

Aulo Pécio Vicente Nardo

**A CONSTRUÇÃO DAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS
COMO FUNDAMENTO DA DIVERSIFICAÇÃO: O caso da WEG
S.A.**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Economia.
Orientador: Prof. Dr. Pablo Felipe Bittencourt.

Florianópolis
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

Nardo, Aulo Pércio Vicente

A construção das capacidades tecnológicas como
fundamento da diversificação: O caso da WEG S.A. /
Aulo Pércio Vicente Nardo; orientador, Pablo Felipe
Bittencourt, 2018.

349 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Sócio-Econômico, Programa de Pós-
Graduação em Economia, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Microeconomia. 2. Ofensividade estratégica. 3.
Mecanismos de aprendizagem. 4. Capacidades
tecnológicas. 5. Diversificação. 6 Sistemas Nacionais de
Inovação. I. Bittencourt, Pablo Felipe. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação
em Economia. III. Título.

AULO PÉRCIO VICENTE NARDO

**A CONSTRUÇÃO DAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS
COMO FUNDAMENTO DA DIVERSIFICAÇÃO: O caso da WEG**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Doutor e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 29 de março de 2018.

Prof. Jaylson Jair da Silveira, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Pablo Felipe Bittencourt, Dr.
Orientador PPGECO/UFSC

Prof Jorge Nogueira de Paiva Britto, Dr.
Faculdade de Economia/UFF

Prof. André Luiz da Silva Leite, Dr.
PPGADM/UFSC

Prof.^a Solange Regina Marin, Dr.
PPGECO/UFSC

Prof. Sílvio Antonio Ferraz Cario, Dr.
PPGECO/UFSC

AGRADECIMENTOS

Aproveito este espaço para agradecer a todos àqueles que me incentivaram, ajudaram e orientaram durante este processo de crescimento e de busca pelo conhecimento.

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina –FAPESC, cujo financiamento permitiu a dedicação exclusiva a presente pesquisa, bem como arcar com as despesas da pesquisa de campo.

A Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, por toda a estrutura disponibilizada, na forma de acesso a acervo bibliográfico, refeitório, e a professores dos departamentos de Engenharia Elétrica e de Automação, cujas informações adas foram indispensáveis para a realização desta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Economia – PPGECO, pela oportunidade dada de participar do programa.

Aos funcionários da empresa WEG, pela total dedicação e disponibilidade com relação a todas as informações prestadas.

Aos professores Dr. Jorge Nogueira de Paiva Britto, Dr. André Luiz da Silva Leite, Dra. Solange Regina Marin e o Dr. Sílvio Antonio Ferraz Cario, por terem aceitado participar da banca examinadora da tese.

Por fim, ao Prof. Dr. Pablo Felipe Bittencourt, por seu empenho, dedicação, comentários, estímulo e pronto atendimento na orientação deste trabalho.

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma humana”.

CARL GUSTAVE JUNG

NARDO, A. P. V. **A construção das capacidades tecnológicas como fundamento da diversificação**: O caso da WEG S.A. 2018. 349f. Tese (Doutor em Economia)–Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2018.

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi compreender a influência do processo de aprendizagem e da consequente acumulação de competência tecnológica da WEG em alguns de seus processos de diversificação produtiva, que geraram aumento da complexidade produtiva da empresa. O método utilizado foi a pesquisa histórica-dedutiva e a pesquisa de campo por meio de entrevistas semiestruturadas, analisando a relação entre construção de competências tecnológicas em motores e geradores elétricos e a diversificação produtiva em geradores elétricos e aerogeradores, respectivamente. O estudo se justifica pela ausência de pesquisas empíricas em torno do que Britto (1993) chamou de “dinâmica diversificante evolucionária”, fenômeno intrinsecamente ligado ao aumento da complexidade produtiva. Foi neste sentido que a pesquisa empírica se estruturou a partir da proposição de que, as empresas *latecomers* (que iniciam suas atividades produtivas em atraso em relação à dos países desenvolvidos) realizam diversificações para bases produtivas mais complexas a partir de certo nível de capacidade tecnológica acumulada, resultante de sua ofensividade tecnológica para diminuir o hiato em que iniciam suas operações. A proposição tem como base teórica o conceito de diversificação penrosiano e, adicionalmente, fundamenta-se na noção de que a existência de custos de transação estimula o aproveitamento de economias de escopo geradas no processo de construção de competência tecnológica. Duas diversificações foram estudadas empiricamente, de motores para geradores e de geradores para aerogeradores. A pesquisa de campo revelou que tanto uma como a outra ocorreram a partir de um nível intermediário de capacitação tecnológica, reconhecidos, no modelo, como nível “incremental avançado”. Assim, os resultados mais relevantes da investigação permitiram levantar a hipótese de que a diversificação, que aumenta a complexidade produtiva, tem como um de seus fundamentos a ofensividade tecnológica empresarial, que se traduz em capacidade de gerar e gerir a mudança tecnológica em um nível relativamente avançado. Outro resultado relevante foi o de que o ferramental metodológico mostrou-se promissor à realização de estudos posteriores,

voltados a aprofundar a relação entre níveis de capacidade tecnológica e complexidade produtiva.

PALAVRAS-CHAVES: Ofensividade estratégica; Mecanismos de Aprendizagem; Capacidades Tecnológicas; Diversificação.

NARDO, A. P. V. The construction of technological capabilities as a basis for diversification: The case of WEG S.A. 2018. 349f. Thesis (PhD in Economics). Federal University of Santa Catarina. Florianópolis, 2018.

ABSTRACT

The objective of the research was to understand the influence of the learning process and the consequent accumulation of WEG's technological competence in some of its processes of productive diversification, which generated an increase in the company's productive complexity. The method used was the historical-deductive research and field research through semi-structured interviews, analyzing the relationship between the construction of technological competencies in electric motors and generators and the productive diversification in electric generators and wind turbines, respectively. The study is justified by the absence of empirical research about what Britto (1993) called "evolutionary diversifying dynamics", a phenomenon intrinsically linked to the increase of productive complexity. It was in this sense that empirical research was structured based on the proposition that latecomers (which start their productive activities lagging behind those of developed countries) diversify to more complex productive bases from a certain level of accumulated technological capacity, resulting from their technological offensiveness to reduce the gap in which they start operations. The proposition is based on the theoretical concept of Penrosian diversification and, in addition, is based on the notion that the existence of transaction costs stimulates the use of economies of scope generated in the process of construction of technological competence. Two diversifications have been studied empirically, from generators to generators to wind turbines. The field research revealed that both of them occurred from an intermediate level of technological empowerment, recognized in the model as an "advanced incremental" level. Thus, the most relevant results of the research allowed us to hypothesize that diversification, which increases the complexity of production, has as one of its foundations the technological offensiveness of the company, which translates into the capacity to generate and manage technological change at a relatively advanced. Another relevant result was that the methodological tool was promising to carry out

further studies aimed at deepening the relationship between levels of technological capacity and productive complexity.

KEYWORDS: Strategic offensiveness; Learning Mechanisms; Technological Capabilities; Diversification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - A trajetória de formação do caminho organizacional.	43
Figura 2.2 – Taxa de Inovação e Desenvolvimento do Produto.	46
Figura 2.3 - Trajetórias tecnológicas: Empresas de economias industrializadas vs. empresas de economias emergentes.	55
Figura 2.4 - Processo de acumulação tecnológica: conceitos básicos. ..	59
Figura 2.5 - Questões chaves para a construção das capacidades inovativas.	60
Figura 2.6 - Ciclo do processo de aprendizagem.	77
Figura 3.1 - Influências na trajetória da acumulação tecnológica das empresas.	125
Figura 3.2 - Modelo analítico que prevalece na literatura para a acumulação de capacidades tecnológicas.	127
Figura 4.1 - Primeira sede WEG, alugada em 1961.	142
Figura 4.2 - Museu da WEG, inaugurado em 2003.	143
Figura 4.3 - Motivos para diversificação.	174
Figura 4.4 - Evolução Histórica da WEG.	179
Figura 4.5 - Linha do tempo da instalação das primeiras filiais da WEG	188
Figura 4.6 - Linha do tempo de aquisição de fábricas e instalação das filiais.	191
Figura 4.7 - Número de fornecedores regionais.	192
Figura 4.8 - Simplificação do <i>Know-how</i> envolvido na produção de painéis solares.	195
Figura 4.9 - Complexidade do produto segundo o atlas da complexidade para as diversificações analisadas nesta tese.	197
Figura 4.10 - <i>Core competence</i> da WEG S.A.	199
Figura 4.11 - Patentes nacionais do Grupo WEG de 2006 a 2016.	200
Figura 4.12 - Patentes WEG a nível global de 2006 a 2016.	200
Figura 4.13 - Investimento em P&D do grupo WEG de 2000 a 2016.	201
Figura 4.14 - Percentual do faturamento com produtos novos.	202
Figura 4.15 - Instituições de ensino com a qual a WEG tem parceria em pesquisas de P&D.	203
Figura 4.16 - Estratégia de Inovação na WEG.	204
Figura 4.17 - Áreas foco da inovação para os próximos anos.	206
Figura 4.18 - Estrutura Acionária do Grupo WEG S.A.	207
Figura 4.19 - Presença global da WEG em 2017.	211
Figura 4.20 - Assistência técnica espalhada pelo Brasil.	212

Figura 5.1 - Componentes estruturais do motor elétrico.....	219
Figura 5.2 - Estator de um motor elétrico.	220
Figura 5.3 - Tipos de rotores de um motor elétrico.....	221
Figura 5.4 - Processo simplificado para a fabricação de motores elétricos tipo gaiola de esquilo.	223
Figura 5.5 - Máquina utilizada na década de 1970 para a trefilação....	224
Figura 5.6 - Simulação da estamparia.	225
Figura 5.7 – Estampo da década de 1970.....	225
Figura 5.8 - Chapas que compõe o estator e o rotor.....	226
Figura 5.9 - Preenchimento dos anéis de curto-circuito por injeção de alumínio.	227
Figura 5.10 – Bobinadeira da década de 1970.	227
Figura 5.11 - Evolução em termos de eficiência para motores elétricos WEG de 60HP 4 polos.	243
Figura 5.12 - Ventilação por transferência térmica.	245
Figura 5.13 - Redução do tamanho do motor dada uma potência.	247
Figura 5.14 - Evolução dos inversores de frequência da WEG.....	248
Figura 5.15 - Partes de um gerador.	259
Figura 5.16 - Processo simplificado para fabricação de geradores síncronos.	262
Figura 5.17 - Soldagem da carcaça.	263
Figura 5.18 - Posicionando as chapas para compor o estator.....	264
Figura 5.19 - Soldando as chapas do estator.	264
Figura 5.20 - Inserção das bobinas no estator.	265
Figura 5.21 - Tanque de esmaltação.	266
Figura 5.22 - Usinagem do eixo do rotor.	267
Figura 5.23 – Usinagem do rotor.	268
Figura 5.24 - Instalação das bobinas em um rotor.	269
Figura 5.25 - Montagem do gerador.	270
Figura 5.26 - Soluções do Grupo WEG para geradores hidráulicos.	282
Figura 5.27 - Componentes de um aerogerador.	290
Figura 5.28 - Evolução da capacidade por geração eólica instalada no Brasil.	292
Figura 5.29 - Principais empresas atuantes na cadeia produtiva na geração de energia eólica brasileira.	293
Figura 5.30 - Cadeia produtiva da indústria eólica.	295
Figura 5.31 - Histórico da WEG no segmento eólico.	298
Figura 5.32 - Aerogerador WEG.....	301

Figura 5.33 - Carcaça do gerador de ímãs permanentes sendo bobinada.	303
Figura 5.34 - Galpão estruturado para a montagem e testes do aerogerador na WEG Energia.....	306
Figura 5.35 - O núcleo competente do acúmulo de capacidades tecnológicas da WEG.	311

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Níveis de capacidade inovativa: a dimensão tecnológica.	61
Quadro 2.2 - Matriz ilustrativa da capacidade tecnológica.	64
Quadro 2.3 - Capacidade tecnológica industrial.	66
Quadro 2.4 - Framework de capacidades tecnológicas para empresas latecomers.	69
Continuação Quadro 2.4 - Framework de capacidades tecnológicas para empresas latecomers.	70
Quadro 2.5 - Detalhamento das características dos processos de aprendizagem.	80
Quadro 3.1 - Quadro-Molde relacionando níveis de capacidade à áreas tecnológicas.	130
Quadro 3.2 - Lista de Entrevistados da Pesquisa	132
Quadro 3.3 - Síntese das principais evidências para a pesquisa.	135
Quadro 4.1 - Aquisições internacionais e joint ventures de 2011 a 2017.	194
Quadro 4.2 Parques Fabris pelo Brasil em 2016.	209
Quadro 4.3 Parques Fabris WEG pelo mundo em 2016.	210
Quadro 5.1 - Mecanismos de aprendizagem internos em motores elétricos de 1961 a 1980 segundo a literatura da WEG.	229
Quadro 5.2 - Mecanismos de aprendizagem externa em motores elétricos de 1961 a 1980 segundo a literatura da WEG.	230
Quadro 5.3 - Níveis de capacidade tecnológica em motores elétricos para a WEG de 1961 a 2016.	237
Quadro 5.4 - Níveis capacidade tecnológica em geradores para a WEG de 1980 a 2016.	276
Quadro 5.5 – Relevância da capacidade tecnológica acumulada em geradores para entrar no mercado eólico	304

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Referência conceitual para níveis de inovação.....	71
Tabela 2.2 - Mecanismos de aprendizagem externas: alguns exemplos de atividades envolvidas.	75
Tabela 2.3 - Mecanismos de aprendizagem internas: alguns exemplos de atividades envolvidas.	76
Tabela 2.4 - Métrica para avaliar processos de aprendizagem interorganizacionais entre empresas e demais organizações do sistema de inovações.	84

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	17
1.1	OBJETIVO GERAL.....	28
2	REFERENCIAL TEÓRICO	31
	PARTE 1 – ASPECTO MICROECONÔMICO.....	31
2.1	TRAJETÓRIA, CONCEITO E CONSTRUÇÃO DAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DA FIRMA <i>LATECOMER</i>	31
2.2	DIVERSIFICAÇÃO.....	85
	PARTE 2 - ASPECTO MACROECONOMICO.....	109
2.3	A PERSPECTIVA SISTÊMICA DA INOVAÇÃO.....	109
2.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	118
3	METODOLOGIA	123
3.1	O MODELO DE REFERÊNCIA DA INVESTIGAÇÃO.....	124
3.2	PROCEDIMENTOS METOTOLÓGICOS.....	127
3.3	LIMITAÇÕES E RESSALVAS DA PESQUISA.....	137
4	A TRAJETÓRICA TECNOLÓGICA DA WEG	139
4.1	DO INÍCIO A SEDE PRÓPRIA E A CONSOLIDAÇÃO DA MICROEMPRESA: 1961 – 1967.....	140
4.2	DA MICROEMPRESA A GRANDE EMPRESA EXPORTADORA: 1968 – 1977.....	151
4.3	A NORMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO PRÓPRIO E AS GRANDES DIVERSIFICAÇÕES DA EMPRESA – 1978 A 1988.....	166
4.4	INTERNACIONALIZAÇÃO E A CONSOLIDAÇÃO DO <i>CORE COMPETENCE</i> EM SOLUÇÕES ENERGÉTICAS – 1989 A 2010.....	180
4.5	NOVAS DIVERSIFICAÇÕES E A ATUAL ATUAÇÃO NO MUNDO - 2011 A 2017.....	193
4.6	COMENTÁRIOS FINAIS.....	212
5	A CONSTRUÇÃO DE COMPETÊNCIAS COMO MOTIVO DE DIVERSIFICAÇÃO (AUMENTO DA COMPLEXIDADE)	217

5.1	BASE PRODUTIVA, MECANISMOS DE APRENDIZAGEM E ACÚMULO DE COMPETÊNCIAS EM MOTORES ELÉTRICOS.....	218
5.2	DA PRODUÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS PARA GERADORES: A CONSTRUÇÃO DE COMPETÊNCIAS EM GERADORES E O APROVEITAMENTO DE ECONOMIAS DE ESCOPO.....	256
5.3	EVIDÊNCIAS DO APROVEITAMENTO DE ECONOMIAS DE ESCOPO PARA A DIVERSIFICAÇÃO PARA AGERADORES.....	289
5.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	308
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	313
	REFERÊNCIAS.....	319
	ANEXO I – BASES CONCEITUAIS PERTINENTES A PESQUISA.....	337
	ANEXO II – ROTEIRO DE ENTREVISTAS.....	339

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A linha de pesquisa em que se alinha essa tese é a do *catching up* de países em desenvolvimento. Foca-se em aspectos microeconômicos, especificamente na linha do comportamento da firma *latecomer*.

Entende-se por firma *latecomer* as empresas originárias de economias em desenvolvimento, e que, portanto, inicialmente não possuem o acúmulo de capacidades para realizar esforços em atividades inovadoras. Estas empresas podem possuir ou vir a adquirir o intento de realizar o *catching up* tecnológico. (MATHEWS e CHO, 1999; BELL e FIGUEIREDO, 2012a, 2012b; FIGUEIREDO, 2013; PIANNA, 2016). Dito de outra forma, ter ou adquirir o intento de alcançar e manter as taxas de mudança técnica no nível internacional através do acúmulo de capacidades (BELL E PAVITT, 1995).

Do ponto de vista da capacidade da firma de realizar o *catching up*, seria necessário que as firmas *latecomers* tivessem capacidade para absorver conhecimentos de países mais desenvolvidos e, em seguida, de avançar na construção de capacidade inovativa até chegar à capacidade de competir via P&D, o que pode envolver diferentes mecanismos. Alguns exemplos são tradicionais na literatura: *joint ventures*, IDE, acordos de transferência e cooperação tecnológica, apoio às filiais de multinacionais para o desenvolvimento de projetos de P&D, entre outros.

A literatura que analisou o processo de absorção tecnológica no Brasil nas décadas de 1950 até 1980, período marcado por forte industrialização, destaca movimentos de seleção da tecnologia e do seu fornecedor, sendo adquiridos apenas os sistemas técnico-físicos, na forma de maquinaria, equipamentos, *software* ou banco de dados, sem que as organizações receptoras (empresas) desenvolvessem qualquer base organizacional ou gerencial, ou mesmo de recursos humanos, para gerar e gerir novas tecnologias. Parou-se, basicamente, nas primeiras fases do processo.

Ariffin e Figueiredo (2003), Ariffin (2010), Bell e Figueiredo (2012a, 2012b) e Figueiredo (2000, 2004, 2013) têm enfatizado que, para assegurar o processo de *catching up*, deve haver o engajamento da organização recipiente em um contínuo e sistemático esforço de aprendizagem tecnológica. As empresas *latecomers* precisam treinar seus próprios operadores, engenheiros, técnicos, pesquisadores, assim como desenvolver suas próprias rotinas e procedimentos

organizacionais. Ou seja, precisam engajar-se em processos de aprendizagem tecnológica intensivos em conhecimento.

Essa é a base para a construção de capacidades. Entende-se por capacidades tecnológicas os recursos necessários, tanto tangíveis como intangíveis, para gerar e gerenciar mudanças tecnológicas dentro da firma, entre firmas, ou da firma para com outras instituições. Esses recursos envolvem conhecimento, habilidades, experiências, a estrutura institucional da firma e suas conectividades (FIGUEIREDO, 2000, 2004, 2013).

Trabalhos que exploram a construção de capacidades tecnológicas e seus respectivos mecanismos de aprendizagem para firmas *latecomers* já não são novidades, tal como os trabalhos de Katz (1997), Lall (1992), Kim (1998), Figueiredo (2001, 2004, 2013).

Neste sentido, a originalidade da proposta da pesquisa adveio do aspecto macroeconômico, pelo arcabouço teórico do índice de complexidade econômica. Seus principais nomes, Hausmann e Klinger (2007), Hidalgo e Hausmann (2009), Hausman, Hwang e Rodrik (2006) e Hausmann, Hidalgo et. al. (2014), apontaram a relação direta entre complexidade econômica (ou seja, o nível de interações de conhecimento) e o PIB per-capta. Genericamente, o nível de complexidade de uma economia acompanha a diversidade e a ubiquidade dos produtos exportados por um determinado país. Países ricos exportam produtos diversos e, entre estes, produtos ubíquos. Países pobres exportam poucos produtos e que também são exportados por vários outros países (não ubíquo).

A complexidade econômica, descrita por Hidalgo e Hausmann (2009), compartilha da premissa de Smith da divisão do trabalho, no qual quanto maior o mercado, maior será a divisão (a especialização do emprego do capital e da mão-de-obra) do trabalho. No entanto, a riqueza e o desenvolvimento decorrentes da divisão do trabalho têm, na perspectiva da complexidade enquanto foco analítico, as interações entre o crescente número de atividades individuais que compõem uma economia. Para a perspectiva da complexidade, é a densidade da complexidade destas interações, ou seja, a maior ou menor combinação de conhecimento, que explicam os níveis de desenvolvimento.

Isto posto, a complexidade de uma economia se relaciona à multiplicidade de conhecimento útil incorporada nela. Ela expressa a composição produtiva em um país e reflete as estruturas que emergem para assegurar e combinar conhecimento. O conhecimento só pode ser

acumulado, transferido e preservado se for incorporada uma rede de indivíduos e organizações que colocam este conhecimento em uso produtivo.

No sentido exposto no parágrafo acima, está implícita outra contraposição importante à teoria clássica, conforme Hausmann, Hwang e Rodrik (2006), ao afirmarem que os produtos não são todos parecidos em termos de suas consequências para o desenvolvimento econômico. A especialização em alguns produtos traz maior crescimento do que a especialização em outros.

Enquanto ferramenta conceitual, em seu esforço de análise sobre a especialização em alguns produtos incorrer em maior crescimento econômico do que a especialização em outros produtos, a perspectiva da complexidade econômica avança em dois importantes aspectos, centrais a seu modelo: (i) O entendimento e a premissa do conceito de conhecimento tácito e de seu acúmulo ao longo do tempo; (ii) A dificuldade e os custos de transacionar o conhecimento tácito.

