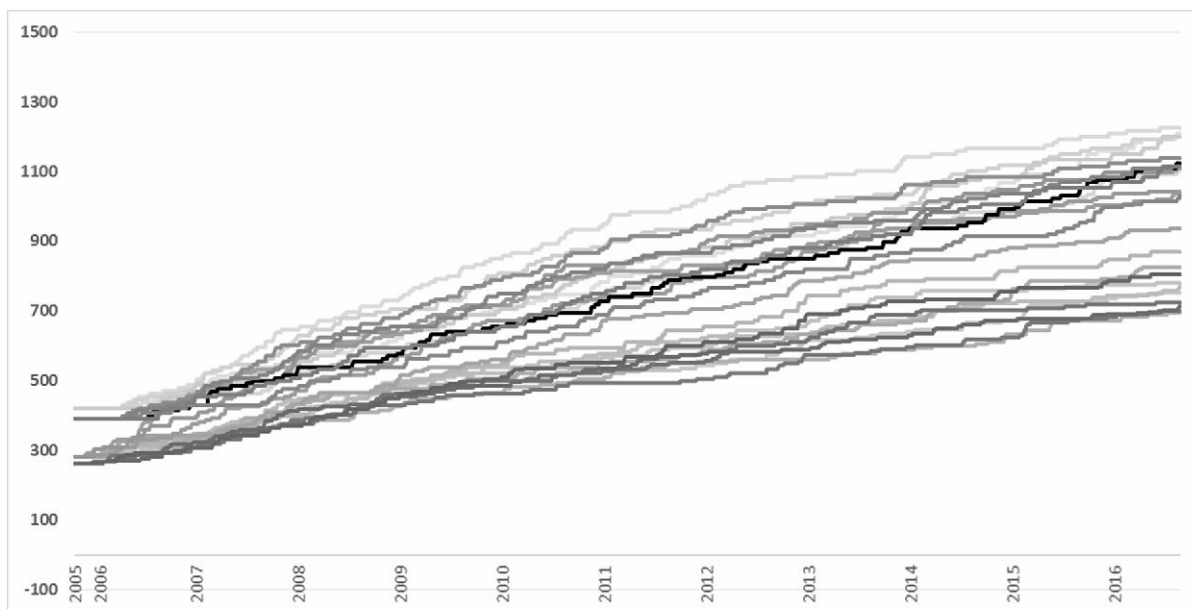
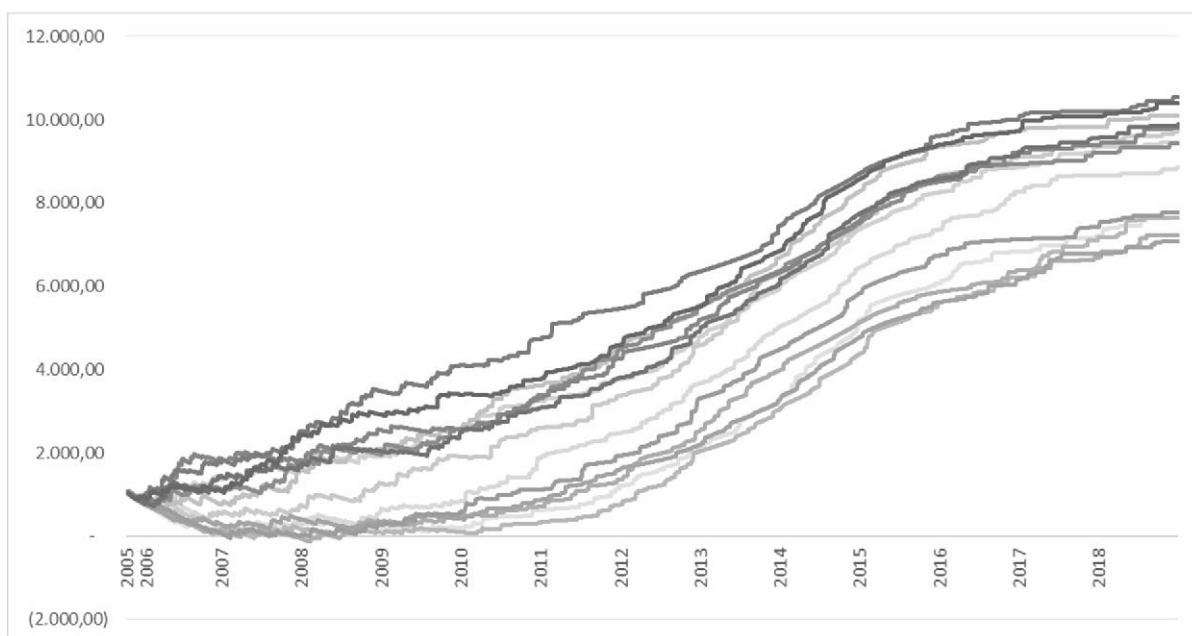


Figura 24: Séries históricas observadas em simulações - quantidade vendida pelo nicho, em MWh

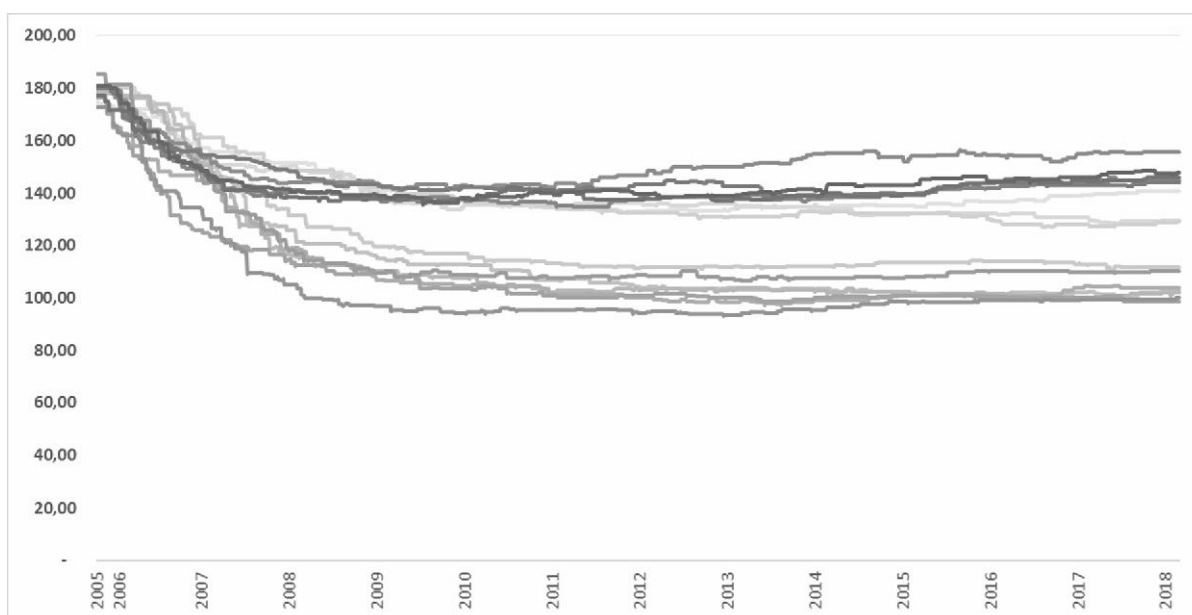


As séries históricas obtidas para a variável dependente oferta do nicho Of_{pt} , apresentadas na figura 23, apresentam crescimento no início do período e estabilização posterior. A série representa a oferta apresentada pelo nicho a cada momento no tempo, e

apresenta uma dinâmica de atração inicial de agentes, e posterior consolidação do nicho, mas com crescimento ao longo de toda a trajetória de simulação.

As séries históricas obtidas na simulação para a variável dependente quantidade vendida pelo nicho Q_{pt} , apresentada na figura 24 acima, apresentam como característica uma dinâmica de crescimento descontínuo, a partir de valores muito pouco representativos nos primeiros anos, e estabilização após sequências de aproximadamente 12 anos de crescimento. Em diversas condições de simulação foi observada inclusive redução da quantidade vendida inicial, resultado do processo de retirada de agentes do mercado, e posterior retomada. As séries observadas apresentaram assim um formato de curva em “S”, característico de processos de adoção e difusão tecnológica.

Figura 25: Séries históricas observadas - preço da oferta do nicho, em R\$/MWh



A série histórica representativa do preço da oferta do nicho P_{pt} , apresentada na figura 25, apresenta uma queda significativa no início do crescimento da oferta, estabilizando-se a seguir, e eventualmente apresentando um pequeno crescimento em um terceiro momento. Esta dinâmica se dá principalmente por que os agentes mais competitivos vendem suas ofertas antes; assim, mesmo com a redução dos custos observados com o desenvolvimento tecnológico, os preços observados apresentam eventual crescimento. Os resultados obtidos na simulação estão bastante próximos dos observados empiricamente.

Em conjunto, pode-se afirmar que o comportamento observado do modelo computacional apresentou uma razoável aproximação, em termos qualitativos e quantitativos, com macro-comportamentos observados empiricamente. Os coeficientes de correlação entre séries históricas geradas na simulação e entre séries observadas empiricamente estão apresentados nas tabelas 24, 25 e 26.

No caso da oferta do nicho Of_{pt} , conforme apresentado na tabela 24, a correlação observada foi de entre ,675 e ,914 para o experimento E1 com a variável independente quantidade inicial de agentes do nicho Qa_p , entre ,748 e ,854 para o experimento E2 com variável fixação de narrativas Fx_p , e entre ,779 e ,807 no experimento E3 com a variável fator de aprendizagem F_{apr} .

Tabela 24: Correlação entre séries empíricas e resultados de simulação – oferta do nicho

Experimento	Variável de manipulação	Cenários de simulação				
		1	2	3	4	5
E1	Qa_p	0,675*	0,752**	0,886*	0,914*	
E2	Fx_p	0,854*	0,810*	0,748**	0,799*	0,761*
E3	F_{apr}	0,838*	0,811*	0,779*	0,812*	0,807*

* estatisticamente significativa a $p < .000$ ** estatisticamente significativa a $p < .00$

Em termos da variável dependente da quantidade vendida pelo nicho Q_p , a correlação observada entre as observações empíricas e as séries geradas pelo modelo, conforme a tabela 25 abaixo, foi de entre ,689 e ,832 para a variável independente quantidade inicial de agentes do nicho Qa_p , entre ,784 e ,938 para a variável fixação de narrativas Fx_p , e entre ,967 e ,988 para a variável fator de aprendizagem F_{apr} .

Tabela 25: Correlação entre séries empíricas e resultado de simulação – quantidade vendida pelo nicho

Experimento	Variável de manipulação	Cenários de simulação				
		1	2	3	4	5
E1	Qa_p	0,689	0,746**	0,832*	0,818*	
E2	Fx_p	0,870**	0,824**	0,751*	0,815*	0,771*
E3	F_{apr}	0,854**	0,821**	0,793*	0,830*	0,830*

* estatisticamente significativa a $p < .000$ ** estatisticamente significativa a $p < .00$

No tocante à variável dependente preço da oferta do nicho P_p , a correlação observada, conforme tabela 26 a seguir, foi de entre ,285 e ,937 para variável independente quantidade inicial de agentes do nicho Qa_p , entre ,784 e ,889 para a variável independente fixação de narrativas Fx_p , e entre -,294 e ,911 para o experimento com a variável fator de aprendizagem F_{apr} .

Tabela 26: Correlação entre séries empíricas e resultado de simulação – preço da oferta

Experimento	Variável de manipulação	Cenários de simulação				
		1	2	3	4	5
E1	Qa_p	0,937*	0,665**	0,607**	0,285	
E2	Fx_p	0,851*	0,889*	0,847*	0,816*	0,784**
E3	F_{apr}	-0,294	0,878*	0,900*	0,911*	0,876*

* estatisticamente significativa a $p < .000$ ** estatisticamente significativa a $p < .00$

Na dimensão de preço foram observadas, em determinadas condições de simulação correlações entendidas como fracas e desprezíveis, e observações as quais não podem ser consideradas como estatisticamente significantes. Embora apresente um resultado de consistência menor quando comparado com os dados referentes à oferta do nicho e quantidade vendida pelo nicho, entende-se que estas discrepâncias pontuais observadas são não suficientes para invalidar o modelo computacional desenvolvido.

Os dados de correlação observados nas tabelas 24, 25 e 26 sugerem, em conjunto, por uma boa aproximação entre os resultados de simulação obtidos, e os padrões de comportamento observados empiricamente, indicando que ambos os conjuntos de dados se comportam de forma similar. Como pode ser observada, a correlação entre os conjuntos de dados se manteve significativa na grande maioria das condições de simulação adotadas nos três experimentos, garantindo uma confiabilidade razoável de resultados.

Considerando o discutido nesta seção, entende-se que o MAS desenvolvido nesta pesquisa situa-se no nível 2 de validade, conforme os níveis de validação propostos por Epstein e Axtell (1994) discutidos na seção 6.2. O comportamento observado do modelo computacional apresentou uma razoável aproximação, em termos qualitativos, com macro-comportamentos observados empiricamente. Já os coeficientes de correlação entre séries históricas empíricas e séries geradas pelo modelo na simulação, e a significância estatística observada nesta correlação, como observado nas tabelas 24, 25 e 26, indicam pela existência de um ajuste quantitativo aceitável entre o modelo e macroestruturas observáveis empiricamente.

Dado o modelo computacional desenvolvido não ter a intenção de produzir previsões futuras quantitativas para o nicho, não são relevantes para a validação do seu comportamento os valores finais observados na simulação - mas sim a indicação de que as séries históricas geradas nas simulações se comportam na forma como esperado. O modelo computacional não foi capaz de replicar nas simulações valores finais observados empiricamente para as variáveis

dependentes. Entende-se que o modelo não apresentou um ajuste quantitativo ao nível das microestruturas observáveis empiricamente, e que assim não pode ser atribuído um nível 3 de validade ao mesmo.

A validação de um modelo, ou seja, a sua capacidade de explicar os dados empíricos sugere pela aceitação da sua estrutura conceitual de base. Entende-se que os comportamentos observados como resultado do processo de simulação, bem como os dados de correlação obtidos, em conjunto, sugerem para a aceitação inicial do modelo proposto. Esta aceitação se dá especialmente em sua possibilidade de compreender o processo de difusão de expectativas através de narrativas produzidas por agentes como central para a transição sociotecnológica.

Notadamente, a validação do modelo computacional indicada nesta seção é passo relevante, dado a mesma ser necessária para a confiabilidade no processo de teste de hipóteses desenvolvido nas seções 7.2, 7.3 e 7.4 a seguir. Conforme expresso em 5.1, as hipóteses foram testadas por meio da manipulação nas variáveis independentes propostas para os três experimentos computacionais, e os resultados deste processo de manipulação nas variáveis dependentes foram avaliados conforme o modelo conceitual proposto e como discutido na seção 6.3.

7.2. TESTE DA HIPÓTESE 1

A hipótese h1 propõe que a função de agência no processo de transição entre regimes sociotecnológicos pode ser exercida de forma distribuída pelos agentes do nicho tecnológico. O teste da hipótese h1 foi realizado no primeiro experimento computacional E1 por meio da manipulação da variável independente quantidade inicial de agentes do nicho Qa_p . O experimento E1 apresentou resultados, em termos do desenvolvimento do nicho, diferentes para cada uma das condições de simulação da variável Qa_p .

A tabela 27 e a figura 26 a seguir apresentam os resultados observados nas simulações para a variável dependente oferta do nicho Of_{pt} em cada condição de simulação de quantidade inicial de agentes do nicho Qa_p adotada. A tabela 27 apresenta também os resultados de correlação entre os valores experimentais da variável Qa_p e os resultados observados para a

variável oferta do nicho Of_p . A correlação observada foi bastante significativa, de ,976, estatisticamente significativa a um nível de p maior do que ,000.

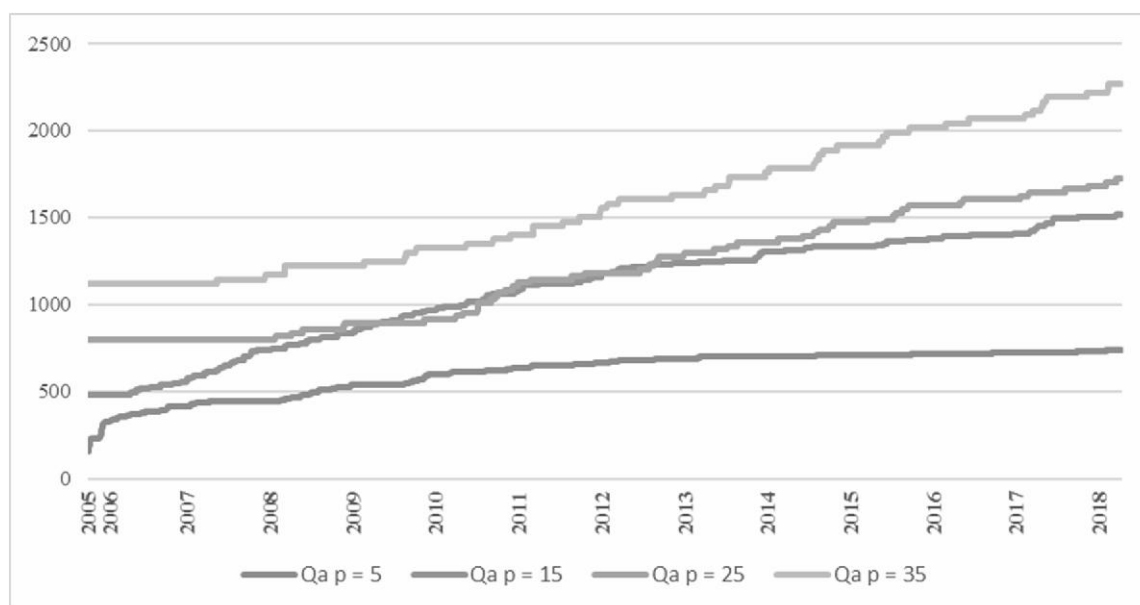
Tabela 27: Resultado de simulação do teste de hipótese h1 – oferta do nicho

Experimento	Variável de manipulação	Of_p final (MWh)	Condições de simulação				Correl
			5	15	25	35	
E1	Quantidade inicial de agentes no nicho Qa_p		736,0	1516,8	1.721,6	2.272,0	0,976*

* estatisticamente significativa a $p < .000$

** estatisticamente significativa a $p < .00$

Figura 26: Resultados de simulação do teste de hipótese h1 – oferta do nicho em MWh



Maiores quantidades iniciais de agentes no nicho Qa_p tecnológico levaram a crescimentos mais expressivos na oferta do nicho durante as simulações. Conforme discutido na seção 6.1, no desenvolvimento do modelo computacional considerou-se que expectativas de demanda de mercado acima da oferta atual do nicho levam a atração de novos agentes para o nicho e crescimento da oferta do nicho. Os resultados de simulação obtidos no experimento E1 indicam que maiores quantidades iniciais de agentes no nicho resultaram também em maior atração de agentes para o nicho, resultado da maior difusão de expectativas de desenvolvimento do nicho no sistema.

Da mesma forma, conforme pode ser observado na tabela 28 e figura 27 abaixo, quantidades iniciais maiores de agentes no nicho tecnológico levaram a crescimentos maiores

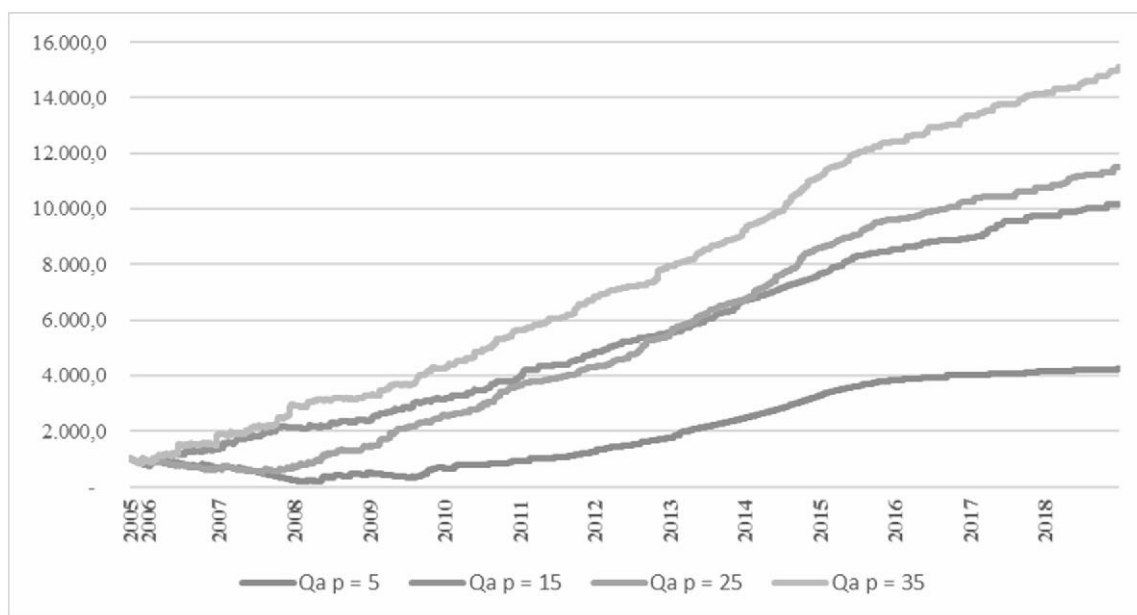
na variável dependente quantidade vendida pelo nicho $Q_{p,t}$ nos processos de simulação. A correlação entre as variáveis quantidade inicial de agentes do nicho $Q_{a,p}$ e quantidade vendida pelo nicho $Q_{p,t}$ foi considerada também como muito forte, de ,976, e estatisticamente significativa a um nível de p maior do que ,000.

Tabela 28: Resultados de simulação do teste de hipótese h1 – quantidade vendida pelo nicho

Experimento	Variável de manipulação	Condições de simulação				Correl.
		5	15	25	35	
E1	Quantidade inicial de agentes no nicho $Q_{a,p}$ Q_p final (MWh)	4.412,7	10.361,5	12.418,6	15.621,5	0,976*

* estatisticamente significativa a $p < .000$ ** estatisticamente significativa a $p < .00$

Figura 27: Resultados de simulação do teste de hipótese h1 – quantidade vendida pelo nicho em MWh



Conforme descrito na seção 6.1, a quantidade vendida pelo nicho $Q_{p,t}$ é dependente da oferta $Of_{p,t}$, e da demanda de mercado Qd_t . No desenvolvimento do modelo computacional considerou-se que a demanda de mercado Qd_t é função das expectativas sobre o desenvolvimento do nicho mantidas pelos agentes do cenário a . Os resultados de simulação obtidos no experimento E1 indicam que maiores quantidades iniciais de agentes no nicho resultaram também em maior crescimento de expectativas entre agentes a do cenário, consequência da maior difusão de expectativas sobre o nicho.

O experimento E1 sugere que a dinâmica de desenvolvimento e expansão do nicho foi dependente da quantidade inicial de agentes pertencentes ao nicho tecnológico. Este resultado foi obtido em diferentes condições de simulação, indicando por uma consistência na observação do modelo computacional e conceitual proposto. Foram adotadas condições de simulação com diferentes quantidades de agentes nos níveis de cenário e regime.

Como podem ser observados na tabela 29, diferentes quantidades de agentes no cenário e regime não alteraram de forma consistente o desenvolvimento do nicho nas simulações – diferentemente dos resultados observados para a variável independente quantidade inicial de agentes do nicho.

Tabela 29: Resultados de simulação do teste de hipótese h1 para diferentes condições de cenário

	<i>Quantidade de agentes no cenário</i>	<i>Condições de simulação</i>					<i>Correl</i>
		50	100	150	200	250	
<i>Quantidade inicial de</i>	5	4.663	4.354	4.366	4.578	4.736	0,330
<i>agentes no nicho</i>	15	10.649	11.046	9.749	10.030	10.796	-0,202
<i>Q_p final</i>	25	14.547	13.360	12.669	14.477	15.795	0,475
<i>Q_a_p</i>	35	16.400	16.964	14.893	16.034	16.628	-0,096

* estatisticamente significativa a $p < .000$

** estatisticamente significativa a $p < .00$

Conforme o modelo conceitual desenvolvido em 2.9, e discutido na seção 6.3, foi proposto que o nicho desempenha de forma distribuída o papel de agência no processo de transição sociotecnológica sustentável. A existência de um grupo inicial maior de agentes no nicho tenderia a se constituir como uma arena mais ampla de difusão de expectativas. Caso a agência seja consequência da ação conjunta do nicho, entende-se que o desenvolvimento deste tenderia a ser mais significativo em cenários em que houvesse um número inicial maior de agentes atuando no nicho e na difusão de expectativas.