A premissa do conhecimento tácito na perspectiva da complexidade implica, como descrito por Hidalgo e Hausmann (2009), que algumas das atividades individuais decorrentes da divisão de trabalho não podem ser importadas, tais como direitos de propriedade, regulação, infraestrutura, competências laborais, etc., que os países têm de ter disponíveis para produzir. Assim, a produtividade de um país reside na diversidade de suas “capacidades não-comercializáveis disponíveis” e, portanto, as diferenças de renda entre países poderiam ser explicadas pelas diferenças de complexidade econômica, medida pela diversidade de capacidades de um país e suas interações.

Neste contexto, conforme Hausmann, Hidalgo et. al. (2014), as economias complexas são todas aquelas que podem entrelaçar uma vasta quantidade de considerável conhecimento, através de largas redes de pessoas, para gerar uma diversidade do mix de produtos intensivos em conhecimento. Já as economias simples, em contraste, têm um gargalo na base produtiva do conhecimento e produzem poucos e simples produtos, o qual requer menor rede de interações de conhecimento.

A relação entre os produtos de um país, afirmam Hidalgo et. al. (2007), decorre de muitos fatores, tais como trabalho, terra, capital, nível de sofisticação tecnológica, insumos e produtos finais envolvidos na cadeia de produção e requisitos institucionais. Os autores partem da ideia de que se dois bens estão relacionados, seja porque requerem similares instituições, infraestrutura, fatores físicos, tecnologia, ou

alguma combinação destes, então eles tendem a ser produzidos em conjunto, ao passo que bens pouco similares tem menor probabilidade de serem produzidos juntos.

Desta forma, é possível construir uma rede de ligações ou de conexões entre os diferentes produtos por grau de similaridades de capacidades que os diferentes produtos têm. Esta rede de conexões é cunhada de espaço-produto (HIDALGO et. al., 2007; HAUSMANN e KLINGER, 2007; HIDALGO e HAUSMANN, 2009; HAUSMANN e HIDALGO et. al., 2014).

A concepção do espaço-produto alicerça a análise do desenvolvimento e crescimento econômico dos países com base no índice de complexidade. Pois, é a partir da conexão dos países com os produtos que estes exportam (ou seja, uma estrutura de rede de ligações), descrevem Hidalgo e Hausmann (2009), que se quantifica a complexidade econômica de um país. Este método, os autores chamaram de modelo de reflexos, pois, a partir do que a interação países e produtos “refletem”, pode-se quantificar a complexidade econômica de um país.

Para Hidalgo et. al. (2007), existe certa proximidade nos tipos de habilidades requeridas para a produção de um certo conjunto de produtos. Nesse sentido, afirmam que a alteração no padrão de especialização verificada na história dos países ocorre, preferencialmente, para bens relacionados ou próximos.

Coadunam Hausmann e Klinger (2007) afirmam que os países tendem a evoluir sua produção exportadora passando dos produtos atuais para produtos próximos. À medida que os países mudam seu *mix* de exportações, há uma forte tendência para estas ocorrerem por movimentos para bens relacionados, ao invés de para outros bens que são menos relacionados ao *mix* exportador original.

Neste sentido, a matriz espaço-produto remete ao acúmulo de competências em um sentido em que a história de um país importa, e que seu caminho percorrido repercute no escopo de opções de possíveis direções na interação entre os conhecimentos que já possui e os novos conhecimentos que, combinados, gerarão novos produtos que podem vir a ser as exportações futuras de um país. Ou seja, a matriz espaço-produto exhibe forte *path-dependence*.

É a existência do *path-dependence* que, segundo Hidalgo et. al. (2007), dificuldade para os países está em mover-se através do espaço-produto. Pois nem todos os países têm a mesma oportunidade em seu desenvolvimento. Países pobres tendem a se localizar na periferia do

espaço-produto, no qual o deslocamento para novos produtos é mais difícil de ser alcançado.

Também existe uma significativa variação no conjunto de opções das estruturas produtivas correntes entre países com nível similar de desenvolvimento, no qual alguns seguem o caminho contínuo da transformação estrutural e de crescimento, enquanto outros permanecem emperrados, estagnados na produção de seus produtos correntes tradicionais (HIDALGO et. al., 2007).

Dadas as diferenças entre a complexidade dos produtos dos países e a relação destas diferenças com o nível de renda dos países, Hidalgo e Hausmann (2009) inferem do modelo espaço-produto, a partir da análise das variáveis países e produtos, que os países tendem a convergir para certo nível de renda, dada a complexidade da estrutura produtiva, indicando que os esforços de desenvolvimento deveriam focar na geração das condições que permitiriam a complexidade emergir.

A perspectiva da complexidade econômica reforça, devido à gama de convergência de fundamentos macroeconômicos, a vertente neoschumpeteriana sistêmica das inovações. Entre estes, cabe elencar: o reconhecimento da heterogeneidade de produtos, o caráter tácito do conhecimento, a interação de conhecimentos para viabilizar um produto, o fato do país ser capaz de produzir produtos mais complexos estar relacionado ao seu nível de desenvolvimento, e a percepção da interação de diferentes organizações que viabilizam a produção de produtos mais complexos e inovadores.

Colocado de outra forma, para produzir algo é necessário ser capaz de fazê-lo. Com base nesse pressuposto, assume-se que os países desenvolvidos, em seus processos de desenvolvimento, expandiram seu conjunto de capacidades, o que lhes permitiu diversificar a produção para bens cada vez mais complexos.

Basicamente, a diversificação é facilitada porque os trabalhadores de países desenvolvidos, por possuírem capacidades em comum, migram com maior facilidade para atividades produtivas afins e, por consequência, a indústria migra com maior facilidade para produtos mais complexos, explicando a diversificação destas ao longo do tempo.

Nos países em desenvolvimento, ao contrário, os trabalhadores possuem menos capacidades em comum. Assim, migrar para a fabricação de produtos mais complexos é algo menos provável, por ser mais custoso. O custo está em adquirir a capacidade de produzir. Tal

situação configura-se em rigidez às possibilidades de migração para produtos mais complexos. Deste breve raciocínio, deriva-se que os conhecimentos possuídos pelos trabalhadores e firmas e as suas capacidades de adquirir, compartilhar e modificar seus conhecimentos são elementos determinantes da capacidade de desenvolvimento dos países.

Uma observação importante a respeito do espaço-produto é que, embora a produtividade de um país resida na diversidade de suas “capacidades não-comercializáveis disponíveis”, a matriz espaço-produto é desenvolvida sem uma análise direta de quais as capacidades envolvidas nestas redes de conexões. As capacidades são suprimidas, uma vez que o foco da matriz espaço-produto é o desenvolvimento de uma medida da complexidade da economia dos países. Ou seja, nada é dito a respeito de como os países acumulam capacidades e sobre as características da economia local que possam afetá-las.

Dado que não se entra no mérito dos mecanismos de aprendizado pelo qual se dá a construção e o acúmulo das capacidades, a inferência destas no índice de complexidade econômica é feita de forma intuitiva, nos quais os aspectos institucionais e o acúmulo das competências são condições *sine qua non* para explicar a interação de atividades entre os produtos que um país exporta.

A ausência do aprofundamento nas discussões sobre as capacidades e os resultados do índice de complexidade econômica à perspectiva neoschumpeteriana sobre desenvolvimento, reforçam o contexto de estudos com um olhar a partir da firma, “de dentro para fora”, como forma de contribuir para as discussões sobre o desenvolvimento, especialmente de países em desenvolvimento, marcados pelo hiato tecnológico em relação aos desenvolvidos, de estrutura produtiva complexa.

Neste sentido, estudos sobre o acúmulo de competências tecnológicas e sua relação com a diversificação dos processos e produtos da empresa *latecomer* foram pouco explorados. Desta forma, um esforço para detalhar semelhanças entre os conceitos de capacidade tecnológica e a opção pela diversificação parece ser promissor.

Para alicerçar um estudo relacionando a construção de competências tecnológicas com o processo de diversificação da empresa *latecomer* buscou-se, na perspectiva da base de recursos, os fundamentos da diversificação, dadas as similitudes de preceitos teóricos com o ferramental analítico das capacidades tecnológicas, como a

concepção da firma como uma base de recursos, a existência de conhecimento tácito que a torna única, a heterogeneidade entre as firmas, o papel do *know-how*, etc.

Penrose (1959) entende a diversificação como parte do processo de crescimento da firma. A autora salientou que os produtos finais fabricados por uma firma, em qualquer momento, representam uma das diferentes maneiras da utilização de seus recursos. A firma, que não seria mais do que um repositório de conhecimentos, para diversificar, incorreria na reorganização dos recursos.

Alinhado a Penrose, Teece (1980, 1982) posteriormente fez uma análise similar sobre a firma enquanto uma base de recursos que opta por empregar as competências comuns na produção de uma diversidade de produtos. Mas faz um importante acréscimo ao basilar a perspectiva da base de recursos sobre a diversificação pela existência dos custos de transação descrito em Coase.

Para Teece (1980, 1982), a firma, ao se defrontar com custos de transacionar o seu núcleo de competências no mercado, dadas as especificidades e a indivisibilidade dos ativos, a existência de comportamentos oportunistas, custos contratuais, etc., obtém economia de escopo ao diversificar o uso dos seus fatores de produção que, por sua aplicabilidade na produção de mais de um produto de forma não concorrencial, tal como uma caldeira ou o *know-how*, reduz os custos médios de produção.

Em Penrose (1959; 1979), a opção por diversificar envolve expectativa de maior lucratividade relativa às atividades que a empresa já opera, ou questões de mitigação das incertezas e riscos, pois uma diversidade de atividades produtivas reduz riscos relacionados a flutuações da demanda, a riscos regulatórios, e a possíveis pressões induzidas por concorrentes e novos entrantes.

Em Teece (1980;1982), a opção pela diversificação se dá por motivos de lucratividade e de custos de transação que, por sua vez, ao implicar nas transações do apresentar certo atrito, acabam por estimular o uso destes recursos em atividades produtivas diversas, ao invés de transacioná-las.

Esta tese, embasada na perspectiva da base de recursos de Edith Penrose e David Teece, e nas contribuições de Martin Bell, Keith Pavitt, Norlela Ariffin e Paulo Figueiredo sobre construção de competências tecnológicas, pretende avançar na relação dos esforços de construção de competências e das causas da diversificação.

Neste sentido, Britto (1993) e Figueiredo (2013) identificaram como principais lacunas da perspectiva da base de recursos a análise superficial dos mecanismos pelos quais capacidades inovadoras para produtos, serviços e processos podem ser criadas e renovadas, bem como a falta de uma análise dinâmica da economia. Falta uma abordagem evolucionária nas discussões sobre diversificação de forma a caracterizar uma dinâmica diversificante.

Quanto às limitações desta pesquisa, destaca-se que esta não abordou as questões relacionadas à dinâmica setorial e ao padrão de concorrência, de modo que a análise concentrou a pesquisa de campo na trajetória da WEG, sem um ponto de referência. Esta ausência limitou a análise da intensidade do aperfeiçoamento ocorrido na trajetória da empresa.

Isto posto, cabe descrever, em breves linhas, o que envolve a dinâmica setorial e o padrão de concorrência. A dinâmica setorial foi discutida por Pavitt (1984), que apresentou uma taxonomia para descrever e explicar o padrão setorial da mudança tecnológica, a dinâmica da relação entre a tecnologia e a estrutura industrial, e a formação das habilidades e vantagens tecnológicas ao nível da firma.

Esta taxonomia para firmas de bens de capital classifica as firmas em grupos: (i) Dominadas por fornecedores; (ii) Intensivas em produção, e; (iii) Baseadas em ciência. Estes três grupos de classificações são explicadas pelas questões relacionadas aos recursos da tecnologia, a demanda dos usuários pelo acúmulo destes conhecimentos (os recursos da tecnologia) e as possibilidades de apropriação destes. Isso porque os recursos da tecnologia não são de uso geral e facilmente transmitidos ou reproduzidos, mas apropriados para específicas aplicações e apropriados por firmas específicas. Desta forma, a mudança tecnológica é um processo cumulativo específico a cada firma, no qual o que as firmas podem realisticamente tentar fazer tecnicamente no futuro é fortemente condicionado pelo que elas foram capazes de fazer no passado (PAVITT, 1984).

As firmas dominadas por fornecedores têm sua dinâmica tecnológica baseada nos elos de trás e para frente da cadeia produtiva, em que a direção do progresso técnico é dada pelas interações entre as firmas e seus fornecedores especializados, ou a firma especializada e seus clientes. Já as firmas cujos modelos tecnológicos são intensivos em produção, vigoram nas relações tecnológicas as economias de escala e escopo, diante as vantagens da verticalização ou especialização

produtiva. Neste segmento, é comum a padronização da produção e dos produtos, apresentando geralmente características seriadas. Nestas firmas, o avanço tecnológico decorre dos fins de expandir a escala ou a eficiência produtiva, muitas vezes com meta de diminuição de custos (FIGUEIREDO, 2013).

Em relação às firmas cuja dinâmica tecnológica é baseada em ciência, estas apresentam-se intensivas em conhecimento e experiências tecnológicas acumuladas, investindo pesado em atividades de capacitação tecnológica e P&D. O alto nível de intensidade e habilidade tecnológica neste grupo de empresas faz com que as mesmas se esforcem para manterem-se no vértice da fronteira tecnológica, sendo capazes de gerar o próprio percurso de progresso tecnológico e oportunidades econômicas. As inovações e mudanças técnicas desenvolvidas por estas empresas são fontes de tecnologia absorvidas por outras empresas do ramo, ou até mesmo não pertencentes ao mesmo grupo industrial (FIGUEIREDO, 2013).

Pavitt (1984) descreve que estes três grupos de firma se entrelaçam em um encadeamento do fluxo tecnológico. Neste sentido, as empresas fornecedoras dominantes obtêm a maior parte de sua tecnologia de empresas intensivas em produção e baseadas em ciência. Por sua vez, o grupo de firmas baseado em ciência também transfere tecnologia para aquelas intensivas em produção. E ambos os grupos de firmas, baseadas em ciência e intensivas em produção, recebem e transferem tecnologia para fornecedores especializados.

Sobre o padrão de concorrência, este remete à intensidade da mudança e da busca tecnológica, ou seja, a maior ou menor dinâmica da concorrência do mercado. Figueiredo (2017) descreve que, em mercados moderadamente dinâmicos, a velocidade das mudanças tecnológicas é menor e sem profundos efeitos sobre o posicionamento tecnológico e competitivo das firmas. Já as firmas em mercados com alta velocidade dinâmica, as capacidades são processos altamente experienciais e resultados imprevisíveis, em que a capacidade para se adaptar rapidamente é extremamente importante.

Conforme Figueiredo (2017), a incerteza sobre o padrão da dinâmica tecnológica abre oportunidades e impõe desafios de adaptação, em que a concorrência dinâmica (ou seja, a busca por parte das empresas por vantagens competitivas com base no desenvolvimento tecnológico e adaptação às mudanças) é intensa. Quanto maior a velocidade dinâmica,

mais difícil é para as empresas manterem suas vantagens competitivas de longo prazo.

D'Aveni (1994; 1999) descreve que o padrão da hipercompetição ocorre em quatro ambientes: (i) Em que o *trade-off* entre preço e qualidade desaparece, em que se compete a partir de baixos preços e qualidade, bem como altos preços e qualidade; (ii) No ambiente de *timing e know-how*, marcado pela existência de recursos diferenciados por parte da firma, em que o conhecimento se torna eixo de busca para potencializar o desenvolvimento de novas capacidades; (iii) Ambientes em que existem barreiras à entrada devido à existência de economias de escala, diferenciação do produto, necessidade de capital, custos de mudança, acesso a canais de distribuição, etc. No entanto tais barreiras não perduram ao longo do tempo quando severamente desafiadas por concorrentes que podem construir seus próprios recursos, habilidades e superar os obstáculos, e; (iv) Ambientes Deep Pockets, que se caracterizam por ser um ambiente com um concentrado número de vencedores, em que algumas empresas dominam o avanço tecnológico e o acúmulo dos ganhos da renda em ambientes competitivos. Isso decorre de características particulares, como estratégia militar, sucessivos avanços tecnológicos em uma área, capacidade estratégica ou de suportar perdas, etc.

A explicação acima sobre a dinâmica setorial e o padrão de concorrência são aspectos importantes, portanto, para compreender a trajetória de aperfeiçoamento e de acúmulo de capacidades ao nível da firma. Ressalta-se, no entanto, que o intento foi concentrar o esforço da pesquisa na construção de um quadro de níveis de capacidades tecnológicas e a relação desta trajetória com o processo de diversificação da WEG.

A empresa WEG, constitui um objeto conveniente por tratar-se de um caso em que claramente houve diversificação produtiva, assim como a estratégia de uma empresa *latecomer* de avançar tecnologicamente. A empresa é uma multinacional brasileira com pouco mais de 50 anos de história e que já conta com filias em vários continentes. Atua em diversos produtos, nos setores da eletromecânica e eletroeletrônica.

A construção de suas capacidades tecnológicas iniciou-se em 1961 na produção de motores elétricos, e ao longo de 15 anos passou por um intenso processo de aquisição, assimilação e adaptação da fronteira tecnológica em relação a empresas alemãs. Como resultado, já

em 1975, a WEG tinha o maior *market share* do mercado brasileiro e já exportava para cerca de 20 países.

Na década de 1980, após uma série de viagens pela Europa, a diretoria da WEG percebeu que empresas grandes e centenárias apresentavam grande diversificação produtiva, inclusive para prestação de serviços. Os relatos nos documentos da empresa destacam esse como o elemento decisivo para a empresa intensificar investimentos em diversificação de produtos. Daí que, a partir da reorganização de sua estrutura física, em poucos anos foram criadas três novas empresas: WEG Máquinas, WEG Transformadores e a WEG Acionamentos.

Além dessas, cujos produtos finais estão mais próximos à base tecnológica para a produção de motores elétricos, a WEG adquiriu uma fábrica de tintas e vernizes, por se tratar de um importante insumo intermediário das outras subdivisões da empresa. Esse foi o único ramo, aparentemente, pouco associado às tecnologias básicas necessárias ao desenvolvimento do produto núcleo (motores elétricos) em que a WEG mantém uma empresa até os dias de hoje. Houve outras diversificações frustradas, como pecuária e pescado.

As décadas de 1990 e 2000 foram marcadas pelos esforços em torno da sustentabilidade, notadamente, pela busca de maior desempenho com menor uso de energia em seus produtos convencionais. Também marcam o início do fornecimento no Brasil de geradores para turbinas eólicas, assim como de transmissores e subestações para os parques eólicos.

Em 2010, a produção de aerogeradores estabeleceu um novo momento de diversificação para outra base tecnologia da empresa. Adicionalmente, segundo informações do Relatório anual 2014, já em 2012, a empresa passou a desenvolver “inversores solares” a partir de tecnologia própria.

Isto posto, a trajetória tecnológica da WEG sugere haver uma relação entre sua estratégia tecnológica de construção de competências e os processos de diversificação em diferentes bases produtivas, algumas de maior complexidade, que a empresa realizou.

Assim, tendo em consideração que (a) até agora pouca atenção foi dada ao surgimento de processos endógenos de diversificação das empresas latecomers a partir da construção de capacidades tecnológicas; (b) o pronunciado papel da diversificação produtiva na literatura contemporânea da complexidade econômica, notadamente no que se refere a elevação de renda das economias nacionais como processo

decorrente do conjunto de capacidades; (c) que o processo de *catching up* nacional passa necessariamente pelo acúmulo de competências tecnológicas das empresas; (d) que há reconhecimento teórico da relação entre esforço tecnológico particular de cada empresa em seu processo de diversificação (Penrose, 1959, Figueiredo, 2013); (e) que casos de bom desempenho competitivo de empresas brasileiras são raros, especialmente em setores intensivos em tecnologia, mas que sua compreensão pode contribuir para o levantamento de hipóteses aplicáveis a outros casos, e; (f) não há um esforço de investigação disponível que relacione a diversificação (aumento da complexidade) com o aumento de capacidade tecnológica a partir do ferramental de Lall (1992), Bell e Pavitt (1995) e Ariffin e Figueiredo (2003), a investigação que será desenvolvida nessa tese repousa na seguinte pergunta:

Que formas de aprendizagem e, conseqüente, de acúmulo de capacitações tecnológicas sustentaram as etapas de diversificação da WEG?

A seguinte proposição dá norte ao estudo de caso da tese: “Considerando o atraso tecnológico de que partem as empresas *latecomers*, a possibilidade do aumento da complexidade produtiva via diversificação surge da estratégia agressiva de aprendizado tecnológico voltado a dominar a dinâmica de inovação das tecnologias que a firma utiliza, sendo que tal possibilidade se concretize à medida que capacidades tecnológicas vão sendo acumuladas”.

1.1 OBJETIVO GERAL

Compreender a influência do processo de aprendizagem e da conseqüente acumulação de competência da WEG em processos de diversificação produtiva, que geraram aumento da complexidade produtiva da WEG.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Investigar a diversificação produtiva que aumentou a complexidade produtiva da WEG relacionada à atitude agressiva tecnologicamente por meio dos mecanismos de aprendizados utilizados em sua trajetória.

- Apresentar o processo de construção de capacidades tecnológicas em motores e geradores, incluindo seus mecanismos de aprendizagem.

- Analisar a relação entre o acúmulo de capacidade tecnológica em motores elétricos e a diversificação produtiva para geradores elétricos.

- Analisar a relação entre o acúmulo de capacidade tecnológica em geradores elétricos e a diversificação para aerogeradores.

Esta tese está dividida, além desta introdução, em outros quatro capítulos, além das considerações finais. No capítulo dois, discute-se o referencial teórico que fundamenta a pesquisa. O capítulo está dividido em duas partes, uma relacionada a aspectos microeconômicos, e a outra, aos macroeconômicos. A parte microeconômica, dividida em dois tópicos, explora a literatura a respeito da construção de capacidades tecnológicas, seus respectivos mecanismos de aprendizagem e a diversificação na perspectiva da base de recursos. A parte macroeconômica contextualiza a perspectiva neoschumpeteriana sistêmica da inovação.

O capítulo três apresenta o caminho metodológico percorrido nesta pesquisa. No capítulo quatro o levantamento do histórico da WEG, sempre em sintonia com a proposição e os objetivos específicos da tese, de forma a abarcar aspectos relacionados aos mecanismos de aprendizados utilizados na construção de suas capacidades tecnológicas e os subsequentes processos de diversificação realizados pela empresa.

No capítulo cinco encontra-se o resultado da investigação empírica e análise da proposição. O capítulo está estruturado em três partes. A primeira contém as informações sobre a base produtiva de motores elétricos. A segunda sobre a base produtiva de geradores elétricos. A terceira discute a importância do acúmulo de capacidades em geradores elétricos para a entrada da empresa no mercado de energia eólica. Em seguida apresenta-se as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

PARTE 1 – ASPECTO MICROECONÔMICO

A primeira parte desta tese procura dar fundamentação teórica à proposição desta tese. Afirma-se nesta tese que, a acumulação de capacidades tecnológicas, decorrente de uma série de mecanismos de aprendizado adotadas pela empresa tecnologicamente agressiva, estimula a diversificação da empresa para bases produtivas mais complexas.

É neste sentido que o aspecto teórico microeconômico está dividido em dois tópicos. O tópico 2.1 explora as questões relacionadas à construção de capacidades tecnológicas da firma *latecomer* que, a partir de uma estratégia tecnológica agressiva, procura fazer o *catching-up*. Para a perspectiva microeconômica neoschumpeteriana, o processo de *catching up* das firmas de países em desenvolvimento, ou melhor, de acúmulo de competências precisa acontecer necessariamente a uma velocidade superior ao avanço da fronteira tecnológica. Caso contrário, não haverá tendência de emparelhamento

No tópico 2.2, aborda-se os conceitos teóricos relacionados aos motivos pelo qual uma empresa opta por diversificar sua produção. Optou-se por abordar a perspectiva da base de recursos como motivo para a diversificação para embasar esta proposta de tese, dadas as similitudes com a perspectiva teórica de acúmulo de capacidades tecnológicas. Desta forma, é a partir da lógica da perspectiva da base de recursos que se fundamenta a argumentação de um estudo de níveis de capacidade tecnológica enquanto estímulo para o processo de diversificação de uma empresa.

2.1 TRAJETÓRIA, CONCEITO E CONSTRUÇÃO DAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DA FIRMA *LATECOMER*

Para o entendimento do arcabouço teórico de como uma firma *latecomer* constrói capacidades tecnológicas ao longo do tempo e como este acúmulo de competências possibilita o emparelhamento de sua capacidade inovativa com as empresas líderes, este tópico está dividido em três sub-tópicos.

O sub-tópico 2.1.1 explora a trajetória tecnológica percorrida pela empresa *latecomer* no acúmulo de suas capacidades tecnológicas.

Para tanto, explora-se os conceitos de empresa *latecomer*, *catching-up*, escolhas estratégicas da empresa, a relação do conceito de capacidades com capacidades tecnológicas, e os conceitos de *path-dependence*, *lock-in* e rotinas.

O sub-tópico 2.1.2 aprofunda o conceito de capacidades tecnológicas. Além deste entendimento, discute-se uma classificação de níveis tecnológicos oferecido pela literatura. Ademais, apresenta-se os principais frameworks elaborados, bem como a importância de sua discussão na elaboração de um quadro-geral de níveis de capacidade tecnológica para esta tese.

O sub-tópico 2.1.3 explana os mecanismos de aprendizagem pelo qual as empresas constroem suas habilidades aplicadas à tecnologia, às atividades relacionadas aos mesmos.

2.1.1 A trajetória tecnológica da empresa *latecomer*

Nesta tese se afirma que a empresa *latercome* percorre um caminho de acumulação de capacidade tecnológica, via mecanismos de aprendizagem. Afirma-se ainda que uma postura estratégica agressiva, em que a firma se dedica a acumular capacidades tecnológicas de forma mais rápida do que as empresas líderes, ou seja, empresas na fronteira tecnológica¹, as empresas *latecomers* podem emparelhar-se em termos de capacidade inovativa² com as empresas líderes.

¹ O termo fronteira tecnológica diz respeito a estar em uma mesma posição final com líderes industriais, em termos dos tipos de tecnologia utilizadas e produzidas. Deve-se ter sempre em mente, no entanto, que a fronteira tecnológica não é um ponto final (estático e idêntico) tecnológico predeterminado por trajetórias tecnológicas estabelecidas, pois cada empresa constrói a própria trajetória, já que estas envolvem mecanismos de aprendizagem internos. Na interpretação neoschumpeteriana, o conceito de fronteira tecnológica remete a um “horizonte” a ser explorado pelas empresas, alcançado em termos de emparelhamento competitivo (BELL E FIGUEIREDO, 2012a).

² Aqui cabe fazer uma diferenciação entre invenção e inovação. Uma invenção, descrevem Freeman e Soete (2008), é uma ideia, um esboço ou um modelo para um novo ou melhorado artefato, produto, processo ou sistema. Uma inovação no sentido econômico somente ocorre quando uma primeira transação comercial envolve o novo produto. Novas invenções com frequência ocorrem no decorrer do processo inovativo e outras podem vir a ocorrer ao longo do processo de difusão.

Isto posto, este sub-tópico procura dar embasamento conceitual às afirmações acima expostas. Para tanto, inicia-se com a discussão sobre o que é a firma *latecomer* e o conceito de emparelhamento (*catching-up*). A compreensão destes conceitos leva à discussão sobre as escolhas estratégicas da empresa.

Posteriormente, discute-se o conceito de capacidades e sua relação com o conceito de capacidades tecnológicas. A discussão desta relação é acompanhada dos conceitos de *path dependence*, *lock-in* e rotinas.

Por fim, direciona-se o sub-tópico à discussão da trajetória percorrida pela empresa *latecomer* para acumular competências. Para tanto, faz-se primeiro uma análise de como esse processo ocorre para empresas de países desenvolvidos³ explorando a teoria do ciclo do produto. Este entendimento ajuda a compreensão da diferença de trajetória entre o acúmulo de capacidades da empresa de países desenvolvidos e a empresa *latecomer*.

O termo *latecomers firms*, conforme Mathews e Cho (1999); Bell & Figueiredo (2012b), remete às capacitações tecnológicas de empresas de países em desenvolvimento, no qual quatro qualificações as definem: (i) a desvantagem de estar deslocada de pesquisas tecnológicas e dos mercados avançados; (ii) A existência de vantagens competitivas iniciais tal como custos baixos; (iii) ser uma empresa historicamente determinada, ao invés de ter feito escolhas estratégicas, devido a sua posição de empresa entrante tardia; (iv) ter o intento estratégico de fazer o *catching up*. Destacam Bell & Figueiredo (2012b), que para se

³ Os países industrialmente e tecnologicamente avançados são aqueles que iniciaram seus processos de industrialização por volta do final do século XVIII, como Reino Unido, França, Suécia, Estados Unidos e, posteriormente, Alemanha, Japão e Coreia do Sul. Esses países possuem uma grande quantidade de empresas que lideram a atual fronteira tecnológica internacional e de inovação. Os países em desenvolvimento, ou emergentes, ou de industrialização tardia, são aqueles que iniciaram seu processo de industrialização em um momento posterior a aquele das economias industrializadas contemporâneas. São os países que iniciaram seu processo de industrialização depois da década de 1940 e que atualmente possuem uma base industrial em processo de consolidação, como é o caso dos países BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) além de outros países da América Latina, Ásia, Oriente Médio e leste europeu (FIGUEIREDO, 2013).

enquadrar como empresas *latecomers*, basta qualquer empresa apresentar duas destas quatro qualificações.

Complementa Figueredo (2013) ao descrever que durante o início das operações das empresas *latecomers* faltam-lhes até mesmo capacidades tecnológicas básicas. Geralmente operam em um contexto de escassez de profissionais qualificados e de escassez de organizações de apoio às suas atividades tecnológicas (exemplo: metrologia, escolas técnicas, centros de treinamentos profissionais equipados, etc.). Uma vez que começam sob uma condição de não serem competitivas no mercado mundial, o seu problema básico é a maturação industrial para tornar-se internacionalmente competitivas.

Desta forma, entende-se por empresa *latecomer* as empresas originárias de economias em desenvolvimento, e que, portanto, inicialmente não possuem o acúmulo de capacidades para realizar esforços em atividades inovadoras. Estas empresas podem possuir o intento de adquirir tais capacidades, ou podem vir a adquirir tal intento no decorrer de sua existência. Não somente, podem desejar realizar o *catching-up* tecnológico, ou seja, o objetivo de alcançar a fronteira tecnológica internacional⁴, ou pelo menos, diminuir a distância de suas capacidades de inovação com relação às das empresas líderes, seja qual for à estratégia de trajetória tecnológica adotada pela empresa *latecomer* (MATHEWS e CHO, 1999; BELL e FIGUEIREDO, 2012a; 2012b; FIGUEIREDO, 2013; PIANNA, 2016).

A linha de raciocínio acima expõe duas questões importantes, a compreensão do que é fazer o *catching-up* tecnológico e as escolhas estratégias da empresa. A maior ou menor ofensividade com que a empresa atua no mercado (suas escolhas estratégicas em cada momento), está intimamente ligada as possibilidades de evolução da empresa competitiva. Ou seja, está ligada as estratégias competitivas da empresa.

Teece, Pisano & Shuen (1997) descrevem que as estratégias competitivas da empresa estão frequentemente direcionadas na alteração da posição da firma na indústria vis-à-vis competidores e fornecedores. Entre a variedade de estratégias que a firma individual pode adotar a cada momento de seu histórico, Freeman e Soete (2008) propõem cinco

⁴ Para Bell e Pavitt (1995), alcançar a fronteira tecnológica é o atingir e manter as taxas de mudança técnica no nível internacional através do acúmulo de capacidades que, em última análise, realmente garante a competitividade externa.

classificações, nomeadas como ofensiva, defensiva, imitativa, dependente, tradicional e oportunista.

As firmas ofensivas procuram serem as pioneiras em inovar, e, portanto, estão dispostas a correr altos riscos⁵. Já as firmas defensivas procuram aprender com os erros das primeiras e aproveitar os mercados que as empresas pioneiras abrem⁶. Ambas as estratégias precisam ter forte capacidade de solução de projetos, testes de protótipos e plantas-piloto. Desta forma, tratam-se de empresas altamente intensivas em P&D, monitoramento, educação e treinamento de seu pessoal, consultorias para ter acesso a novos conhecimentos (FREEMAN e SOETE, 2008).

A existência dos “riscos” envolvidos na tomada de decisão se deve ao fato de que as empresas são organizações formadas por indivíduos que apresentam racionalidade limitada, isto é, não possuem todos os recursos cognitivos e computacionais necessários (MILAGRES, 2011).

...that the economic world is far too complicated for a firm to understand perfectly; therefore the attempts of firms to do well must be understood as being conditioned by their subjective models or interpretations of economic reality. These interpretations tend to be associated with strategies that firms...differ from firm to firm, in part because of different interpretations of economic opportunities and constraints and in part because different firms are good at different things (NELSON e WINTER, 1982, p.37).

Já as estratégias imitativa, dependente, tradicional e oportunista envolvem a aceitação de um papel subordinado ou satélite com relação a

⁵ Os riscos dizem respeito aos possíveis resultados de uma ação, especialmente no que se refere as perdas em que se pode incorrer com a prática desta ação (PENROSE, 1959).

⁶ A discussão sobre as estratégias das firmas perpassa o entendimento dos estágios de desenvolvimento do processo de produção de todo o ciclo de vida de uma nova tecnologia com as inovações tanto em produtos quanto em processos nas empresas. Estes aspectos são discutidos a frente, ainda neste sub-tópico, sobre o ciclo do produto para empresas em países desenvolvidos e para empresas *latecomers*.

outras firmas mais fortes. Normalmente deixam de ter qualquer iniciativa no projeto do produto e não possui serviços de P&D. A estratégia imitativa vai sempre atrás das líderes, (geralmente muito atrás), buscando copiar a inovação, ter uma licença de uso ou de reprodução. Esta é a estratégia mais observada em países em desenvolvimento. A diferença da estratégia imitativa para a dependente é que a empresa com estratégia dependente não tem a pretensão de imitar outras empresas, mas sim responder as demandas dos clientes ou mesmo da empresa mãe (daí ser entendida também como uma estratégia de um departamento em uma grande empresa) (FREEMAN e SOETE, 2008).

As estratégias imitativa, dependente e tradicional diferem da oportunista por atuarem sob condições que se aproximam do modelo de concorrência perfeita, enquanto as oportunistas atuam como monopólios locais por se tratar de sistemas sócias pré-capitalistas, com fracas comunicações e falta de uma economia de mercado desenvolvida. A diferença entre as estratégias dependente e tradicional é quanto à natureza do produto. Os produtos fornecidos pelas firmas tradicionais mudam pouco, se é que mudam. Já os produtos fornecidos pelas firmas dependentes podem mudar bastante (FREEMAN e SOETE, 2008).

Discutidas as questões relacionadas as escolhas estratégias da empresa, volta-se a melhor compreensão do que é, para a empresa que possui uma estratégia tecnológica agressiva, fazer o *catching-up*.

Neste sentido, Bell e Figueiredo (2012a;2012b), afirmam que é importante ter em mente o distanciamento entre *catching-up* em capacidade produtiva e capacidade inovativa. Embora estes dois conceitos de *catching up* caminhem juntos (no sentido de que a progressão em capacidades de produção pode desenvolver as condições para a formação e progressão das capacidades inovativas, desenvolvendo-se ambas em paralelo uma a outra), referem-se a questões distintas no intento da firma de estar competitiva internacionalmente como uma empresa líder dentro do processo dinâmico das “melhores práticas”.

O *catching-up* em capacidades de produção diz respeito à possibilidade das firmas virem a incorporar as técnicas e especificações existentes, até alcançar a fronteira tecnológica dessas práticas. Já a concepção do *catching-up* em capacidades inovadoras é mais ampla, no sentido não só de emparelhar-se ao que já existe, no nível de

produtividade de fábrica, mas sim emparelhar-se como um rival de igual capacidade criativa, inovativa (BELL e FIGUEIREDO, 2012b).

Coaduna Ariffin (2010, p. 357), ao diferenciar capacidades de produção de capacidades inovadoras:

Routine production capability is the capability to produce goods at given levels of efficiency and given input requirements; it may be described as technology using skills, knowledge and organisational arrangements. Innovative technological capability, on the other hand, is defined as the capability to create, change or improve products, processes and production organisation, or equipment. It may be described as change-generating capability, consisting of technology-changing skills, knowledge, experiences and organization arrangements.

Complementa Bell e Figueiredo (2012b), ao descrever que o *catching-up* em capacidades inovadoras remete às empresas recuperarem o atraso em termos de capacidades para gerar e gerir a mudança nas suas tecnologias, movendo-se a partir de posições de imitação tecnologia com base muito limitada em capacidade de inovação a níveis mais profundos de capacidade que lhes permitam realizar formas modestas de inovação, talvez até prosseguirem para se envolverem diretamente e criativamente em atividades de inovação dentro da fronteira internacional.

Em outras palavras, o *catching-up* em capacidades inovadoras refere-se a estágios progressivos de inovações tecnológicas, por exemplo, partindo da simples sequência de montagem para a fabricação de partes de equipamentos originais da empresa, vir a realizar a elaboração de projetos próprios até avançar na fabricação da própria marca (BELL e FIGUEIREDO, 2012b).

A explanação do conceito de empresa *latecomer* e da distância entre *catching-up* em capacidades de produção e inovadoras são preceitos fundamentais para entender o movimento de acumulação de competências para empresas *latercomers*. Uma vez discutidas tais questões, volta-se ao entendimento do que são capacidades e como este conceito se relaciona com o conceito de capacidades tecnológicas.

As capacidades de uma empresa, descrevem Amit e Schoemaker (1993) dizem respeito à capacidade de uma empresa através de processos organizacionais de implantar as combinações de seus recursos para um determinado fim. São processos baseados em informação, tangíveis e intangíveis que são específicos a cada empresa e são desenvolvidos ao longo do tempo através de interações complexas entre os recursos da empresa.

Deve-se entender, explanam Teece, Pisano & Shuen (1997), que as capacidades da firma não podem ser compreendidas como itens rubricados no balanço da empresa, mas principalmente em termos de estrutura organizacional e processos gerenciais no qual está alicerçada toda a atividade produtiva. A estrutura organizacional da firma não pode ser analisada do ponto de vista de “forças de mercado”, pois o intercâmbio de fatores não se comporta da mesma forma dentro da empresa como acontece no mercado.

A difficult to replicate or difficult to imitate competence...as a distinctive competence...there is not a market for it, except possibly through the market for business units. Hence competences and capabilities are intriguing assets as they typically must be built because they cannot be bought (TEECE, PISANO & SHUEN, 1997, 518).

Desta maneira, conforme Teece, Pisano & Shuen (1997, p. 515), as capacidades devem ser entendidas como “the key role of strategic management in appropriately adapting, integrating, and reconfiguring internal and external organizational skills, resources, and functional competences to match the requirements of a changing environment”.

Coaduna Wang & Ahmed (2007), ao descrever que as capacidades referem-se à capacidade da firma em implementar recursos, geralmente em combinação e consubstanciando tanto processos explícitos e elementos tácitos (tais como *know-how* e liderança) incorporados nos processos. Assim, as capacidades são frequentemente específicas a firma e são desenvolvidas ao longo do tempo através de interações complexas entre os recursos da empresa.

Mas a “habilidade em fazer algo” não é um sinônimo de capacidade de inovação. Rush, Bessant e Hobday (2007) afirmam que as capacidades enquanto a habilidade de fazer algo devem ter seu foco em

como tais habilidades podem ser aplicadas para o uso da tecnologia como vantagem estratégica da firma. Neste sentido, a coletividade das capacidades aplicadas ao domínio da inovação tecnológica se refere às habilidades tecnológicas, construídas ao longo do tempo dentro da empresa, em encontrar e usar tecnologia para assegurar e sustentar vantagem competitividade.

A discussão acima explana a diferença conceitual entre capacidades e capacidades tecnológicas. Enquanto a capacidade é a habilidade ou competência para fazer algo, as capacidades tecnológicas são o conjunto destas habilidades aplicadas a tecnologia.

Perceba que toda a discussão remete a construção das habilidades aplicadas a tecnologia “ao longo do tempo”. Está implícito desta forma, um componente evolucionário de constante escolha por parte das empresas no decorrer do tempo, ou seja, o caminho que a empresa percorre está intrinsecamente ligado as tomadas de decisões em cada momento de seu histórico.

Conforme Hannan e Freeman (1984, p. 150):

Almost all evolutionary theories in social science claim that social evolution...is Lamarckian rather than Darwinian in the sense that human actors learn by experience and incorporate learning into their behavioral repertoire...In other words, major change processes occur within behavioral units.

É neste contexto que Wang e Ahmed (2007, p.21) salientam que cada empresa é em última instância dependente unicamente das próprias escolhas, uma vez que “the path of building capabilities is not universal across firms, and therefore the out come of capability development is diferente across firms. Firms tend to develop capabilities as directed by their firm strategy”.

Em conformidade, Teece, Pisano e Shuen (1997) descreverem que a posição atual de uma empresa é frequentemente moldada pelo caminho que a empresa já percorreu, de forma que “a história importa”.

...choices about domains of competence are influenced by past choices. At any given point in time, firms must follow a certain trajectory or path of competence development. This path not only defines what choices are open to the firm today,

but it also puts bounds around what its internal repertoire is likely to be in the future. Thus, firms, at various points in time, make long term, quasi-irreversible commitments to certain domains of competence (TEECE, PISANO e SHUEN, 1997, P.515).

Relacionadas aos possíveis caminhos de uma empresa e sua conexão com as decisões passadas da mesma, ou seja, as escolhas percorridas no caminho histórico da empresa, estão a concepção do termo “*path dependence*” e as escolhas estratégicas da empresa. Esta última já se explorou anteriormente, em momento apropriado. Assim sendo explora-se o conceito de *path dependence*.

Entre os primeiros a tratar da concepção de *path dependence* encontrasse o trabalho de Hannan e Freeman (1984). Embora os autores não tratem especificamente do termo *path dependence*, estes discutem que as organizações individuais estão sujeitas a fortes forças inerciais.

To claim that organizational structures are subject to strong inertial forces is not the same as claiming that organizations never change. Rather, it means that organizations respond relatively slowly to the occurrence of threats and opportunities in their environments. Therefore, structural inertia must be defined in relative and dynamic terms...high inertia when the speed of reorganization is much lower than the rate at which environmental conditions change...the concept of inertia, like fitness, refers to a correspondence between the behavioral capabilities of a class of organizations and their environments (HANNAN e FREEMAN, 1984, p. 151).

Hannan e Freeman (1984) enfatizam que as empresas para oferecer seus produtos com a melhor *performance* possível desenvolvem competências em confiabilidade e responsabilidade.

In a world of uncertainty, potential members, investors, and clients may value reliability of performance...the distinctive competence of organizations is the capacity to generate collective actions with relatively small variance in

quality...Organizations have a second property that gives them an advantage in the modern world: accountability... they must be able to document how resources have been used and to reconstruct the sequences of organizational decisions, rules, and actions that produced particular outcomes (HANNAN e FREEMAN, 1984, p. 153).

Para desenvolver estas competências, a empresa deve desenvolver uma estrutura de regras, em que autoridade e comunicação deve ser reproduzível dia após dia. Ou seja, confiabilidade e responsabilidade requer uma estrutura organizacional altamente reproduzível. Em geral, as organizações alcançam a reprodutibilidade da estrutura através da institucionalização de processos e criando eleva padronização de rotinas (HANNAN e FREEMAN, 1984).

Esta concepção de rotina também é explorada em Milagres (2011), ao descrever que uma vez que as firmas precisam tomar decisões em meio às incertezas⁷, estas adotam regras e padrões de comportamento simples, que guiam suas escolhas. Desta forma as firmas optam por estabelecerem rotinas de trabalho que, por sua vez, são formadas por tentativa e erro.

Para Nelson e Winter (1982, p. 97) “routine...It may refer to a repetitive pattern of activity in an entire organization, to an individual skill, or, as an adjective, to the smooth uneventful effectiveness of such an organizational or individual performance”. Já nas palavras de Teece, Pisano e Shuen (1997, p. 520) as rotinas “are patterns of interactions...resident in group behavior...that represent successful solutions to particular problems”.

Desta forma, de um lado, se tem a construção de rotinas a fim de reduzir incertezas e a reprodutibilidade dos padrões de processos e produtos construídos pela empresa. De outro lado, a padronização das rotinas pode levar a inercia, ou seja, a resistência da empresa a mudanças, em uma concepção de inflexibilidade muito próxima a de *path dependence*.