O tratamento computacional indicou que os resultados observados nas variáveis dependentes da oferta do nicho Of_p e a quantidade vendida pelo nicho Q_p , variáveis representativas do desenvolvimento do nicho, estão relacionados à quantidade inicial de agentes do nicho Qa_p . Em conjunto, conforme tabela 28 e 29 acima, entende-se que os resultados observados no experimento E1 indicam pela aceitação inicial da hipótese 1.

7.3. TESTE DE HIPÓTESE 2

A hipótese h2 de trabalho da presente pesquisa propõe que narrativas construídas pelos agentes do nicho tecnológico direcionam expectativas e ações dos demais agentes, tanto internos quanto externos ao nicho. No modelo conceitual adotado na pesquisa, conforme definido na seção 2.9 e discutido na seção 6.3, o processo de constituição de um nicho sociotecnológico resulta da consolidação de expectativas futuras dos agentes para o desenvolvimento do nicho. Esta dinâmica seria mais relevante no caso de transições para tecnologias sustentáveis, dado este processo usualmente resultar de um esforço direcionado da sociedade.

O direcionamento de expectativas por meio da estrutura de narrativas construídas pelos agentes do nicho condicionaria as ações dos atores, tanto internos, quanto externos ao nicho. Compromisso pressupõe, em si, alguma dimensão de ação por parte dos agentes. O modelo conceitual desenvolvido nesta pesquisa entende que a agência do processo resulta deste condicionamento da dimensão de expectativas e ação dos agentes.

O teste da hipótese 2 foi realizado por meio da manipulação da variável independente fixação de narrativas Fx_p . A variável fixação de narrativas Fx_p representa a sensibilidade de cada agente ao processo discursivo desenvolvido pelos demais agentes, tanto do nicho e quanto do cenário. Modificações na fixação de narrativas tenderiam a produzir alterações no desenvolvimento de expectativas entre agentes. Os resultados da manipulação desta variável independente no modelo computacional foram medidos por meio das variáveis dependentes da oferta do nicho Of_{pt} e quantidade vendida pelo nicho Q_{pt} .

Os resultados do experimento E2 indicam por uma dependência significativa no desenvolvimento do nicho das condições adotadas nos diferentes cenários de simulação para a variável independente fixação de narrativas Fx_p . As tabelas 30 e 31 abaixo apresentam os resultados finais médios observados para cada uma das condições de simulações adotadas no experimento. Observa-se na tabela 30 que quanto maior a fixação de narrativas Fx_p , maior a oferta do nicho Of_{pt} final na simulação; da mesma forma, a tabela 31 indica que quanto maior a fixação de narrativas Fx_p , maior a quantidade vendida pelo nicho Q_{pt} final. As correlações para ambas variáveis dependentes Of_{pt} e Q_{pt} foram observadas como elevadas, com valores de ,950 e ,945, estatisticamente significantes a um nível de p maior do que .000.

Tabela 30: Resultado de simulação do teste de hipótese h2 – oferta do nicho

Experimento	Variável de manipulação	Condições de simulação					Correl
		,1	,3	,5	,7	,9	
E2	Fixação de narrativas Fx_p	1024	1158,4	1222,4	1235,2	1299,2	0,950*
	Of_p final (MWh)						

* estatisticamente significativa a $p < .000$ ** estatisticamente significativa a $p < .00$

Tabela 31: Resultado de simulação do teste de hipótese h2 – quantidade vendida pelo nicho

Experimento	Variável de manipulação	Condições de simulação					Correl
		,1	,3	,5	,7	,9	
E2	Fixação de narrativas Fx_p	6.595,0	7.653,7	8.000,3	8.119,6	8.642,2	0,945*
	Q_p final (MWh)						

* estatisticamente significativa a $p < .000$ ** estatisticamente significativa a $p < .00$

As figuras 28 e 29 apresentam a evolução do processo de simulação para cada cenário de simulação da variável fixação de narrativas Fx_p , para as variáveis dependentes oferta do nicho $Of_{p,t}$ e quantidade vendida pelo nicho $Q_{p,t}$.

Figura 28: Resultados de simulação do teste de hipótese h2 – Oferta do nicho em MWh

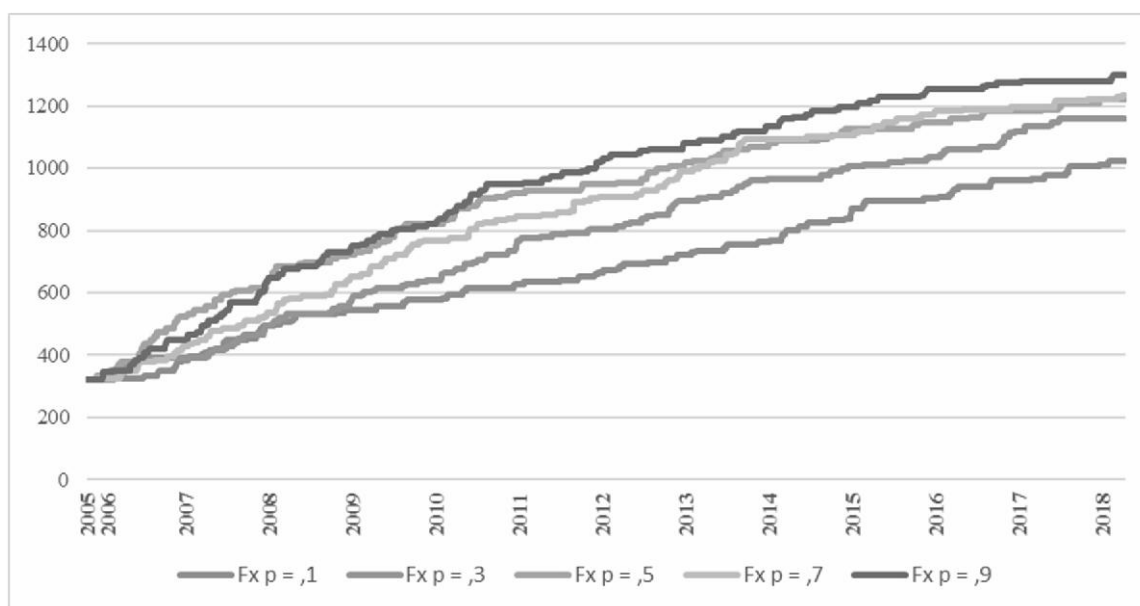
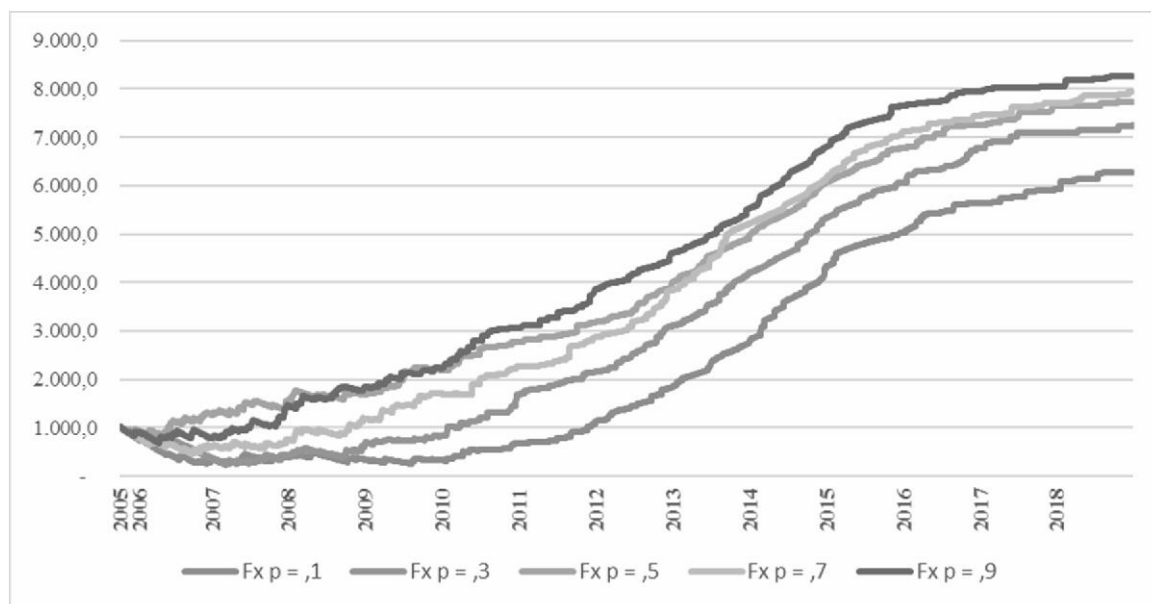


Figura 29: Resultados de simulação do teste de hipótese h2 – quantidade vendida pelo nicho em MWh



Ambas as figuras indicam que a simulação apresentou um desenvolvimento diferente para cada condição adotada, e durante todo o processo de simulação. Em condições onde foi atribuída aos agentes uma maior fixação de narrativas Fx_p , as expectativas se difundiram mais rapidamente no nicho, conduzindo os agentes a uma ação conjunta. Da mesma forma, em diversas simulações onde foram designados aos agentes uma baixa fixação de narrativas Fx_p , expectativas acabam por colapsar, levando a dissolução do nicho.

Estes resultados foram observados em diferentes condições e cenários de simulação, indicando pela consistência deste achado. O modelo conceitual adotado nesta pesquisa propõe que esta propagação resulte da sensibilidade específica do agente ao processo discursivo desenvolvido, conforme o conceito de fixação desenvolvido em Pesch (2015). Entende-se que os resultados de simulação observados no experimento E2, em conjunto, indicam pela aceitação da hipótese de trabalho h2.

7.4. TESTE DE HIPÓTESE 3

A hipótese h3 propõe que a função de agência no processo de transição entre regimes sociotecnológicos é mediada pelo desempenho observado do nicho tecnológico. O teste da

hipótese h3 foi conduzido por meio da manipulação das variáveis independentes do fator de aprendizagem F_{apr} e risco de aprendizagem β . No modelo conceitual proposto na seção 2.9, a aprendizagem foi considerada como o principal fator de desempenho a ser observado no desenvolvimento do nicho.

A manipulação teve como objetivo observar o impacto do desempenho observado do nicho, como mediador da dinâmica de narrativas. Como discutido nas seções 2.9 e 6.3, adotou-se os preços do nicho como uma *proxi* representativa do processo de aprendizagem. Da mesma forma, narrativas sobre a dinâmica de custos e preços do nicho foram observadas como bastante significativas na análise de conteúdo desenvolvida na fase qualitativa de pesquisa, e foram incorporados pelos diversos atores sociais em suas narrativas de defesa do nicho.

Como esperado, os resultados observados na variável dependente preço da oferta do nicho P_p , apresentados na tabela 32 abaixo, foram sensíveis ao fator de aprendizagem F_{apr} adotado em cada uma das condições de simulações de experimento E3, apresentando correlação elevada, de -,987 entre as condições adotadas na simulação e o resultado observado, considerada estatisticamente significativa a p maior do que ,000. Para as demais dimensões de manipulação e avaliação, não houve variação estatisticamente significativa para a variável dependente preço da oferta do nicho P_p .

Tabela 32: Resultados finais de simulação – preço médio da oferta do nicho

Experimento	Variável de manipulação	Cenários de simulação					Correl.	
		1	2	3	4	5		
E1	Quantidade inicial de agentes no nicho Qa_p	P_p final (R\$/MWh)	142,18	145,09	150,94	144,84	0,483	
E2	Fixação de narrativas Fx_p	P_p final (R\$/MWh)	101,72	107,77	97,55	111,17	98,67	-0,072
E3	Fator de aprendizagem F_{apr}	P_p final (R\$/MWh)	198,9	162,9	123,5	102,0	84,1	-0,987*

* estatisticamente significativa a $p < .000$

** estatisticamente significativa a $p < .00$

Já a variável independente risco de aprendizagem β foi observada como uma mediadora do efeito da variável independente fator de aprendizagem F_{apr} , atuando nas simulações como uma redutora dos efeitos da aprendizagem, como observado na tabela 33 abaixo. Dado o risco de aprendizagem β ter incidido durante as simulações individualmente ao processo de aprendizagem de cada agente, maiores coeficientes de risco de aprendizagem β resultaram em maior heterogeneidade entre agentes. Os valores de risco de aprendizagem β

não foram observados como correlacionados com nenhuma das variáveis dependentes adotadas na simulação.

Tabela 33: Resultados finais de simulação– efeito da variável risco de aprendizagem β

	Fator de aprendizagem F_{apr}	Condições de simulação					Correl	
		,1	,3	,5	,7	,9		
Risco de aprendizagem β	,1	196,05	152,48	101,63	85,61	64,42	-0,975*	
	,3	197,53	156,04	112,89	91,42	74,43	-0,980*	
	,5	193,39	157,88	128,73	98,30	82,06	-0,993*	
	,7	P_p final	196,47	172,97	132,61	104,53	94,48	-0,984*
	,9	(R\$/MWh)	210,93	175,06	141,79	129,92	105,13	-0,985*

* estatisticamente significante a $p < .000$

** estatisticamente significante a $p < .00$

Conforme discutido na seção 6.3, a observação no experimento computacional de relação entre a variável independente fator de aprendizagem F_{apr} e o desenvolvimento do nicho, na variável dependente oferta do nicho Of_p e quantidade vendida pelo nicho Q_p indicaria pela aceitação da hipótese h3.

Apesar do proposto na construção conceitual, o experimento E3 apresentou resultados em termos do desenvolvimento do nicho similares para as diferentes condições de simulação da variável fator de aprendizagem F_{apr} . As tabelas 34 e 35 a seguir apresentam os resultados em termos de quantidades finais observados para cada condição de simulação, para as variáveis dependentes oferta do nicho Of_p e quantidade vendida pelo nicho Q_p . Conforme pode ser observado nas tabelas 34 e 35, não se observa correlação estatisticamente significante entre as variáveis fator de aprendizagem F_{apr} e entre as variáveis dependentes de oferta do nicho Of_{pt} e quantidade vendida pelo nicho Q_{pt} .

Tabela 34: Resultado de simulação do teste de hipótese h2 – oferta do nicho

Experimento	Variável de manipulação	Condições de simulação					Correl	
		,1	,3	,5	,7	,9		
E3	Fator de aprendizagem F_{apr}	Of_p final (MWh)	988,4	953,6	940,8	1043,2	889,6	-0,229

* estatisticamente significante a $p < .000$

** estatisticamente significante a $p < .00$

Tabela 35: Resultado de simulação do teste de hipótese h2 – quantidade vendida pelo nicho

Experimento	Variável de manipulação	Condições de simulação					Correl	
		,1	,3	,5	,7	,9		
E3	Fator de aprendizagem F_{apr}	Q_p final (MWh)	6.537,7	6.324,6	6.238,7	6.973,5	5.723,5	-0,340

* estatisticamente significante a $p < .000$

** estatisticamente significante a $p < .00$

As figuras 30 e 31 abaixo apresentam o desenvolvimento de simulação no experimento E3 para as variáveis oferta do nicho Of_p e quantidade vendida pelo nicho Q_p . A análise conjunta dos gráficos também sugere não haver relação entre o desenvolvimento do nicho e o fator de aprendizagem F_{apr} .

Figura 30: Resultado de simulação do teste de hipótese h3 – oferta do nicho em MWh

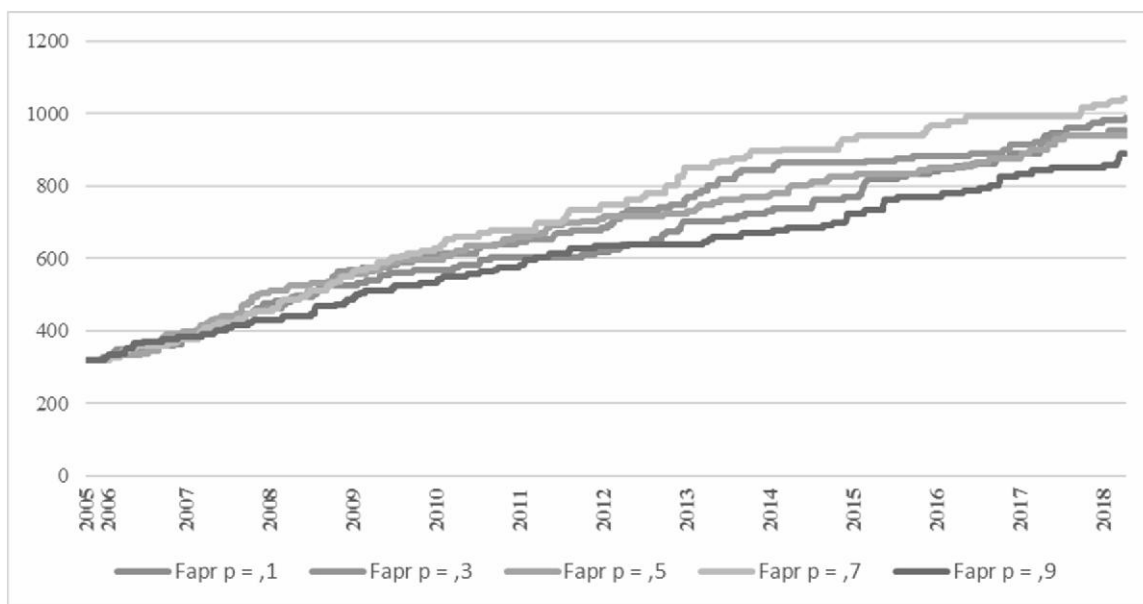
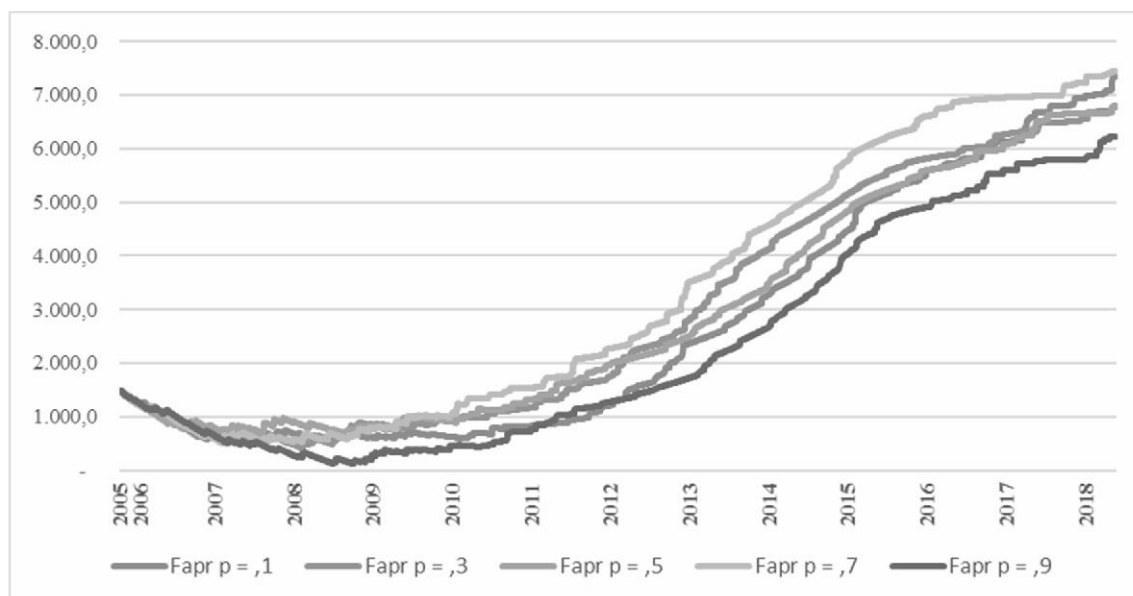


Figura 31: Resultado de simulação do teste de hipótese h3 – quantidade vendida pelo nicho em MWh



Esta observação indica pela não aceitação da hipótese h3. Tal achado pode ser resultado de que as expectativas, a partir de determinado momento de seu estabelecimento e difusão, se mantêm, mesmo com resultados do sistema observados em discordância com o exposto nestas expectativas. Este achado está relacionado com a expressiva amplitude da dinâmica de narrativas observada nas simulações. Como discutido, em determinadas simulações, tal como observado na figura 22, os agentes acabavam por estabelecer expectativas irrealistas, mesmo sob a condição de desempenhos do nicho abaixo do esperado.

7.5. DISCUSSÃO: TESTE DO MODELO CONCEITUAL DE AGÊNCIA NA TRANSIÇÃO SUSTENTÁVEL

A fase quantitativa de pesquisa foi desenvolvida com base no objetivo de analisar a agência no processo de transição sociotecnológica sustentável por meio de um modelo computacional multiagente. Esta seção avalia os resultados observados nesta fase de pesquisa, em termos de relevância e consistência, bem como de suas implicações. A tabela 36 apresenta síntese dos achados observados na fase quantitativa de pesquisa.

O modelo conceitual de agência proposto como base para a presente pesquisa foi consolidado em três hipóteses de trabalho, desenvolvidas em 2.9, as quais nortearam o desenvolvimento da fase quantitativa de pesquisa. Estas hipóteses foram exploradas na fase quantitativa por meio de um conjunto de experimentos de simulação computacional, adotando para tal um sistema multiagente desenvolvido especificamente para a pesquisa.

A simulação computacional permite que se manejem de forma experimental dimensões e variáveis propostas conceitualmente, de forma a observar o comportamento destas variáveis, a partir de uma representação no modelo de uma determinada estrutura social. Um modelo é uma representação abstrata e simplificada da realidade, o qual, apesar de simplificado, se pretende que apresente as dimensões básicas em estudo desta realidade. Não se pretende que a simulação substitua outras formas de pesquisa empírica, mas sim que esta a auxilie, explorando outras formas de obter maior compreensão sobre a realidade.

Tabela 36: Síntese de achados: fase quantitativa de pesquisa e testes de hipóteses

	Hipótese	Aceita experimentalmente	Corroborada na fase qualitativa	Implicações
h1	A função de agência no processo de transição entre regimes sociotecnológicos é exercida de forma distribuída pelos atores do nicho tecnológico	Sim	Sim	Não dá suporte a ideia de transição sociotecnológica conduzida É necessária a ação conjunta dos agentes do nicho
h2	Narrativas construídas pelos agentes do nicho tecnológico direcionam expectativas e ações dos atores, internos e externos ao nicho	Sim	Sim	Para o desenvolvimento do nicho, é necessário o desenvolvimento de um extenso sistema de narrativas de apoio Também é necessária a construção de um sistema de relacionamentos que possibilite a difusão de narrativas
h3	A função de agência no processo de transição entre regimes sociotecnológicos é mediada pelo desempenho observado do nicho tecnológico	Não	Não	Podem ser mantidas expectativas irrealistas sobre as possibilidades de desenvolvimento de um nicho tecnológico

Estas dimensões são de difícil avaliação e medição empíricas, especialmente quando se trata de dados referentes a grande número de agentes heterogêneos entre si, e agrupados em diferentes níveis hierárquicos. Notadamente, observa-se que a coordenação entre diferentes metodologias possibilitou a conexão entre o processo de simulação computacional com a realidade empírica observada na fase de pesquisa qualitativa, levando a uma compreensão mais ampla e segura dos resultados de simulação.

A modelagem computacional por meio de sistema multiagente é especialmente interessante no caso de simulações onde se entende a ação de múltiplos agentes, heterogêneos e autônomos entre si. O modelo computacional desenvolvido para a simulação buscou emular a estrutura e desenvolvimento do nicho de geração de energia eólica no Brasil, o qual se entende representa uma transição sociotecnológica sustentável em andamento. O modelo computacional foi construído a partir da caracterização de narrativas desenvolvida como resultado da fase qualitativa de pesquisa.

O modelo computacional de MAS desenvolvido nesta pesquisa foi entendido como válido, dado o comportamento do sistema se assemelhar com comportamentos descritos na literatura e observados empiricamente, conforme discutido em 6.1. Assim, a presente pesquisa obteve diversos achados, os quais merecem ser avaliados frente a sua consistência, relevância e implicações.

A hipótese h1 propõe que a função de agência no processo de transição entre regimes sociotecnológicos pode ser exercida de forma distribuída pelos agentes do nicho tecnológico. Conforme discutido em 6.2, os resultados de simulação indicam pela aceitação desta hipótese. O processo de simulação sugere que pequenos grupos tiveram capacidade de exercer influência sobre sistemas conformados por agentes distribuídos em diferentes hierarquias.