⁷ A incerteza é caracterizada como a falta de informação a priori e pela impossibilidade de traçar precisamente as consequências e resultados antes da atividade de pesquisa e experimentação propriamente ditas (FIGUEIREDO, 2013).

there are large lags in response to environmental changes and to attempts by decision makers to implement change. Since lags in response can be longer than typical environmental fluctuations and longer than the attention spans of decision makers and outside authorities, inertia often blocks structural change completely (HANNAN e FREEMAN, 1984, p. 156).

O trabalho mais aprofundado sobre o conceito de *path dependence* é o de Sydom, Schreyögg e Koch (2009) que se debruçaram a entender como as organizações podem perder sua flexibilidade e se tornar inerte ou mesmo *lock-in* em suas decisões, não importando os rumos que a dinâmica de mercado esteja formando. Desta forma, *path dependence* remete a rigidez organizacional, a perda de fluidez ou inflexibilidade.

A Figura 2.1 demonstra todo o processo de evolução que leva ao *path dependence*, dividida em 3 estágios. O primeiro é caracterizado por um amplo escopo de ações. O efeito de uma escolha entre as opções não pode ser predito. No entanto, deve-se entender que estas opções se tratam de uma diversidade de intenções, e não ações aleatórias.

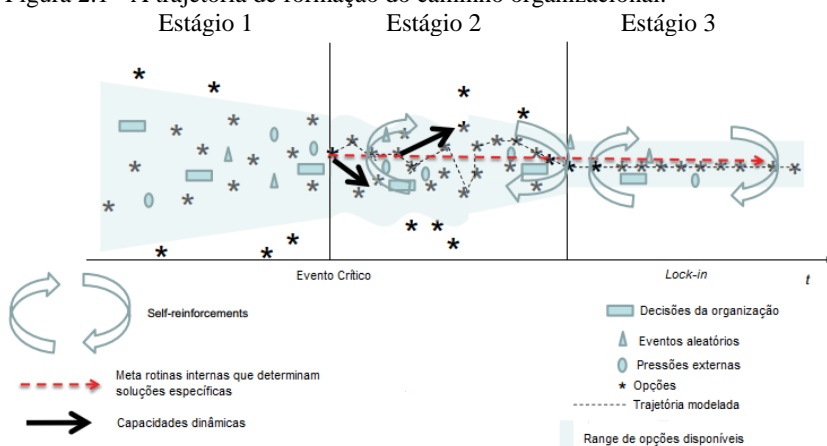
Ainda de acordo com a Figura 2.1, o segundo estágio caracteriza-se pelo surgimento gradual de um caminho organizacional, em que o escopo de ações assume um crescente comprimento do caminho que está evoluindo. Tem-se o surgimento de um processo dinâmico de *reinforcement*. Neste sentido, um padrão dominante emerge, reduzindo o escopo de opções, tornando-se progressivamente difícil reverter o padrão de ação ou caminho que se está evoluindo, solidificando.

...once contingent historical events take place, path-dependent sequences are marked by relatively deterministic causal patterns or what can be thought of as "inertia" - i.e., once processes are set into motion and begin tracking a particular outcome, these processes tend to stay in motion and continue to track this outcome...With self-reinforcing sequences, inertia involves mechanisms that reproduce a particular

institutional pattern over time (MAHONEY, 2000, p. 511).

O termo *self-reinforcing* diz respeito a passos iniciais em uma direção em particular que induzem movimentos adicionais na mesma direção de tal forma que ao longo do tempo fica difícil ou até mesmo impossível reverter a direção tomada (MAHONEY, 2000). É desta forma que se chega ao estágio 3 na Figura 2.1, que se caracteriza por uma constrição que eventualmente leva a um *lock-in*, ou seja, o padrão de decisão dominante torna-se fixo e ganha um caráter determinístico, em que se perde a flexibilidade na ação.

Figura 2.1 - A trajetória de formação do caminho organizacional.



Fonte: Sydow, Schreyögg e Koch (2009, p. 692), Maielli (2015, p. 494), Piana (2016, p. 35).

Até o momento, discutiu-se alguns dos principais conceitos que fundamentam a concepção de construção de capacidades tecnológicas, a saber: empresa *latecomer*, *catching-up*, a relação capacidades e capacidades tecnológicas, *path dependence*, rotinas e *lock-in*. Volta-se agora ao entendimento do caminho que a empresa *latecomer* percorre quando inicia seu negócio. Este caminho difere daquele realizado por empresas que se encontram em países desenvolvidos.

Desta forma, a continuidade deste sub-tópico discute essa trajetória para a empresa *latecomer*. Para tanto, primeiramente se discute o início dos negócios em empresas de países desenvolvidos. Estas questões são amplamente abordadas por Vernon (1966) e Utterback e Abernathy (1975) na discussão a respeito do ciclo de vida do produto, e são basilares para a argumentação posterior de Figueiredo (2004; 2013) a respeito da diferença do caminho de acumulação de capacidade tecnológica realizado pela empresa *latecomer*.

Vernon (1966) descreve que para se tratar das questões relacionadas ao comércio internacional, qualquer corrente teórica que pretenda explicar o comércio internacional de longo prazo não pode negligenciar o papel da inovação, escala, racionalidade limitada e incertezas.

Neste sentido Vernon (1966) explica que qualquer empresa de um país avançado não é distinta de nenhuma outra empresa dos demais países avançados, em termos de seus acessos ao conhecimento científico e suas capacidades de compreender os princípios científicos. Nas palavras de Vernon (1966, p. 191), “all of them, we may safely assume, can secure access to the knowledge that exists in the physical, chemical and biological sciences. These sciences at times may be difficult, but they are rarely occult”.

No entanto, nem todas as empresas, embora tenham igual acesso aos princípios científicos, irão aplicá-los no desenvolvimento de novos produtos ou processos. Conforme salientam Nelson e Winter (1982), existem questões como a racionalidade limitada, o risco, divergência de interesses dentro da empresa, e complexos processos políticos internos. Todo investimento está sujeito a riscos, e algumas empresas com uma diretoria mais cautelosa ou descrente dos possíveis retornos da nova tecnologia, ou mesmo confiante de sua fatia consolidada de mercado, pode optar por não assumir os riscos envolvidos e não fazer determinado investimento.

Note que estas premissas básicas na discussão do ciclo do produto para empresas em países desenvolvidos abordada por Vernon (1966) também estão presentes nas premissas evolucionárias sobre o *catching-up* das empresas em países em desenvolvimento. Não somente, esta perspectiva de raciocínio está relacionada a intencionalidade explorada por Freeman e Soete (2008) e suas cinco classificações de estratégias inovativas, explorada anteriormente.

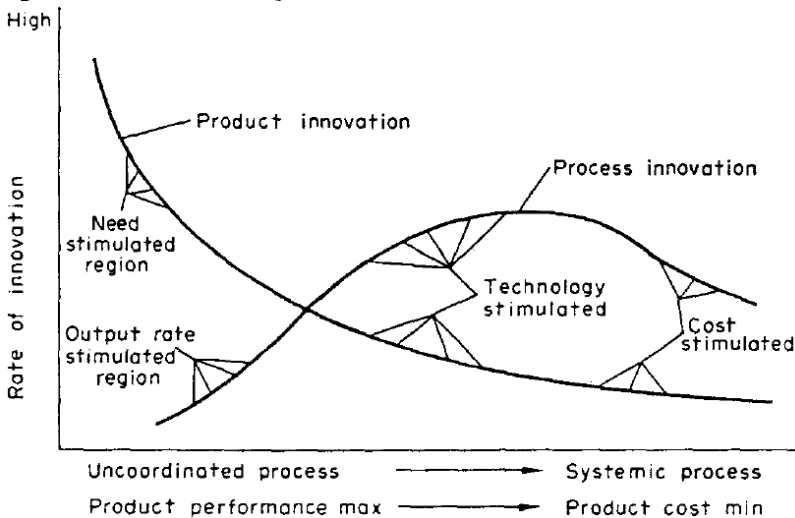
Para Utterback e Abernathy (1975), a existência de ciclo de vida do produto relaciona-se com o processo de produção e as inovações tanto de produto quanto de processo, implicando em diferentes características destes em cada estágio do ciclo de vida do produto. A Figura 2.2 ajuda a visualizar esta relação.

A Figura 2.2 mostra no eixo vertical a frequência das mudanças nas inovações, tanto em produto quanto em processo, durante a progressão da produção e do desenvolvimento do processo, padronização e aumento do volume de vendas. Pode-se observar que inicialmente a região de taxa de inovação estimulada é maior em produto do que em processo.

Esta maior taxa de inovação em produto no início do ciclo ocorre porque, de acordo com Utterback e Abernathy (1975), a firma possui uma estratégia de maximização do desempenho do produto na expectativa de que estas novas capacidades irão ampliar o atendimento aos anseios dos clientes em relação ao novo produto, no sentido de convencê-los da necessidade daquele produto.

Conforme aumenta a taxa de produção, ainda conforme a Figura 2.2, aumenta-se o estímulo pelo incremento da taxa de inovação em processo, estimulada por um maior emprego da nova tecnologia. Este processo é acompanhado da queda nas taxas de inovação (no sentido radical, de alocação dos recursos de pesquisa da firma em novos produtos), pois os produtos que conseguiram passar o estágio inicial de conquistar o público estão se consolidando e padronizando. Na fase madura do ciclo de vida do produto ambas as taxas de inovação caem e são direcionadas para ganhos de redução de custos.

Figura 2.2 – Taxa de Inovação e Desenvolvimento do Produto.



Fonte: Utterback e Abernathy (1975, p. 645; Teece, 1986, p. 289).

Nas fases iniciais do ciclo do produto, de acordo com Utterback e Abernathy (1975), espera-se que estas empresas que estão na vanguarda de uma nova indústria (o que sugere que se trate de uma empresa líder) detenham mais fontes de informações externas e uma diversidade maior de recursos de informações do que outras empresas.

Em termos dos conceitos de estratégias das empresas descritas por Freeman e Soete (2008), estas seriam empresas de caráter ofensivo e defensivo, altamente intensivas em P&D, monitoramento, treinamento do seu pessoal, e consultorias para ter acesso a novos conhecimentos. Isso porque precisam ter forte capacidade de soluções em projetos, testes de protótipos e plantas-piloto.

A nova indústria conforme Utterback e Abernathy (1975), provavelmente é composta por relativamente poucas empresas, sendo estas pequenas empresas ou empresas mais velhas aventurando-se num mercado completamente novo, alicerçadas em suas bases tecnológicas existentes. Nestes casos, os mercados dos produtos estão pouco definidos, os produtos não são padronizados e o processo de produção é incipiente. O avanço tecnológico ocorre predominantemente na inovação do produto e menos no processo.

Um importante questionamento levantado por Vernon (1966) nas fases iniciais do ciclo do produto, refere-se a tomada de decisão dos investidores sobre em que país fazer estes primeiros investimentos em produtos incipientes. Caso os potenciais produtores tomassem suas decisões de onde produzir com base unicamente em premissas de vantagens comparativas de menores custos, os Estados Unidos, por exemplo, não deveriam ser um dos principais países onde os esforços de investimentos para produtos inovativos ocorressem. Isto porque os custos de transporte internacional e os impostos de importação dos Estados Unidos podem ser altos demais para optar-se por investir nos EUA.

Desta forma, Vernon (1966) afirma que a atratividade exercida pelos Estados Unidos para o alto nível de investimentos no desenvolvimento de novos produtos no país tem de estar relacionado com outros fatores que não a mera questão de “custos comparativos”.

De acordo com Vernon (1966), a opção de localidade/nação para os investimento na fase inicial de inserção de um produto se devem a três razões. Em primeiro lugar, os produtores estão particularmente preocupados com o grau de liberdade que têm em intercambiar os seus insumos. Os custos dos insumos são relevantes, mas enquanto estes não puderem ser fixados antecipadamente com segurança (pois não existe ainda uma padronização na produção), o cálculo do custo deve levar em conta a necessidade geral de flexibilidade de substituição entre os insumos em qualquer escolha de onde se fará os investimentos.

A segunda razão considerada para a opção da localidade/nação para os investimentos na fase inicial de um novo produto, conforme Vernon (1966), é a elasticidade-preço da demanda⁸ que, no caso de

⁸ A elasticidade mede o quanto uma variável pode ser afetada por outra. No caso, mede o quanto a demanda é afetada por alterações no nível de preços. Quanto maior a redução/aumento na demanda dado que o preço aumenta/reduz

produtos inovadores é relativamente baixa. Isso decorre do alto grau de diferenciação⁹ dos produtos ou mesmo da existência de monopólio nos estágios iniciais. Desta forma, as pequenas diferenças de custo contam menos nos cálculos do empreendedor do que são susceptíveis de contar em etapas posteriores do ciclo do produto, quando a tecnologia já está madura, padronizada. Por último, existe a necessidade da empresa de comunicação eficiente e rápida com os clientes, fornecedores e até mesmo concorrentes, que é especialmente elevada nesta fase. Esta percepção por parte do empreender está relacionada à quantidade considerável de incerteza sobre quais as dimensões finais do mercado, quais serão os esforços de rivais para se antecipar as suas ações e ao mercado, quais as especificações dos insumos necessários para a produção e quais as especificações dos produtos que podem ser mais bem-sucedidos no esforço empreendedor (VERNON, 1966).

Observe que a primeira e a terceira razão apontada por Vernon tratam de questões relacionadas ao entorno da empresa, decorrentes de externalidades¹⁰, tais como acesso a transportes, educação e as questões de comunicação (facilidade de acesso e intercâmbio de informações) entre diferentes instituições que permitam agilidade na solução de problemas.

Esta perspectiva vai de encontro ao âmbito macroeconômico neoschumpeteriano, tratada na parte 2 deste capítulo, em que se

maior a elasticidade-preço da demanda e, quanto menor a redução/aumento na demanda dado que o preço aumenta/reduz menor a elasticidade-preço da demanda (JEHLE e RENY, 2011; VARIAN, 1992).

⁹ A diferenciação diz respeito a empresas que utilizam como estratégia de mercado a melhora pela relação qualidade/preço. Esta estratégia pode se dar por sofisticação (perfumes), especialização (roupas para pessoas gordas ou grandes, produtos dietéticos) ou simplificação (supressão de serviços como em self-services) (BRASIL, DIEGUES e BLANC, 1995).

¹⁰ Quando as ações de um agente econômico afetam diretamente o entorno de outro agente, diz-se que há uma externalidade. Uma externalidade do consumidor é quando a utilidade de um consumidor é diretamente afetada pelas ações de outro consumidor. Ex: Alguns consumidores podem ser afetados por outros consumidores de tabaco, álcool, música alta. Uma externalidade de produção é quando o conjunto da produção de uma empresa afeta o de outra empresa. Ex: Quando a produção de fumaça por uma usina de aço afeta diretamente a produção de roupas limpas por uma lavanderia. Ou a produção de mel por um apicultor afeta o nível de produção de um pomar de maçã ao lado (Varian, 1992).

questiona os elementos (e a relação entre estes) que permeiam a firma individual para propiciar a ela um sistema eficiente para a mesma inovar.

Passada a fase inicial do novo produto, com o ganho de experiência tanto dos produtores quanto dos usuários dos produtos da nova indústria, a incerteza de mercado é reduzida, iniciando-se assim um processo de maximização das vendas (UTTERBACK & ABERNATHY, 1975).

A redução das incertezas de mercado quanto à aceitação e demanda na nova indústria incorrem em: (i) aumento no grau de competição na diferenciação do produto, com alguns projetos destes produtos começando a se destacar, tornando-se dominante no mercado. (ii) Permite uma maior aplicação de tecnologia avançada, estas passando a ser mais frequentes na variação dos produtos ou componentes, ou seja, reduz as inovações em produto no sentido radical, tornando-se mais frequente no âmbito incremental¹¹. Este processo ocorre porque a aceitação da demanda estimula um maior esforço em modificações nestes produtos que estão se consolidando no mercado do que o de destinar esforços e recursos na intenção de criar um produto totalmente novo. Em paralelo, os usuários desenvolvem lealdade e preferências a algumas praticidades de mercado, distribuição, manutenção, publicidade, etc. que estão se estabelecendo. (iii) Em conjunto a este processo intensificam-se os estímulos à padronização e as mudanças no processo de produção, envolvendo novos métodos de organização e processos de produção, ou seja, aumenta as inovações no âmbito do processo (UTTERBACK & ABERNATHY, 1975).

Quando a tecnologia já está em sua fase madura, ou seja, quando o processo de produção se caracteriza por um uso mais intensivo de capital, no qual as tarefas já estão amplamente rotinizadas, descreve Perez (2001), os gerentes não necessitam de grande conhecimento prévio nem muita experiência, e os processos podem empregar mão de obra não qualificada. Concomitantemente, à medida que os mercados alcançam sua maturidade, a vantagem determinante volta-se para as questões relacionadas aos custos comparativos.

¹¹ As inovações radicais envolvem categorias de produtos e de serviços inteiramente novas e/ou sistemas de produção e de entrega (por exemplo comunicações sem fio). Já as inovações incrementais envolvem a adaptação, o refinamento e a melhoria de produtos existentes (FIGUEIREDO, 2013).

Coaduna Utterback e Abernathy (1975) ao descreverem que com a evolução do ciclo de vida, a variedade de produtos tende a ser reduzida e o produto se torna padronizado. Então a progressão da base de competição passa a mudar para o preço do produto, em um processo de minimização de custos. As margens de inovação são reduzidas (tanto em processo quanto em produto), a indústria frequentemente se torna um oligopólio, em que a eficiência e economias de escala são enfatizadas na produção.

A medida em que aumenta a competição via preços o processo de produção torna-se mais capital intensivo e talvez haja realocação (no sentido além-mar) para alcançar baixos custos de fatores de produção. Neste estágio, as mudanças significativas frequentemente envolvem tanto modificações em produtos quanto em processos. O investimento em equipamentos de processos locais é alto e mudanças em produto e processo são interdependentes, frequentemente de inovações incrementais (UTTERBACK & ABERNATHY, 1975). No entanto, como pode ser observado na Figura 2.1, as taxas de inovação são baixas se comparadas aos estágios anteriores.

Nesta mesma linha de raciocínio, Vernon (1966) afirma que conforme o ciclo do produto avança, a mudança no ciclo tem implicações de localidades para se fazer investimentos. Em primeiro lugar, a necessidade de flexibilidade diminui, pois o compromisso com um conjunto de normas para o produto abre possibilidades técnicas para alcançar economias de escala através da produção em massa e encoraja compromissos de longo prazo para um dado processo, possibilitando algumas instalações fixas. Em segundo lugar, a preocupação com o custo de produção começa a ocupar o lugar da preocupação com as características do produto. Mesmo antes da fase madura, no qual o aumento da concorrência de preços ainda não esteja presente, a redução das incertezas em torno da operação aumenta a utilidade das projeções de custos, o que estimula voltar as atenções para questões relacionadas aos custos.

Todo o processo do ciclo de vida é descrito também por Teece (1986, p. 288):

In the early stages of industry development, product designs are fluid, manufacturing processes are loosely and adaptively organized, and generalized capital is used in production...At some point in time, and after considerable trial and

error in the marketplace, one design or a narrow class of designs begins to emerge as the more promising...Once a dominant design emerges, competition shifts to price and away from design. Competitive success then shifts to a whole new set of variables. Scale and learning become much more important, and specialized capital gets deployed as incumbents seek to lower unit costs through exploiting economies of scale and learning. Reduced uncertainty over product design provides an opportunity to, amortize specialized long-lived investments.

Neste sentido, descreve Vernon (1966), conforme o ciclo do produto perpassa pelas fases, e o produto tiver uma elevada elasticidade rendimento da demanda ou se for um produto substituto satisfatório para altos custos com mão-de-obra, a demanda no tempo começará a crescer rapidamente em outros países avançados. Os empresários vão começar a se perguntar se chegou o momento de assumir o risco de criar uma unidade local de produção. Quanto tempo leva para o empresário considerar tal perspectiva depende se o custo marginal de produção mais o custo de transporte das mercadorias exportadas (por exemplo, dos Estados Unidos para a Europa) forem inferiores ao custo médio da produção potencial no mercado importador.

Esse cálculo, complementa Vernon (1966), depende ainda da capacidade do produtor de projetar o custo de produção em um mercado em que os custos dos fatores e a tecnologia apropriada diferem dos domésticos. Os produtores que tiverem uma posição protegida por patentes no exterior presumivelmente levaram esse fato em conta na decisão de se ou quando produzir no exterior. Outras motivações podem se mostrar demasiadamente complexas para a instalação de uma unidade no exterior, como se é o melhor momento para evitar uma ameaça de nova competição no país potencial, a antecipação do seu o nível de proteção tarifária para o futuro, a situação política futura no país de investimento e assim por diante.

...we cannot afford to disregard the fact that information comes at a cost; and that entrepreneurs are not readily disposed to pay the price of investigating overseas markets of

unknown dimensions and unknown promise
(VERNON, 1966, p. 202).

A compreensão feita sobre o ciclo do produto para países desenvolvidos, argumenta Figueiredo (2004; 2013), não explicam o ciclo do produto para os países em desenvolvimento. Figueiredo está interessado no processo de *catching up* de empresas *latecomers*, pela perspectiva da construção e acumulação constante de competências ao longo do tempo e, a partir dos conceitos de ciclo do produto discutido em Vernon e Utterback e Abernathy sustenta a argumentação de que as firmas *latecomers* percorrem um caminho da acumulação de capacidades tecnológicas diferente da acumulação tecnológica em firmas de países desenvolvidos, em que o foco das firmas *latecomers* é o emparelhamento das capacidades tecnológicas.

Durante as décadas de 1950 a 1980, a transferência de tecnologia para o Brasil, afirma Figueiredo (2013), deu grande ênfase ao processo de seleção da tecnologia e do seu fornecedor, sendo adquiridos apenas os sistemas técnico-físicos, na forma de maquinaria, equipamentos, software ou banco de dados, sem que as organizações receptoras não desenvolvessem nenhuma base organizacional ou gerencial, nem recursos humanos, para instalar e usar a tecnologia. Partia-se da ideia de que, tendo sido feita uma boa seleção da tecnologia e de seus fornecedores, a assimilação tecnológica ocorreria automaticamente, como uma mera questão de tempo.

No entanto, salienta Figueiredo (2013), a real transferência tecnológica, deve envolver, de um lado, a gestão da seleção, escolha e compra da tecnologia importada e, de outro, assegurar o engajamento da organização recipiente em um contínuo e sistemático processo de aprendizagem tecnológica. As empresas receptoras de tecnologia precisam treinar seus próprios operadores, engenheiros, técnicos, operadores, pesquisadores, assim como precisam desenvolver suas próprias rotinas e procedimentos organizacionais. É isso que permitirá que de fato a tecnologia importada seja de fato assimilada, absorvida e, posteriormente, modificada pela empresa importadora.

Desta forma, descreve Figueiredo (2004), as firmas *latecomers* iniciam seu negócio a partir da tecnologia adquirida de outras empresas que estão na fronteira tecnológica internacional. Essas firmas, ao se engajarem em um processo de aprendizagem para a construção de suas capacidades tecnológicas e aproximarem-se das empresas líderes,

percorrem uma sequência evolutiva e acumulativa de estágios mais simples para estágios mais complexos.

Para acumularem suas capacidades tecnológicas (sua própria base de conhecimento) e moverem-se rumo à fronteira tecnológica internacional, as empresas de países em desenvolvimento precisam engajar-se em processos de aprendizagem tecnológica (FIGUEIREDO, 2013, p.47).

A perspectiva discutida acima sugere que a empresa *latecomer* faz um “caminho contrário”, como pode ser observado pela Figura 2.3, em sua trajetória tecnológica. Enquanto as empresas líderes tender a fazer a trajetória “inovação-investimento-produção”, visualizadas pelo gráfico do ciclo de vida do produto explorado por Vernon e Utterback e Abernathy na parte de cima da Figura 2.3, as empresas *latecomers* percorrem a trajetória “produção-investimento-inovação”, visualizado pelo gráfico do lado de baixo da Figura 2.3.

...the latecomer firm engaging in catch-up... Such a firm initially lacks capabilities...such firms need a basic platform of competence in order to build further competencies. They need to be able to master the mass production of simple products before tackling more complex products (MATHEWS e CHO, 1999, p. 141).

Kim (1980), propôs um modelo similar a partir de um estudo para empresas de eletrônica na Coreia do Sul. Em seu modelo a empresa *latecomer* segue um caminho de três estágios, de aquisição, assimilação e aprimoramento de pacotes tecnológicos adquiridos do exterior. Em seu modelo, para os estágios iniciais de acumulação de capacidades o desenvolvimento da engenharia tem um peso muito maior que Pesquisa e desenvolvimento.

De acordo com Figueiredo (2013), no estágio inicial de industrialização, as empresas de países em desenvolvimento são caracterizadas pela aquisição externa de tecnologias maduras de países desenvolvidos, onde as tarefas de produção são meramente relacionadas à montagem e conexão de tais tecnologias, resultando em produtos

padronizados e não diferenciados, fazendo com que os esforços em engenharia sejam enfatizados.

Kim (1980, p. 258) faz a mesma observação para a indústria eletrônica sul coreana na década de 1960:

When the government banned the imports of consumer electronic products as a means of import substitution...Entrepreneurs...quickly imported ‘packaged’ technology from overseas...provided an initial base for the technological development...During this initial stage...in order to produce products... only limited engineering (E) efforts were required.

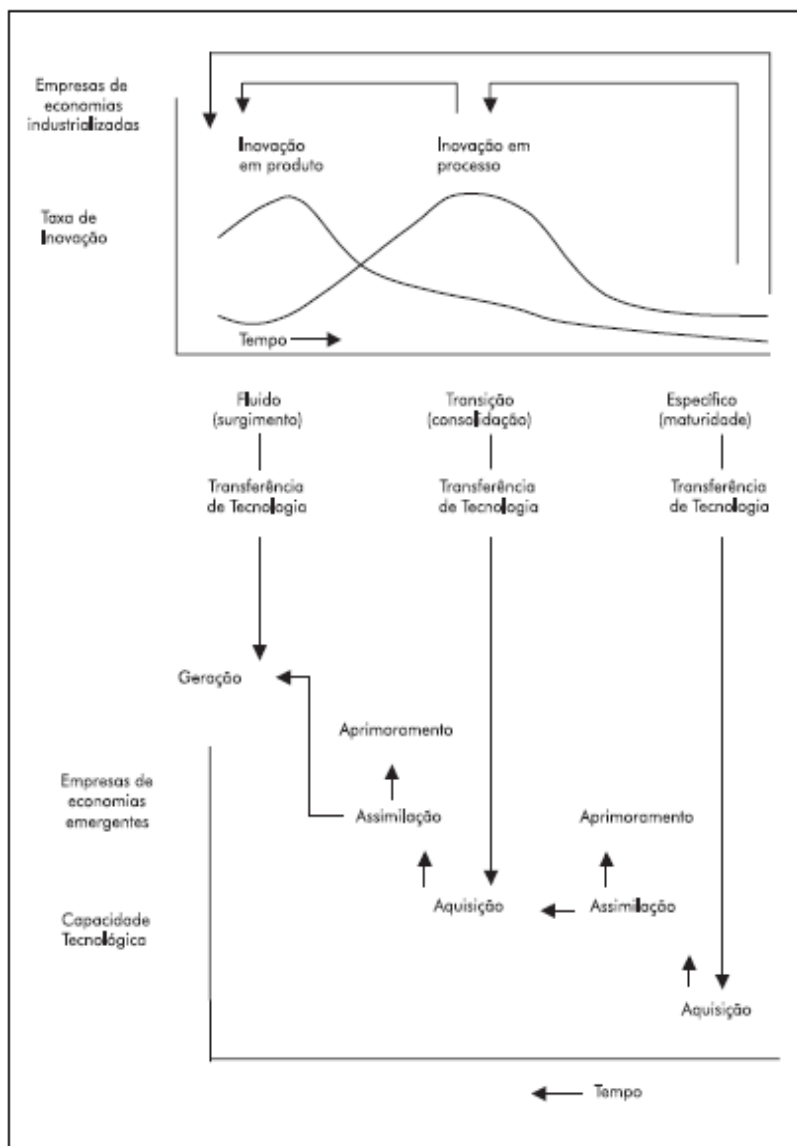
O estágio seguinte, descreve Kim (1980), é a assimilação da tecnologia de fora e a diferenciação da produção e a redução dos custos de produção. Este gradual melhoramento se dá através de esforços locais de engenharia e limitado desenvolvimento (E&D). Somente no estágio mais avançado é que se desenvolve a trajetória da tecnologia em termos de P,D&E.

Complementa Figueiredo (2013), ao descrever que a medida que esforços vão sendo despendidos para a assimilação de tais tecnologias, itens diferenciados e produtos relacionados passam a ser produzidos (gerando capacidades de engenharia – E e desenvolvimento – D), o que, em conjunto com o aumento de capacidade local, leva a melhorias na tecnologia (P – pesquisa, D&E). Ou seja, em empresas *latecomers* a sequência é E, D & P, ao contrário da sequência P, D & E de empresas de países tecnologicamente avançados.

Desta forma, Figueiredo (2004; 2013), Kim (1980), Lall (1992), Bell e Pavitt (1995), Ariffin (2010) e outros, focam suas análises em um processo de aprendizagem progressivo e contínuo, na construção das capacidades tecnológicas em empresas *latecomers*, que difere da dinâmica de acumulação de capacidades tecnológicas para empresas de países desenvolvidos.

A análise apresentada neste sub-tópico visou apresentar o entendimento da trajetória tecnológica da empresa *latecomer* que, ao possuir uma estratégia agressiva de fazer o *catchig up* em capacidade de inovação, percorre na acumulação de suas capacidades.

Figura 2.3 - Trajetórias tecnológicas: Empresas de economias industrializadas vs. empresas de economias emergentes.



Fonte: Figueiredo (2004, p. 333; 2013, p. 52).

Para tanto, foi necessário explanar alguns conceitos importantes que são basilares para a compreensão desta trajetória. Primeiro, explorou-se que empresas *latecomers* são originárias de economias em

desenvolvimento, e que, portanto, inicialmente não possuem o acúmulo de capacidades para realizar esforços em atividades inovadoras. Posteriormente, discutiu-se que, enquanto o *catching-up* em capacidade de produção remete a possibilidade das firmas virem a incorporar as técnicas e especificações existentes, o *catching-up* em capacidade inovadora remete ao emparelhamento na capacidade para gerar e gerir mudanças nas suas tecnologias.

Para o estudo aqui proposto, interessa a discussão para empresas que possuem a agressividade estratégica de emparelhar-se as empresas líderes em capacidade inovadora. Estas, dada a concepção de estratégia tecnológica proposta por Freeman e Soeto e explorada neste sub-tópico, compreendem empresas de estratégia ofensiva ou defensiva, que se caracterizam por empresas altamente intensivas em P&D, monitoramento, treinamento de seu pessoal, consultorias para ter acesso a novos conhecimentos, etc.

Por último, explorou-se o ciclo de vida do produto que permitiu, ao final deste sub-tópico, a comparação entre a trajetória tecnológica da empresa de países desenvolvidos e a empresa *latecomer*. Enquanto nos países desenvolvidos a empresa segue uma trajetória de desenvolvimento de suas capacidades no sentido de pesquisa, desenvolvimento e engenharia, a firma *latecomer* faz um caminho inverso, no sentido E, D&P.

2.1.2 O conceito de capacidades tecnológicas e os principais frameworks

Embora o sub-tópico anterior tenha explorado a relação entre capacidades e capacidades tecnológicas, não se aprofundou no entendimento do conceito de capacidades tecnológicas. Desta forma, este sub-tópico explora o conceito de capacidades tecnológicas, com base em Bell e Pavitt (1995), Figueiredo (2000; 2004; 2013), Bell e Figueiredo (2012a; 2012b). Posteriormente, descreve-se conforme a literatura uma estrutura de níveis de acumulação de capacidades tecnológicas. Explora-se ainda os principais frameworks existentes na literatura, nos trabalhos de Lall (1992), Bell e Pavitt (1995) e Ariffin e Figueiredo (2003).

A classificação por uma estrutura de níveis de capacidades tecnológicas bem como a discussão sobre os principais frameworks de capacidades tecnológicas existentes na literatura embasa a elaboração do

“quadro-molde” para a pesquisa da construção de capacidades tecnológicas para a base produtiva da WEG em motores e geradores elétricos. O detalhamento desta construção se encontra no capítulo metodológico desta tese.

Figueiredo (2013), descreve a capacidade tecnológica como um conjunto de recursos de natureza cognitiva. É o ativo intangível, que não aparece no balanço das empresas, mas que é capaz de definir o seu desempenho distintivo no mercado. Tendo como base sua capacidade tecnológica, as empresas podem realizar atividades não somente de produção, mas de inovação também.

Com base em sua capacidade tecnológica, a empresa consegue não só produzir bens e serviços mas, mais do que isso, pode também inovar, isto é, aprimorar produtos, processos de produção e processos gerenciais existentes ou criar novos produtos, processos de produção, serviços e procedimentos organizacionais inéditos (FIGUEIREDO, 2013, p. 14).

A construção das capacidades inovativas pode ser melhor compreendida pela Figura 2.4. Observa-se que pela aprendizagem¹², a empresa é capaz de acumular capacitação tecnológica que lhe garante os meios para gerar e gerir a mudança técnica no processo de produção e no produto final.

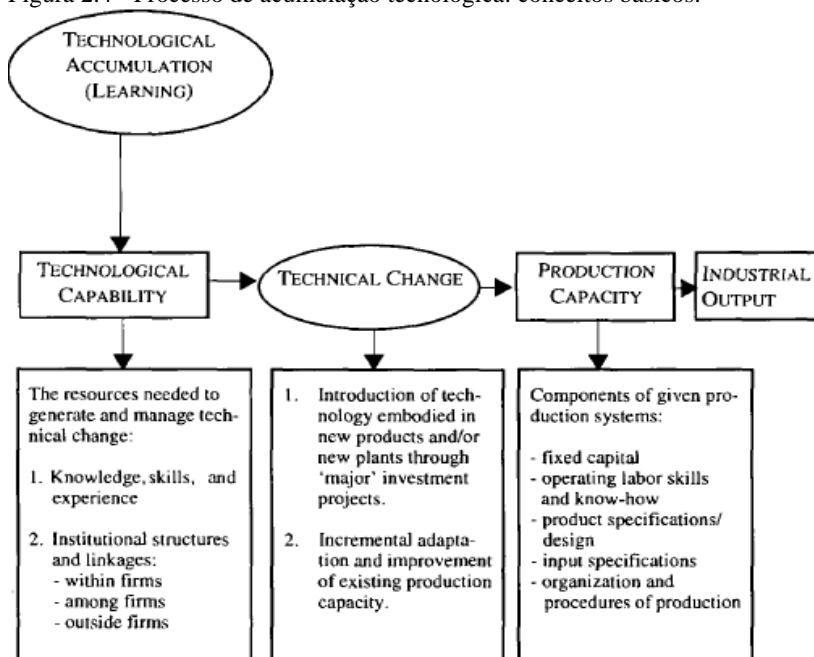
Ainda conforme a Figura 2.4, a partir do acúmulo de conhecimento, a empresa possui o conjunto de competências necessária para realizar mudanças tecnológicas tanto nos processos de produção quanto em termos de produto. Estas ainda podem ser mudanças tecnológicas de ordem incremental no processo de produção existente (ou produtos tradicionais da firma) quanto mudanças mais radicais, na forma de um novo produto ou numa nova planta (todo um novo processo) de produção.

Desta forma, a construção das capacitações tecnológicas consiste do conhecimento, habilidades, experiências, a estrutura institucional da firma, as redes de ligação (conectividade) dentro da firma, entre firmas, e outras instituições tais como governos, bancos de

¹² As questões relacionadas aos mecanismos pelo qual a empresa aprende são tratados no sub-tópico 2.1.3.

fomento, instituições de pesquisa etc. Em suma, dos recursos necessários para gerar e gerenciar mudanças tecnológicas (BELL e PAVITT, 1995; FIGUEIREDO, 2000; 2004).

Figura 2.4 - Processo de acumulação tecnológica: conceitos básicos.



Fonte: Bell e Pavitt (1995, p. 78).

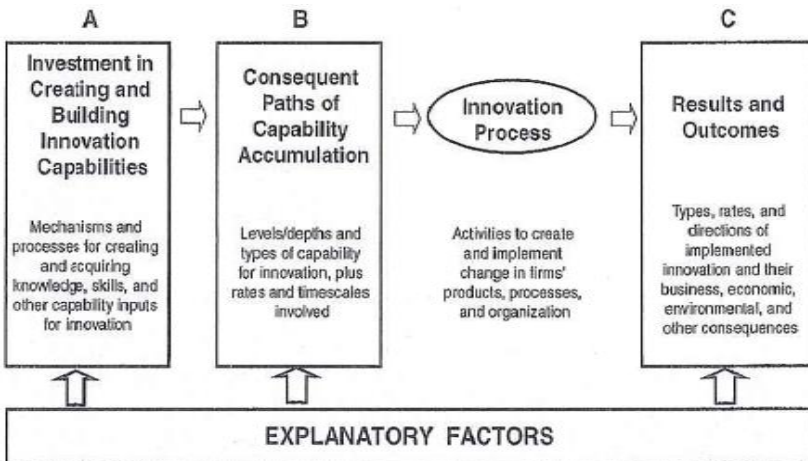
Note que a descrição de capacidade tecnológica que pode ser visualizada na Figura 2.4, bem como a descrição de Bell, Pavitt e Figueiredo, abarca todo um conjunto de elementos (conhecimento, habilidades e experiências) relacionados dentro da firma (seus departamentos) e a interação da firma com outras instituições, tais como outras firmas, universidades ou centros de pesquisa. Ou seja, os elementos e sua interação que propiciarem a inovação, que compõe um sistema de inovação. Esta análise macroeconômica será tratada na parte 2 deste capítulo. A perspectiva neschumpeteriano tem como essência este olhar “de dentro para fora”, em que a partir da análise microeconômica, de dentro da firma, se faz a análise macroeconômica

da interação dos elementos que propiciam a inovação, uma vez que a firma não opera “no vácuo”.

Para reforçar a compreensão dos fatores que explicam a construção das capacidades inovativas acrescenta-se a Figura 2.5. Pode-se observar três componentes interligados, no qual dois destes são os “insumos” ou fontes do da atividade inovativa (“A” e “B”) enquanto “C” é o resultado ou a consequência da existência da constante atividade inovativa, ou seja, é o produto da atividade inovativa.

Na Figura 2.5 o primeiro componente – “A”, diz respeito ao investimento da firma na criação e construção das capacidades inovativas, ou seja, é a própria aprendizagem tecnológica. O segundo elemento “B”, diz respeito ao resultado do investimento feito em “A”, ou seja, o caminho alcançado pelo conjunto de capacitações, englobando o somatório das capacidades que a empresa já possuía e as novas capacidades adquiridas até aquele momento.

Figura 2.5 - Questões chaves para a construção das capacidades inovativas.



Fonte: Bell e Figueiredo (2012a, p.81).

Observe que tanto a explicação para a Figura 2.4 quanto a Figura 2.5 sobre a acumulação de capacidades tecnológicas tratam de investimentos em mecanismos de aprendizagem, ou seja, de investimentos em recursos para a construção das capacidades tecnológicas. Nas palavras de Figueiredo (2000), a construção e acumulação de competências tecnológicas tratam de um esforço de


aprendizagem tecnológica, ou seja, um processo que permite à empresa acumular competência tecnológica ao longo do tempo.

Compreendido conceito de capacidades tecnológicas, volta-se a uma medida em níveis das capacidades inovativas. De acordo com Rush, Bessant e Hobday (2007), pode-se desenvolver uma métrica pontuada no tempo do conjunto de capacidades da empresa, que os autores denominam de “equilíbrio pontuado”. Conforme as firmas movimentam-se para ambientes mais complexos, elas precisam de um conjunto mais rico de capacidades para lidar de forma eficaz com os desafios e oportunidades que as confrontam. São estes estados de “equilíbrios pontuados” que uma métrica de acúmulo de capacidades precisa caracterizar.

É neste sentido que esta pesquisa opta por uma métrica de capacidades tecnológicas, pois permite a análise pontual (uma taxonomia de níveis) da construção e acumulação da capacidade para a inovação tecnológica aplicada a análise empírica das empresas.

A literatura apresenta, conforme o Quadro 2.1 as capacidades internas da firma a dimensão tecnológica divididas em quatro níveis de capacidade tecnológica. A medida que a empresa acumula capacidade tecnológica a empresa avança em termos de nível de atividade inovativa em termos de capacidade de capital humano, conhecimento de base etc.

A literatura apresenta três principais referências na construção de um quadro geral (*framework*) para a partir de uma divisão da dimensão tecnológica (como as apresentadas no quadro 2.1) construir e analisar funções técnicas exercidas dentro das empresas. As métricas discutidas são propostas por Lall (1992), Bell e Pavitt (1995) e Ariffin e Figueiredo (2003).

Níveis de atividade inovativa	Elementos Ilustrativos de Capacidades (Foco sobre capital humano, conhecimento de base, etc.)
Liderança Mundial	Um substancial e variado corpo de pessoal em P&D internacionalmente reconhecido com um número de equipes de engenheiros altamente especializados e profissionais relacionados que trabalham em pesquisa de ponta. Algumas equipes podem estar envolvidas em pesquisas de vanguarda pré-competitiva. Ampla incidência de pessoas com habilidades cognitivas sofisticadas para gerar inovações imaginativas e originais. Estes são distribuídos entre diferentes unidades organizacionais dentro da firma e também trabalham sobre uma base colaborativa com profissionais de outras organizações.
Avançado	Vários tipos de engenheiros de projetos e desenvolvimento, pesquisadores e outros profissionais especializados em diferentes áreas funcionais dentro e fora da firma. Entre estes estão aqueles com habilidades adicionais para uma nova partilha de conhecimentos bem como rastreamento/pesquisa e superioridade de uso do conhecimento externo (por exemplo pessoas com "t-qualificados", "A-habilidades", pessoas de construção de conhecimento, "gestores multilíngues"). Esses profissionais implementam pesquisa aplicada, projetos e desenvolvimento de produtos/serviços complexos e sistemas de produção próximos à fronteira internacional da inovação.
Incremental/interme diário	Aumento do número de engenheiros especializados e técnicos alocados em diferentes e dedicadas unidades organizacionais envolvidas no desenvolvimento de produtos, reformulação do produto, engenharia de processo e sistema de automação. Esses profissionais trabalham em atividades como duplicação e/ou imitação criativa para modificações avançadas dos produtos, sistema de produção em grande escala, software. As empresas tendem a dar preferência para profissionais com boas habilidades técnicas e algumas habilidades cognitivas (resolução de problemas e enquadramento) para imitação criativa.
Básico	Grupos de engenheiros e técnicos qualificados que trabalham informalmente em experimentos e atividades incipientes ou informais de P&D. Grupos dedicados de engenheiros e técnicos qualificados e operadores bem treinados que trabalham na implementação de pequenas adaptações em produtos, processos de produção e sistemas organizacionais e/ou automatizados.
 CAPACIDADE DE INOVAÇÃO	
FRONTEIRA DE DIFUSÃO	
CAPACIDADE DE PRODUÇÃO	

Fonte: Bell e Figueiredo (2012a, p. 51); Bell e Figueiredo (2012b, p. 21); Figueiredo (2016, p. 4).

O *framework* proposto por Lall (1992) para o estudo do nível de capacitações tecnológicas da firma, é ilustrado no Quadro 2.2. As colunas mostram o conjunto de funções técnicas exercidas em cada nível de capacitação tecnológica, enquanto as linhas mostram o grau de complexidade ou dificuldade, medido pelo nível de dificuldade em que cada nível de capacidade se desenvolve. O *framework* de Lall (1992) divide em dois tipos de funções de capacidades tecnológicas, uma de investimento e outra de produção.

O intento desta discussão não é explicar cada um dos níveis de capacidade tecnológica, mas explicar uma importante evolução conceitual, que influenciou a elaboração do “Quadro-molde” para a análise das capacidades tecnológicas da WEG para motores e geradores elétricos. Desta forma, opta-se por não discutir cada um dos níveis de capacidade para cada área.

Há duas questões importantes a ser observada na métrica de Lall (1992). Primeiro, o *framework* não apresenta qualquer distinção entre capacidade de produção e capacidade inovativa. Desta forma, o framework apresenta um importante limitador para uma análise discriminada entre capacidade de produção e capacidade inovadora. Em segundo, possui apenas três níveis de desagregação. A importância desta questão é discutida a seguir, após a apresentação da métrica de Bell e Pavitt (1995).