Este processo de influência foi entendido como mais relevante à medida que este grupo inicial foi maior. Novos agentes podiam ser incorporados ao grupo ao longo do processo de simulação; mas simulações onde o nicho era inicialmente maior apresentaram um maior desenvolvimento - mesmo considerando que apenas um agente tendo sido designado inicialmente com elevadas expectativas sobre o nicho. Esta observação indica que pode ser necessário ao agente estar conectado a outros agentes para disseminar as suas expectativas e narrativas, mesmo em fases iniciais da conformação de um nicho tecnológico. O grupo, uma vez assumindo estas expectativas, tem condição de influenciar o sistema como um todo.

Efetivamente, na fase qualitativa de pesquisa observou-se que os processos narrativos de defesa do nicho e de desafio ao regime foram produzidos em conjunto por um grupo de agentes pertencentes ao nicho, academia e sociedade em geral. Esta observação da centralidade de um grupo de agentes, conectados em estabelecer as expectativas, sugere que a agência no processo de transição não possa ser exercida isoladamente por nenhum agente específico - especialmente agentes externos ao nicho.

Portanto, o entendimento de uma agência com uma configuração distribuída resultado da presente pesquisa **não dá suporte a ideia de uma transição sociotecnológica conduzida**, notadamente quando entende-se esta como centralizada por um determinado agente, como sugerido em abordagens que tratam da gestão da transição, como discutido em Kemp et al. (1998), Nill e Kemp (2009), e Schot e Geels (2008). Governos podem participar e estimular o nicho; mas o processo de desenvolvimento, bem como a dinâmica de condução deste processo de desenvolvimento, dependeria dos agentes constituintes do nicho.

Já a hipótese 2 afirma que narrativas construídas pelos atores do nicho tecnológico direcionam expectativas e ações dos demais atores, tanto internos e quanto externos ao nicho. A questão central desenvolvida na fase de pesquisa quantitativa está na avaliação se agentes podem exercer o poder de agência no processo de transição sociotecnológica por meio de uma estrutura de narrativas socialmente construídas.

Na fase qualitativa de pesquisa foi possível observar as dinâmicas de pressão exercidas pelo nicho. Narrativas principiaram por atores pertencentes ao nicho, e atores pertencentes à academia e relacionados ao nicho. Atores da sociedade civil e do governo, caracteristicamente pertencentes ao regime e cenário, acabaram por assumir narrativas apresentadas inicialmente pelo nicho e academia. Narrativas se difundiram entre agentes, sendo incorporadas por estes em sua própria dinâmica narrativa.

Este achado da fase de pesquisa qualitativa indica pela efetiva existência de um processo de fixação de narrativas na sociedade. A ideia de fixação social da narrativa depende, segundo Pesch (2015), do grau de abertura de um determinado campo social a novos processos discursivos. Foi possível também observar que estas dinâmicas discursivas levaram a uma mudança na percepção entre agentes do governo sobre a viabilidade do nicho. Entende-se que este processo discursivo, sedimentado no conjunto de narrativas, teve por resultado condicionar de expectativas dos agentes sociais distribuídos nos três níveis hierárquicos. A narrativa conjunta sobre o potencial de geração eólico no Brasil é o principal exemplo deste processo, levando ao estabelecimento de uma expectativa de capacidade instalada futura e de tamanho total do nicho.

Esta concepção de condicionamento de expectativas como resultado do processo de construção e assimilação de narrativas foi explorada no experimento E2. Os dados de simulação gerados no experimento E2 sugerem pela aceitação da hipótese h2; no processo de simulação, observou-se que maior fixação de narrativas conduzia o nicho a um maior desenvolvimento.

Este maior desenvolvimento do nicho foi observado tanto em termos de oferta, dependente da atração de mais agentes para o nicho, quanto da efetiva venda do nicho, o qual dependia principalmente das expectativas dos agentes do cenário. Na simulação, agentes apresentavam suas ofertas conforme as suas expectativas e compromisso para com o nicho.

Expectativas resultavam em ações, na medida em que estas condicionavam o compromisso dos atores para com o nicho.

Foi observada no processo de simulação a dinâmica de difusão, sedimentação e condicionamento de ação; agentes passaram a assimilar as expectativas dos demais, e agir a partir destas expectativas. Entende-se, portanto, que foi possível a um conjunto de agentes, situados em um nível hierárquico do processo, exercer agência e condicionar as ações dos demais por meio da dinâmica de narrativas.

Para a Academia, a compreensão da possibilidade de direcionamento do processo de transição pela construção de narrativas é relevante, na medida em que existe um corpo de trabalhos os quais avaliam o como conduzir o processo. Novamente se atenta que o condicionamento de expectativas é muito mais relevante em se tratando de transições sustentáveis. A transição sustentável depende centralmente da construção de expectativas em torno da solução, compreendendo-a como viável e desejável; narrativas seriam assim centrais em estabelecer a necessidade e possibilidade desta transição.

O que este achado implica é que pode ser necessário para o desenvolvimento do nicho que este venha a produzir de um extenso sistema de narrativas de apoio socialmente construídas, de forma a condicionar as expectativas e ações dos demais atores sociais. Para tal, seria uma outra implicação deste achado a observação de que também pode ser necessário ao nicho desenvolver um sistema de relacionamentos que possibilite a difusão social deste sistema de narrativas.

Estas considerações são mais relevantes frente ao observado no teste da hipótese h3. No modelo conceitual discutido em 2.9, com base na concepção de sociologia das expectativas, conforme discutido em Borup et al. (2003), propõe-se que expectativas, e sua capacidade de agência, sejam mediadas pelo desempenho observado do nicho tecnológico.

No modelo conceitual considerou-se a aprendizagem como a principal dimensão de desempenho do sistema; preços, por sua vez, foram adotados como uma *proxi* da aprendizagem coletiva do nicho. Aprendizagem é uma dimensão central na concepção de gerenciamento de nichos, especialmente quando tratando de transições sustentáveis. O cultivo de um nicho se justificaria pela possibilidade de aprendizagem que este apresenta. Esta é uma concepção de aprendizagem *learn-by-doing*, dependente da prática e da acumulação de

conhecimento contínuo dos agentes por meio da sua experiência. Este processo coletivo é dependente também da dinâmica de interação entre os diferentes agentes.

Na fase de pesquisa qualitativa foi possível observar dinâmicas de suporte e ajuste de expectativas exercidas pelo nicho. Agentes do nicho acabavam constituindo elevadas expectativas sobre o processo de desenvolvimento do nicho. O desempenho do nicho passou a ser adotado, a partir de determinado momento, como instância de justificação para o suporte público a este. Narrativas sobre o desempenho do nicho observadas empiricamente na fase qualitativa estiveram centradas nas quantidades efetivamente ofertadas pelo nicho, e nos preços obtidos nos leilões públicos. Narrativas produzidas sobre esta dimensão acabaram por se difundir para a sociedade e demais agentes. Observou-se inclusive um movimento de ajuste entre expectativas e preços praticados pelo nicho, nos anos de 2012 e 2013, o que indica uma interação entre resultados observados e expectativas.

Em oposição, o processo de simulação computacional não deu suporte à aceitação desta hipótese. No processo de simulação, observou-se que a manipulação da variável independente representativa do fator de aprendizagem levava a resultados diferentes no desenvolvimento do sistema em termos de preços finais. Resultados de aprendizagem menores deveriam ter levado a um menor poder de agência, e, portanto, em menor desenvolvimento do nicho. Mas o que foi observado nas simulações computacionais é que **expectativas mantiveram-se elevadas mesmo com desempenhos constantemente abaixo das expectativas.**

Expectativas mantiveram-se elevadas principalmente por conta da dinâmica de difusão e do conjunto de narrativas apresentados pelo nicho e cenário. Nas simulações foi possível observar a interação entre as dinâmicas de suporte e ajuste de expectativas; uma vez sedimentadas, estas se mantinham por conta desta dinâmica. Dado as expectativas manterem-se elevadas, não houve impacto no processo de desenvolvimento do nicho. Tal leva a uma percepção de que a agência no processo de transição foi exercida de forma firme pela dinâmica de narrativas, e se relaciona com a observação experimental de que, em algumas simulações, houve a conformação de expectativas irrealis.

Este achado de pesquisa tem diferentes implicações. Possibilita que se visualizem situações onde a dinâmica de narrativas sociais mantém o fluxo de suporte ao nicho tecnológico, mesmo que os resultados observados pelo nicho não sejam os desejados. Governos e sociedade em geral podem acabar por estimular nichos que não tem efetivo

potencial de desenvolvimento, mas possuem penetração social e política para desenvolverem uma dinâmica discursiva que dê suporte e sustentação. Para a academia, assim, a principal implicação está na necessidade desta em desenvolver formas de avaliar o desempenho de novos nichos tecnológicos, bem como formas de comunicar à sociedade este desempenho observado.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo analisar a agência no processo de transição sociotecnológica sustentável. Neste capítulo estão apresentadas as considerações finais de pesquisa. Nesta primeira seção, são retomados os principais conceitos adotados no desenvolvimento da pesquisa. Nas seções seguintes são apresentados e avaliados os principais achados de pesquisa, bem como discutidas as implicações dos resultados observados. Da mesma forma, são discutidas as limitações ao desenvolvimento da pesquisa, e na última seção são apresentadas também propostas de novos estudos que emergiram da condução da pesquisa.

Transições sociotecnológicas são processos de modificação e substituição de regimes sociotecnológicos, estruturas sociais que englobam sistemas tecnológicos e produtivos, bem como estruturas sociais, políticas públicas, sistemas econômicos e significados simbólicos associados a estes sistemas tecnológicos. A transição sociotecnológica é um processo que pode resultar em uma ampla transformação na forma de organização da sociedade. A transição sociotecnológica tem recebido atenção crescente da Academia em anos recentes. O número de publicações no campo e de citações tem apresentado um crescimento constante e expressivo, embora a pesquisa nacional sobre transições tecnológicas encontre-se ainda em estado bastante incipiente.

A transição sociotecnológica tem sido compreendida como um caminho para o desenvolvimento sustentável da sociedade. Sustentabilidade é entendida nesta pesquisa como um processo de fazer econômico que busca satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras em satisfazerem as suas próprias necessidades. Adota-se assim uma compreensão da sustentabilidade como composta das dimensões orientadoras econômica, social e ambiental. A discussão desenvolvida nesta linha de estudos centra-se na possibilidade de substituição de regimes sociotecnológicos vigentes, por regimes entendidos como sustentáveis, os quais representem menores impactos sociais e ambientais.

Em que pese a atual atenção que o estudo das transições sociotecnológicas vem recebendo, observou-se no desenvolvimento recente desta linha teórica a ausência de uma

discussão mais ampla sobre a função de agência. Agência é entendida como a capacidade de agir, e, por meio desta ação, provocar resultados na realidade. Apesar do estudo da transição sociotecnológica discutir centralmente dinâmicas de mudança social, a literatura pouco trata da coordenação destes processos, adotando um enfoque muito mais centrado em compreender a interação entre as estruturas sociais.

Esta pesquisa buscou assim analisar como é constituída e exercida a capacidade de influenciar processos de transição sociotecnológica. A compreensão da função de agência torna-se muito mais relevante em se tratando de transições sustentáveis, em que usualmente observa-se um esforço direcionado da sociedade para tal. A presente pesquisa foi conduzida em quatro fases distintas e sequenciais, desenvolvidas com base nos objetivos específicos propostos, que se somam e complementam na compreensão da questão de pesquisa. Os principais achados de pesquisa estão discutidos na seção seguinte considerando esta divisão em fases e objetivos.

8.1. PRINCIPAIS ACHADOS E CONTRIBUIÇÕES

A primeira fase de pesquisa teve como objetivo desenvolver um modelo conceitual de agência do processo de transição sociotecnológica sustentável. Esta fase compreendeu a delimitação, problematização e justificação do presente estudo, bem como o desenvolvimento da estrutura teórica e conceitual da presente pesquisa. Adotou-se, a partir do trabalho de Geels (2002; 2004), a perspectiva multinível como estrutura conceitual de base para o desenvolvimento da pesquisa. A perspectiva multinível propõe o estudo da transição a partir de três diferentes níveis de análise – nicho, regime e cenário. A unidade de análise principal adotada na perspectiva multinível é a estrutura de relacionamentos entre os diferentes atores sociais situados a cada nível conceitual.

Como resultado desta primeira fase de pesquisa, foi proposto na seção 2.9 um modelo conceitual de agência. A adoção da perspectiva multinível condicionou o desenvolvimento do modelo de agência, dando ênfase ao sistema de relações entre agentes. No modelo conceitual proposto adota-se uma concepção de agência distribuída, exercida por diferentes atores do

nicho tecnológico, resultando de uma ação coletiva do nicho. A agência seria exercida por meio de um processo discursivo, que se traduz na construção de sistemas de narrativas por parte dos atores sociais do nicho. Expectativas seriam direcionadas por meio deste processo discursivo. Narrativas estariam sujeitas a diferentes graus de fixação na sociedade, resultando em diferenças em termos de impacto destas narrativas na sociedade.

O compromisso dos agentes é resultado das expectativas dos agentes para com o desenvolvimento futuro do nicho. A transição sustentável é centralmente dependente do processo de construção de expectativas dos agentes do nicho e cenário. Considera-se na estruturação do modelo conceitual que a estabilidade de um regime, bem como a emergência de um nicho tecnológico, é resultado do compromisso para com este nicho dos agentes situados nos três níveis de análise. A agência do processo de transição entre regimes resultaria da dinâmica de condicionamento e direção deste compromisso.

Com base na literatura sobre a sociologia das expectativas, propõe-se também no modelo conceitual que expectativas, bem como o compromisso resultante destas expectativas, sejam continuamente ajustados pelo desempenho observado do sistema. Propõe-se que a principal medida de desempenho no processo de transição tecnológico esteja na capacidade do nicho de desenvolver uma dinâmica de aprendizado contínua.

O modelo conceitual de agência proposto avança a literatura sobre transições sustentáveis na medida em que adota a dimensão de expectativas e compromisso como explicativas do processo de agência. Este modelo também avança na medida em que considera a agência como distribuída, resultando de uma ação coletiva do nicho. Por fim, a proposição de uma função de controle e ajuste de expectativas e, por conseguinte do processo de agência, a partir da compreensão da transição sociotecnológica como um sistema caracteristicamente complexo, é outra contribuição do modelo conceitual proposto.

Assim, no desenvolvimento da presente pesquisa adotou-se como posicionamento epistemológico uma concepção de complexidade organizacional. A complexidade organizacional explora a realidade principalmente através de noções de emergência, realimentação e auto-organização de sistemas. A partir desta concepção epistemológica de complexidade, a presente pesquisa adotou uma abordagem multimétodos, com base na tese de compatibilidade, entendendo a combinação de abordagens metodológicas diferentes como possível e desejável. O modelo conceitual proposto na primeira fase de pesquisa foi operacionalizado em uma fase de pesquisa qualitativa, e outra fase quantitativa e

computacional. Entende-se que a coordenação entre diferentes metodologias em fases distintas enriqueceu o processo de pesquisa. Possibilitou a construção de uma relação entre a simulação computacional, um método de pesquisa usualmente abstrato, com a realidade empírica observada na análise de conteúdo. Possibilitou assim uma exploração mais ampla do tema em estudo.

A fase qualitativa de pesquisa teve como objetivo caracterizar os processos discursivos envolvidos em transições tecnológicas sustentáveis, entendendo estes como parte central da dinâmica de transição. A partir do modelo conceitual de agência proposto, a fase de pesquisa qualitativa foi desenvolvida a partir de uma análise de conteúdo de um conjunto expressivo de documentos e comunicações socialmente construídas, adotando para o suporte do software NVivo. A adoção de um método de análise de conteúdo na fase de pesquisa qualitativa possibilitou explorar de forma mais ampla a ideia de narrativa proposta no modelo conceitual.

No desenvolvimento da segunda e terceira fases de pesquisa, foi adotado como objeto de pesquisa o nicho brasileiro de produção de energia eólica. A produção de energia e as energias renováveis são questões centrais na discussão sobre sustentabilidade. A energia eólica é usualmente vista como uma energia limpa, livre de emissões de gases de efeito estufa, de baixo impacto ambiental, e impacto social positivo. O nicho de energia eólica vem apresentando crescimento recente expressivo, vindo inclusive a alterar a matriz energética brasileira, o que levou ao entendimento de se constituir em uma transição sustentável em andamento.

Como resultado desta fase de pesquisa, observou-se que agentes sociais efetivamente desenvolveram um significativo processo discursivo, por meio de um sistema de narrativas socialmente construídas. Narrativas atuaram principalmente no estabelecimento de expectativas sobre o nicho tecnológico, defendendo a existência de grande potencial de geração no Brasil. Narrativas também atuaram no questionamento ao regime vigente, por meio da defesa da maior sustentabilidade na geração de energia por fonte eólica.

Estas narrativas foram observadas tendo significativa penetração social. Narrativas principiaram no nicho e academia, sendo depois incorporadas pelos demais atores sociais, o que indica por um processo significativo de difusão e fixação social. Foram observadas também narrativas que expressam o desempenho do nicho, estruturadas em narrativas sobre

crescimento significativo do nicho, e da redução de preços, por conta do processo de desenvolvimento tecnológico e aprendizagem.

A terceira fase de pesquisa, quantitativa e computacional, teve como objetivo analisar a agência no processo de transição sociotecnológica por meio de modelagem computacional. O modelo conceitual de agência proposto na primeira fase de pesquisa foi consolidado em três hipóteses de trabalho, as quais foram testadas na fase quantitativa.

A caracterização de narrativas, resultado da fase qualitativa de pesquisa, foi adotada como estrutura de base para o desenvolvimento dos conceitos propostos no processo de modelagem e simulação. O modelo computacional teve a intenção de emular a estrutura e o desenvolvimento do nicho de geração de energia eólica no Brasil. A adoção desta estratégia de pesquisa permitiu uma maior aderência do modelo desenvolvido à realidade empírica em estudo. Da mesma forma, o modelo computacional foi desenvolvido com base no modelo conceitual de agência proposto, de forma a buscar testar a estrutura conceitual a partir de uma realidade observada empiricamente.

O modelo computacional teve como objetivo estudar a função de agência no processo de transição, a partir do teste das hipóteses de trabalho propostas na fase conceitual de pesquisa. Para tal, o modelo foi construído com base na representação de dimensões de expectativas e compromisso, bem como na representação da dinâmica de narrativas, dimensões estas que não são exploradas nos demais modelos computacionais propostos para estudo da transição sociotecnológica na literatura.

O modelo computacional desenvolvido para a pesquisa caracteriza-se como um sistema multiagente - MAS. Um sistema multiagente é um processo de modelagem e simulação computacional estruturado a partir de um conjunto de agentes computacionais heterogêneos, que atuam de forma autônoma em um ambiente definido, e podem interagir entre si. Especificamente, a adoção do MAS como abordagem de simulação permitiu replicar com maior fidelidade a concepção da transição com resultado da interação entre agentes situados em três níveis hierárquicos, como proposta na abordagem multinível.

O modelo computacional foi validado no tocante a sua capacidade de representar o processo de constituição de um nicho tecnológico. Observou-se que o comportamento do modelo computacional apresentou uma razoável aproximação, em termos qualitativos, com macro-comportamentos observados empiricamente na análise de conteúdo, e descritos na literatura. O MAS teve capacidade de representar por meio de agentes computacionais o

sistema de narrativas desenvolvidas por agentes do nicho, bem como os processos de construção e difusão entre agentes de dinâmicas de compromisso e expectativas.

Foram desenvolvidos três experimentos computacionais para o teste do modelo conceitual de agência proposto na primeira fase de pesquisa. Para tal, foi adotado um conjunto de variáveis independentes, as quais representam dimensões componentes de cada uma das hipóteses de trabalho. Foi realizado um total de 4.250 simulações, e cada conjunto de condições de simulação foi tratado como um experimento computacional independente.

Os resultados das simulações foram observados em termos de séries históricas geradas para as variáveis dependentes de preço, oferta e venda do nicho tecnológico, as quais tinham a intenção de caracterizar o seu desenvolvimento. Entende-se que a modelagem e o teste de hipóteses, por meio de um sistema multiagente, permitiram que se analisasse formalmente o processo de transição sociotecnológica – e notadamente a transição sustentável, considerando esta como usualmente dependente do esforço direcionado da sociedade. Uma das principais contribuições da presente pesquisa está em desenvolver o processo de formalização e teste de hipóteses sobre uma realidade social por um MAS.

Propõe-se, na hipótese h1, que a função de agência no processo de transição entre regimes seja exercida de forma distribuída pelos atores do nicho tecnológico. A hipótese h1 foi testada por meio da manipulação do tamanho inicial do nicho adotado em cada condição de simulação. Os resultados de simulação levam ao entendimento de que o desenvolvimento do nicho foi dependente do número de agentes inicialmente designados. Os resultados observados no experimento E1 deram suporte à aceitação desta primeira hipótese h1.

Na hipótese h2 afirma-se que narrativas construídas pelos agentes do nicho tecnológico direcionam expectativas e ações dos atores, internos e externos ao nicho. Entende-se a construção da hipótese h2 como central ao modelo proposto, dado entender-se que transições sustentáveis dependem do estabelecimento de expectativas sobre o nicho na sociedade. A hipótese h2 foi testada por meio da manipulação da dinâmica de fixação das narrativas apresentadas por cada agente. Observou-se que uma maior fixação de narrativas levou o nicho a uma atuação conjunta, e resultou em um maior desenvolvimento do nicho tecnológico. Os resultados observados no experimento E2 sugerem também pela aceitação da hipótese h2.

Já na hipótese h3 está proposto que a função de agência no processo de transição entre regimes sociotecnológicos é mediada pelo desempenho observado do nicho tecnológico. Se expectativas são centrais na transição sustentável, o desempenho do sistema atuaria como uma função de retroalimentação. A hipótese h3 foi testada através da manipulação do fator de aprendizagem determinado para o sistema, e os preços da oferta do nicho foram adotados como *proxi* dessa aprendizagem. O desenvolvimento do nicho nas simulações computacionais não foi observado como dependente do seu desempenho observado do nicho. Embora estes resultados sejam em parte inconsistentes com o observado na fase de pesquisa qualitativa, entende-se que os resultados do experimento E3 não deram suporte à aceitação da hipótese h3.

8.2. PRINCIPAIS IMPLICAÇÕES DA PESQUISA

Os achados do teste de hipóteses desenvolvido na fase quantitativa de pesquisa foram discutidos frente aos achados observados na fase qualitativa, e entende-se que possuem diversas implicações no estudo das transições sociotecnológicas sustentáveis. A aceitação da proposição de uma agência distribuída não daria suporte a uma ideia de transição sustentável gerenciada, como discutida em Geels et al. (2008), Verbong e Geels (2007; 2010), e Geels (2012), entre outros. A concepção de agência distribuída corrobora o entendimento de que atores específicos, tais como o Governo, não têm capacidade de conduzir isoladamente o processo. É necessária a ação conjunta dos agentes participantes do processo, em especial dos agentes do nicho, na definição dos caminhos do processo de transição.

Já a concepção da agência como sendo exercida por meio da dinâmica de narrativas e expectativas leva ao entendimento de que seja necessária para o desenvolvimento de um nicho tecnológico a construção de um extenso sistema de narrativas de apoio. Dada a compreensão de que o desenvolvimento do nicho é dependente da difusão e fixação na sociedade destas narrativas, entende-se que passa a ser necessário também a construção, pelo nicho, de uma rede de relacionamentos que possibilite a difusão de narrativas e expectativas.

Por fim, a rejeição da hipótese de que expectativas seriam mediadas pelo resultado observado do nicho possibilita a compreensão de que eventualmente possam ser criadas pela

sociedade expectativas irrealistas sobre as possibilidades de desenvolvimento de um nicho tecnológico. Nichos que tenham redes de relacionamento capazes de disseminar de forma eficaz as narrativas e expectativas poderiam condicionar o apoio da sociedade, mesmo apresentando resultados negativos no seu desenvolvimento.

8.3. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Esta pesquisa representa um amplo esforço de construção conceitual, o qual apresenta achados e contribuições entendidos como relevantes. No entanto, a presente pesquisa apresentou diversas limitações na sua condução, as quais necessitam ser pontuadas. Considerando estas limitações, recomenda-se que os achados observados devam ser considerados com certo grau de cautela.

A principal limitação da pesquisa está na sua construção metodológica. Na sua condução, foi adotado um grupo de decisões de pesquisa os quais possuem, em si, implicações. Em primeiro lugar, devem-se pontuar as implicações da adoção de uma abordagem de pesquisa multimétodos. Como discutido no capítulo 3, existem diversos pesquisadores em ciências organizacionais, que consideram as abordagens qualitativa e quantitativa como paradigmas de pesquisa diferentes e irreconciliáveis.