Quadro 2.2 - Matriz ilustrativa da capacidade tecnológica.

			FUNCIONALIDADE					
			INVESTIMENTO		PRODUÇÃO			
			PRÉ- INVESTIMENTO	EXECUÇÃO DE PROJETOS	ENGENHARIA DE PROCESSOS	ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	ENGENHARIA INDUSTRIAL	REDES DE LIGAÇÃO COM A ECONOMIA
G R A S U I C D E C O M P T E R X M I D D A I D E O	B Á S I C O	SIMPLES, ROTINA (BASEADA EM EXPERIÊNCIA)	Estudos de Pré- viabilidade e viabilidade, seleção do sítio onde se instalará o Parque industrial, cronograma dos investimentos.	Construção Civil, serviços auxiliares, montagem de equipamentos, comissionamentos .	Depuração, balanceamento, qualidade, Controle preventivo de manutenção, assimilação de tecnologia de processo.	Assimilação do projeto do produto, pequenas adaptações as necessidades do mercado.	Fluxo de trabalho, escalonamento (horário), estudos de tempo- movimento. Controle de estoque.	Aquisição local de bens e serviços, intercâmbio de informação com fornecedores
	I N D U S T R I A L	APLICAÇÃO ADAPTATIVA (Baseada na busca por práticas tecnológicas existentes)	Pesquisa por fontes tecnológicas. Negociação de Contratos. Negociação dos termos de adequação. Sistema de Informação.	Aquisição de equipamentos, engenharia detalhada, recrutamento e treinamento de pessoal qualificado.	Estender os usos dos equipamentos, adaptação dos processos e redução dos custos, aquisição de licenciamento de novas tecnologias.	Melhoria da qualidade dos produtos, licenciamento e assimilação de novos produtos tecnológicos importados.	Monitoramento da produtividade, melhorias no âmbito da coordenação	Transferência de tecnologia advindas de fornecedores locais, coordenação de projetos, elos de Ciência & Tecnologia (C&T).
	A V A N Ç A D O	RISCO INOVATIVO (Pesquisa de Base, própria)		Processo de concepção básico. Oferta e projetos de equipamentos	Inovação interna dos processos, pesquisa de base	Inovação interna de produtos, pesquisa de base		Capacidade de “chave de mão”, cooperação em P&D, licenciamento de tecnologia própria a terceiros.

Fonte: Lall (1992, p. 167).

O Quadro 2.3 apresenta o *framework* elaborado por Bell e Pavitt (1995). Ele possui similitudes com o *framework* de Lall (1992), mas avança na diferenciação entre capacidade de produção e capacidades tecnológicas (inovativas). Em relação às capacidades tecnológicas, dispostas nas linhas do Quadro 2.3, encontra-se três níveis de capacitações. O nível básico diz respeito às contribuições relativamente menores e incrementais de modificações, enquanto os níveis intermediário e avançado podem resultar em mudanças substanciais, originais, implicando em maiores contribuições de modificações.

As colunas do Quadro 2.3 mostram as funções que dizem respeito a capacidade de investimento e produção, tal como o modelo de Lall (1992). Os autores acrescentam em seu modelo atividades relacionadas as funções técnicas de suporte. Tal como o modelo anterior, não do intento desta pesquisa detalhar cada uma.

A questão relevante tanto em relação ao modelo de Lall (1992), quanto o modelo de Bell e Pavitt (1995), diz respeito ao nível de desagregação dos níveis de capacidade tecnológica.

De acordo com Figueiredo et. al. (2016), para a análise com dados macro e agregados de P&D e ranking de patentes, as métricas com poucos níveis de desagregação podem ser consideradas adequadas. O problema é que uma métrica com poucos níveis de desagregação tende a enfatizar o desenvolvimento de capacidades nos estágios superiores, limitando a análise para grande parte da massa crítica de fases anteriores.

Em se tratando da aplicação para estudos empíricos no nível microeconômico, métricas de menor desagregação podem ser utilizadas para a análise de países desenvolvidos, ao utilizar, conforme Ariffin (2010), dados estatísticos de patentes, nível de P&D das empresas, percentual de engenheiros e cientistas qualificados entre a força de trabalho da empresa, percentual de capital intensivo etc.

No entanto, ressaltam Pietrobelli e Rabellotti (2011), os processos de inovação nos países em desenvolvimento diferem dos países desenvolvidos, pois as inovações incrementais e a absorção do conhecimento e de novas tecnologias para a firma são mais frequentes e relevantes do que inovações radicais, no sentido de fronteira tecnológica.

Quadro 2.3 - Capacidade tecnológica industrial.

	ATIVIDADES PRIMÁRIAS				ATIVIDADES DE SUPORTE	
	INVESTIMENTO		PRODUÇÃO			
	Habilidade de decisão do usuário	Preparação e implementação de projetos	Organização de produção e processo	Centrado na produção	Desenvolvimento de redes de ligação	Oferta de bens de capital
Capacidades básicas de produção Capacidade para usar técnicas de produção existentes	Ser cativante como principal ferramenta do contratante. Assegurar e despender finanças. Oficiando na cerimônia de abertura.	Preparação do esboço inicial do projeto. Construção de trabalho civil básica. Simples edificações do parque fabril.	Operações de Rotina e manutenção básica de “dadas” facilidades. Aperfeiçoamentos de eficiência advindas da experiência de questões do dia a dia.	Replicação de concertos específicos e projetos. Rotinas de controle de qualidade para manter o padrão e especificações existentes.	Mapear os insumos disponíveis dos fornecedores existentes. Venda de determinados produtos para clientes novos e existentes.	Reprodução de itens imutáveis de plantas (fábricas) e maquinário.
CAPACIDADES TECNOLÓGICAS (CAPACIDADE PARA GERAR E GERIR MUDANÇA TÉCNICA)						
BÁSICO	Monitoramento ativo e controle de estudos de viabilidade, Escolha/procura por tecnológica e cronograma de projetos.	Estudos de viabilidade. Planejamento geral. Aquisição de equipamento padrão. Engenharia auxiliares simples	Comissionamento e depuração. Aperfeiçoamento de layout, cronograma, e manutenção. Pequenas adaptações.	Pequenas adaptações para as necessidades do mercado, e melhoramento incremental na qualidade do produto.	Pesquisando e absorvendo novas informações advindas de fornecedores, clientes, e institutos locais.	Cópia de novos tipos de plantas e maquinaria. Simples adaptação de projetos existentes e especificações.
INTERMEDIÁRIO	Procura, avaliação e seleção de tecnologia/recursos. Propostas/negociação. Gestão geral de projetos.	Engenharia detalhada. Aquisição de Planta. Avaliação do Ambiente. Planejamento e gerenciamento de projetos. Comissionamento. Treinamento/recrutamento.	Melhorias de processos. Licenciamento de novas tecnologias. Introdução de mudanças organizacionais.	Licenciamento de novos produtos tecnológicos e/ou engenharia reversa. Projeto de um novo produto incremental.	Transferência tecnológica por fornecedores e clientes para aumentar a eficiência, qualidade, e os recursos locais.	Inovação incremental por engenharia reversa e projeto original de planta e maquinaria.
AVANÇADO	Desenvolvimento de novos sistemas de produção e componentes.	Projetos de Processos básicos e relacionados a P&D.	Processo inovativo e relacionado a P&D. Inovação radical dentro da organização.	Inovação de produto e relacionado a P&D.	Colaboração no desenvolvimento de tecnologia	P&D para especificações e projetos de novas plantas e maquinaria.

Fonte: Bell & Pavitt (1995, p. 84).

Ariffin (2010) descreve que a maioria das firmas em países de industrialização tardia iniciam suas atividades de produção sem capacidade básica para realizar atividades inovativas, sendo mais útil levar em consideração o ponto de partida da firma e examinar o movimento que estas empresas fazem a partir do nível básico para níveis mais avançados de desenvolvimento de suas capacidades.

...for firms in late industrialising countries which usually start operations without even sufficient basic levels of technological capability, using these conventional proxy indicators would not measure whether firms have increasingly built-up higher capability levels (ARIFFIN, 2010, p. 354).

Figueiredo (2000; 2013) argumenta que empresas que atuam em economias de industrialização recente possuem características diferentes das empresas de tecnologias de fronteira (em economias desenvolvidas), pois nestas as competências tecnológicas inovadoras já existem. Já as empresas em economias em industrialização entram em novos negócios com base em tecnologia que elas adquirem de outras empresas em outros países, o qual significa que durante o início de suas operações (em termos de acumulação de competências isso remete a uma década) estas empresas carecem de competência tecnológica básica. Para as empresas *latecomers* se aproximarem da fronteira tecnológica, elas primeiro têm de adquirir conhecimento para construir e acumular suas próprias competências tecnológicas. Ou seja, precisam se engajar num processo de aprendizagem tecnológica.

Complementam Figueiredo et. al. (2016), ao descrever que a inovação deve ser entendida como processo e não como evento isolado, muito menos como “linha de chegada”. Uma métrica com maior quantidade de níveis permite uma ampla desagregação, possibilitando uma maior ideia de inovação, menos limitada do que a simples divisão binária de “inovadora” e “não inovadora”.

As inovações desse ponto de vista são espectros de atividades que variam de cópia, imitação, adaptação, experimentação até atividades de projetos, desenvolvimento e diversos tipos de pesquisa (FIGUEIREDO, 2013). Consequentemente, proporciona-se uma perspectiva da inovação como contínuo de atividades com crescentes graus de complexidade e novidade, fundamental para a compreensão do

processo de inovação em empresas que operam em economias em desenvolvimento e emergentes (FIGUEIREDO ET. AL. 2016)

Ariffin e Figueiredo (2003) , que adotam um *framework* baseado em Lall (1992) e Bell e Pavitt (1995), desenvolverem um modelo de níveis de competências no qual as empresas possam vir a acumulá-las a partir de um ponto inicial de aquisição e assimilação de tecnologia importadas para fases de modernização tecnológica, podendo até vir a emparelhar-se em práticas que estão acontecendo a nível da fronteira tecnológica internacional, alcançando assim um estágio do qual a empresa é parte geradora de avanços no âmbito das “melhores práticas” a nível internacional. O *framework* proposto por Ariffin e Figueiredo (2003) pode ser visualizado no Quadro 2.4.

Um primeiro aspecto relevante é que o modelo faz uma distinção entre capacidades de rotinas de produção e capacidades tecnológicas inovadoras. Outro aspecto é o nível de desagregação. Este possui seis níveis, sendo dois destes referentes as capacidades de rotinas de produção. As capacidades inovativas apresentam quatro níveis, com uma maior desagregação para os níveis básicos (exemplo: adaptações menores e aperfeiçoamento incremental na qualidade), intermediário (exemplo: vários tipos de projetos de produtos, projetos e engenharia), e avançados (exemplo: desenvolvimento de conhecimento de base para novos projetos de produtos e processos), no qual somente o último nível abarca as práticas relacionadas a atividades descritas como P&D.

Desta forma, a discussão exposta acima denota a importância de trabalhar um maior nível de desagregação para empresas *latecomers*, pois permite a elaboração de estudos empíricos para empresas *latecomers* que não se encontram nos níveis mais avançados de capacidade de inovação, ou mesmo só possuam capacidade de produção.

Quadro 2.4 - Framework de capacidades tecnológicas para empresas latecomers.

Tipos de Capacidade	Gerenciamento de Projetos	Ferramentas e moldes de equipamentos, estampagem de metais, moldagem de plásticos	Processos e Organização da produção	Centralizado no Produto
Níveis de Capacidade				
CAPACIDADES DE PRODUÇÃO ROTINEIRAS: CAPACIDADES PARA USARE OPERAR TECNOLOGIA EXISTENTE				
Operações básicas Nível 1	Consultor principal ser cativante. Preparação de esboços iniciais de projetos. Construções de obra civil básicas. Edificação de simples plantas fabris, aquisição de equipamentos contratados.	Manutenção básica mas fornecedores de equipamento limitados a planta fabril.	SKD (semi-desmontados: partes desmontadas, apenas montagem final. Kit de montagem: desmontar e remontar os kits. PPC: Planejamento e controle da produção. Organização básico do processo de fluxo. Testes visuais apenas.	Rotina em QC para manter o padrão básico: Entrada, inspeção do produto final, saída.
Operações básicas Nível 2	Instalação, manutenção, prestação de serviço, simples personalização dos sistemas existentes. Edificação básica de plantas fabris.	Rotina de manutenção de ferramentas e equipamentos. Manutenção preventiva total (TPM). Manutenção total da produtividade. Reprodução de itens imutáveis de equipamentos.	Fluxo processual, balanceamento de linha. Montagem de partes separadas dentro da montagem com pleta de CKD (desmontados completo): montagem completa. PCBA e montagem de produto. Melhoramento da eficiência advinda da experiência em tarefas existentes. Testes de rotina.	Reprodução de especificações de concerto de rotinas de QC para manter padrões existentes: Minimizar QC com projetos direcionados para atender a produção ou o mercado.
CAPACIDADES TECNOLÓGICAS INOVATIVAS: CAPACIDADE PARA GERAR E GERIR MUDANÇA TECNOLÓGICA				
CAPACIDADE INOVATIVA BÁSICA Nível 3	Integração dos sistemas. Fornecimento de serviços de gerenciamento de projetos aos clientes. Fornecer soluções de software personalizadas.	Equipe de reparo e solução de problemas. Cópia e adaptação simples dos projetos e/ou especificações existentes. Configuração de projetos de equipamentos, ferramentas, Desenvolvimento de Centros de Engenharia de matrizes e moldes/ relativa precisão de peças de metal e plástico.	Instalação de processos, produção ou departamentos de engenharia industrial/s. Melhoria de layout e depuração para otimizar a produção. ISO9002, SPC, CCC, TQM. Realização de testes de circuitos internos, de "burn in". Sistemas de MRP ou de JIT.	Configuração de engenharia de produto, Departamento do projeto do produto. Projeto de produto para manufatura (DFM), custo-benefício, desenvolvimento de produto incremental para mercados locais ou diferentes. Projeto cosmético e mecânico.

Continuação Quadro 2.5 - Framework de capacidades tecnológicas para empresas latecomers.

Tipos de Capacidade Níveis de Capacidade	Gerenciamento de Projetos	Ferramentas e moldes de equipamentos, estampagem de metais, moldagem de plásticos	Processos e Organização da produção	Centralizado no Produto
CAPACIDADES TECNOLÓGICAS INOVATIVAS: CAPACIDADE PARA GERAR E GERIR MUDANÇA TECNOLÓGICA				
CAPACIDADE INOVATIVA INTERMEDIÁRIA Nível 4	Desenvolvimento de software. Gestão de projectos de investimento em larga escala, investimentos internacionais.	Desenvolver equipamentos automatizados. Centro de Atualização do Equipamento de projetos para empresa separada. Projetos de moldes e matrizes. Ferramentas de alta precisão. Estampagem metálica progressiva. Moldes plásticos de injetoras.	Automação de processos. Produção flexível e multi-tarefa. Reengenharia do processo de negócios. Desenvolvimento de novas especificações de processo. Capacidade de transferir dos projetos de P&D ou assimilada por HQ diretamente para a produção.	Atualização do centro de projetos para parte específica da firma. Projeto de produto próprio para mercados locais ou regionais. Partes elétricas, PCB, chassi, chip na placa, plataforma de projetos. Projetos para testabilidade e depuração - DFT/DFD ISO9001, desenvolvimento de software, engenharia de sistema.
CAPACIDADE INOVATIVA AVANÇADA Nível 5	Gerenciamento de projetos em escala global. Assistência de ferramentas completa. Centros de treinamento e serviços reconhecidos para o Grupo TNC, clientes ou fornecedores.	P&D por especificações e projetos de novas ferramentas de alta precisão, equipamentos automáticos complexos ou sistema de produção. Patentes. Formação de institutos de treinamento reconhecidos em ferramentas e matrizes de precisão, ou moldagem de plástico precisas em conjunto com universidades.	Inovação radical na organização. Desenvolvimento próprio de CIM com clientes, vendedores ou grupo. Análise aprofundada de falhas. Desenvolvimento manufatureiro. FA e teste CAD de ferramentas de software, Patentes.	Prototipagem rápida. Projetos de VLSI. Pacote de Projeto elétrico. Projetos de partes de peças e substrato. Materiais e análise de superfície. Atualizações para centros de projetos regionais ou mundiais ou fornecimento de produtos mundiais. Proporcionar serviços de projetos para grupos TNC ou clientes.
CAPACIDADE INOVATIVA BASEADA EM PESQUISA Nível 6		Agilidade para projetos de ponta e equipamentos de alta precisão para produzir lançamentos ou produtos de ponta e componentes tanto como regional ou global líder de equipamentos complexos CNC, ferramentas de alta precisão, estampagem, matrizes e moldes, modelos de protótipos.	Processo e desenvolvimento de software para produzir e testes de altos rendimentos, miniaturizados e de maior desempenho HDD e chip. Tempo de volume de produção. Pesquisa em materiais avançados e novas especificações para produtos futuros ou produtos de ponta.	É um líder regional ou internacional em P&D, desenvolvimento de produtos, ASICs ou Centros de projetos de software. P&D na gerações de novos produtos usando tecnologia de ponta, grandes formas, alto desempenho HDD e chips. P&D de forma a manter um crescimento uniforme, orientação magnética aperfeiçoada, materiais avançados.

Fonte: Ariffin eFigueiredo (2003, p. 6 e 7).

Optou-se pela utilização, como referencial conceitual para os níveis de inovação elaborados no quadro molde, a utilização em uma escala de cinco níveis proposta por Figueiredo (2013), e que pode ser observado na Tabela 2.1. Os componentes dizem respeito às partes que compõe um determinado produto, por exemplo, um cilindro, uma bobina. Os elementos dizem respeito aos materiais utilizados, ex: se na liga da chapa de aço tem zinco, cobre, mais ou menos manganês etc.

Tabela 2.1 - Referência conceitual para níveis de inovação.

Tipos/Níveis de inovação	Definições
Inovação básica	Pequenas alterações em processos de produção, produtos e/ou equipamentos com base em imitação ou cópia de tecnologias existentes.
Inovação incremental intermediária	Corresponde a pequenas melhorias nos componentes e elementos individuais da tecnologia existente, mas as relações entre os componentes permanecem inalteradas.
Inovação incremental avançada	Introduz novos produtos, processos e/ou sistemas de equipamentos para o mercado local, sem alterar as relações entre os elementos da tecnologia.
Inovação arquitetural	Compreende as alterações nas relações entre os elementos da tecnologia, seja em produtos ou sistemas, sem que os componentes individuais sejam modificados.
Inovação radical	Estabelece um conceito novo para o mercado mundial, em que novos componentes e elementos são combinados de uma forma diferente formando uma arquitetura nova. Trata-se de novidade para o mundo.

Fonte: Figueiredo (2013, p. 36).

Em síntese, este sub-tópico trata da conceituação de capacidades tecnológicas, que trata da capacidade da firma não somente de produzir, mas da capacidade de gerar e gerir inovação. Dito em outras palavras, uma empresa pode não ter capacidade tecnológica mas ter capacidade de produção, ou seja, a capacidade para utilizar tecnologia já existe para produção. Uma empresa que tem capacidade tecnológica, ela além de ser capaz de produzir, é capaz de implementar a mudança técnica, seja nos produtos, processo e organização da firma, que aperfeiçoam a capacidade de produção existente.

A pesquisa da intensidade com que a empresa é capaz de gerar e gerir estas mudanças, é dada por uma métrica de níveis de capacidades tecnológicas pontuadas no tempo. Quanto maior a desagregação destes níveis, maior a aplicabilidade que este *framework* terá para analisar a construção de competências de empresas *lacomers*. Este raciocínio embasa a elaboração do quadro-molde aplicado para a construção de competências tecnológicas para as bases produtivas de motores e geradores elétricos da WEG. O detalhamento no quadro molde se encontra no capítulo metodológico desta tese.

A respeito do entendimento das capacidades tecnológicas resta uma última discussão, a compreensão de como estes são construídos. A construção das capacidades de uma empresa, ou seja, de suas habilidades aplicadas a tecnologia se dá por processos de aprendizagem. A discussão a respeito dos mecanismos pelo qual a empresa aprende, permitindo-a acumular capacidades, são tratadas no próximo sub-tópico.

2.1.3 Os mecanismos de aprendizagem

Este sub-tópico procura complementar a discussão teórica a respeito da trajetória e do conceito de capacidades tecnológicas das empresas *latecomers*, explorando o conceito de mecanismos de aprendizagem pelo qual estas empresas constroem suas habilidades aplicadas a tecnologia. Ademais, as informações aqui expostas foram utilizadas como referencial para a elaboração da parte três do questionário utilizado na pesquisa de campo. O detalhamento de como se deu a elaboração desta parte encontra-se no capítulo metodológico desta tese.

Neste sub-tópico, primeiramente se explora a definição conceitual do que são mecanismos de aprendizagem e os tipos de atividades relacionadas as mesmas. Posteriormente, explora-se as características do processo de aprendizagem e os mecanismos de interação pelo qual as empresas podem aprender com os demais agentes do sistema nacional de inovações.

Bell e Figueiredo (2012b) usam o termo aprendizagem significando o investimento em processos de criação de capacidades de inovar. Remete aos esforços específicos que as empresas fazem para criar os recursos que permitem explicar a variação na intensidade e continuidade da acumulação de capacidades de inovação.

Para Rodríguez (2009) a aprendizagem tecnológica pode ser definida como a aquisição de conhecimentos entrelaçados nas técnicas produtivas e no avanço técnico. Já Mathews e Cho (1999, p. 143), salientam a relação direta entre os esforços de aprendizagem e as estratégias tecnológicas das empresas na construção de suas competências:

The acquisition of competencies by a firm, underpinning its strategic position in the marketplace, is best described as a process of organizational learning...it is a learning process that is embodied in the acquisition of

organizational routines and procedures that are accessible by organizational members generally.

Malerba (1992) descreve que a aprendizagem é custosa e um processo que acontece dentro da firma, quer no âmbito da produção, projetos, engenharia, P&D, organizacional ou marketing. Trata-se de um processo cumulativo que aumenta o estoque de conhecimento (ou capacidades) da firma, permitindo a firma engajar-se em atividades inovativas. Acrescenta o autor:

However, because there are several sources of knowledge, the type of learning highly affects the type of stock of knowledge that firms have. Firms then become characterized by different levels and types of 'knowledge capital' accumulated through time (MALERBA, 1992, p. 847).