Assim, as decisões e caminhos metodológicos adotados em cada uma das abordagens de pesquisa podem ser questionados. Na fase de pesquisa qualitativa, adotou-se como fonte para a pesquisa a coleta de dados, que podem ser entendidos como secundários. Não foram coletados dados primários diretamente pelo pesquisador, seja na forma de entrevistas ou *survey*. Como discutido no capítulo 3, esta decisão se deu pela compreensão de narrativas como comunicações socialmente construídas, e pela intenção de se caracterizar o desenvolvimento das narrativas no tempo. Em que pese esta observação, entende-se que esta decisão de pesquisa é uma das principais fragilidades observadas na presente pesquisa, na medida em que não se pode ter certeza do real sentido dado pelos agentes a estas narrativas.

Da mesma forma, é necessário observar no tocante ao desenvolvimento da fase quantitativa de pesquisa que existem diversas limitações na adoção do método de modelagem computacional. A modelagem em si é um método de aceitação limitada na pesquisa em ciências sociais, dado por vezes tratar a realidade de forma entendida como demasiadamente abstrata. A adoção de sistemas multiagente na pesquisa em administração é bastante restrita. Igualmente, o teste de hipóteses por meio de um sistema multiagente é uma abordagem de pesquisa recente e ainda pouco explorada. Em que pese os esforços conduzidos na presente pesquisa para conexão do modelo proposto à realidade empírica, entende-se que estas restrições persistem.

8.4. SUGESTÕES DE NOVOS ESTUDOS

Como resultado do presente processo de pesquisa, novas questões e lacunas na literatura foram observadas, e merecem serem citadas aqui como sugestões de novas possibilidades de estudo. Em primeiro lugar, atenta-se que o estudo da transição trata do desenvolvimento de um processo no tempo. Existe uma dificuldade inerente da pesquisa em ciências sociais de analisar processos que se desenvolvem no tempo; normalmente a pesquisa trata da realidade como um fato estático, permanente no tempo.

Na literatura sobre transições sociotecnológicas, esta fragilidade normalmente é superada por meio da adoção do método de estudo de caso. Tal estratégia de pesquisa adota uma concepção da transição como um evento no qual se pode distinguir tanto início quanto fim. Em que pese a validade desta concepção quando tratando especificamente da tecnologia, entende-se esta como muito menos possível na medida em que se inclua a dimensão social de análise. Uma das questões que surgem do presente trabalho e que se entende necessita ser mais bem estudada está na possibilidade de compreensão da transição como um processo dinâmico e contínuo, sem que se adotem marcos de início e fim.

Da mesma forma, a maior parte das limitações observadas para a presente pesquisa está relacionada à abordagem metodológica adotada. Como forma de mitigação destas limitações, sugere-se a avaliação do modelo de agência proposto nesta pesquisa por meio de

abordagens metodológicas diversas. Aponta-se para a possibilidade de testar o modelo com base em dados quantitativos primários, adotando metodologias tais como o *survey*, equações estruturais e outras.

Por fim, atenta-se que, conforme discutido ao longo da pesquisa, o modelo de agência proposto nesta pesquisa pode não se constituir na única agência possível de ser observada em processos de transição. A função de agência em transições sustentáveis foi nesta pesquisa considerada como relevante, dado a transição sustentável, via de regra, se constituir em um problema coletivo, e que implica na assunção de diversos custos pela sociedade. Uma das questões que emergem do desenvolvimento do trabalho é a compreensão de em que medida esta afirmação é verdade. Trata-se da discussão sobre se a adoção da sustentabilidade como dimensão norteadora altera e caracteriza a função de agência no processo de transição sociotecnológica.

REFERÊNCIAS

ABBUD, O. A.; TANCREDI, M. **Transformações recentes da matriz brasileira de Geração de Energia Elétrica** – Causas e impactos principais. Textos para Discussão 69. Centro de Estudos da Consultoria do Senado. Brasília: 2010.

ABRAMOVITZ, M. Catching up, forging ahead, and falling behind. **Journal of Economic History**, v. 46, n. 2, p. 385-406, 1986.

ADLER, P. S.; CLARK, K. B. Behind the learning curve: A sketch of the learning process. **Management Science**, v. 37, n. 3, p. 267-281, 1991.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (Brasil). **Mapeamento da cadeia produtiva da indústria eólica no Brasil**. Brasília: ABDI, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**, 2ª. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**, 3ª. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Desenvolvimento de tecnologia nacional de geração eólica**. Projeto estratégico chamada nº 017/2013. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013.

ALMEIDA, F. **Os desafios da sustentabilidade**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

ALMEIDA, M. F. L.; MORAES, C. A. C. Indústrias do futuro e tecnologias emergentes: visão de um futuro sustentável. **Parcerias Estratégicas**, v. 16, n. 33, 2011.

ALVES, J. J. A. Análise regional da energia eólica no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 6, n. 1, 2010.

AMARANTE, O. A. C., SILVA, F. J. L. S., ANDRADE, P. E. P. **Atlas eólico: Espírito Santo**. Vitória: ASPE, 2009.

ANDERSON, P. Perspective: Complexity theory and organization science. **Organization Science**, v. 10, n. 3, p. 216-232, 1999.

ANDERSON, P. W., ARROW, K.; J. PINES, D. (Org.) **The economy as an evolving complex system**. Redwood City: Addison-Wesley, 1988.

ANNUNZIATO, M.; PIERUCCI, P. The emergence of social learning in artificial societies. In: CAGNONI, S. et al. (Org.) **Applications of evolutionary computing**. Springer Berlin Heidelberg, 2003. p. 467-478.

ANTONELLI, C. **The diffusion of advanced telecommunications in developing countries**. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development - OECD, 1991.

ARAÚJO, L.; HARRISON, D. Path dependence, agency and technological evolution. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 14, n. 1, p. 5-19, 2002.

ARBOLEYA, A. Agência e estrutura em Bourdieu e Giddens pela superação da antinomia “objetivismo-subjetivismo”. **Sociologias Plurais**, v. 1, n. 1, 2013.

ARGOTE, L.; BECKMAN, S. L.; EPPLÉ, D. The persistence and transfer of learning in industrial settings. **Management science**, v. 36, n. 2, p. 140-154, 1990.

ARGYRIS, C. Single-Loop e double-loop models in research on decision making. **Administrative Science Quarterly**, v. 21, n. 3, p. 363-375, 1976.

ARROW, K. J. The economic implications of learning by doing. **The Review of Economic Studies**, p. 155-173, 1962.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim de dados – Setembro 2013**. São Paulo: 2013. Disponível em <http://www.abeeolica.org.br/pdf/Boletim-de-Dados-ABEEolica-Setembro-2013-Publico.pdf>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Contribuição ABEEólica - Audiência Pública Nº 056/2014**. São Paulo: 2014. Disponível em http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2014/056/contribuicao/abeeolica_ap_056_2014.pdf

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim de dados – Março 2015**. São Paulo: 2015. Disponível em <http://www.abeeolica.org.br/pdf/Boletim-de-Dados-ABEEolica-Marco-2015-Publico.pdf>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim de dados – Junho 2016**. São Paulo: 2016. Disponível em <http://www.abeeolica.org.br/pdf/Boletim-de-Dados-ABEEolica-junho-2016-Publico.pdf>

ATKESON, A.; KEHOE, P. J. Modeling the transition to a new economy: lessons from two technological revolutions. **The American Economic Review**, p. 64-88, 2007.

AXELROD, R. M. **The complexity of cooperation: Agent-based models of competition and collaboration**. Princeton University Press, 1997.

AXTELL, R. **The emergence of firms in a population of agents: Local increasing returns, unstable Nash equilibria, and power law size distributions**. Working Paper No. 3. Center on Social and Economic Dynamics, 1999.

BAHK, B-H.; GORT, M. Decomposing learning by doing in new plants. **Journal of Political Economy**, v. 101, n. 4, p. 561, 1993.

BALAJI, P. G.; SRINIVASAN, D. Multi-agent system in urban traffic signal control. **IEEE Computational Intelligence Magazine**, v. 5, n. 4, p. 43-51, 2010.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 3ª edição. Lisboa: Edições 70. 2004.

BELL, M., PAVITT, K. Technological accumulation and industrial growth: Contrasts between developed and developing countries. **Industrial and Corporate Change**, v. 2, n. 1, p. 157-210, 1993.

BERGER, L. M. **Um modelo multiagente para análise da interação dinâmica e estratégica de agentes sociais**. Tese (doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Administração, Porto Alegre, 2013.

BERGER, T; SCHREINEMACHERS, P. Creating agents and landscapes for multiagent systems from random samples. **Ecology & Society**, v. 11, n. 2, 2006.

BERGMAN, N.; HAXELTINE, A.; WHITMARSH, L.; KÖHLER, J.; SCHILPEROORD, M.; ROTMANS, J. Modelling socio-technical transition patterns and pathways. **Journal of artificial societies and social simulation**, v. 11, n. 3, p. 7, 2008.

BERGMAN, N.; WHITMARSH, L.; KÖHLER, J.; HAXELTINE, A.; SCHILPEROORD, M. Assessing transitions to sustainable housing and communities in the UK. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WHOLE LIFE URBAN SUSTAINABILITY AND ITS ASSESSMENT, Glasgow, 2007. **Anais**. Glasgow: SUE-MoT.

BERKHOUT, F.; SMITH, A.; STIRLING, A. Socio-technological regimes and transition contexts. In: ELZEN, B.; GEELS, F. W.; GREEN, K. (Org.). **System innovation and the transition to sustainability: theory, evidence and policy**. Edward Elgar Publishing, 2004.

BONABEAU, E. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 99, n. 3, p. 7.280-7.287, 2002.

BOURDIEU, P. Making the economic habitus. **Ethnography**, v. 1, n. 1, p. 17-41, 2000.

BOURDIEU, P. O campo econômico. **Política & Sociedade**, n. 6, p. 15-57, 2005.

BOURDIEU, P. **Esboço de uma teoria da prática**. Repositório UFSC, 2012.

BORUP, M.; BROWN, N.; KONRAD, K.; VAN LENTE, H. The sociology of expectations in science and technology. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 18, n. 3-4, p. 285-298, 2006.

BOWER, J. L.; CHRISTENSEN, C. M. Disruptive technologies: Catching the wave. **Harvard Business Review**, January–February, 1995.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas**. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, 2007.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Brasil ultrapassa Alemanha em expansão de energia eólica em 2015**. Informe. 2014. <http://www.pac.gov.br/noticia/22d0c0bd>

BRASIL. Senado Federal. **A Crise de Abastecimento de Energia Elétrica**. Relatório. Brasília: Senado Federal, 2002.

BRANNEN, J. Mixing methods: The entry of qualitative and quantitative approaches into the research process. **International Journal of Social Research Methodology**, v. 8, n. 3, p. 173-184, 2005.

BREZIS, E. S., KRUGMAN, P. R. et al. Leapfrogging in international competition: A theory of cycles in national technological leadership. **American Economic Review**, v. 83, n. 5, p. 1211-1219, 1993.

BROWN, H. S.; VERGRAGT, P. J. Bounded socio-technical experiments as agents of systemic change: the case of a zero-energy residential building. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 75, n. 1, p. 107-130, 2008.

BROWN, N; MICHAEL, M. A sociology of expectations: Retrospecting prospects and prospecting retrospects. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 15, n. 1, p. 3-18, 2003.

BYRNE, D. **Complexity theory and the social sciences: An introduction**. Routledge, 2002.

CAMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. **Visão Geral das Operações na CCEE**. Disponível em http://www.ccee.org.br/StaticFile/Arquivo/biblioteca_virtual/Visao_Geral_das_Operacoes_CCEE_2011.pdf. Acesso em 08 jul. 2012.

CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H. Virtual enterprise modeling and support infrastructures: applying multi-agent system approaches. In: LUCK, M.; MARÍK, V.; STEPÁNKOVÁ, O.; TRAPPL, R. **Multi-agent systems and applications**. Springer Berlin Heidelberg, 2006. p. 335-364.

CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H. A comprehensive modeling framework for collaborative networked organizations. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 18, n. 5, p. 529-542, 2007.

CANAL ENERGIA. **Leilão A-5: preocupada com resultado, ABEEólica afirma que preços não refletem custos da fonte**. Notícia em site. 2012. Disponível em: <http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/noticias/44-leilao-a-5-preocupada-com-resultado-abeeolica-afirma-que-precos-nao-refletem-custos-da-fonte.html>

CAPELETTO, G. J., MOURA, G. H. Z. **Balanço Energético do Rio Grande do Sul 2010: ano base 2009**. Porto Alegre: Secretaria de Infra-Estrutura e Logística do Rio Grande do Sul, 2010.

CARNEIRO, C. M. Q. Estrutura e ação: aproximações entre Giddens e Bourdieu. **Tempo da Ciência**, n. 13, 2006.

CAVALCANTI, J. A.; MELO, P. A.; PINTO, M. S. L.; NETO, P. B. C. Planejamento de Redes Elétricas com Alto Grau de Penetração Eólica. In: IX SEPOPE - SYMPOSIUM OF SPECIALISTS IN ELECTRIC OPERATIONAL AND EXPANSION PLANNING, Foz do Iguaçu, 2004. **Anais**. Foz do Iguaçu: Furnas Centrais Elétricas.

CAVALIERO, C. K. N.; SILVA, E. P. Geração de energia elétrica: as novas regulamentações para as fontes renováveis alternativas. In: 4º ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 2002. **Anais**, 2002.

CEDERMAN, L-E. Modeling the size of wars: From billiard balls to sandpiles. **American Political Science Review**, v. 97, n. 01, p. 135-150, 2003.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Avaliação e percepções para o desenvolvimento de uma política de CT&I no fomento da energia eólica no Brasil**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2012.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO – CRESESB. **Folhas ao Vento**: Informativo nº 4. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, 1998.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **Atlas do Levantamento Preliminar do Potencial Eólico Nacional**. S.d. Convênio ECV-192. Rio de Janeiro: Consulpuc, 1979.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **Atlas do Potencial Eólico Nacional**. Rio de Janeiro: Fundação Padre Leonel Franca, Centrais Elétricas Brasileiras, 1988.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, 2001.

CHAN, W. K. V.; SON, Y.-J.; MACAL, C. M. Agent-based simulation tutorial-simulation of emergent behavior and differences between agent-based simulation and discrete-event simulation. In: PROCEEDINGS OF THE WINTER SIMULATION CONFERENCE, Baltimore, 2010. **Anais**. Baltimore: Winter Simulation Conference, 2010.

CHIA, R. From complexity science to complex thinking: Organization as simple location. **Organization**, v. 5, n. 3, p. 341-369, 1998.

COENEN, L.; BENNEWORTH, P.; TRUFFER, B. Toward a spatial perspective on sustainability transitions. **Research Policy**, v. 41, n. 6, p. 968-979, 2012.

COOKE, P. Socio-technical transitions and varieties of capitalism: Green regional innovation and distinctive market niches. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 1, n. 4, p. 239-267, 2010.

COOKSEY, R. W. What is complexity science? A contextually grounded tapestry of systemic dynamism, paradigm diversity, theoretical eclecticism. **Emergence**, v. 3, n. 1, p. 77-103, 2001.

COSTA, C. V. **Políticas de Promoção de Fontes Novas e Renováveis para Geração de Energia Elétrica**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2006.

COSTA, R. A.; CASOTTI, B. P.; AZEVEDO, R. L. S. Um Panorama da Indústria de Bens de Capital Relacionados à Energia Eólica. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 29, p. 229-278, mar. 2009.

COSTANZA, R.; WAINGER, L.; FOLKE, C.; MÄLER, K. G. Modeling complex ecological economic systems. **BioScience**, p. 545-555, 1993.

CRUZ, L. B.; PEDROZO, E. A.; ESTIVALETE, V. F. B. Towards sustainable development strategies: a complex view following the contribution of Edgar Morin. **Management Decision**, v. 44, n. 7, p. 871-891, 2006.

DALMAZ, A. **Estudo do potencial eólico e previsão de ventos para geração de eletricidade em Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

DAWID, H. Agent-based models of innovation and technological change. **Handbook of computational economics**, v. 2, p. 1235-1272, 2006.

DEFFUANT, G.; HUET, S.; AMBLARD, F. An individual-based model of innovation diffusion mixing social value and individual benefit. **American Journal of Sociology**, v. 110, n. 4, p. 1041-1069, 2005.

DENT, E. B. Complexity science: A worldview shift. **Emergence**, v. 1, n. 4, p. 5-19, 1999.

DEQUECH, D. The new institutional economics and the theory of behaviour under uncertainty. **Journal of Economic Behaviour & Organization**, v. 59, p. 109-131, 2006.

DIAS, M. F. P. **Dinâmica de configuração de regras para inovação**: Um olhar complexo e interteórico numa organização de pesquisa agrícola do agronegócio orizícola do Rio Grande do Sul. Tese (doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, Porto Alegre, 2011.

DINDA, S. Environmental Kuznets curve hypothesis: A survey. **Ecological Economics**, v. 49, p. 431 – 455, 2004.

DIXON, C. Proof Methods for Multi-Agent Systems. In: PROCEEDINGS OF THE AUTOMATED REASONING WORKSHOP: Bridging the Gap between Theory and Practice, Edinburg, 1999. **Anais**. Edinburg: Society for the Study of Artificial Intelligence and Simulation of Behaviour.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. **Research Policy**, n. 11, v. 3, p. 147-162, 1982.

DOSI, G.; NELSON, R. R. An introduction to evolutionary theories in economics. **Journal of evolutionary economics**, n. 4, v. 3, p. 153-172, 1994.

DOWNEY, R. G.; FELLOWS, M. R. **Parameterized complexity**. New York: Springer, 1999.

DUAN, W.; QIU, X. Fostering artificial societies using social learning and social control in parallel emergency management systems. **Frontiers of Computer Science**, v. 6, n. 5, p. 604-610, 2012.

DUNHAM, F. B.; BOMTEMPO, J. V.; FLECK, D. L. A estruturação do sistema de produção e inovação sucroalcooleiro como base para o Proálcool. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 10, n. 1, jan/jun, p. 35-72, 2011.

DUTRA, R. M.; SZKLO, A. S. A energia eólica no Brasil: PROINFA e o novo modelo do setor elétrico. In: XI CBE - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, Rio de Janeiro, 2006. **Anais**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, p. 855-868.

ECKMANN, J.-P.; RUELLE, D. Ergodic theory of chaos and strange attractors. **Reviews of modern physics**, v. 57, n. 3, p. 617, 1985.

ELKINGTON, J. **Cannibals with forks**. The triple bottom line of 21st century business. . Oxford: Capstone Publishing Ltd, 1997.

ELKINGTON, J. Enter the triple bottom line. In: HENRIQUES, A.; RICHARDSON, J. (Org) **The triple bottom line: Does it all add up**. London: Earthscan, p. 1-16, 2004.

EMIRBAYER, M.; MISCHÉ, A. What is agency? **American Journal of Sociology**, v. 103, n. 4, p. 962-1023, 1998.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2006/2015**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2006.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2008.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Proposta para a Expansão da Geração Eólica no Brasil**. Nota Técnica PRE 01/2009-r0. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2009.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2010/2019**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2010.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Balço Energético Nacional**. Na o Base 2010. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2011.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2011/2020**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2013a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Balço Energético Nacional**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2013b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2012/2022**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2013c.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **EPE habilita 377 parques, somando 8.999 MW, para leilão de energia eólica**. Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2013d.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Balço Energético Nacional**. Ano Base 2013. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2014a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **EPE cadastra 1.034 projetos para leilão de reserva 2014**. Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2014b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2013/2022**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2014c.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **570 projetos são cadastrados para o Leilão de Fontes Alternativas 2015**. Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2014d.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2014/2023**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2015.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **International energy outlook**. Washington, 2010. Disponível em www.eia.doe.gov/oiaf/archive. Acesso em 14 de setembro de 2011.

EPSTEIN, J. M.; AXTELL, R. **Growing artificial societies**: Social science from the bottom up. Cambridge: MIT Press, 1996.

EXCELÊNCIA ENERGÉTICA. **1º leilão de energia eólica no Brasil**. Análise Regulatória Excelência Energética. Informe. Rio de Janeiro: 2009. Disponível em: <http://www.excelenciaenergetica.com.br/pt-br/>

EXCELÊNCIA ENERGÉTICA. **Aneel em sintonia com o tempo... e o vento**. Análise Regulatória Excelência Energética. Informe. Rio de Janeiro: 2010. Disponível em: <http://www.excelenciaenergetica.com.br/pt-br/>

FAIRCLOUGH, N. **Language and power**. Pearson Education, 2001.

FARIA, I. D. **Ambiente e energia: Crença e ciência no licenciamento ambiental**. Parte III: Sobre alguns dos problemas que dificultam o licenciamento ambiental no Brasil. Textos para Discussão 99. Centro de Estudos da Consultoria do Senado. Brasília: 2011.

FAGERBERG, J. Schumpeter and the revival of evolutionary economics: an appraisal of the literature. **Journal of evolutionary economics**, v. 13, n. 2, p. 125-159, 2003.

FERREIRA, L. **Um modelo de simulação baseado em agentes para análise de cadeias de suprimento**. Tese (doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Administração, Porto Alegre, 2009.

FÓRUM NACIONAL EÓLICO. **Carta dos ventos 2014** - Os desafios do setor eólico e as políticas energéticas, industriais e socioambientais no contexto das eleições. Informe setorial. Brasília, 2014.

FOUCAULT, M. **A Arqueologia do Saber**. 7ª edição. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2009.

FOXON, T. J.; HAMMOND, G. P.; PEARSON, P. J. G. Developing transition pathways for a low carbon electricity system in the UK. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 8, p. 1203-1213, 2010.

FOXON, T.; PEARSON, P. Overcoming barriers to innovation and diffusion of cleaner technologies: some features of a sustainable innovation policy regime. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 1, p. S148-S161, 2008.

FREEMAN, C. Continental, national and sub-national innovation systems – complementarity and economic growth. **Research Policy**, v. 31, n.2, p 191-211, 2002.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment: business cycles and investment behavior. in: DOSI, G. et al. (Org.). **Technical Change and Economic Theory**. London, Pinter, 1988.

GALEOTTI, M.; LANZA, A., PAULI, F. Reassessing the environmental Kuznets curve for CO2 emissions: A robustness exercise. **Ecological Economics**, v. 57, n. 1, p. 152-163, 2006.

GARCIA, R.; JAGER, W. From the Special Issue Editors: Agent-Based modeling of innovation diffusion. **Journal of Product Innovation Management**, v. 28, n. 2, p. 148-151, 2011.

GARUD, R.; KARNØE, P. Bricolage versus breakthrough: distributed and embedded agency in technology entrepreneurship. **Research policy**, v. 32, n. 2, p. 277-300, 2003.

GARUD, R.; KARNØE, P. Distributed agency and interactive emergence. In: FLOYD, S. W.; ROOS, J.; JACOBS, C. D.; KELLERMANN, F. W. (Org.). **Innovating strategy processes**. John Wiley & Sons, 2009.

GAYLORD, B. **Desafios para a Cadeia de Suprimentos no Brasil. Apresentação**. Brazil Wind Power 2013. Comunicação. Rio de Janeiro: 2013.

GEELS, F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case study. **Research Policy**, v. 31, p. 1257-1273, 2002.

GEELS, F. W. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems. Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. **Research Policy**, v. 33, n. 6-7, p. 897-920, 2004.

GEELS, F. W. Processes and patterns in transitions and system innovations: Refining the co-evolutionary multi-level perspective. **Technological forecasting and social change**, v. 72, n. 6, p. 681-696, 2005.

GEELS, F. W. Major system change through stepwise reconfiguration: A multi-level analysis of the transformation of American factory production (1850–1930). **Technology in Society**, v. 28, n. 4, p. 445-476, 2006.

GEELS, F. W. Transformations of large technical systems: A multilevel analysis of the Dutch highway system (1950-2000). **Science, Technology & Human Values**, v. 32, n. 2, p. 123-149, 2007.

GEELS, F. W. Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective. **Research Policy**, v. 39, p. 495-510, 2010.

GEELS, F. W. A socio-technical analysis of low-carbon transitions: introducing the multi-level perspective into transport studies. **Journal of Transport Geography**, v. 24, p. 471-482, 2012.

GEELS, F. W. The impact of the financial–economic crisis on sustainability transitions: Financial investment, governance and public discourse. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 6, p. 67-95, 2013.