Nota-se que Malerba descreve a importância das escolhas de aprendizagem para esta delinear o conjunto de conhecimento acumulado pela firma ao longo de sua história. Esta afirmação vai de encontro com as questões discutidas no sub-tópico 2.1.2 sobre as estratégias da empresa em Freeman e Soete, do direcionamento das capacidades tecnológicas e da concepção de *path dependence* exploradas por Wang e Ahmed, Teece, Pisano e Shuen e outros.

Complementa Figueiredo (2000; 2004; 2013) que a expressão aprendizagem tecnológica remete aos vários processos pelos quais o conhecimento é adquirido por indivíduos e convertido para o nível organizacional. Em outras palavras, os processos pelos quais a aprendizagem individual é convertida em aprendizagem organizacional ou corporativa. Desta forma, aprendizagem deve ser entendida como um processo que permite à empresa acumular competência tecnológica ao longo do tempo.

Ressalta Malerba (1992), que cada firma gera seu específico estoque de conhecimento e inovações incrementais. Isso porque a maioria dos novos produtos e processos consiste de modificações e aperfeiçoamentos de produtos e processos já existentes e que são concebidos a partir da cumulatividade do estoque de conhecimento existente na firma.

Because of the diversity in the stock of knowledge accumulated by firms and fed by the variety of

learning process, the directions of incremental technical change pursued by firms may differ (MALERBA, 1992, p.848).

Deve-se complementar que a concepção dos mecanismos de aprendizagem tecnológica utilizada para esta pesquisa envolve a aquisição de conhecimentos que são externos e internos a empresa. Figueiredo (2013) argumenta que empresas em economias de industrialização tardia têm de buscar conhecimento de fora a fim de constituir e acumular suas próprias capacidades. A aquisição do conhecimento externo envolve esforços propositais, organizados e efetivos para atingir, selecionar, capturar e obter diferentes tipos de conhecimento que são necessários para a empresa constituir suas capacidades inovadoras.

De fato, complementa Figueiredo (2013), a alavancagem de recursos externos (por exemplo: adquirir especialistas de fora, treinamento no exterior, assistência técnica, participação em conferências, redes de conhecimento) é um dos principais meios que as empresas de economias emergentes utilizam para executarem suas estratégias de *catching-up*. A eficácia de tal estratégia, no entanto, depende da habilidade das empresas *latecomers* de criar uma base organizacional que facilite a absorção interna dos recursos alavancados (por exemplo: tecnologias de produto e processos, conhecimento tácito e codificado). Ou seja, a absorção e a internalização dos recursos alavancados externamente em suas próprias capacidades de processo e produto se dá pelos esforços de aprendizagem interna.

Para melhor compreender que atividades estão relacionadas a esses mecanismos de aprendizagem, apresenta-se nas Tabelas 2.2 algumas atividades de mecanismos externos de aprendizagem, e na Tabela 2.3 atividades de mecanismos internos. Do lado direito das tabelas encontra-se as atividades, enquanto do lado esquerdo das tabelas procura-se citar alguns exemplos que são utilizados de cada atividade.

Tabela 2.2 - Mecanismos de aprendizagem externas: alguns exemplos de atividades envolvidas.

Mecanismos de Aprendizagem Externas	Alguns Exemplos Ilustrativos
Vários tipos de Treinamento	<ul style="list-style-type: none"> - Treinamento em projetos e no departamento de desenvolvimento nos fornecedores ou nos clientes das firmas; - Cursos de treinamento curto em organizações no exterior para construir competências essenciais em engenharia de rotina e seu básico conhecimento de base; - Programas de graduação e pós-graduação; - Participação ativa em encontros científicos (por exemplo, elaboração e apresentação de trabalhos técnicos);
Aquisição de experiência que exige o ato de inovar	<ul style="list-style-type: none"> - A simulação de projetos de plantas de processos químicos “sem fins de construí-los” sob a supervisão de companhias de engenharia contratadas.
Aquisição de conhecimento codificado como uma base para o desenvolvimento de novos produtos ou processos	<ul style="list-style-type: none"> - A busca de documentação de patentes para identificar especificações como uma base para a inovação (exemplo: dados de patentes de produtos farmacêuticos de fora que estão na iminência de ocorrer, como base para a engenharia de processo necessária); - A aquisição de algoritmos de projetos para o empreendimento em projetos de processos e desenvolvimento; - Acesso a diversas fontes de pesquisa (artigos, teses, livros, normas, relatórios de pesquisa).
Aquisição de especificações já realizadas para novos produtos que podem ser colocadas em produção, mas que possuem uma grande limitação para projetos, desenvolvimento e engenharia originais	<ul style="list-style-type: none"> - A aquisição de todos os detalhes de projetos de produtos para clientes, talvez com dados do processo, e/ou o licenciamento de projetos de produtos de terceiros; - A aquisição de conhecimento de consultores altamente especializados sobre como empreender as inovações técnicas e organizacionais específicas.
A contratação de capital humano inovador experiente	<ul style="list-style-type: none"> - A “caça furtiva” de engenheiros de desenvolvimento experientes de outras empresas, talvez líderes em economias avançadas; - Contratação de profissionais experientes de concorrentes; - Contratação de novos graduados de universidades locais.
Estabelecimento via IED de instalações de P&D de locais ricos em conhecimento de outros países Os arranjos organizacionais para aquisição de conhecimento externo	<ul style="list-style-type: none"> - Aquisição de empresas de países avançados, a fim de explorar o estado da arte do Know-how e técnicas; - Parcerias com universidades ou institutos de pesquisa avançada. - Os arranjos organizacionais, tais como políticas, procedimentos, equipes, especificações técnicas que podem dar suporte aos processos de aprendizagem;

Fonte: Bell e Figueiredo (2012b, p. 24).

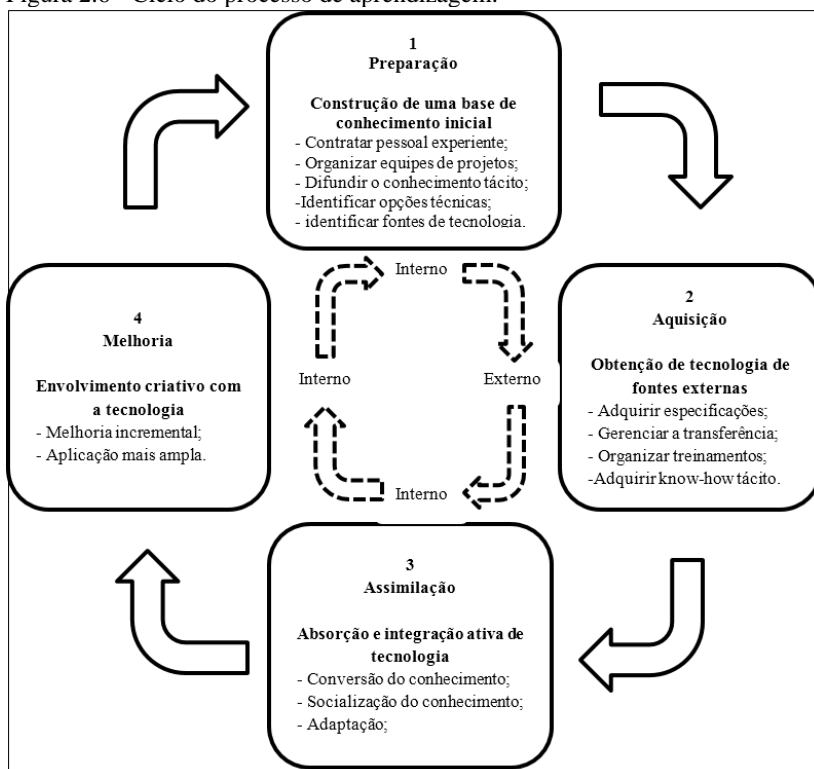
Tabela 2.3 - Mecanismos de aprendizagem internas: alguns exemplos de atividades envolvidas.

Mecanismos de Aprendizagem Internas	Alguns exemplos ilustrativos
Vários tipos de treinamento para adquirir habilidades relacionadas a inovação	<ul style="list-style-type: none"> - Treinamento em rotinas de projetos de produção e know-how. - Treinamento interno focado sobre o aperfeiçoamento de sistemas de qualidade; - Avançado treinamento técnico em adaptação para habilidades técnicas de upgrade de grupos especializados, pesquisadores e gestores (incluindo o treinamento prático e treinamento supervisionado); - Treinamento avançado em gestão (Técnicas de ponta para gestão de projetos, pesquisa gerencial, melhoria de processos, inovação de produto); - Treinamento sistemático relacionado as atividades de P&D;
Vários tipos de comunicação de conhecimento intra-firma	<ul style="list-style-type: none"> - A “socialização” do que pode ser tácito ou localizado em partes isoladas da organização; - Atividades de learningbydoing com crescentes níveis de dificuldade; - Relatórios advindos de treinamento externo; - Comunicação através de encontros formais e informais, workshops, seminários, conversas e interações sociais;
Articulação e assimilação do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas internas e seminários de gestão; - Relatórios advindos de treinamento externo; - Aprendizagem coletiva através de sessões de discussões, entrevista dos projetos em curso, avaliações de desempenho; - Aprendizagem por experimentação e testes no “chão de fábrica” e laboratórios.
Várias formas de aquisição de experiência	<ul style="list-style-type: none"> - Alguns podem ser passivos, no sentido de que a habilidade ou o conhecimento é adquirido como um sub-produto do simples empreendimento em atividades particulares; - Mas outros, usualmente mais importantes, dependem fortemente da exposição formal de gestão de processos para adquirir experiência (ricas oportunidades), bem como as medições explícitas para capturar e incorporar o que é apenas potencialmente avaliado em tais oportunidades.
Criação de conhecimento via P&D	<ul style="list-style-type: none"> - Fornecimento de uma base de conhecimento para aquisição existente, mas relativamente inacessível, de conhecimento advindas de conhecimentos externos; - Criação de unidades de pesquisa específicas dentro da companhia; - Estabelecimento de regras de gestão ou mediadores de relacionamentos e parcerias entre companhias e institutos de P&D.
Codificação do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> - Documentação das atividades desenvolvidas durante o processo de produção; - Documentação de inovações internas desenvolvidas dentro da área; - Padronização dos projetos de engenharia praticados; - Documentação dos procedimentos e instruções básicas da área administrativa.
Arranjos organizacionais para a assimilação do conhecimento criado e codificado	<ul style="list-style-type: none"> - Arranjos relatados com a especialização organizacional em específicos tipos de atividades inovativas, arranjos para a integração do conhecimento de diferentes áreas funcionais da organização, e através de diferentes campos de especialização e também através das fronteiras da empresa.

Fonte: Bell e Figueiredo (2012b, p. 25).

A aquisição de conhecimentos que são externos e internos a empresa pode ser visualizada como etapas de uma sequência circular, como apresentado pela Figura 2.6. Deve-se entendê-las como ciclos recorrentes na eterna busca por novos conhecimentos e acumulação de capacidades tecnológicas, que se apresentam na sequência de: (i) Preparação interna para a aquisição de conhecimentos externos; (ii) A aquisição do conhecimento externo; (iii) A assimilação de forma eficiente do conhecimento externo; (iv) A melhora subsequente para a criação de uma base de conhecimentos mais elevado para a fase preparatória de outro ciclo de aprendizagem.

Figura 2.6 - Ciclo do processo de aprendizagem.



Fonte: Bell e Figueiredo (2012a, p. 73); Piana (2016, p.40).

A inferência que se deve fazer é de que a Figura 2.6 demonstra o trajeto percorrido na construção de conhecimento novo. É importante notar que das quatro etapas de cada ciclo apresentadas, três delas remetem aos esforços internos de aprendizagem que são complementados com a aquisição de conhecimento externo. Isso porque duas das etapas internas implicam: (i) a criação *ex-ante* do conhecimento de base necessário para se adquirir a tecnologia externa; (ii) a efetiva absorção *ex-post* de tudo o que venha a ser adquirido externamente.

Para Figueiredo (2013) é importante entender as questões relacionas a como os mecanismos de aprendizagem trabalham ao longo do tempo e como eles interagem uns com os outros. Isto porque simplesmente adquirir conhecimento externo bem selecionado e bem direcionado para dentro da empresa não garante que isto será transformado automaticamente em capacidades da empresa. Os esforços deliberados e efetivos são necessários para criar uma organização interna para absorver e internalizar diferentes tipos de peças de conhecimento tácito e codificado e internalizá-los na base de conhecimento da empresa.

O Quadro 2.5 complementa o entendimento dos processos de obtenção de conhecimento externo e interno e a sua conversão em conhecimento intrínseco a firma. O Quadro 2.5 detalha os tipos e as características dos processos de aprendizagem derivada de estudos empíricos realizados ao longo da década de 1990 sobre o processo bem-sucedido de *catching-up* em empresas *latecomers*. Os processos de aprendizagem, apresentados nas linhas, englobam o processo de aquisição dos conhecimentos externos e internos, bem como a socialização e codificação de tais conhecimentos. As características, apresentadas nas colunas, envolvem a variedade, a intensidade, o funcionamento e a interação dos processos de aprendizagem.

Conforme o Quadro 2.5, os processos de aquisição dos conhecimentos externos são os processos pelos quais os indivíduos adquirem conhecimentos tácitos e/ou codificados vindos de fora da empresa, tais como a assistência técnica, treinamento no exterior, convites a especialistas para dar conferências etc. Já os processos de aquisição de conhecimentos internos são os processos pelos quais os indivíduos adquirem conhecimentos tácitos, tais como o cumprimento de tarefas rotineiras, aperfeiçoamento dos processos, organização da produção, equipamentos e os produtos existentes. Os processos de

socialização do conhecimento são os processos pelos quais os indivíduos compartilham seu saber tácito, que podem envolver a observação, reuniões, solução conjunta de problemas e rotatividade das tarefas, bem como o treinamento (socialização dos conhecimentos com estagiários e instrutores). Os processos de codificação do conhecimento são os processos pelos quais o saber tácito individual (ou parte dele) se torna explícito, ou seja, o processo pelo qual se articula o conhecimento tácito em conceitos explícitos, em formatos e procedimentos organizados e acessíveis tornando-se de fácil entendimento.

Quadro 2.6 - Detalhamento das características dos processos de aprendizagem.

Processos de aprendizagem	Características-chave do processo de aprendizagem			
	Variedade Ausente – presente (limitada-moderada-diversa)	Intensidade Uma vez–intermitente–contínuo	Funcionamento Ruim-moderado-bom-excelente	Interação Fraco-moderada-forte
Processos e mecanismos de aquisição do conhecimento				
Aquisição externa de conhecimento	Presença/ausência de processos para adquirir conhecimento localmente e/ou no exterior.	O modo como a empresa usa este processo ao longo do tempo pode ser contínuo (ex. treinamento anual no exterior para engenheiros e operadores), intermitente ou ocorrer apenas uma vez.	O modo como o processo é criado (ex. critério para enviar engenheiros para treinamento no exterior) e o modo como ele opera ao longo do tempo podem fortalecer ou mitigar a variedade e a intensidade. Tempo: “aprender-antes-de-fazer”	O modo como o processo influencia outro processo de aquisição externa ou interna de conhecimento (ex. treinamento no exterior, “aprender fazendo”) e/ou outros processos de conversão de conhecimento.
Aquisição interna de conhecimento	Presença/ausência de processos para adquirir conhecimento fazendo atividades internas (ex. experimentação). Essas podem ser atividades de rotina ou inovadoras.	O modo como a empresa usa diferentes processos para aquisição interna de conhecimento. Isso pode influenciar o entendimento pelos indivíduos dos princípios envolvidos na tecnologia.	O modo como o processo é criado (ex. centros de pesquisa), e o modo como ele opera ao longo do tempo tem implicações práticas para variedade e intensidade. Tempo: “aprender-antes-de-fazer”.	Processo de conhecimento interno pode ser influenciado por processo de aquisição externa (ex: aprimoramentos na planta influenciado por treinamento no exterior). Isso pode influenciar processos de conversão de conhecimento.
Processos e mecanismos de conversão do conhecimento				
Socialização do conhecimento	Presença/ausência de diferentes processos através dos quais indivíduos compartilham seu conhecimento tácito (ex: encontros, solução compartilhada de problemas).	O modo como processos (ex: treinamento no trabalho) prosseguem ao longo dos anos. Intensidade contínua do processo de socialização do conhecimento pode influenciar codificação do conhecimento.	O modo como mecanismos de socialização do conhecimento são criados (ex: treinamento interno) e operam ao longo do tempo. Isso tem implicações para a variedade e intensidade do processo de conversão de conhecimento.	Condução de diferentes conhecimentos tácitos para um sistema efetivo (ex: criação de links de conhecimento). Socialização pode ser influenciada por processos de aquisição externa e interna de conhecimento.
Codificação do conhecimento	Presença/ausência de diferentes processos e mecanismos para codificar o conhecimento tácito (ex: documentação sistemática, seminários internos).	O modo como processos como padronização de operações são repetidamente feitos. Codificação ausente e/ou intermitente pode limitar a aprendizagem organizacional.	O modo como a codificação de conhecimento é criada e opera ao longo do tempo tem implicações para o funcionamento de todo o processo de conversão de conhecimento. Isso também influencia a variedade e a intensidade do processo.	O modo como a codificação de conhecimento é influenciada por processos de aquisição de conhecimento (ex: treinamento no exterior) ou por processos de compartilhamento de conhecimento (ex: construção de equipes).

Fonte: Figueiredo (2004, p. 350; 2013, p. 81).

Ainda de acordo com o Quadro 2.5, em relação as características dos processos de aprendizagem, estas são definidas como se segue: (i) Variedade: Deve-se compreender que para garantir que os funcionários adquiram um nível elevado de conhecimento, bem como que o conhecimento seja incorporado no tecido organizacional, é necessário uma série de processos. A variedade é medida em termos de existência//inexistência de todo um processo (por exemplo: o processo de codificação do saber) e de outros subprocessos que ele possa acarretar (por exemplo: processo de padronização); (ii) Intensidade: Os processos “esporádicos” de aprendizagem provavelmente não levaram a uma efetiva aquisição de conhecimentos nem a sua incorporação no plano organizacional. Por intensidade entende-se como a frequência com que se criam, atualizam, utilizam, e aperfeiçoam os processos de aprendizagem ao longo do tempo. A intensidade é importante por três motivos: (1) pode garantir um fluxo constante de saber externo para a empresa; (2) pode fazer com que se compreenda melhor a tecnologia adquirida e os princípios inerentes ao processo de aquisição de conhecimentos internos; (3) Pode assegurar a constante conversão da aprendizagem individual em aprendizagem organizacional e, logo, sua rotinização; (iii) Funcionamento: O modo como às empresas organizam seus processos de aprendizagem é fundamental para criar competência. Entende-se por “funcionamento”, o modo como os processos de aprendizagem operam ao longo do tempo. Mesmo sendo contínua a intensidade dos processos, seu funcionamento pode ser deficiente. Eles podem começar funcionando bem e deteriorar-se com o tempo; (iv) Interação: A interação dos processos de aquisição e conversão de conhecimentos é importante para criar competências. É importante a interação cumulativa entre os mecanismos de aprendizagem para a acumulação de competência tecnológica. “Interação” é o modo como os diferentes processos de aprendizagem se influenciam mutuamente. Por exemplo: um processo de socialização do saber (programa de treinamento interno) pode ser influenciado por um processo de aquisição de saber externo (treinamento no exterior).

A demonstração dos mecanismos de aprendizagem enquanto uma sequência circular da Figura 2.6 bem como o Quadro 2.5 sobre as características dos processos de aprendizagem permite a compreensão de que todo o percurso da aprendizagem requer um considerável investimento em conhecimento interno *ex-ante* e *ex-post*, facilitando o

entendimento de porque o acúmulo de capacitações não é um processo ininterrupto, nem mantém uma mesma taxa de crescimento:

...deepening the firms innovative capabilities did not proceed smoothly along a linear path. Rather, it involved a series of qualitative discontinuities in the types of capabilities needed to successfully undertake more complex kinds of innovative activity. The transition through these discontinuities called for the mobilization of resources on a large scale to launch new cycles of preparation, acquisition, assimilation and improvement (BELL E FIGUEIREDO, 2012b, p. 28).

Desta forma, longe de ser um processo linear e contínuo, as trajetórias de acumulação de capacidades tecnológicas, particularmente no contexto de economias emergentes, são caracterizadas por grande variabilidade, tanto entre empresas do mesmo quanto de diferentes setores industriais, bem como dentro das empresas, em termos da maneira (direção) e velocidade com que acumulam suas capacidades tecnológicas (FIGUEIREDO, 2004; 2013).

À medida que cada ciclo se apresenta e a empresa absorve o conhecimento externo aumenta a importância dos mecanismos de aprendizagem interna. Esta relação ocorre em paralelo às relações de capacidades de produção e de inovação, no sentido de que a redução do hiato tecnológico das firmas *latecomers* em relação às firmas de fronteira tecnológica (ou seja, o avanço nas capacidades de produção nas melhores práticas conhecidas), é acompanhado de um crescente aumento das capacidades inovativas (BELL e FIGUEIREDO, 2012a).

Desta maneira, existe uma importante mudança de rumos em termos de mecanismos de aprendizagem à medida que a empresa avança rumo as melhores práticas. Ou seja, à medida que a empresa aumenta suas capacidades inovativas, é necessário engajar-se de forma mais intensa no aprendizado interno das habilidades aplicadas a inovação tecnológica. Note que esta mudança está relacionada a discussão apresentada entre *catching up* em capacidade de produção e capacidade inovativa apresentada no sub-tópico 2.1.1.

Conforme Bell e Figueiredo (2012b), à medida que a empresa aumenta suas competências em capacidade inovativa, em paralelo ao aumento das capacidades de produção, a empresa passa a adquirir cada

vez maior autonomia operacional (em sistema de produção, projetos de engenharia, etc.), desta forma, as empresas *latecomers* à medida que adquirem capacidades tecnológicas e transitam para serem uma empresa líder, tendem a reduzir seu investimento em capacidade de produção e aumentar a participação do investimento em capacidade de inovação.

...the idea of the international frontier...has been associated with the idea of following the same technological path...followed by the global technology leaders...that is largely about catching up in terms of production capability...innovation capability...the idea of the frontier much wider...the possibility that the progressive deepening of firms' innovation capabilities may enable them to follow different directions of technological development from those already pursued by global industry leaders (BELL e FIGUEIREDO, 2012a, p. 27).