GEELS, F. W.; DEUTEN, J. J. Local and global dynamics in technological development: a socio-cognitive perspective on knowledge flows and lessons from reinforced concrete. **Science and Public Policy**, v. 33, n. 4, p. 265-275, 2006.

GEELS, F. W.; HEKKERT, M. P.; JACOBSSON, S. The dynamics of sustainable innovation journeys. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 20, n. 5, 2008.

GEELS, F. W.; SCHOT, J. W. Typology of sociotechnical transition pathways, **Research Policy**, v. 36, n. 3, p. 399-417, 2007.

GENUS, A; COLES, A-M. Rethinking the multi-level perspective of technological transitions. **Research policy**, v. 37, n. 9, p. 1436-1445, 2008.

GIDDENS, A. **Central problems in social theory: Action, structure, and contradiction in social analysis**. UCLA Press, 1979.

GIDDENS, A. **Constituição da Sociedade**. São Paulo: Martins Fontes. 1989.

GILBERT, N.; TERNA, P. How to build and use agent-based models in social science. **Mind & Society**, v. 1, n. 1, p. 57-72, 2000.

GLOBAL WIND ENERGY CONCIL. **Global Wind Report – 2013 Annual Market Update**. Brussels: 2014.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Análise do marco regulatório para geração eólica no Brasil**. 2011. Disponível em http://gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/2ANALISE_DO_MARCO_REGULATORIO_PARA_GERACAO_EOLICA_NO_BRASIL.pdf

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Global Wind Report 2011**. 2012. Disponível em <http://www.gwec.net/publications/global-wind-report-2/global-wind-report-2011/>

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Global Wind Report 2014**. 2014. Disponível em <http://www.gwec.net/publications/global-wind-report-2/global-wind-report-2014-annual-market-update/>

GOLDEMBERG, J. Leapfrog energy technologies. **Energy Policy**, v. 26, p. 729–741, 1998.

GRANOVETTER, M.S. Threshold models of collective behavior. **American Journal of Sociology**, v. 83, 1978.

GREENHALGH, T.; PEACOCK, R. Effectiveness and efficiency of search methods in systematic reviews of complex evidence: Audit of primary sources. **BMJ**, v. 331, p. 1064-1065, 2005.

GREGERSEN, H; SAILER, L. Chaos theory and its implications for social science research. **Human Relations**, v. 46, n. 7, p. 777-802, 1993.

GRIMM, V. et al. A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. **Ecological Modelling**, v. 198, n. 1, p. 115-126, 2006.

GRIMM, V. et al. The ODD protocol: a review and first update. **Ecological Modelling**, v. 221, n. 23, p. 2760-2768, 2010.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. Economic growth and the environment. **Quarterly Review of Economics**, v. 110, p. 353-377, 1995.

HAIR, J. F., BLACK, W. C., BABIN, B. J., ANDERSON, R. E., TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Bookman Editora, 2009.

HAPPE, K.; KELLERMANN, K.; BALMANN, A. Agent-based analysis of agricultural policies: an illustration of the agricultural policy simulator AgriPoliS, its adaptation and behavior. **Ecology and Society**, v. 11, n. 1, p. 49, 2006.

HEGSELMANN, R.; FLACHE, A. Understanding complex social dynamics: A plea for cellular automata based modeling. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 1, n.3, 1998.

HÉNON, M. A two-dimensional mapping with a strange attractor. **Communications in Mathematical Physics**, v. 50, n. 1, p. 69-77, 1976.

HENRICH, J; BOYD, R.; BOWLES, S.; CAMERER, C.; FEHR, E.; GINTIS, H. In search of homo economicus: Behavioral experiments in 15 small-scale societies. **The American Economic Review**, v. 91, n. 2, p. 73-78, 2001.

HERMWILLE, L. The role of narratives in socio-technical transitions—Fukushima and the energy regimes of Japan, Germany, and the United Kingdom. **Energy Research & Social Science**, v. 11, p. 237-246, 2016.

HESS, D. J. Sustainability transitions: A political coalition perspective. **Research Policy**, v. 43, n. 2, p. 278-283, 2014.

HITT, M. A.; BEAMISH, P. W.; JACKSON, S. E.; MATHIEU, J. E. Building theoretical and empirical bridges across levels: Multilevel research in management. **Academy of Management Journal**, v. 50, n. 6, p. 1385-1399, 2007.

HOBDAY, M. East Asian latecomer firms: Learning the technology of electronics. **World Development**, v. 23, n. 7, p. 1171-1193, 1995.

HOFF, D. N. A história importa: Proposta de estrutura analítica para o estudo de path-dependence. **Ensaio FEE**, v. 32, n. 1, 2011.

HOLLAND, J.; MILLER, J. H. Artificial adaptive agents in economic theory. **American Economic Review**, v. 81, n. 2, 1991.

HUGHES, T. P. The evolution of large technological systems. In: BIJKER, W. E., HUGHES, T. P., PINCH, T. (Org.), **The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology**. Cambridge: MIT Press, 1987.

HUIGEN, M. G. A; OVERMARS, K. P.; DE GROOT, W. T. Multiactor modeling of settling decisions and behavior in the San Mariano watershed, the Philippines: A first application with the MameLuke Framework. **Ecology & Society**, v. 11, n. 2, 2006.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Brasil). **Setor Elétrico: Desafios e oportunidades**. Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro, nº 51. Brasília, 2010.

JACKSON, T. Negotiating Sustainable Consumption: A review of the consumption debate and its policy implications. **Energy & Environment**, v. 15, n. 6, p. 1027-1051, 2004.

JACOBSSON, S.; BERGEK, A. Transforming the energy sector: the evolution of technological systems in renewable energy technology. **Industrial and Corporate Change**, v. 13, n. 5, p. 815-849, 2004.

JACOBSSON, S.; BERGEK, A. Innovation system analyses and sustainability transitions: Contributions and suggestions for research. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 1, n. 1, p. 41-57, 2011.

JACOBSSON, S.; JOHNSON, A. The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research. **Energy policy**, v. 28, n. 9, p. 625-640, 2000.

JACOBSSON, S.; LAUBER, V. The politics and policy of energy system transformation—explaining the German diffusion of renewable energy technology. **Energy policy**, v. 34, n. 3, p. 256-276, 2006.

JANSSEN, M. A.; OSTROM, E. Empirically based, agent-based models. **Ecology and Society**, v. 11, n. 2, p. 37, 2006.

JENSEN, M. B.; JOHNSON, B.; LORENZ, E.; LUNDEVALL, B. Å. Forms of knowledge and modes of innovation. **Research Policy**, v. 36, n. 5, p. 680-693, 2007.

KASMIRE, J.; VAN DER BEEK, J.; VAVIER, M. Optimising Emergence (Version 1). **CoMSES Computational Model Library**, June, 2013.

KEEFER, P.; KNACK, S. Why don't poor countries catch up? A cross-national test of an institutional explanation. **Economic Inquiry**, v. 35, n. 3, p. 590-602, 1997.

KEMP, R. Technology and the transition to environmental sustainability: the problem of technological regime shifts. **Futures**, v. 26, n. 10, p. 1023-1046, 1994.

KEMP, R., SCHOT, J.; HOOGMA, R. Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 10, n. 2, p. 175-198, 1998.

KEMP, R.; VAN LENTE, H. The dual challenge of sustainability transitions. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 1, n. 1, p. 121-124, 2011.

KIM, L. **Imitation to innovation**: The dynamics of Korea's technological learning. Boston: Harvard Business School Press, 1997.

KÖHLER, J.; WHITMARSH, L.; NYKVIST, B.; SCHILPEROORD M.; BERGMAN, N.; HAXELTINE, A. A transition model for sustainable mobility. **Ecological Economics**, v. 68, n. 12, p. 2985-2995, 2009.

LAGE, E. S.; PROCESSI, L. D. Panorama do setor de energia eólica. **Revista do BNDES**, n. 39, p. 183-205, 2013.

LALL, S. Technological capabilities in emerging Asia. **Oxford Development Studies**, v. 26, n. 2, p. 213 – 243, 1998.

LATOUR, B. **Jamais fomos modernos**. Editora 34, 1994.

LEBARON, B. Stochastic volatility as a simple generator of apparent financial power laws and long memory. **Quantitative Finance**, v. 1, n. 6, p. 621-631, 2001.

LEE, K.; LIM, C. Technological regimes, catching-up and leapfrogging: findings from the Korean industries. **Research Policy**, v. 30, p. 459-483, 2001.

LEISEROWITZ, A. A.; KATES, R. W.; PARRIS, T. M. Sustainability values, attitudes, and behaviors: A review of multinational and global trends. **Annual Review of Environmental and Resources**, v. 31, p. 413-444, 2006.

LELE, S. M. Sustainable development: A critical review. **World Development**, v. 19, n. 6, p. 607-621, 1991.

LIEB, C. M. The environmental Kuznets curve and flow versus stock pollution: the neglect of future damages. **Environmental and Resource Economics**, v. 29, n. 4, p. 483-507, 2004.

LOORBACH, D. Transition management for sustainable development: A prescriptive, complexity-based governance framework. **Governance**, v. 23, n. 1, p. 161-183, 2010.

LOORBACH, D.; FRANTZESKAKI, N.; THISSEN, W. A transition research perspective on governance for sustainability. In: JAEGER, C.; TABARA, J. D.; JAEGER, J. **European Research on Sustainable Development**. Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 73-89.

LOSEKANN, L. D. **Reestruturação do setor elétrico brasileiro**: Coordenação e concorrência. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2003.

LOYE, D.; EISLER, R. Chaos and transformation: Implications of nonequilibrium theory for social science and society. **Behavioral science**, v. 32, n. 1, p. 53-65, 1987.

LUCAS, J. R; ROBERT, E. On the mechanics of economic development. **Journal of Monetary Economics**, v. 22, n. 1, p. 3-42, 1988.

MA, T.; GRUBLER, A.; NAKAMORI, Y. Modeling technology adoptions for sustainable development under increasing returns, uncertainty, and heterogeneous agents. **European Journal of Operational Research**, v. 195, n. 1, p. 296-306, 2009.

MA, T; NAKAMORI, Y. Agent-based modeling on technological innovation as an evolutionary process. **European Journal of Operational Research**, v. 166, n. 3, p. 741-755, 2005.

MA, T; NAKAMORI, Y. Modeling technological change in energy systems—from optimization to agent-based modeling. **Energy**, v. 34, n. 7, p. 873-879, 2009.

MACAL, C. M.; NORTH, M. J. Tutorial on agent-based modelling and simulation. **Journal of Simulation**, v. 4, n. 3, p. 151-162, 2010.

MACHADO-DA-SILVA, C. L.; DA FONSECA, V. S.; CRUBELLATE, J. M. Estrutura, Agência e Interpretação: Elementos para uma abordagem recursiva do processo de institucionalização. **Brazilian Administration Review**, v. 2, n. 1, January – June, 2005.

MACY, M. W.; WILLER, R. From factors to actors: Computational sociology e agent-based modeling. **Annual Review of Sociology**, v. 28, 2002.

MAH, D. N. Y.; WU, Y. Y.; IP, J. C. M.; HILLS, P. R. The role of the state in sustainable energy transitions: A case study of large smart grid demonstration projects in Japan. **Energy Policy**, v. 63, p. 726-737, 2013.

MARINHO, M. H. N.; CERQUEIRA, J. J. F; MARTINEZ, L. Estudo da Complementaridade Hidro-Eólica para Regularização Sazonal de Energia Elétrica. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS – SBSE, Campina Grande, 2006. **Anais**. Campina Grande: Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.

MARKARD, J.; RAVEN, R.; TRUFFER, B. Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. **Research Policy**, v. 41, n. 6, p. 955-967, 2012.

MARQUES, F. C. O. Nicho e Novidade: nuances de uma possível radicalização inovadora na agricultura. **Colóquio sobre Agricultura Familiar**, v. 2, 2008.

MAXWELL, J. A. **Qualitative research design**: An interactive approach. Sage, 2012.

MAY, R. M. C. **Stability and complexity in model ecosystems**. Princeton University Press, 2001.

MELO, E. **A Perspectiva de Futuro da Energia Eólica**. Informe setorial, 2012. Disponível em <http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/artigos/118-a-perspectiva-de-futuro-da-energia-eolica.html>

MELO, E. Fonte eólica de energia: Aspectos de inserção, tecnologia e competitividade. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, p. 125-142, 2013.

MICHAELIS, L. The role of business in sustainable consumption. **Journal of Cleaner Production**, v. 11, n. 8, p. 915-921, 2003.

MINAR, N.; BURKHART, R.; LANGTON C.; ASKENAZI M. **The swarm simulation system: A toolkit for building multi-agent simulations**. Santa Fe: Santa Fe Institute, 1996.

MORIARTY, P.; HONNERY, D. What is the global potential for renewable energy? **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 1, p. 244-252, 2012.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2003.

MORIN, E. Restricted complexity, general complexity. In: GERSHENSON, C.; AERTS, D.; EDMONDS, B. **Worldviews, science and us: Philosophy and complexity**. Singapore: World Scientific, p. 1-25, 2007.

MOZZATO, A. R.; GRZYBOVSKI, D. Análise de conteúdo como técnica de análise de dados qualitativos no campo da administração: potencial e desafios. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 15, n. 4, p. 731-747, 2011.

MUNASINGHE, M. **Environmental Economics and Sustainable Development**. Washington: World Bank, 1993.

MUNASINGHE, M. Is environmental degradation an inevitable consequence of economic growth: Tunneling through the environmental Kuznets curve, **Ecological Economics**, v. 29, n. 1, p. 89-109, 1999.

MURPHY, J. T. Making the energy transition in rural East Africa: Is leapfrogging an alternative? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 68, p. 173-193, 2001.

NARULA, R. **Understanding Absorptive Capacities in an “Innovation Systems” Context: Consequences for Economic and Employment Growth**. DRUID Working Paper, n. 04-02, 2003.

NASCIMENTO, P. A. M. M. Considerações sobre as indústrias de equipamentos para produção de energias eólica e solar fotovoltaica e suas dimensões científicas no Brasil. **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**, n. 39, jun. 2015.

NASCIMENTO, T. C.; MENDONÇA, A. T. B; CUNHA, S. K. Inovação e sustentabilidade na produção de energia: o caso do sistema setorial de energia eólica no Brasil. **Cadernos EBAPE**, v. 10, n. 3, p. 630-651, 2012.

NELSON, R. R., WINTER, S. G. **An Evolutionary Theory of Economic Change**. Cambridg: Bellknap Press, 1982.

NILL, J.; KEMP, R. Evolutionary approaches for sustainable innovation policies: From niche to paradigm?. **Research policy**, v. 38, n. 4, p. 668-680, 2009.

NORMAN, W.; MACDONALD, C. Getting to the bottom of" triple bottom line". **Business Ethics Quarterly**, p. 243-262, 2004.

OLIVEIRA NETO, C. R.; LIMA, E. C. Energia eólica no Brasil: uma abordagem crítica. VIII SOBER – NORDESTE, Parnaíba, 2013. **Anais**. Parnaíba: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (Brasil). **Plano Anual da Operação Energética - PEN 2010**. Rio de Janeiro: ONS, 2010.

ORLANDI, E. **Análise de discurso: Princípios e procedimentos**. Campinas: Pontes, 2000.

ORTIZ, G. P.; KAMPEL, M. Potencial de energia eólica offshore na margem do Brasil. V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, Santos, 2011. **Anais**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

PAHL-WOSTL, C. Transitions towards adaptive management of water facing climate and global change. **Water Resources Management**, v. 21, n. 1, p. 49-62, 2007.

PAREDIS, E. Sustainability transitions and the nature of technology. **Foundations of Science**, v. 16, n. 2-3, p. 195-225, 2011.

PARENTE, S. L. Technology adoption, learning-by-doing, and economic growth. **Journal of Economic Theory**, v. 63, n. 2, p. 346-369, 1994.

PEDROZO, E. A.; DIAS, M. F. P. Compreendendo o processo de inovação como uma estrutura complexa de regras multiníveis. **Revista de Administração e Inovação-RAI**, v. 11, n. 4, 2014.

PELLEGRIN, I. **Redes de Inovação-Dinamizando Processos de Inovação em Empresas Fornecedoras da Indústria de Petróleo e Gás Natural no Brasil**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PENNA, C. Reflexividade e agência na teoria sociológica contemporânea. **Revista de Ciências Sociais da Unisinos**, n. 48, v. 3, p. 192-204, 2012.

PEREZ, C., SOETE, L. Catching up in technology: Entry barriers and windows of opportunity. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. **Technical Change and Economic Theory**. New York, Pinter: 1998. p.458-479.

PERKINS, R. Environmental leapfrogging in developing countries: A critical assessment and reconstruction. **Natural Resources Forum**, v. 27, n. 3, p. 177-188, 2003.

PERSKY, J. Retrospectives: The ethology of homo economicus. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 9, n. 2, p. 221-231, 1995.

- PESCH, U. Tracing discursive space: Agency and change in sustainability transitions. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 90, p. 379-388, 2015.
- PHELAN, S. E. What is complexity science, really? **Emergence**, v. 3, n. 1, p. 120-136, 2001.
- PICKERING, A. **The mangle of practice: Time, agency, and science**. University of Chicago Press, 2010.
- PLOYHART, R. E.; MOLITERNO, T. P. Emergence of the human capital resource: A multilevel model. **Academy of Management Review**, v. 36, n. 1, p. 127-150, 2011.
- POLLACK, J.; ADLER, D.; SANKARAN, S. Mapping the field of Complexity Theory: A computational approach to understanding changes in the field. **Emergence: Complexity and Organization**, v. 16, n. 2, p. 74, 2014.
- PRICE, B.; BOUTILIER, C. Implicit imitation in multiagent reinforcement learning. **ICML**. p. 325-334, 1999.
- RAILSBACK, S. F., LYTINEN, S. L., JACKSON, S. K. Agent-based Simulation Platforms: Review and Development Recommendations. **Simulation**, v. 82, n. 9, p. 609, 2006.
- RAMPINELLI, G.; JUNIOR, C. Análise da Geração Eólica na Matriz Brasileira de Energia Elétrica. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, p. 271-300, 2012.
- RAND, W.; RUST, R. T. Agent-based modeling in marketing: Guidelines for rigor. **International Journal of Research in Marketing**, v. 28, n. 3, p. 181-193, 2011.
- RAVEN, R.; SCHOT, J.; BERKHOUT, F. Space and scale in socio-technical transitions. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 4, p. 63-78, 2012.
- REICHMANN NETO, F., NUNES, L. **O Mercado de energia eólica no Brasil e no mundo**. Audiência Pública. Comissão de Meio Ambiente, Defesa do Consumidor e Fiscalização e Controle. Brasília: Senado Federal, 2008.
- RESCH, G.; HELD, A.; FABER, T.; PANZER, C.; TORO, F.; HAAS, R. Potentials and prospects for renewable energies at global scale. **Energy Policy**, v. 36, n. 11, p. 4048-4056, 2008.
- ROBINSON, D. T.; BROWN, D. G., PARKER, D. C. Comparison of empirical methods for building agent-based models in land use science. **Journal of Land Use Science**, v. 2, n. 1, p. 31-55, 2007.
- ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. New York, NY: Free Press, 2003.
- ROMÁRIO, F. **Energia Eólica**. Secretária de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Ministério de Minas de Energia. Comunicação. Brasília: 2006.
- ROSENBERG, N. **Perspectives on technology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1976.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Artificial intelligence**. A modern approach. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1995.

SAFARZYŃSKA, K.; FRENKEN, K.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M. Evolutionary theorizing and modeling of sustainability transitions. **Research Policy**, v. 41, n. 6, p. 1011-1024, 2012.

SAFARZYŃSKA, K.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M. Beyond replicator dynamics: Innovation–selection dynamics and optimal diversity. **Journal of Economic Behavior & Organization**, v. 78, n. 3, p. 229-245, 2011.

SAFARZYŃSKA, K.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M. Demand-supply coevolution with multiple increasing returns: Policy analysis for unlocking and system transitions. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 2, p. 297-317, 2010a.

SAFARZYŃSKA, K.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M. Evolutionary models in economics: a survey of methods and building blocks. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 20, n. 3, p. 329-373, 2010b.

SANTOS, A. N. G. **A Energia Eólica no litoral do NE no Brasil**. Desconstruindo a "sustentabilidade" para promover "justiça ambiental". Rio de Janeiro: Fundação Heinrich-Böll, 2014.

SAUTER, R.; WATSON, J. **Technology Leapfrogging**: A review of the evidence. A report for DFID. Sussex Energy Group. Science and Technology Policy Research, University of Sussex, 2008.

SAWYER, R. K. Artificial societies multiagent systems and the micro-macro link in sociological theory. **Sociological Methods & Research**, v. 31, n. 3, p. 325-363, February 2003.

SCHOT, J.; GEELS, F. W. Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 20, n. 5, p. 537–554, September 2008.

SCHOT, J.; GEELS, F. W. Niches in evolutionary theories of technical change. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 17, n. 5, p. 605-622, 2007.

SCHULTZ, D. J., AMARANTE, O. A. C.; ROCHA, N. D. A.; BITTENCOURT, R. M.; SUGAI, M. R. V. B. Sistemas complementares de energia eólica e hidráulica no Brasil. **Revista Técnico-Científica da Área de Energia**, n. 3, 2005.

SEN, S.; AIRIAU, S. Emergence of norms through social learning. In: THE TWENTIETH INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE (IJCAI-07), Hyderabad, 2007. **Anais**. Menlo Park: Association for the Advancement of Artificial Intelligence, p. 1512.

SEYFANG, G. HAXELTINE, A.; HARGREAVES, T.; LONGHURST, N. **Energy and Communities in Transition**: Towards a new research agenda on agency and civil society in sustainability transitions. CSERGE working paper. 2010.

SHOVE, E.; WALKER, G. CAUTION! Transitions ahead: politics, practice, and sustainable transition management. **Environment and Planning**, v. 39, n. 4, p. 763-770, 2007.

SILVA, A. H. et al. Análise de conteúdo: fazemos o que dizemos? Um levantamento de estudos que dizem adotar a técnica. VI ENCONTRO DE ENSINO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE, Brasília, 2013. **Anais**. Rio de Janeiro: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração.

SILVA, B. B.; ALVES, J. J. A.; CAVALCANTI, E. P. Caracterização do potencial eólico da direção predominante do vento no estado da Bahia. XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Foz do Iguaçu, 1992. **Anais**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Meteorologia.

SIMAS, M. S. **Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil**: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012

SIMAS, M.; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, p. 99-116, 2013.

SIMON, H. A. Near decomposability and the speed of evolution. **Industrial and Corporate Change**, v. 11, n. 3, p. 587-599, 2002.

SIMON, H. A. Rationality as process and as product of thought. **The American Economic Review**, v. 68, n. 2, p. 1-16, 1978.

SMITH, A., VOB, J.P., GRIN, J. Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-level perspective and its challenges. **Research Policy**, v. 39, p 435-448, 2010.

SMITH, A.; RAVEN, R. What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability. **Research Policy**, v. 41, n. 6, p. 1025-1036, 2012.

SMITH, A.; STIRLING, A. The politics of social-ecological resilience and sustainable socio-technical transitions. **Ecology & Society**, v. 15, n. 1, 2010.

SMITH, A.; STIRLING, A.; BERKHOUT, F. The governance of sustainable socio-technical transitions. **Research policy**, v. 34, n. 10, p. 1491-1510, 2005.

SOETE, L. International diffusion of technology, industrial development and technological leapfrogging. **World Development**, n. 13, v. 3, p. 409-422, 1985.

STERN, D. I. The rise and fall of the environmental Kuznets curve. **World Development**, v. 32 n. 8, p. 1419-1439, 2004.

STEVENS, J. P. **Applied multivariate statistics for the social sciences**. Routledge, 2012.

STEWART, P. Complexity theories, social theory, and the question of social complexity. **Philosophy of the Social Sciences**, v. 31, n. 3, p. 323-360, 2001.

TASHAKKORI, A.; TEDDLIE, C. Mixed methodology: Combining qualitative and quantitative approaches. In: TASHAKKORI, A.; TEDDLIE, C. (Org.). **Sage handbook of mixed methods in social & behavioral research**. Sage, 2010.

TEDDLIE, C.; TASHAKKORI, A. A general typology of research designs featuring mixed methods. **Research in the Schools**, v. 13, n. 1, p. 12-28, 2006.

TESFATSION, L. Agent-based computational economics: A constructive approach to economic theory. **Handbook of Computational Economics**, v. 2, p. 831-880, 2006.

TOLMASQUIM, M. T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 247-260, 2012.

TOMPKINS, E. L.; ADGER, W. N.; BOYD, E.; NICHOLSON-COLE, S.; WEATHERHEAD, K.; ARNELL, N. Observed adaptation to climate change: UK evidence of transition to a well-adapting society. **Global environmental change**, v. 20, n. 4, p. 627-635, 2010.

TRIVIÑOS, A. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. O positivismo, a fenomenologia, o marxismo. São Paulo: Atlas, 1994.

TRUFFER, B.; COENEN, L. Environmental innovation and sustainability transitions in regional studies. **Regional Studies**, v. 46, n. 1, p. 1-21, 2012.

TRUFFER, B.; STÖRMER, E.; MAURER, M.; RUEF, A. Local strategic planning processes and sustainability transitions in infrastructure sectors. **Environmental Policy and Governance**, v. 20, n. 4, p. 258-269, 2010.

TURNHEIM, B.; GEELS, F. W. Regime destabilisation as the flipside of energy transitions: Lessons from the history of the British coal industry (1913–1997). **Energy Policy**, v. 50, p. 35-49, 2012..

TWIDELL, J.; WEIR, T. **Renewable energy resources**. Routledge, 2015.

TWOMEY, P.; CADMAN, R. Agent-based modelling of customer behaviour in the telecoms and media markets. **Info**, v. 4, n. 1, p. 56-63, 2002.

UNITED NATIONS. World Commission on Environment and Development. **Our Common Future**. New York: 1987.

UNRUH, G. C. Understanding carbon lock-in. **Energy policy**, v. 28, n. 12, p. 817-830, 2000.

VAN DE KERKHOF, M.; WIECZOREK, A. Learning and stakeholder participation in transition processes towards sustainability: Methodological considerations. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 72, n. 6, p. 733-747, 2005.

VASILEIADOU, E.; SAFARZYŃSKA, K. Transitions: Taking complexity seriously. **Futures**, v. 42, n. 10, p. 1176-1186, 2010.

VERBONG, G. P. J.; GEELS, F. W. Exploring sustainability transitions in the electricity sector with socio-technical pathways. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 8, p. 1214-1221, 2010.

VERBONG, G.; GEELS, F. The ongoing energy transition: lessons from a socio-technical, multi-level analysis of the Dutch electricity system (1960–2004). **Energy Policy**, v. 35, n. 2, p. 1025-1037, 2007.

VERGRAGT, P. J.; BROWN, H. S. Sustainable mobility: from technological innovation to societal learning. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 11, p. 1104-1115, 2007.

VESPIGNANI, A. Modelling dynamical processes in complex socio-technical systems. **Nature Physics**, v. 8, n. 1, p. 32-39, 2012.

WALKER, W. Entrapment in large technology systems: institutional commitment and power relations. **Research Policy**, v. 29, n. 7, p. 833-846, 2000.

WALTER, A. Fomento à geração elétrica com fontes renováveis de energia no meio rural brasileiro: Barreiras, ações e perspectivas. 3º ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, Campinas, 2000. **Anais**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas.

WALTZ, R. Competences for green development and leapfrogging in newly industrializing countries. **International Economic Policy** v. 7, p. 245–265, 2010.

WHITEHEAD, S. D. A complexity analysis of cooperative mechanisms in reinforcement learning. In: AAAI CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND INTERACTIVE DIGITAL ENTERTAINMENT, Anaheim, 1991. **Anais**. Menlo Park: Association for the Advancement of Artificial Intelligence, p. 607-613.

WILLIAMS, R.; EDGE, D. The social shaping of technology. **Research policy**, v. 25, n. 6, p. 865-899, 1996.

WINNER, L. **Autonomous technology: Technics-out-of-control as a theme in political thought**. Mit Press, 1977.

WOOLDRIDGE, M.; JENNINGS, N. R.; KINNY, D. The Gaia methodology for agent-oriented analysis and design. **Autonomous Agents and Multiagent Systems**, v. 3, n. 3, p. 285-312, 2000.

WOOLDRIDGE, M. **An introduction to multiagent systems**. John Wiley & Sons, 2009.

YANCHAR, S. C.; WILLIAMS, D. D. Reconsidering the compatibility thesis and eclecticism: Five proposed guidelines for method use. **Educational Researcher**, p. 3-12, 2006.

ZHANG, T.; GENSLER, S.; GARCIA, R. A study of the diffusion of alternative fuel vehicles: An agent - based modeling approach. **Journal of Product Innovation Management**, v. 28, n. 2, p. 152-168, 2011.

ZHANG, T.; NUTTALL, W. J. Evaluating government's policies on promoting smart metering diffusion in retail electricity markets via agent-based simulation. **Journal of Product Innovation Management**, v. 28, n. 2, p. 169-186, 2011.

ZIMBRES, R. A.; BRITO, E. P. Z. O Uso da Modelagem Baseada em Agentes na Análise da Interação entre Clientes de Serviço. IX SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS – SIMPOI, São Paulo, 2006. **Anais**. São Paulo: Fundação Getulio Vargas - EAESP.

ANEXO I – CÓDIGO FONTE SISTEMA MULTIAGENTE

```

;; this models replicates the process of technological
;; diffusion according to the MLP perspective, proposed
;; by Frank Geels
;; model by Diego G. Chevarria, PhD

;; -----
;;
;; BREEDS AGENTS AND LINKS
;;
;; -----

;; breeds four types of agents, according to the
;; conceptual model

1 breed [niche-agents niche-agent]
2 breed [regime-agents regime-agent]
3 breed [landscape-agents landscape-agent]
4 breed [buyer-agents buyer-agent]

;; link breeds
;; agents can express narratives, and perform pressures
;; agents of the niche can also make offers/sale
;; in this model, agents can perform many narratives at
;; same time, but only one offer/sale at a time

5 undirected-link-breed [narratives narrative]
6 undirected-link-breed [pressures pressure]
7 undirected-link-breed [offers offer]

;;; -----
;;;
;;; GLOBAL VARIABLES
;;;
;;; -----

8 globals
9 [
  ;; The next values are set by sliders, scale 0 - 100

  ;; The MEAN INITIAL EXPECTATIONS of niche agents about
  ;; the future
  ;; of the niche and regime
  ;avg-initial-expectation

  ;; AUTONOMY LEVEL represents the mean autonomy of the
  ;; agents

```



```

;; to decide on his own expectations and commitment
;avg-autonomy-level

;; MEAN FIXATION LEVEL, represents the medium
;; sensibility for the agent to react to narratives
;avg-fixation-factor

;; LEARNING FACTOR, the amount that medium prices
;; decreases resulting of the produced quantities
;; represents learn-on-doing
;learning-factor

;; LEARNING RISK, the risk present in every learning
;; process
;; represents a aleatory adjustment in the learning
;; factor function
;learnig-risk

;; the number of ticks will an expectation will be
;; recorded
;expectation-length

;; max number of narratives that agent produces at a time
;max-num-narratives

;; size of the average niche agent plant
;plant-size

;; next variables represents general states of the model

;; MARKET DEMAND represents overall demand of the system
;; in the case, the actual demand of Brazilian energy
;; market, expressed in megawats
10 market-demand

;; the number of auctions that has been performed
11 number-auctions

;; NICHE CAPACITY, capacity bought from niche
12 total-niche-capacity
13 old-niche-capacity

;; PERFORMANCE, the overall performance of the system
;; expressed in the actual capacity and price observed
14 system-price-performance
15 system-capacity-performance
16 ]

;;; -----
;;;
;;; TURTLE/AGENT VARIABLES
;;;
;;; -----

17 turtles-own
18 [
    ;; EXPECTATIONS of agents about the future of the niche
    ;; evolves over time through as a response to
    ;; interactions to peers
    ;; it is influenced by narratives, fixation and

```

```

;; performance

;;expectations about the size of the market
19 agent-q-expectation

;;expectations about prices of energy
20 agent-p-expectation

;; FIXATION FACTOR, represents the sensibility of the
;; agent to react to the narratives
;; it is assigned randomly by the system according to the
;; medium fixation level assigned
21 agent-fixation

;; variable used to record agent's market expectation
22 agent-q-expectation-record

;; variable used to record agent's price expectation
23 agent-p-expectation-record

;; the AUTONOMY of the agent, represents the autonomy of
;; the agent to decide on his own expectations,
;; commitment and actions
;; it is assigned randomly near the autonomy level
24 agent-autonomy
25 ]

26 niche-agents-own
27 [
;; COMMITMENT, the commitment of the agent to the niche
;; only agents of niche own commitment
;; commitment is influenced by expectations
;; it also influences the trend of a agent to express a
;; narrative
28 agent-commitment

;; the specific LEARNING FACTOR of the agent
;; represents the capacity of the agent to learn
;; it is assigned randomly near the learning-factor level
29 agent-learning-factor

30 niche-agent-capacity ;; production CAPACITY of the agent
31 niche-agent-price ;; the PRICE of the niche agent
32 producer? ;; if true, the agent is an active producer
33 ]

34 landscape-agents-own
35 [
36 agent-commitment
37 ]

38 buyer-agents-own
39 [
40 buyer-demand ;; the market demand for each auction
41 ]

```

```

;;; -----
;;;
;;; SETUP PROCEDURES
;;;
;;; -----

;; calls separate setup functions - globals, structure
;; and agents

42   to setup
43     clear-all
44     setup-globals
45     setup-structure
46     setup-agents

     ;; by default, at least one of the agents is initially
     ;; committed with the niche

47     select-random ;; sets one random niche-agent as committed

     ;; The set up don't initialize any narrative, since
     ;; they'll form on their own in the simulation

48     reset-ticks
49   end

;;; -----
;;;
;;; INITIALIZE GLOBAL VARIABLES
;;;
;;; -----

50   to setup-globals

     ;; set initial quantities of to allow a correct calculation
     ;; of learning
51     set total-niche-capacity 2 * plant-size
52     set old-niche-capacity 2 * plant-size

53     set number-auctions 0

     ;; set an initial small market demand
54     set market-demand ( 6 * plant-size )
55   end

;;; -----
;;;
;;; SET UP STRUCTURE
;;;
;;; -----

56   to setup-structure

     ;; places agents in three different levels, according to
     ;; its characteristics and involvement with the niche

57     create-buyer-agents 1

58     create-niche-agents num-niche-agents
59     ask niche-agents

```

```

60         [
61             setxy ( ( random-float 21.9 ) - 10.95 ) 0
62             ifelse ( random-float 2 > 1 )
63             [ setxy xcor ( random-float ( ( sqrt ( 12 - ( (
xcor ^ 2 ) / 10 ) ) ) ) - 10 ) ]
64             [ setxy xcor ( random-float ( - ( sqrt ( 12 - ( (
xcor ^ 2 ) / 10 ) ) ) ) - 10 ) ]
65         ]

66     create-regime-agents num-regime-agents
67     ask regime-agents
68     [
69         setxy ( ( random-float 21.9 ) - 10.95 ) 0
70         ifelse ( random-float 2 > 1 )
71         [ setxy xcor ( random-float ( ( sqrt ( 12 - ( (
xcor ^ 2 ) / 10 ) ) ) ) ) ]
72         [ setxy xcor ( random-float ( - ( sqrt ( 12 - ( (
xcor ^ 2 ) / 10 ) ) ) ) ) ]
73     ]
74     create-landscape-agents num-landscape-agents
75     ask landscape-agents
76     [
77         setxy ( ( random-float 21.9 ) - 10.95 ) 0
78         ifelse ( random-float 2 > 1 )
79         [ setxy xcor ( random-float ( ( sqrt ( 12 - ( (
xcor ^ 2 ) / 10 ) ) ) ) + 10 ) ]
80         [ setxy xcor ( random-float ( - ( sqrt ( 12 - ( (
xcor ^ 2 ) / 10 ) ) ) ) + 10 ) ]
81     ]
82 end

;;; -----
;;
;; INITIALIZE AGENTS
;;
;;; -----

83 to setup-agents

;; don't create turtles here, that's done by
;; setup-structure

84     ask turtles
85     [
86         ;; reset initial variables
87         if ( is-niche-agent? self ) [ set producer? false ]
88     ]
89     ask turtles
90     [
91         ;; individual variables per agent are set randomly
92         ;; following a normal distribution based on slider
93         ;; and global values
94         assign-normally-distributed-member-variables

95         ;; color is determined by expectation
96         assign-turtle-color

97         ;; shape is determined by the kind of agent
98         assign-shape
99     ]
100 end

```

```

;;; -----
;; RANDOM NEAR PROCEDURE
;; procedure to approximate a "normal" distribution around
;; given average value.
;; This produces a normal distribution of tendency values.
;;; -----

94 to-report random-near [center]
95   let result 0
96   repeat 10 [ set result (result + random-float center) ]
97   report result / 5
98   end

;;; -----
;; assign values to variables of agents in the population
;; using procedure RANDOM-NEAR so individual agents
;; variables follow an approximately normal distribution
;; around average values
;;; -----

99 to assign-normally-distributed-member-variables

   ;; below variables will vary for each turtle, and
   ;; values follow an approximately normal distribution

100   set agent-fixation random-near avg-fixation-factor
101   set agent-autonomy random-near avg-autonomy-level

102   if (is-niche-agent? self)
103   [
104     set agent-learning-factor random-near (.5 * learning-
105     factor)
106     if (agent-learning-factor > 1) [set agent-learning-
107     factor 1]
108     if (agent-learning-factor < 0) [set agent-learning-
109     factor 0]
110   ]

   ;; assign production capacity and prices for each agent

111   if (is-niche-agent? self)
112   [
113     set niche-agent-capacity random-near plant-size
114     set niche-agent-price random-near initial-price
115   ]

   ;; assign initial expectations
   ;; only niche agents will present initial expectations
   ;; expectations will change during the simulation through
   ;; narratives and performance

116   ifelse (is-niche-agent? self)
117   [ set agent-q-expectation random-near avg-initial-
118   expectation ]
119   [ set agent-q-expectation 0 ]

   ;; assign price expectations of prices for the agents
   ;; agents of the niche have better expectations about

```

```

;; prices

117     ifelse (is-niche-agent? self)
118     [ set agent-p-expectation random-near ( 1.4 * initial-
price ) ]
119     [ set agent-p-expectation random-near ( 1.8 * initial-
price ) ]

;; set initial record of agent expectations
120     set agent-q-expectation-record n-values ( ( random
expectation-length ) + 2 ) [ agent-q-expectation ]
121     set agent-p-expectation-record n-values ( ( random
expectation-length ) + 2 ) [ agent-p-expectation ]
122     end

;;;-----
;;; the next procedure selects one of the niche agents
;;; to become committed to the niche
;;; it can be select multiple agents, if user wishes
;;;-----

123     to select-random
124         ask n-of 1 (niche-agents)
125         [
126             set agent-q-expectation random-float ( 40 * plant-
size )
127             set agent-p-expectation random-float ( initial-price /
3 )
128         ]
129     end

;; user can select an agent in the model to become
;; committed

130     to select
131         let picked? false
132         if mouse-down?
133         [
134             let candidate min-one-of turtles [distancexy mouse-xcor
mouse-ycor]
135             if [distancexy mouse-xcor mouse-ycor] of candidate < 1
136             [
137                 ask candidate
138                 [
139                     set agent-q-expectation random-float ( 40 *
plant-size )
140                     set agent-p-expectation random-float ( initial-
price / 3 )
141                     set picked? true
142                 ]
143             ]
144         ]
145         if picked? [stop]
146     end

;;; -----
;;;
;;; set color/shape of agents/links
;;;
;;; -----

```

```

;; set shape based on kind of agent

147 to assign-shape
148   if is-niche-agent? self
149     [ set shape "circle 2" ]
150   if is-regime-agent? self
151     [ set shape "circle" ]
152   if is-landscape-agent? self
153     [ set shape "dot" ]
154   if is-buyer-agent? self
155     [ set shape "triangle" ]
156 end

;; color of agent reflects its expectations
157 to assign-turtle-color

;; call this just in case a variable went out of accepted
;; range
158   cap-variables

159   if (agent-q-expectation >= 0) [ set color [ 193 6 6
160 ] ]
161   if (agent-q-expectation > ( 5 * ( 42 * plant-size ) ) )
162     [ set color [ 198 26 26 ] ]
163   if (agent-q-expectation > ( 10 * ( 42 * plant-size ) ) )
164     [ set color [ 204 51 51 ] ]
165   if (agent-q-expectation > ( 15 * ( 42 * plant-size ) ) )
166     [ set color [ 210 77 77 ] ]
167   if (agent-q-expectation > ( 20 * ( 42 * plant-size ) ) )
168     [ set color [ 217 102 102 ] ]
169   if (agent-q-expectation > ( 25 * ( 42 * plant-size ) ) )
170     [ set color [ 223 127 127 ] ]
171   if (agent-q-expectation > ( 30 * ( 42 * plant-size ) ) )
172     [ set color [ 229 153 153 ] ]
173   if (agent-q-expectation > ( 35 * ( 42 * plant-size ) ) )
174     [ set color [ 236 178 178 ] ]
175   if (agent-q-expectation > ( 40 * ( 42 * plant-size ) ) )
176     [ set color [ 242 204 204 ] ]
177   if (agent-q-expectation > ( 45 * ( 42 * plant-size ) ) )
178     [ set color [ 248 229 229 ] ]
179   if (agent-q-expectation = ( 50 * ( 42 * plant-size ) ) )
180     [ set color [ 255 255 255 ] ]
181   if (agent-q-expectation > ( 50 * ( 42 * plant-size ) ) )
182     [ set color [ 229 248 229 ] ]
183   if (agent-q-expectation > ( 55 * ( 42 * plant-size ) ) )
184     [ set color [ 204 242 204 ] ]
185   if (agent-q-expectation > ( 60 * ( 42 * plant-size ) ) )
186     [ set color [ 178 236 178 ] ]
187   if (agent-q-expectation > ( 65 * ( 42 * plant-size ) ) )
188     [ set color [ 153 229 153 ] ]
189   if (agent-q-expectation > ( 70 * ( 42 * plant-size ) ) )
190     [ set color [ 127 223 127 ] ]
191   if (agent-q-expectation > ( 75 * ( 42 * plant-size ) ) )
192     [ set color [ 102 217 102 ] ]
193   if (agent-q-expectation > ( 80 * ( 42 * plant-size ) ) )
194     [ set color [ 77 210 77 ] ]
195   if (agent-q-expectation > ( 85 * ( 42 * plant-size ) ) )
196     [ set color [ 51 204 51 ] ]
197   if (agent-q-expectation > ( 90 * ( 42 * plant-size ) ) )
198     [ set color [ 26 198 26 ] ]

```

```

179     if (agent-q-expectation > ( 95 * ( 42 * plant-size ) ) )
180     [ set color [ 6 193 6 ] ]
180     end

    ;; color of link indicates type of relationship

181   to assign-link-color

182     if is-narrative? self
183     [ set color blue ]
184     if is-pressure? self
185     [ set color magenta ]
186     if is-offer? self
187     [ set color green ]

188     set thickness .16 ;; make link easier to see
189   end

    ;;; -----
    ;;;
    ;;; GO/RUNTIME PROCEDURES
    ;;;
    ;;; -----

    ;; run simulation

190   to go

    ;;; ----- Check for STOP conditions ----- ;;;

    ;; stop if every single turtle of the niche is producing

191     if all? niche-agents [producer?] [ stop ]
192     if ( niche-agents with [ niche-agent-capacity > 0.1 ] =
nobody ) [stop]

    ;; update record of each agent's expectation before
    ;; interacting with others
193     ask turtles
194     [
195     set agent-q-expectation-record fput agent-q-expectation
but-last agent-q-expectation-record
196     set agent-p-expectation-record fput agent-p-expectation
but-last agent-p-expectation-record
197     ]

    ;; update niche capacity, to calculate system performance
    ;; and learning

198     set old-niche-capacity total-niche-capacity

    ;; agents will break narratives and pressures before
    ;; other procedures
    ;; to allow agents maintain links between ticks

199     ask turtles [ stop-narratives ]
200     ask turtles [ stop-pressures ]
201     ask turtles [ stop-offers ]

```



```

202     ask turtles
203     [
        ;; central function: create narratives and pressures
        ;; only niche agents can meke narratives,
        ;; and only landscape agents make pressures
        ;; according to its commitment, expectations and autonomy

204     if is-niche-agent? self [ make-narrative ]
205     if is-landscape-agent? self [ make-pressure ]

        ;; agents interact to their peers
        ;; action used to spread expectations among agents
        ;; in this model, agents first stablish links
        ;; - narrative or pressure - and then spread expectations
        ;; this is used to simulate the process of creating
        ;; narratives

206     if is-niche-agent? self [ talk-to-peers ]
207     if is-landscape-agent? self [ talk-to-peers ]
208     ]

        ;; to simulate a dynamic market demand
209     update-market-demand

        ;; central function: buying process
        ;; only buyer agent buys
        ;; auction process depends of the market-demand
        ;; and occurs in average 1 x on each 156 ticks (1 year)

210     if ( total-niche-capacity < random-float market-demand )
        and ( random-float 156 > 154 ) [ make-auction ]

        ;; updates necessities at every tick
211     ask turtles
212     [
213         update-agent-commitment
214         update-system-performance
215         update-agent-expectation
216         update-learning
217         assign-turtle-color
218     ]

        ;; calls the process of niche expansion
        expand-niche

219     tick
220     end

    ;;; -----
    ;; update commitment of an agent, and it's trend to produce
    ;; a narrative
    ;;; -----

221     to update-agent-commitment

        ;; commitment results from agent expectations
        ;; only niche and landscape agents be commitment
        ;; commitment is calculated from market expectations
        ;; since market expectation also depends on price

```

```

222     cap-variables
        ;; in order to convert expectations into a dimension of
        ;; commitment, expectations must be fitted to a 100 scale
223     let c ( 100 / ( plant-size * 42 * 1.2 ) )
224     if is-niche-agent? self
225     [
226         set agent-commitment ( agent-q-expectation * c * ( (
100 - ( random-float agent-autonomy ) ) / 100 ) )
227         if producer? [ set agent-commitment ( agent-commitment
* 1.2 ) ]
228     ]
229     if is-landscape-agent? self
230     [ set agent-commitment ( agent-q-expectation * ( c * .6 )
* ( ( 100 - ( random-float agent-autonomy ) ) / 100 ) ) ]
231     end

    ;;; -----
    ;; make sure agent variables don't exceed the settled maxim
    ;;; -----

232 to cap-variables
233     if (agent-q-expectation > ( 4 * num-niche-agents *
plant-size ) ) [ set agent-q-expectation ( 4 * num-niche-
agents * plant-size ) ]
234     if (agent-q-expectation < 0) [set agent-q-expectation
0]
235     if (agent-p-expectation < 2) [set agent-p-expectation
2]

236     if is-niche-agent? self
237     [
238         if (agent-commitment > 100) [set agent-commitment 100]
239         if (agent-commitment < 0) [set agent-commitment 0]
240     ]

241     if is-landscape-agent? self
242     [
243         if (agent-commitment > 100) [set agent-commitment 100]
244         if (agent-commitment < 0) [set agent-commitment 0]
245     ]
246     end

    ;;; -----
    ;;;
    ;;; MAKE NARRATIVES AND PRESSURES
    ;;;
    ;;; -----

    ;; create narrative and pressures links with other turtles
    ;; first stablish the link, and then spread the expectation
    ;; code allows niche agents to produce narratives directly
    ;; to regime agents, but with less probability than with
    ;; others
    ;; the code allow agents to create more than one narrative
    ;; each tick

247 to make-narrative
248 let narcount 0
249     while [ narcount < max-num-narratives ]

```

```

250     [
        ;; probability that narrative link will form, depending
        ;; of the commitment of the agent
        ;; agents also have a far less probability of producing a
        ;; narrative to a regime agent than to other agents
        ;; the same applies to the pressures from the landscape
        ;; pressures does not produces agency, it only replicates
        ;; agencies from narratives

251         if ( ( random-float 100 < ( agent-commitment / max-num-
narratives ) ) and ( random-float agent-autonomy < agent-
commitment ) )

252             [
                ;; potential-peer must not have reached its linking
                ;; limit
253                 let potential-peer ( one-of other turtles with [not
link-neighbor? myself
254                     and (count link-neighbors < max-num-narratives) ] )
255                 if (potential-peer != nobody)
256                     [
257                         ifelse ( is-regime-agent? potential-peer )
258                             [
259                                 if ( ( random-float 100 < ( agent-commitment /
max-num-narratives ) ) and ( random-float agent-autonomy <
agent-commitment ) )
260                                     [ create-narrative-with potential-peer [
assign-link-color] ]
261                                     ]
262                                 [ create-narrative-with potential-peer [ assign-
link-color] ]
263                             ]
264                         ]
265                     set narcount narcount + 1
266                 ]
267             end

268         to make-pressure
269         let prescount 0
270         while [ prescount < max-num-narratives ]
271             [
272                 if ( ( random-float 100 < ( agent-commitment / max-num-
narratives ) ) and ( random-float agent-autonomy < agent-
commitment ) )
273                     [
274                         let potential-peer ( one-of other turtles with
[not link-neighbor? myself
275                             and (count link-neighbors < max-num-
narratives) ] )
276                         if (potential-peer != nobody)
277                             [
278                                 ifelse ( ( is-regime-agent? potential-peer ) or (
is-niche-agent? potential-peer ) )
279                                     [
280                                         if ( ( random-float 100 < ( agent-commitment /
max-num-narratives ) ) and ( random-float agent-autonomy <
agent-commitment ) )
281                                             [ create-pressure-with potential-peer [ assign-
link-color] ]
282                                         ]
283                                     ]
284                                 ]
285                     ]
286             ]

```

```

282         [ create-pressure-with potential-peer [ assign-
283 link-color] ]
284     ]
285 ]
286     set prescount prescount + 1
287 ]
288 end

;;; -----
;;; breaks narratives and pressures in the beginning of
;;; every tick
;;; -----

289 to stop-narratives
290     ask narratives [die]
291 end
292 to stop-pressure
293     ask pressures [die]
294 end
295 to stop-offers
296     ask offers [die]
297 end

;;; -----
;;;
;;; SPREAD EXPECTATIONS
;;;
;;; -----

;; agents interact with other linked agents and potentially
;; alters individual expectations

298 to talk-to-peers

    ;; expectation determine how many links the agent will
    ;; interact by each tick
    ;; the more committed an agent, more interactions it will
    ; make

299     let convcount 0
300     while [ convcount < ( ( agent-q-expectation / 100 ) * (
count my-links ) ) ]
301     [
302     let peer one-of link-neighbors ;; creates a temporary
peer
303     if (peer != nobody)
304     [
305         ;; constant for preventing undesired reactions
let c 0.5
306         ;; if the agent expectation is broader than the
expectations of his peer, the expectation of his
307         ;; peer increases, depending on its initial
expectation and autonomy
308         if agent-q-expectation > ( [ agent-q-expectation
] of peer )
309         [
310         let expectation-change ( c * ( ( agent-q-
expectation + ( [ agent-q-expectation ] of peer ) ) / 2 )

```

```

* ( ( [ agent-fixation ] of peer ) / 100 ) * ( ( 50 -
(random-float ( [ agent-autonomy ] of peer )) ) / 50 ) )
309     ask peer [ set agent-q-expectation ( [ agent-q-
expectation ] of peer + expectation-change) ]
310     ]

311     if agent-p-expectation < ( [ agent-p-expectation
] of peer )
312     [
313     let expectation-change ( c * ( ( agent-p-
expectation + ( [ agent-p-expectation ] of peer ) ) / 2 ) *
( ( [ agent-fixation ] of peer ) / 100 ) * ( ( 50 -
(random-float ( [ agent-autonomy ] of peer )) ) / 50 ) )
314     ask peer [ set agent-p-expectation ( [ agent-p-
expectation ] of peer - expectation-change) ]
315     ]
316     ]
317     set convcount convcount + 1
318 ]
319 end

;;; -----
;;;
;;; BUYING PROCEDURES
;;;
;;; -----

;; buying procedure

320 to make-auction

;; it is a usual first price auction process
;; buyer asks agents to present their offers
;; buyer agent buys, and updates bought quantity
;; and market demand still remaining

;; in this model, it goes buying until there is no more
;; offers, selecting it by lower prices
;; it depends of the offer of the seller
;; there is no price or capital restrictions

321     ask niche-agents [ present-offers ]
322     ask buyer-agents [ buy-demand ]
323     set number-auctions number-auctions + 1
324 end

;;; -----
;;;
;;; PRESENTING OFFERS
;;;
;;; -----

;; only agents that have available capacity can present
;; offers

325 to present-offers
326     if ( niche-agent-capacity > 0 )
327     [
        ;; only agents with high market expectations present
        ;; offers

```

```

328     if ( ( agent-q-expectation > total-niche-capacity )
and ( random-float 100 > agent-autonomy ) )
329     [ create-offer-with one-of buyer-agents [ assign-link-
color ] ]
330     ]
331     end

;;; -----
;;;
;;; BUY DEMAND
;;;
;;; -----

;; proceeding to selects offers and buy it

332 to buy-demand

    ;; sets the demand for the auction
333     set buyer-demand random-near ( market-demand - total-
334     niche-capacity )

    ;; only with agents that present offers
335     while [ buyer-demand > 0 ];; continues to run until
    ;; reaches the demand
336     [
    ;; represents the autonomy of the seller
337     ifelse ( random-float 100 > agent-autonomy )
338     [
339     let seller ( min-one-of ( offer-neighbors with [
niche-agent-capacity > 0 ] ) [ niche-agent-price ] )
    ;; creates a temporary seller with the neighbor with
    ;; lower price
340     ifelse (seller != nobody)
341     [
342     set total-niche-capacity ( total-niche-capacity +
( [ niche-agent-capacity ] of seller ) )
343     set buyer-demand ( buyer-demand - ( [ niche-
agent-capacity ] of seller ) )
    ;; updates the total bought capacity, and the buyer
    ;; demand

344     ask seller
345     [
346     set niche-agent-capacity 0
347     set producer? true
348     ]
    ;; sets the agent capacity to 0, since the agent
    ;; have already sold its capacity,
    ;; and defines it as an active producer
349     ]
350     [ set buyer-demand 0 ] ;; if there is no seller
    ;; with capacity to sell, set buying demand to 0,
    ;; to prevent a continuous loop
351     ]
352     [ set buyer-demand 0 ]
353     ]
354     end

;;; -----
;;;
;;; UPDATE-MARKET-DEMAND

```

```

;;;
;;; -----
355 to update-market-demand

    ;; market demand follows pressures of landscape
356   set market-demand ( market-demand + ( random-float ( (
mean [ mean agent-q-expectation-record ] of landscape-
agents ) - market-demand ) ) )
357 end

;;; -----
;;;
;;; UPDATE SYSTEM PERFORMANCE
;;;
;;; -----

358 To update-system-performance
359   set system-capacity-performance total-niche-capacity
360   set system-price-performance ( mean [ niche-agent-price ]
of niche-agents )
361 end

;;; -----
;;;
;;; UPDATE EXPECTATIONS
;;;
;;; -----

;; updates agents expectations according to system
;; performance, comparing actual performance with former
;; expectations of agents
;; agents have autonomy to adjust their expectations
;; expectations about the size of the market are also
;; updated by price performance

362 to update-agent-expectation

363   let q-expectation-delta ( ( e-factor-1 * ( abs ( ( mean
[ agent-q-expectation ] of landscape-agents ) - ( system-
capacity-performance ) ) ) ) * ( ( 100 - ( random-float
agent-autonomy ) ) / 100 ) )
364   ifelse ( last agent-q-expectation-record < system-
capacity-performance )
365     [ set agent-q-expectation ( agent-q-expectation + q-
expectation-delta ) ]
366     [ set agent-q-expectation ( agent-q-expectation - q-
expectation-delta ) ]

367   ifelse ( ( last agent-p-expectation-record ) > system-
price-performance )
368     [ set agent-q-expectation ( agent-q-expectation *
( 1 + ( ( 2 * ( ( 100 - ( random-float agent-autonomy ) )
/ 100 ) ) ) ) ]
     [ set agent-q-expectation ( agent-q-expectation * (
1 - ( ( 100 - ( random-float agent-autonomy ) ) / 100 ) )
369   ) ]

```

```

    ifelse ( ( last agent-p-expectation-record ) > system-
price-performance )
370   [ set agent-p-expectation ( agent-p-expectation *
( 1 - ( ( 100 - ( random-float agent-autonomy ) ) / 100 )
371   ) ) ]
    [ set agent-p-expectation ( agent-p-expectation * (
1 + ( ( 100 - ( random-float agent-autonomy ) ) / 100 ) )
372   ) ]
373   end

;;; -----
;;;
;;; UPDATE SYSTEM LEARNING
;;;
;;; -----

;; learning is represented by price reductions resulting of
;; the collective and individual process of learning taking
;; place in the niche

374   to update-learning

    ;; the economic consideration is that prices decreases at
    ;; a nearly constant factor for every time total
    ;; accumulated production doubles
    ;; in other words, it means that prices are inversely
    ;; related to the square of the accumulated production
    ;; the mathematical construction of the system expresses
    ;; this relation

375   if ( old-niche-capacity > 0 )
376   [
377     if ( is-niche-agent? self )
378     [
379       let niche-production-increase-factor log ( total-
niche-capacity / old-niche-capacity ) 2
380       let learning-delta ( ( 1 - ( agent-learning-factor
* ( 1 - ( random-float learning-risk ) ) ) ) ^ niche-
production-increase-factor )
381       set niche-agent-price ( niche-agent-price * learning-
delta )
382     ]
383   ]
384   end

;;; -----
;;;
;;; EXPAND NICHE PROCEDURE
;;;
;;; -----

;; attract new agents to the niche, if most of the agents
;; are already compromised with the niche, and there is
;; still unattended market demand

385   to expand-niche

    ;; if market demand is larger than the capacity of the

```



```

;; niche there is a trend to new agents get into the
;; new market
;; remember that market demand depends of the
;; expectations of landscape

386   If random-float ( market-demand - total-niche-capacity )
> 10 and ( ( count niche-agents with [ niche-agent-capacity
> 0.1 ] ) < 10 )
387   [ create-niche-agents ( num-niche-agents / 4 )
388     [
;; set the position and other variables of the new
;; niche-agent
389     setxy ( ( random-float 21.9 ) - 10.95 ) 0
390     ifelse ( random-float 2 > 1 )
391       [ setxy xcor ( random-float ( ( sqrt ( 12 - ( ( xcor
^ 2 ) / 10 ) ) ) ) - 10 ) ]
392       [ setxy xcor ( random-float ( - ( sqrt ( 12 - ( (
xcor ^ 2 ) / 10 ) ) ) ) - 10 ) ]
393     set producer? false
394     assign-normally-distributed-member-variables
395     assign-turtle-color
396     assign-shape

;; assign price near the mean of the niche
;; in this model learning, and the resulting
;; differences in prices, are understood as
;; producing systemic benefits
397     set niche-agent-price random-near mean [ niche-agent-
price ] of ( niche-agents ) with [ niche-agent-capacity >
.1 ]
398   ]
399 ]
400 end

;;; -----
;;;
;;; REPORTER / MONITOR PROCEDURES
;;;
;;; -----

401 to-report avg-q-expectation
402   report mean [agent-q-expectation] of turtles
403 end

404 to-report avg-p-expectation
405   report mean [agent-p-expectation] of turtles
406 end

407 to-report avg-q-niche-expectation
408   report mean [agent-q-expectation] of niche-agents
409 end

410 to-report avg-p-niche-expectation
411   report mean [agent-p-expectation] of niche-agents
412 end

413 to-report avg-niche-commitment
414   report mean [agent-commitment] of niche-agents
415 end

416 to-report avg-landscape-commitment

```

```
417     report mean [agent-commitment] of landscape-agents
418 end

419 to-report market
420     report ( market-demand )
421 end

422 to-report niche-capacity
423     report ( total-niche-capacity )
424 end

425 to-report n-niche-agents
426     report count niche-agents
427 end

428 to-report num-producers
429     report count niche-agents with [producer?]
430 end

431 to-report avg-niche-price
432     report mean [ niche-agent-price ] of niche-agents with [
niche-agent-capacity > 0.1 ]
433 end

434 to-report n-auctions
435     report number-auctions
436 end
```

APÊNDICE I – DOCUMENTOS ADOTADOS NA ANÁLISE DE CONTEÚDO

ABBUD, O. A.; TANCREDI, M. **Transformações recentes da matriz brasileira de Geração de Energia Elétrica** – Causas e impactos principais. Textos para Discussão 69. Centro de Estudos da Consultoria do Senado. Brasília: 2010.

ABREU, A. L. M. **Avanços tecnológicos em geração de energia eólica**. In: FÓRUM ABEEÓLICA - CANALENERGIA: Potencial e Investimentos em Energia Eólica no Brasil. Rio de Janeiro, 2010.

ABREU, C. M. S. M. . **Custos financeiros e sociais da geração de electricidade em parques eólicos**. Tese (Mestrado). Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Biológica, Minho, 2008.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (Brasil). **Mapeamento da cadeia produtiva da indústria eólica no Brasil**. Brasília: ABDI, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **ANEEL autoriza construção de 20 usinas eólicas**. Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Agência Nacional de Energia Elétrica, 14/12/2001a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Prestação de Contas de 2001**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2001b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Banco de Informações de Geração - BIG**. Brasília: ANEEL, 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**, 2ª. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil**, 3ª. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Leilão de energia eólica: perguntas e respostas**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Plano Estratégico para Investimentos em Projetos de P&D ANEEL – 2011 - 2016**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Resumo Geral dos Novos Empreendimentos de Geração**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=37>; acesso em abril de 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Desenvolvimento de tecnologia nacional de geração eólica**. Projeto estratégico chamada nº 017/2013. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2013.

ALVES, J. J. A. Análise regional da energia eólica no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 6, n. 1, 2010.

AMARANTE, O. A. C.; SILVA, F. J. L. **Atlas Eólico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEMC, 2002.

AMARANTE, O. A. C.; SILVA, F. J. L.; ANDRADE, P. E. P. **Atlas Eólico: Espírito Santo**. Vitória: ASPE, 2009.

AMARANTE, O. A. C.; SILVA, F. J. L.; ANDRADE, P. E. P. **Atlas Eólico: Minas Gerais**. Belo Horizonte: Cemig, 2010.

ANJOS, E. Produção eólica ganha a importância que merece. **Jornal do Brasil**, Rio de Janeiro, 28 de agosto de 2009. JB Energia, p. E1 - E2.

ARAÚJO, M. D. **Passo a passo para a implementação de projetos de Energia Eólica**. Apresentação. In: FÓRUM NACIONAL EÓLICO. Natal, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim anual de geração eólica – 2012**. São Paulo: 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Contribuição da ABEEólica à Audiência Pública nº 018/13**. São Paulo: Abeeólica, 2013a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Contribuição da ABEEólica à Audiência Pública nº 030/13**. São Paulo: Abeeólica, 2013b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim de dados – Setembro 2013**. São Paulo: 2013. Disponível em <http://www.abeeolica.org.br/pdf/Boletim-de-Dados-ABEEolica-Setembro-2013-Publico.pdf>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Contribuição ABEEólica - Audiência Pública Nº 056/2014**. São Paulo: 2014. Disponível em http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2014/056/contribuicao/abeeolica_ap_056_2014.pdf

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim de dados – Março 2015**. São Paulo: 2015. Disponível em <http://www.abeeolica.org.br/pdf/Boletim-de-Dados-ABEEolica-Marco-2015-Publico.pdf>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim de dados – Junho 2016**. São Paulo: 2016. Disponível em <http://www.abeeolica.org.br/pdf/Boletim-de-Dados-ABEEolica-junho-2016-Publico.pdf>

BANCO CENTRAL DO BRASIL (Brasil). **Racionamento de energia elétrica no Brasil**. Boletim Fócus. Brasília: Bacen, 31 de dezembro de 2001.

BARBA, M. Série de entraves limita uso da energia eólica no Brasil. **BBC Brasil**. Notícia em site, Brasília, 7 de junho de 2013.

BARIFOUSE, R.; SCHREIBER, M. Como o Nordeste virou principal polo da energia eólica no Brasil. **BBC Brasil**. Notícia em site, Brasília, 13 novembro de 2015.

BENELLI, S. L.; DORWEILER, R. P.; PROCOPIAK, L. J. A. Evolução tecnológica do mapeamento do potencial eólico. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Natal, 2009. **Anais**. Natal: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, p. 3567-3573.

BLOG DO PLANALTO. **Brasil terá 218 usinas eólicas do PAC até 2017**. Notícia em Site. Brasília: 5 de março de 2015.

BRASIL. Congresso Nacional. **Projeto de Lei n. 3.048/2011**. Brasília: Congresso Nacional, 2011.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997**. Brasília: Congresso Nacional, 1998.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998**. Brasília: Congresso Nacional, 1998.

BRASIL. Conselho de Desenvolvimento Econômico e Social – CDES. **Convenções sobre o clima, matriz energética mundial e desenvolvimento sustentável**. Segunda mesa redonda da sociedade civil BRASIL – UE. Belém, 2010.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas**. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, 2007.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Portaria no 211, de 28 de maio de 2009**. Brasília: MME, 2009a.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Portaria no 242, de 25 de junho de 2009**. Brasília: MME, 2009b.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Brasil ultrapassa Alemanha em expansão de energia eólica em 2015**. Informe. 2014. <http://www.pac.gov.br/noticia/22d0c0bd>

BRASIL. Senado Federal. **A Crise de Abastecimento de Energia Elétrica**. Relatório. Brasília: Senado Federal, 2002.

BRASIL. Senado Federal. **Resolução n. 50**. Senado Federal: Brasília, 1997.

BRITO, A. Eólica pode alcançar preço de hidroelétrica. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 20 de dezembro de 2011. Mercado, p. B1.

BUENO, S. R. Preço da energia eólica vai manter tendência de queda no próximo leilão. **Valor Econômico**, Porto Alegre, 5 de outubro de 2011. Empresas, B8.

BUTTERBY, R; FERREIRA, K. A Energia Eólica como Alternativa Sustentável para o Centro-Oeste. **Conjuntura Econômica Goiana, Goiânia**, n. 10, p. 77, 2004.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE (Brasil). **Boletim das Usinas Eólicas n° 003 – Abril/2014**. São Paulo: CCEE, 2014.

CAMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. **Visão Geral das Operações na CCEE**. Disponível em http://www.ccee.org.br/StaticFile/Arquivo/biblioteca_virtual/Visao_Geral_das_Operacoes_CCEE_2011.pdf. Acesso em 08 jul. 2012.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. **Geração eólica cresce 154% na comparação com julho de 2013**. Informe a imprensa. São Paulo: CCEE, 2014.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. **Capacidade instalada de usinas eólicas cresce 127% em 2014 e alcança 4,9 GW**. Informe a imprensa. São Paulo: CCEE, 2014.

CAMARGO SCHUBERT ENGENHARIA EÓLICA. **Atlas do Potencial Eólico do Estado do Paraná**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2007.

CAMARGO SCHUBERT ENGENHARIA EÓLICA. **Estado de Alagoas: Atlas Eólico**. Maceió: 2008.

CAMARGO, O. **O Potencial Eólico Brasileiro: Medições, Climatologia, Integração ao Sistema Interligado Nacional**. In: FÓRUM ABEEÓLICA - CANALENERGIA: Potencial e Investimentos em Energia Eólica no Brasil. Rio de Janeiro, 2009.

CAMILLO, E., FURTADO, A. As políticas tecnológicas e o avanço da energia eólica: proposta de uma estrutura de análise. In: XV CONGRESSO DE GESTÃO DE TECNOLOGIA LATINO-IBEROAMERICANO - ALTEC 2013, Porto, 2013. **Anais**. Lisboa: Centro de Estudos em Inovação, Tecnologia e Políticas de Desenvolvimento.

CAMPOS, C. P. S. G; QUEIROZ, J. R. R. Renovação da Política Energética Brasileira, Enquanto Instrumento para o Desenvolvimento, Através da Maior Exploração de Energia Eólica. Revista de Direito, Economia e Desenvolvimento Sustentável, v. 1, n. 2, 2016.

CANAL BIOENERGIA. **Geração eólica brasileira é a 15º maior no mundo**. Notícia em site. 10/02/2015.

CANAL ENERGIA. **Leilão A-5: preocupada com resultado, ABEEólica afirma que preços não refletem custos da fonte**. Notícia em site. 2012. Disponível em: <http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/noticias/44-leilao-a-5-preocupada-com-resultado-abeeolica-afirma-que-precos-nao-refletem-custos-da-fonte.html>

CAPELETTO, G. J., MOURA, G. H. Z. **Balço Energético do Rio Grande do Sul 2010: ano base 2009**. Porto Alegre: Secretaria de Infra-Estrutura e Logística do Rio Grande do Sul, 2010.

CASA DOS VENTOS. Mitos e Verdades da energia Eólica. Folder. Disponível em http://casadosventos.com.br/pdf/150825_Folder_CasadosVentos_MitoseVerdades_final.pdf. Acesso em 12/06/2014.

CASTRO, N. J.; MARTINI, S.; BRANDÃO, R.; DANTAS, G. A., TIMPONI, R. A. **A Importância das Fontes Alternativas e Renováveis na Evolução da Matriz Elétrica Brasileira**. Apresentação. In: V SEMINÁRIO DE GERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Rio de Janeiro, 2009.

CAVALCANTI, J. A.; MELO, P. A.; PINTO, M. S. L.; NETO, P. B. C. Planejamento de Redes Elétricas com Alto Grau de Penetração Eólica. In: IX SEPOPE - SYMPOSIUM OF SPECIALISTS IN ELECTRIC OPERATIONAL AND EXPANSION PLANNING, Foz do Iguaçu, 2004. **Anais**. Foz do Iguaçu: Furnas Centrais Elétricas.

CAVALIERO, C. K. N.; SILVA, E. P. Geração de energia elétrica: as novas regulamentações para as fontes renováveis alternativas. In: **Anais do 4º Encontro de Energia no Meio Rural**, 2002.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **Atlas do Levantamento Preliminar do Potencial Eólico Nacional**. S.d. Convênio ECV-192. Rio de Janeiro: Consulpec, 1979.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **Atlas do Potencial Eólico Nacional**. Rio de Janeiro: Fundação Padre Leonel Franca, Centrais Elétricas Brasileiras, 1988.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, 2001.

CENTRO DE ENERGIA EÓLICA. **Catálogo**. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2009.

CENTRO DE ESTRATÉGIAS EM RECURSOS NATURAIS E ENERGIA. **Entenda a evolução das eólicas no RN**. Natal: CERNE, 2015.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Avaliação e percepções para o desenvolvimento de uma política de CT&I no fomento da energia eólica no Brasil**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2012.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÁLVO BRITO – CRESESB. **A Experiência Nacional na Disseminação de Energias Renováveis Solar e Eólica**. Informe. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, setembro de 1995.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÁLVO BRITO – CRESESB. **Folhas ao Vento**: Informativo nº 01. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, 1997.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÁLVO BRITO – CRESESB. **Folhas ao Vento**: Informativo nº 02. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, agosto de 1997.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SALVO BRITO – CRESESB. **Folhas ao Vento**: Informativo nº 4. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, 1998.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÁLVO BRITO – CRESESB. **Conferencia de Bohn e Proinfra: Surgem novas perspectivas para energias renováveis.** Informe. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, novembro de 2004.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÁLVIO BRITO – CRESESB. **Parques Eólicos do PROINFA entrando em operação: Surgem novas perspectivas para energias renováveis.** Informe. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, dezembro de 2006.

CHRIST; P. A. R. **Desenvolvimento da geração eólio-elétrica no Brasil.** In: MACIEL, A. A. WIEDMAN, G. A. Tecnologias Sustentáveis em Sistemas Urbanos. Ministério de Ciência e Tecnologia: Brasília, 2010.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Matriz energética e emissão de gases de efeito estufa: Fatos sobre o Brasil.** Brasília: CNI, 2008.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **O Mercado de Energia Eólica no Brasil e no Mundo.** Audiência Pública, Comissão de Meio Ambiente, Defesa do Consumidor e Fiscalização e Controle. Brasília: Senado Federal, 2008.

COSTA, C. V. **Políticas de Promoção de Fontes Novas e Renováveis para Geração de Energia Elétrica.** Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2006.

COSTA, R. A.; CASOTTI, B. P.; AZEVEDO, R. L. S. Um Panorama da Indústria de Bens de Capital Relacionados à Energia Eólica. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 29, p. 229-278, mar. 2009.

CPFL RENOVÁVEIS. **Nossos negócios: usinas eólicas.** Informe em site. Companhia Paulista de Força e Luz, 2013.

CUSTÓDIO, R. S. C. **Energia Eólica para produção de energia elétrica.** Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2009.

DALMAZ, A. **Estudo do potencial eólico e previsão de ventos para geração de eletricidade em Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

DAMASCENO, A. N. **Viabilidade da geração de eletricidade a partir de fonte eólica on-shore: dificuldades e vantagens de expansão na matriz elétrica brasileira.** Trabalho de conclusão de curso (bacharelado). Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Letras (Campus de Araraquara), 2015.

DANTASI, G. A.; DA SILVA LEITE, A. L. **Os custos da energia eólica brasileira.** Working paper. Grupo de Estudos do Setor Elétrico – GESEL. Rio de Janeiro: UFRJ, 2009.

DE AZEVEDO NUNES, G.; MANHÃES, A. A. Energia eólica no Brasil: uma alternativa inteligente frente às demandas elétricas atuais. **Bolsista de Valor**, v. 1, n. 1, p. 163-168, 2012.

DE FREITAS, A. R. P.; DE ABREU, M. C. S.; ALBUQUERQUE, A. M. Implicações estratégicas de projetos de mecanismos de desenvolvimento limpo em empresas de energia renovável. **Sistemas & Gestão**, v. 8, n. 4, p. 334-345, 2013.

DE SOUZA, I. P. **Energia Eólica no Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

DUNHAM, F. B.; BOMTEMPO, J. V.; FLECK, D. L. A estruturação do sistema de produção e inovação sucroalcooleiro como base para o Proálcool. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 10, n. 1, jan/jun, p. 35-72, 2011.

DUTRA, R. **Energia eólica: princípios e tecnologias**. Rio de Janeiro: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Salvio Brito, 2009.

DUTRA, R. M.; SZKLO, A. S. A energia eólica no Brasil: PROINFA e o novo modelo do setor elétrico. In: XI CBE - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, Rio de Janeiro, 2006. **Anais**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, p. 855-868.

ELIAS, J. Energia eólica terá leilões anuais. **Brasil Econômico**, São Paulo, 24 de setembro de 2010. Brasil, p. 2 e 17

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2006/2015**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2006.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2007a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2007/2018**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2007b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **EPE habilita 87 empreendimentos para Leilão de Fontes Alternativas**. Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2007c.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **1º Leilão de Energia de Fontes Alternativas agrega 638,64 MW ao SIN**. Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2007d.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2008/2017**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2008a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Contexto mundial e preço do petróleo: uma visão de longo prazo**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2008b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Proposta para a Expansão da Geração Eólica no Brasil**. Nota Técnica PRE 01/2009-r0. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2009a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Caracterização do uso da Energia no Setor Siderúrgico brasileiro.** Nota Técnica DEA 02/09. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2009b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Análise de integração das centrais geradoras eólicas - LER 2009.** Estudos para a Licitação da Expansão da Transmissão. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2009c.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Leilão de energia eólica tem 10.000 MW habilitados pela EPE.** Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2009d.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2009/2018.** Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2009e.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Instruções para as medições anemométricas e climatológicas do Leilão de Energia de Reserva 2009.** Nota Técnica DEA 14/09. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2009f.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Primeiro leilão de energia eólica do país tem 441 projetos inscritos.** Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2009g.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Primeiro leilão de energia eólica do país viabiliza a construção de 1.805,7 MW.** Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2009h.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2010/2019.** Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2010a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **EPE cadastra 517 usinas com 15.774 MW para Leilão de Fontes Alternativas.** Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2010b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Leilões de Fontes Alternativas contratam 89 usinas, com 2.892,2 MW.** Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2010c.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Expansão da geração: planejamento do atendimento ao sistema isolado.** Nota Técnica EPE-055/2010-R1. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2010d.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Balço Energético Nacional.** Na o Base 2010. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2011a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Boletim de conjuntura Energética 2º trimestre 2011.** Nota Técnica DEA 17/11. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2011b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Boletim Trimestral da Energia Eólica**. Ano I , nº 04. Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2011c.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Brazilian electricity market monthly overview**. Ano IV, n. 44. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2011d.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Matriz energética terá aumento de participação das renováveis nesta década**. Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2011e.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2011-2020)**. Nota Técnica DEA 03/11. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2011f.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Projeto da usina hidrelétrica de Belo Monte: Fatos e dados**. Informe. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2011g.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2011/2020**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2012a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2012**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2012b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Derivados da cana e eólica sustentarão aumento de participação das fontes renováveis ao longo dos próximos 10 anos**. Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2012c.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2013a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Balanco Energético Nacional**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2013b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **EPE disponibiliza espaço eletrônico com informações sobre geração eólica no país**. Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2013c.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **EPE habilita 377 parques, somando 8.999 MW, para leilão de energia eólica**. Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2013d.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Leilão de Reserva contrata 1.505 MW de energia eólica para o ano de 2015**. Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2013e.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Leilão para contratação de energia eólica tem 16 mil MW cadastrados na EPE**. Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2013f.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2012/2022**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2013g.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Balço Energético Nacional**. Ano Base 2013. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2014a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **570 projetos são cadastrados para o Leilão de Fontes Alternativas 2015**. Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2014d.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **EPE cadastra 1.034 projetos para leilão de reserva 2014**. Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2014b.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Estudos para a expansão da geração**. Nota Técnica DEE 081/2014-r0. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2014g

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2013/2022**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2014c.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2014/2023**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2015a.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Leilão A-5 2015 cadastra 19.826 MW em novos projetos de energia**. Informe a imprensa. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2015b.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **International energy outlook**. Washington, 2010. Disponível em www.eia.doe.gov/oiaf/archive. Acesso em 14 de setembro de 2011.

ERICKSON, W. P; JOHNSON, G. D; STRICKLAND, M. D; YOUNG JR, DAVID P; SERNKA, K. J; GOOD, R. **Avian Collisions with Wind Turbines: A Summary of Existing Studies and Comparisons to Other Sources of Avian Collision Mortality in the United States**. National Wind Coordinating Committee (NWCC) Resource Document. Washington, 2001.

EXCELÊNCIA ENERGÉTICA. **1º leilão de energia eólica no Brasil**. Análise Regulatória Excelência Energética. Informe. Rio de Janeiro: 2009. Disponível em: <http://www.excelenciaenergetica.com.br/pt-br/>

EXCELÊNCIA ENERGÉTICA. **Aneel em sintonia com o tempo... e o vento**. Análise Regulatória Excelência Energética. Informe. Rio de Janeiro: 2010. Disponível em: <http://www.excelenciaenergetica.com.br/pt-br/>

EXCELÊNCIA ENERGÉTICA. **Leilão de energia eólica: o que esperar?** Informe. Rio de Janeiro: 2009.

EXCELÊNCIA ENERGÉTICA. **Leilão de energia eólica: a fonte do presente**. Informe. Rio de Janeiro: 2010.

EXCELÊNCIA ENERGÉTICA. **Relatório semanal - 30 de março a 03 de abril de 2015.** Informe. Rio de Janeiro: 2015.

FARIA, I. D. **Ambiente e energia: Crença e ciência no licenciamento ambiental.** Parte III: Sobre alguns dos problemas que dificultam o licenciamento ambiental no Brasil. Textos para Discussão 99. Centro de Estudos da Consultoria do Senado. Brasília: 2011.

FEITOSA, E. A. **Energia Eólica no Brasil: Situação atual e Perspectivas.** Apresentação. In: Sustentabilidade na geração e uso de energia no Brasil: os próximos 20 anos. Campinas: Unicamp, 2002.

FERREIRA, P. A. **Fabricação Nacional de Aerogeradores: Situação Atual e Perspectivas.** In: FÓRUM ABEEÓLICA - CANALENERGIA: Potencial e Investimentos em Energia Eólica no Brasil. Rio de Janeiro, 2009.

FÓRUM NACIONAL EÓLICO. **A Construção e Implantação dos Parques Eólicos no Brasil e a Continuidade dos Investimentos no Pós-Leilão.** Natal: Viex Americas, 2010.

FÓRUM NACIONAL EÓLICO. **Carta dos ventos 2014** - Os desafios do setor eólico e as políticas energéticas, industriais e socioambientais no contexto das eleições. Informe setorial. Brasília, 2014.

FRATE, C. A. **Políticas públicas para energias renováveis: fator de competitividade para eletricidade eólica e siderurgia semi-integrada.** Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, 2016.

FREITAS, R. J. N. Energia Eólica: Os Conflitos Socioambientais Gerados pela Implantação dos Parques Eólicos no Litoral do Ceará. In: III ENCONTRO ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, Belém, 2012. **Anais.** Belém: ANPPAS.

FRISCHTAK, C. R. O Brasil e a economia verde: fundamentos e estratégia de transição. **Páginas de Política Ambiental**, n. 8, p. 98, 2011.

GALDINO, M. A. E.; LIMA, J. H.; RIBEIRO, C. M.; SERRA, E. T. O contexto das energias renováveis no Brasil. **Revista da DIRENG–Diretoria de Engenharia Aeronáutica**, 2009.

GALVÃO ENERGIA. **Evolução das Fontes de Energia Renováveis no Brasil.** Apresentação. In: V CONFERÊNCIA ANUAL DA RELOP. Lisboa, 2012.

GARBE, E. A.; MELLO, R.; TOMASELLI, I. Projeto conceitual e análise de viabilidade econômica de unidade de geração de energia elétrica eólica na Lagoa dos Patos–RS. **Economia & Energia**, v. 83, p. 24-48, 2011.

GAYLORD, B. **Desafios para a Cadeia de Suprimentos no Brasil.** Apresentação. Brazil Wind Power 2013. Comunicação. Rio de Janeiro: 2013.

GIANNINI, M.; DUTRA, R. M.; GUEDES, V. G.. Estudo prospectivo do mercado de energia eólica de pequeno porte no Brasil. In: BRAZIL WINDPOWER, Rio de Janeiro, 2006. **Anais.** Rio de Janeiro: ABEEólica.

GLOBAL WIND ENERGY CONCIL. **Global Wind Report** – 2013 Annual Market Update. Bruxels: 2014.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Análise do marco regulatório para geração eólica no Brasil**. 2011. Disponível em http://gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/2ANALISE_DO_MARCO_REGULATORIO_PARA_GERACAO_EOLICA_NO_BRASIL.pdf

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Global Wind Report 2011**. 2012. Disponível em <http://www.gwec.net/publications/global-wind-report-2/global-wind-report-2011/>

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Global Wind Report 2014**. 2014. Disponível em <http://www.gwec.net/publications/global-wind-report-2/global-wind-report-2014-annual-market-update/>

GOLDEMBERG, J. ; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos avançados**, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Brasil). **Setor Elétrico: Desafios e oportunidades**. Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro, nº 51. Brasília, 2010.

JIMENES, P. Eólica de vento em popa. **O Setor Elétrico, São Paulo**, setembro de 2013.

JUNIOR, C. Energia eólica deve crescer 320% na próxima década. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 5 de janeiro de 2011. Mercado, p. B8.

LAGE, A. C.; BARBIERI, J. C. Avaliação de projetos para o desenvolvimento sustentável: uma análise do Projeto de Energia Eólica do Estado do Ceará com base nas dimensões da sustentabilidade. In: ENCONTRO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO - XXV ENANPAD. **Anais**. Campinas: ANPAD, 2001.

LAGE, E. S.; PROCESSI, L. D. Panorama do setor de energia eólica. **Revista do BNDES**, n. 39, p. 183-205, 2013.

LAVIERI, A. **Energia Eólica: Chave para um futuro sustentável**. In: Seminário Sustentar XXI. Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Brasília: Câmara dos Deputados, 2011.

LEITE, J. Montadoras entram no ramo de energia eólica. **Portal Uol**. O Mundo em Movimento. 27 de novembro de 2014.

LIMA, M. R. **O uso da energia eólica como fonte alternativa para solucionar problemas de energia e bombeamento de água subterrânea em locais isolados**. Monografia (Pós Graduação *Lato-senso*). Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia, Lavras, 2009.

LOSEKANN, L. D. **Reestruturação do setor elétrico brasileiro: Coordenação e concorrência**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2003.

MAGOSSI, E. Energia eólica atravessa ciclo virtuoso. **Valor Econômico**, São Paulo, 5 de junho de 2013. Especial Meio Ambiente, p. F4.

MAGOSSI, E. O futuro da energia eólica no Brasil. **Brasil Econômico**, São Paulo, 20 de julho de 2011. Brasil, p. 2 e 15.

MARCONDES, A. Energia eólica: um setor que caminha com as próprias pernas. **Tn Sustentável**, São Paulo, 12 de setembro de 2012.

MARINHO, M. H. N.; CERQUEIRA, J. J. F.; MARTINEZ, L. Estudo da Complementaridade Hidro-Eólica para Regularização Sazonal de Energia Elétrica. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS – SBSE, Campina Grande, 2006. **Anais**. Campina Grande: Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.

MARQUES, S. **Cenário mundial de energia eólica e as projeções em longo prazo**. Apresentação. São Paulo: Canal Executivo, 2008.

MARTINS, F. R.; DALLA FAVERA, A. C.; WEIDE, E. L.; SCHUCH, N. J.; PEREIRA, E. B. Potencial eólico no Rio Grande do Sul – Distribuição estatística dos ventos na região central do estado. **Geografia Acadêmica**, v.6, n.1, 2012.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 1304, 2008.

MEDEIROS, F. **Perspectivas da Energia Eólica no Brasil**. ABINEE TEC MINAS 2008, Belo Horizonte, 2008.

MELO, E. **A Perspectiva de Futuro da Energia Eólica**. Informe setorial, 2012. Disponível em <http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/artigos/118-a-perspectiva-de-futuro-da-energia-eolica.html>

MELO, E. Fonte eólica de energia: Aspectos de inserção, tecnologia e competitividade. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, p. 125-142, 2013.

MENDES, J. S.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Diagnóstico participativo e cartografia social aplicados aos estudos de impactos das usinas eólicas no litoral do Ceará: o caso da Praia de Xavier, Camocim. **GEOSABERES-Revista de Estudos Geoducionais**, v. 6, n. 3, p. 243-254, 2016.

MINAS GERAIS (Estado) Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD. **Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais**. Potencial de Energias Renováveis: Volume I – Contexto, energia eólica e solar. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, 2014.

MOLLINA, E. G. O futuro da energia eólica no Brasil. **Brasil Econômico**, São Paulo, 20 de julho de 2011. Última Hora, p. 39.

MOLLY, J. P. **Perspectivas da Energia Eólica no Mundo e no Brasil**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Brasília: Câmara dos Deputados, 2006.

MONTEZANO, B. **As energias solar e eólica no Brasil**. Apresentação. Belo Horizonte: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, 2013.

MONTEZANO, B. E. M. **Estratégias para Identificação de Sítios eólicos Promissores Usando Sistema de Informação Geográfica e Algoritmos Evolutivos**. 2012. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

MOREIRA, I. Cemig eleva aposta na energia eólica. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 5 de dezembro de 2009. Negócios, p. B-22.

MOSS, H.; LIMA, J. **Energias solar e eólica: Estado atual e perspectivas**. In: 1º Workshop de Energias Renováveis. Maceió: Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPTEL, 2004.

NASCIMENTO, P. A. M. M. Considerações sobre as indústrias de equipamentos para produção de energias eólica e solar fotovoltaica e suas dimensões científicas no Brasil. **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**, n. 39, jun. 2015.

OLIVEIRA NETO, C. R.; LIMA, E. C. Energia eólica no Brasil: uma abordagem crítica. VIII SOBER – NORDESTE, Parnaíba, 2013. **Anais**. Parnaíba: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (Brasil). **Acompanhamento mensal da geração de energia das usinas eolielétricas com programação e despacho centralizados pelo ONS**. Rio de Janeiro: ONS, 2010.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (Brasil). **Plano Anual da Operação Energética - PEN 2010**. Rio de Janeiro: ONS, 2010.

ORTIZ, G. P.; KAMPEL, M. Potencial de energia eólica offshore na margem do Brasil. V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, Santos, 2011. **Anais**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

PACHECO, C. S. G. R.; DOS SANTOS, R. P. Parques Eólicos e Transformações Espaciais: uma Análise dos Impactos Socioambientais na Região de Sento Sé/BA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 5, p. 1243-1258, 2013.

PAIVA, N. Nanica, eólica tenta crescer com 1º leilão. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 13 de dezembro de 2009. Dinheiro, p. B-1 - B-6.

PARK, J. Wind power book. In: **Wind power book**. Cheshire, 1981.

PEDRUZZI, P. Aneel divulga edital para primeiro leilão de energia eólica. **Agência Brasil**, Brasília, 11 de dezembro de 2011.

PELLEGRIN, I. **Redes de Inovação-Dinamizando Processos de Inovação em Empresas Fornecedoras da Indústria de Petróleo e Gás Natural no Brasil**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PEREIRA, R. Brasil faz 1º leilão de energia eólica. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 13 de dezembro de 2009. Economia, p. B-4.

PEREIRA, R. Venda de energia eólica surpreende em leilão. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 27 de agosto de 2010. Economia, p. B7.

PIANEZZOLA, G. **Mapas de complementaridade dos potenciais solar e eólico no Estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto alegre, 2006.

PORTO, L. **Energia eólica: experiência da Espanha para implantação de projetos no Brasil**. In: FÓRUM ABEEÓLICA - CANALENERGIA: POTENCIAL E INVESTIMENTOS EM ENERGIA EÓLICA NO BRASIL. Rio de Janeiro, 2009.

POZO, H. Energia eólica: uma alternativa ecologicamente correta e economicamente viável para geração de energia renovável e usinas de 2 a 50 mw. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, Belo Horizonte, 2006. **Anais**. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Custos.

PRESTES, F. Investimentos em energia eólica no RS chegarão a R\$ 5 bilhões até 2016. **Portal O Sul21**. Porto Alegre: 02 de Abril de 2015.

RAMPINELLI, G.; JUNIOR, C. Análise da Geração Eólica na Matriz Brasileira de Energia Elétrica. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, p. 271-300, 2012.

RANGEL, J. Energia eólica ganha espaço no Brasil. **Brasil Econômico**, São Paulo, 10 de janeiro de 2011. Brasil, p. 2 e 15.

REICHMANN NETO, F., NUNES, L. **O Mercado de energia eólica no Brasil e no mundo**. Audiência Pública. Comissão de Meio Ambiente, Defesa do Consumidor e Fiscalização e Controle. Brasília: Senado Federal, 2008.

REUTERS. **Brasil recua de usinas nucleares e vai privilegiar energia eólica**. Brasil Econômico, notícia em site. 15/09/2013.

REUTERS. **EPE espera peso maior de eólicas na geração de energia a partir de período seco**. Brasil Econômico, notícia em site. 15/03/2015.

RIBEIRO, H. C. M.; PIEROT, R. M.; CORRÊA, R. Projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo: um estudo de caso na empresa de energia eólica do estado do Piauí. **REUNIR: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 2, n. 2, p. 61-75, 2012.

RIBEIRO, L. P.; NAHUR, A. C. (Org.) **Desafios e Oportunidades para a energia eólica no Brasil**: recomendações para políticas públicas. WWF-Brasil: Brasília, 2015.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Energia, Indústria e Serviços. **Matriz energética do Estado do Rio de Janeiro 2008 – 2020**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro PUC – RIO, 2008.

RIO GRANDE DO SUL (Brasil). Secretaria de Infra Estrutura e Logística. **Leilões de Energia de Reserva e de Energia Nova de Fontes Alternativas – Energia Eólica**: A visão do Rio Grande do Sul. Apresentação. Rio Grande do Sul: 2010.

ROMÁRIO, F. **Energia Eólica**. Secretária de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Ministério de Minas de Energia. Comunicação. Brasília: 2006.

RÜNCOS, F. CARLSON, R.; KUO-PENG, P.; VOLTOLINI, H.; BATISTELA, N. J. **Geração de energia eólica—tecnologias atuais e futuras**. WEG Maquinas, GRUCAD-EEL-TET-UFSC, 2000.

RÜNCOS, F. Energia eólica. **WEG em Revista**. Jaraguá do Sul: 2000.

SÁ, A. L. **Energia Eólica e Expansão do Setor Elétrico Nacional**. Contribuição à Audiência Pública no. 002/1999. Brasília: Agencia Nacional de Energia Elétrica, 1999.

SAAD, M. A. **CPFL Energias Renováveis**. VI Encontro com Investidores. Informe. São Paulo: 2012.

SANTOS, A. N. G. **A Energia Eólica no litoral do NE no Brasil**. Desconstruindo a "sustentabilidade" para promover "justiça ambiental". Rio de Janeiro: Fundação Heinrich-Böll, 2014.

SÃO PAULO (estado). Secretaria de Saneamento e Energia. **Balço energético do estado de São Paulo – 2010. Ano Base: 2009**. São Paulo: Secretaria de Saneamento e Energia, 2010.

SCHULTZ, D. J. **Energia eólica no Brasil: Situação atual e perspectivas**. In: RENEWABLE ENERGY IN GERMAN-BRAZILIAN KNOWLEDGE AND TECHNOLOGY TRANSFER SYMPOSIUM. Joint European-Latin American Universities Renewable Energies Project. Hamburg University of Applied Sciences: Hamburg, 2010.

SCHULTZ, D. J., AMARANTE, O. A. C.; ROCHA, N. D. A.; BITTENCOURT, R. M.; SUGAI, M. R. V. B. Sistemas complementares de energia eólica e hidráulica no Brasil. **Revista Técnico-Científica da Área de Energia**, n. 3, 2005.

SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E MINERAÇÃO (Bahia). **Energia eólica: Evolução do setor**. Informe a imprensa. Salvador: Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração, 2012.

SILVA, B. B.; ALVES, J. J. A.; CAVALCANTI, E. P. Caracterização do potencial eólico da direção predominante do vento no estado da Bahia. XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Foz do Iguaçu, 1992. **Anais**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Meteorologia.

SILVA, F. J. L.; AMARANTE, O. A. C.; FREITAS, R. M. ANDRADE, P. E. P.; ESTANTE, F. E. C. **Metodologia de Atualização do Atlas Eólico Brasileiro**. Camargo Schubert Engenharia Eólica: 2013.

SILVESTREIN, C. R. **Plataforma Regulatória para Conexão Compartilhada da Geração Distribuída**. In: FÓRUM ABEEÓLICA - CANALENERGIA: Potencial e Investimentos em Energia Eólica no Brasil. Rio de Janeiro, 2009.

SIMAS, M. S. **Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil**: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012

SIMAS, M.; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, p. 99-116, 2013.

SOUZA, A. D. **Avaliação da energia eólica para o desenvolvimento sustentável diante das mudanças climáticas no nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Recife, 2010.

SPATUZZA, A. Leilão: Preços dão sinal positivo. **Recharge News**, São Paulo, 30 de setembro de 2014.

TERCIOTE, R. A energia eólica e o meio ambiente. 4º ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 2002. **Anais**. Campinas: UNICAMP, 2002.

TESKE, S.; ZERVOS, A.; SCHÄFER, O. **Revolução Energética**: Perspectivas para uma Energia Global Sustentável. Relatório Cenário Brasileiro. Greenpeace Brasil, 2007.

TOLMASQUIM, M. T. **Alternativas energéticas sustentáveis no Brasil**. Relume Dumará, 2004.

TOLMASQUIM, M. T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 247-260, 2012.

VERHINE, M. E.; KAWABE, R. M. **Energia Eólica: potencial de desenvolvimento na Bahia**. Nota Técnica. Salvador: Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB), 2012.

VICHI, F. M.; MANSOR, M. T. C. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 757-767, 2009.

VIEIRA, I. Aumento de produção da energia eólica vem viabilizando o custo da geração, avalia a Abeeólica. **Agência Brasil**, Brasília, 14 de julho de 2011.

VILAR, J. M. **Financiamento de projetos**. Apresentação. In: FÓRUM NACIONAL EÓLICO. Natal, 2009.

VIOLA, E. O regime internacional de mudança climática e o Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 17, n. 50, p. 25-46, 2002.

VIOLA, E.; FRANCHINI, M. Os limiares planetários, a Rio+ 20 e o papel do Brasil. **Cadernos Ebape. BR**, v. 10, n. 3, p. 470-491, 2012.

VITOR, R. R. A energia eólica e sua relação com o desenvolvimento sustentável no Brasil. In: DIREITO ECONÔMICO, ENERGIA E DESENVOLVIMENTO: XXIII CONGRESSO NACIONAL DO CONPEDI, João Pessoa, 2014. **Anais**. Florianópolis: CONPEDI, 2014.

WALTER, A. Fomento à geração elétrica com fontes renováveis de energia no meio rural brasileiro: Barreiras, ações e perspectivas. 3º ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, Campinas, 2000. **Anais**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 77

WOBLEN WINDPOWER INDÚSTRIA E COMÉRCIO. **Contribuição à Resolução Aneel – Valores Normativos – AP 002 / 1999**. Fax similia. São Paulo: 1999.

XIMENES, F. Matriz Energética do Brasil: realidade e perspectivas. **Jornal O Estado**. Fortaleza, 05 de julho 2015.