Outra questão abordada por Figueiredo (2013), é que embora o desenvolvimento de capacidade tecnológica industrial ocorra primariamente dentro das empresas, as demais organizações do sistema de inovação (universidades e seus diversos departamentos, institutos públicos e privados de pesquisa, centros de formação e treinamento, consultorias, bancos de dados) podem contribuir para o processo inovador em nível de empresa.

A Tabela 2.4 apresenta uma métrica que considera se as interações são baseadas ou não no estabelecimento de contatos formais entre os parceiros, o compromisso dos vários atores envolvidos. As interações que emergem destas considerações são agrupadas em três diferentes conjuntos: ligações informais, ligações vinculadas a formação e aperfeiçoamento de recursos humanos e ligações formais.

Tabela 2.4 - Métrica para avaliar processos de aprendizagem interorganizacionais entre empresas e demais organizações do sistema de inovações.

Ligações informais	1. Contatos informais com pesquisadores.
	2. Acesso a literatura especializada.
	3. Acesso à pesquisa de departamentos específicos.
	4. Participação em seminários e conferências.
	5. Acesso aos equipamentos da universidade e/ou dos institutos de pesquisa.
	6. Participação em programas específicos (educacionais e de treinamento).
	7. Outras ligações informais.
Recursos Humanos	8. Envolvimento de estudantes em projetos industriais.
	9. Recrutamento de recém-graduados.
	10. Recrutamento de cientistas e engenheiros mais experientes.
	11. Programas de treinamento formalmente organizados para atender as necessidades dos recursos humanos.
	12. Outras ligações relacionadas aos recursos humanos.
Ligações formais.	13. Consultoria desenvolvida por pesquisadores ou consultores.
	14. Análises e testes (ensaios técnicos).
	15. Serviços de atualização de acervo (normas técnicas atualizadas, patentes).
	16. Respostas técnicas (diagnóstico de problemas em termos de processo produtivo).
	17. Estabelecimento de contratos de pesquisa.
	18. Estabelecimento de pesquisa conjunta.
	19. Outras ligações formais.

Fonte: Figueiredo (2013, p. 85).

Mais especificamente, Figueiredo (2013) descreve que as organizações de apoio são definidas como um conjunto de arranjos institucionais organizados com o objetivo básico de facilitar a disseminação de tecnologia e outros conhecimentos relacionados, de fontes relevantes para as empresas e outras organizações, para auxiliá-las no desenvolvimento de suas capacidades tecnológicas e na adoção, produção e comercialização de inovações. Esses arranjos institucionais cobrem uma diversidade de mecanismos e processos que servem de apoio para a provisão de serviços, tais como contratos de pesquisa, assistência técnica, certificação, consultoria e treinamento. Em geral, tais arranjos são criados e/ou mantidos através de provisão de recursos (financeiros) públicos que permitem que a oferta de serviços antes mencionada ocorra a um preço abaixo do mercado.

Em síntese, os mecanismos de aprendizagem referem-se ao investimento realizado pelas empresas em processos pelos quais o conhecimento é adquirido. Esta aquisição pode ser realizada por mecanismos externos, que permite a empresa adquirem conhecimentos tácitos e/ou codificados vindos de fora da empresa, ou por mecanismos internos, que permite ao material humano da empresa adquirem conhecimento tácito.

Estes conhecimentos são convertidos em conhecimento interno e compartilhados pelos indivíduos da firma pela codificação e socialização do conhecimento. Os mecanismos de aprendizagem apresentam características como a variedade destes, a intensidade com que cada mecanismos é utilizada pela empresa, e os resultados advindos de cada mecanismo (funcionabilidade).

Dado que o processo de aprendizagem é algo custoso, de forma que a acumulação do conhecimento não se apresenta de forma linear e contínuo ao longo do tempo. Também a medida que a empresa avança na trajetória de acumulação de capacidades aplicadas a inovação tecnológica, os mecanismos de aprendizagem internos apresentam uma importância maior na construção destes conhecimentos do que os mecanismos externos.

Os exemplos de atividades relacionados aos mecanismos de aprendizagem bem como as características dos processos de aprendizagem (variedade de mecanismos, intensidade com que são utilizados e o retorno destes em termos de construção do conhecimento) explorados neste sub-tópico, auxiliam a construção de um questionário a ser aplicado para pesquisas de campo.

2.2 DIVERSIFICAÇÃO

Para embasar a proposição de que a diversificação pode ocorrer em decorrência do acúmulo de capacidades tecnológicas da firma é necessário, a partir da literatura da diversificação, optar por conceitos teóricos que possam explicar a relação causal entre acúmulo de capacidades tecnológicas e diversificação.

Desta forma, dada a proposição, optou-se na literatura por preceitos teóricos que fundamentem a diversificação em termos de uma base neoschumpeteriana, pois a proposta desta tese é o uso do ferramental analítico de acúmulo de capacidades tecnológicas, ou seja, uma análise evolucionária da firma que permita capturar o nível de

capacidade tecnológica em que a firma se encontra no momento em que diversifica para uma base produtiva mais complexa.

Desde a década de 1980 tem ocorrido por parte de muitos pesquisadores uma discussão a respeito da proximidade entre a perspectiva da firma enquanto uma base de recursos e a dinâmica econômica na perspectiva schumpeteriana.

Desta forma, este tópico está dividido em três partes. Os dois primeiros, consiste em pequenos tópicos introdutórios à discussão principal. O tópico 2.2.1 discute a proximidade conceitual entre as perspectivas evolucionárias e a base de recursos. O tópico 2.2.2 apresenta a limitação com relação à concepção de economias de escopo dentro da economia tradicional, ao não considerar a existência de custos de transação. Por fim, o tópico 2.2.3 fundamenta, baseada nos preceitos teóricos da diversificação sob a perspectiva da base de recursos, a proposição desta tese. Entre seus proponentes se destacam o conceito de diversificação nos escritos de Penrose (1959) e da importância da combinação dos conceitos de custos de transação e economias de escopo para o processo de diversificação em Teece (1980; 1982). Outros autores são mencionados de forma pontual.

2.2.1 A proximidade conceitual entre a base de recursos e a perspectiva evolucionária.

Este tópico procura tratar da proximidade de conceitos que influenciaram na opção por embasar um estudo da diversificação a partir do nível acumulado de capacidades pela perspectiva da base de recursos. Desta forma a proposição de que a diversificação para bases produtivas mais complexas é propiciada a partir de certo nível de acúmulo de capacidades tecnológicas, encontra fundamentos na perspectiva da base de recursos para a diversificação da empresa.

A primeira similitude fundamental é a questão da firma ser vista como um conjunto de recursos. Penrose (1959) entendia a firma como uma fonte de recursos, cuja utilização seria organizada no quadro de uma estrutura administrativa. Para a autora, essa “base de conhecimento” é utilizada para fabricação de seus produtos em qualquer momento. Mais especificamente, este elo se dá pelo fato de que os produtos finais fabricados por uma firma, em qualquer momento, representam uma das diferentes maneiras da utilização de seus recursos,

ou seja, é uma decorrência do desenvolvimento das potencialidades básicas da empresa.

Note que a concepção de “serviços potenciais” é muito próximo de capacidades, explorada no sub-tópico 2.1.1. As capacidades dizem respeito às habilidades de se fazer algo, de se implementar recursos em uma direção. No que tange a delimitação para o conceito de capacidades tecnológicas, dizem respeito ao implementar os recursos para o uso da tecnologia como vantagem estratégica da firma.

Esta proximidade conceitual é extremamente importante para a utilização de preceitos existentes na perspectiva da base de recursos sobre a diversificação para fundamentar a diversificação na proposição desta tese.

Penrose (1959) descreve dois tipos de recursos existentes dentro da empresa: (i) os recursos materiais que constituem de objetos tangíveis – como instalações, equipamentos, recursos do solo e naturais, matérias-primas, bens semiprocessados, refugos e subproduto, além dos estoques não-vendidos de produtos acabados. (ii) Recursos humanos disponíveis numa firma – tal como a força de trabalho qualificada ou não, com habilidades administrativas, financeiras, jurídicas, técnicas, gerenciais etc.

Teece, Pisano e Shuen (1997) ao aplicarem o conceito de recursos da “*resource view*” para a abordagem das capacidades dinâmicas¹³ da firma preferem utilizar o termo “ativos específicos”:

One strand of this literature, often referred to as the 'resource-based perspective,' emphasizes firm-specific capabilities and assets and the existence of isolating mechanisms as the fundamental determinants of firm performance... Rudimentary efforts are made to identify the dimensions of firm-specific capabilities that can be sources of advantage... We refer to this as the 'dynamic capabilities' approach in order to stress exploiting existing internal and external firm specific

¹³ Não é do intento desta tese abordar a literatura a respeito das capacidades dinâmicas, uma vez que a proposição desta tese delimita a análise ao ferramental analítico das capacidades tecnológicas. O intento do exposto acima é demonstrar a proximidade e o emprego de conceitos em comum entre a perspectiva evolucionária e a da base de recursos.

competences to address changing environments (TEECE, PISANO E SHUEN, 1997, p. 510).

Complementam Kor e Mahoney (2004, p. 184), “Penrose (1959) provides an explanatory logic to unravel causal links among resources, capabilities, and competitive advantage, which contributes to a resource-based theory of competitive advantage”.

Outra proximidade que se destaca diz respeito a contraposição a interpretação tradicional da homogeneidade da firma. A argumentação desenvolvida por Penrose compreende a empresa como uma entidade complexa orientada para o crescimento, e não como mero agente definidor de preços e de quantidades de equilíbrio (BRITTO, 2002). Montgomery (1994, p. 167) descreve “...the resource view...differs from orthodox economic theory in two important respects: first, it focuses on heterogeneous, not homogeneous, firms; and, second, it is a theory of growth, not equilibrium.

Complementa Matheus (2002, p. 32):

Resources are the productive assets of firms, the means through which activities are accomplished. The basic insight that separates the RBV of the firm, and evolutionary economics generally, from conventional economic and industrial organization analysis, is that resources are seen as lending distinctiveness to firms, i.e. generating heterogeneity. There is no “representative” firm in the resource economy.

Este aspecto é importante porque os mesmos recursos, dada a heterogeneidade das firmas, podem ter valor diferente entre as diferentes firmas, vindo a serem utilizados de forma diferente. Matheus (2002) salienta que essa heterogeneidade na maneira como os recursos são empregados está relacionada as estratégias da firma em cada momento.

Britto (2002) descreve que sob a perspectiva da firma como uma base de recursos, o processo de crescimento tem a capacidade de internalizar a tomada de decisões à empresa, ao reforçar a dimensão administrativa/deliberativa e ao diminuir a importância das forças de mercado na alocação dos recursos produtivos. O papel do mercado, como força abstrata que conduz necessariamente a uma situação de equilíbrio, é substituído pela ação da concorrência intercapitalista.

Estas questões, envolvendo a heterogeneidade e as diferenças estratégicas nas firmas vão de encontro com a explicação da trajetória

tecnológica da empresa *latecomer* que, para fazer o *catching up* em inovação, precisa se engajar em um contínuo e sistemático processo de aprendizagem tecnológica. Existe um importante componente de intencionalidade.

Existe, no entanto, três principais distanciamentos entre a perspectiva da base de recursos e a perspectiva neoschumpeteriana. Primeiro, de acordo com Mathews (2002), a perspectiva da base de recursos carece do elemento dinâmico da economia. Neste sentido, é uma abordagem não evolucionária, que não considera as mudanças dinâmicas do mercado. Em segundo, a perspectiva da base de recursos é menos clara com relação a definições conceituais do que a perspectiva evolucionária, que utiliza conceitos como rotinas, conhecimento tácito e *path dependence*. Em terceiro, Britto (1993) afirma que os modelos com base em recursos apresentam uma análise superficial quanto aos mecanismos de aprendizagem tecnológicos bem como a falta de uma abordagem evolucionária, de forma a caracterizar em suas discussões sobre a diversificação uma “dinâmica diversificante”.

Britto (1993) acrescenta como importantes limitadores a análise baseada em recursos que uma investigação da diversificação deve considerar questões relacionadas as especificidades da dinâmica tecnológica de cada indústria, bem como incorporar a existência de oportunidades tecnológicas geradas pelo avanço cumulativo do conhecimento técnico-científico.

A análise original de Penrose pode ser complementada por interpretações que concebem as empresas como organizações dotadas de competências específicas, que evoluem ao longo do tempo como resultado de processos internos de aprendizado em função de mudanças adaptativas realizadas diante das alterações nas condições ambientais. Estas interpretações ressaltam a importância de processos cumulativos de aprendizado que alteram permanentemente as competências organizacionais e tecnológicas das empresas (BRITTO, 2002, p. 329).

Isto posto, Britto (1993) descreve que uma “dinâmica diversificante evolucionária” deve orientar-se por três elementos: (i) o nível específico de capacidade tecnológica dos agentes; (ii) a dinâmica tecnológica particular de cada indústria; (iii) a existência de

oportunidades tecnológicas exógenas, resultantes do avanço cumulativo do conhecimento técnico-científico.

Este tópico procurou salientar a proximidade que o conceito da firma enquanto uma base de recursos, de que estas são empregadas por uma base administrativa e, por consequência, da heterogeneidade entre as firmas e da importância das estratégias adotadas pelas mesmas no uso de seus recursos são predefinições importantes para basear a proposição de uma diversificação a partir do acúmulo de capacidades tecnológicas.

2.2.2 As limitações da teoria clássica de economias de escopo

Este tópico procura dar o embasamento para a discussão posterior, ao explorar uma limitação importante, explanada por Teece, na vertente tradicional sobre a existência de economias de escopo, a saber, ao não considerar os custos nas transações de mercado. Este conceito, explorado primeiramente por Coase e aprofundado por Williamson é importante não somente por embasar a proposição desta tese, como por ir de encontro ao fundamento macroeconômico de complexidade econômica, explorada na parte dois deste capítulo.

Para a economia clássica a tomada de decisão por estruturar a produção para determinados setores ou produtos baseia-se nas vantagens comparativas de custos, determinadas por suas dotações de fatores e a eficiência da alocação destes, seguindo a sinalização de mercado quanto a preço, quantidades e lucratividade relativa (TOREZANI e PIPER, 2014).

Desta forma, a firma é usualmente vista como adquirente de uma série de insumos, do qual se obtém um ou mais produtos vendáveis, em que as quantidades estão relacionadas a quantidades de insumos em uma função de produção. A promoção da divisão do trabalho (entendida como a promoção da especialização do trabalho e máquinas) oferece menores custos em larga escala (STIGLER, 1951).

O aumento da escala¹⁴ implica no ganho dos empresários com a expansão da fatia de mercado, o que implica a expulsão da fatia de

¹⁴ Na teoria microeconomia o termo “retornos de escala” se refere à como a produção responde quando todos os insumos variam na mesma proporção, ou seja, quando a escala inteira de operação aumenta ou decresce proporcionalmente. As medidas da variação destas proporções incluem o produto marginal e o produto médio. Pode-se obter assim a elasticidade da produção por insumo que mede a resposta percentual da produção para a

mercado pertencente a empresas rivais. Para a teoria clássica, as curvas de custos existentes na função de produção dependem apenas da taxa de produção e do nível tecnológico empregado (STIGLER, 1951).

Sob tais pressupostos convencionais, descreve Williamson (1971), a integração vertical¹⁵ é uma anomalia, pois se os custos de operar na competitividade do mercado é zero, ou seja, se não há custos de transação, não há nenhum motivo que explique a opção de uma firma pela integração ao invés de operar no mercado.

O raciocínio clássico é “universal”, no sentido de que as variáveis de qualquer economia são dadas, sendo constantes e independentes das características específicas de cada sociedade¹⁶. Dado que os agentes econômicos são dotados de perfeita racionalidade, as

mudança em um por cento no insumo “i”. Tal medida permite saber se os retornos de escala são constantes, crescentes ou decrescentes (JEHLE e RENY, 2011).

¹⁵ A integração vertical é uma estratégia usada pela firma em que a firma passa a ter controle sobre outras etapas do processo produtivo de uma cadeia de valor. A integração pode ser para frente ou para trás na cadeia produtiva. No caso de uma integração para frente, esta pode se referir a uma empresa que decide além da produção passa a distribuir também o produto. No caso de uma integração para trás, esta pode ser uma empresa distribuidora que passa a produzir os produtos que vende. A integração horizontal remete a abertura de novas empresas (ou aquisição) do mesmo produto ou serviço que a empresa originalmente oferece.

¹⁶ Deve-se ter em mente um ponto crucial de divergência de análise entre os clássicos e os neoschumpeterianos e os institucionalistas. Enquanto os clássicos têm uma interpretação “estática”, tanto os neoschumpeterianos quanto os institucionalistas tem uma visão evolucionista e darwinista da sociedade. O caráter darwinista dos neoschumpeterianos é explorado no tópico 2.3 deste capítulo. Em relação aos institucionalistas, embora não seja do intento desta tese aprofundar-se nesta vertente, limitando-se a análise as questões relacionadas aos custos de transação de Coase, destaca-se que a perspectiva evolucionária é observada já em Veblen. O autor (1898), ressalta a importância do homem e seus hábitos na conformação dos processos econômicos, bem como defende as mudanças como um processo cumulativo. O estudioso foca sua análise no material humano da comunidade industrial, cuja mudança ocorre pela sequência acumulada de mudanças no saber fazer. Também Oser e Blanchfield (1987) descrevem que para os institucionalistas o desenvolvimento e o crescimento são processos cumulativos, em analogia com o evolucionismo de Darwin na biologia, o que significa que a sociedade está em constante mudança.

diferentes instituições¹⁷ tendem a uma “evolução linear e inexorável” de forma a atingirem um nível de perfeita adequação às necessidades dos mercados e suas transações. Desta forma, uma vez que as instituições seriam capazes de “ajustes instantâneos”, não existiriam dificuldades em dirimir dilemas contratuais, e, portanto, não existiriam custos de transações nas relações de troca (NORTH, 1994).

É desta forma que pela lógica clássica, não haveriam produtos intermediários produzidos dentro das firmas, pois todas as firmas ao se especializarem seriam produtoras de produtos finais que, pelo intercâmbio do mercado, alguns produtos seriam “insumos” dentro da função de produção de outras empresas. No entanto, o que se observa no mundo real é a existência de empresas organizadas na forma de multiprodutoras (ou seja, a diversificação na produção de diferentes produtos) ou na forma da integração das etapas de produção.

Para a economia clássica tradicional, a explicação para a existência de empresas multiproduto se dá pela existência de economias de escopo. Conforme Willig (1979), a empresa obtém economias de escopo sempre que a produção conjunta de dois bens por uma empresa é menos dispendiosa do que os custos combinados de produção de duas firmas especializadas.

Complementa Briglauer (2000) que o termo sinergia na literatura econômica tradicional refere-se aos ganhos em eficiência que advém de vantagens relacionadas a custos. Em que ao se analisar a firma multiproduto, potenciais vantagens de custos advém da instalação conjunta, cunhadas de economias de escopo. Em termos matemáticos Matematicamente: $c(y_1, y_2) < c(y_1, 0) + c(0, y_2)$.

Economies of scope arise from inputs that are shared, or utilized jointly without complete congestion. The shared factor may be imperfectly divisible, so that manufacture of a subset of the goods leaves excess capacity in some stage of production. Or some human or physical capital

¹⁷ As instituições, descreve North (1991; 1994) são as “regras do jogo” existentes em uma sociedade. São os limites (formais e informais) que o homem estabelece para disciplinar e organizar as interações políticas, econômicas e sociais. As limitações informais consistem nas sanções, tabus, costumes, tradições, e códigos de conduta, e as regras formais são as constituições, leis e direitos de propriedade. Historicamente as instituições têm sido tidas pelos humanos para criar ordem e reduzir incerteza nas trocas.

may be a public input which, when purchased for use in one production process, is then freely available to another (WILLIG, 1979, p. 346).

Desta forma, a diversificação seria o resultado do desenvolvimento de técnicas complementares entre dois ou mais mercados. Um exemplo de integração de dois processos de produção é o da fábrica de metal e do aço, onde economias térmicas são alcançadas dada que suas técnicas de produção são complementares (WILLIAMSON, 1971).

É desta forma que a teoria da firma neoclássica tradicional que, ao assumir as entidades maximizadoras de lucro como operando com produtos competitivos, em uma economia sem custos de transação e equilíbrio competitivo, explica a existência de empresas multiprodutos, pela existência de economias de escopo (ou seja, operando em sinergia) (TEECE, 1982).

No entanto, Teece (1982) questiona que, desde que os custos de transação sejam zero não há motivo que estimule a firma a adotar estruturas multiproduto, pois as economias de escalas decorrentes da realização de contratos de mercado “compartilhando” os serviços e insumos igualariam os custos econômicos das economias de escopo, tornando os arranjos de mercado e a organização interna substitutos perfeitos.

A lógica de Teece (1982) se apoia na premissa de que, em um mundo de custos de transação inexistentes tanto os insumos quanto os fluxos de capitais são livres de riscos, o que implica que não há alteração dos valores investidos em duas empresas ou em uma “fusão”. *“Thus divesting multiproduct firms or diversifying specialized one is a transformation lacking economic significance in the context of a neoclassical economy”* (TEECE, 1982, p. 41).

Isto posto, entende-se desta seção que existe uma contradição entre a explicação clássica a tendência a especialização e a existência de empresas multiprodutos baseadas em economias de escopo. O argumento que fundamenta a explicação da existência de empresas multiproduto em decorrência da existência de economias de escopo é a existência de custos de transação. Este aspecto bem como outros que explicam a diversificação da firma enquanto uma consequência dos possíveis usos de seus recursos, são exploradas no próximo sub-tópico.

2.2.3 A diversificação na perspectiva da firma como base de recursos

Este tópico explora os conceitos, fortemente baseados em Penrose (1959) e Teece (1980; 1982), sobre porque no mundo “de carne e osso” existem empresas multiproduto. Para tanto, primeiro se discute o conceito de diversificação em Penrose e Teece. Posteriormente, se explora a importância dos custos de transação para alicerçar a explicação da existência de empresas multiproduto. Depois, discute-se com base em Teece e Penrose os estímulos que as empresas têm para direcionarem recursos na constituição da empresa multiproduto ao invés de reinvestirem no aumento da produção de seu produto principal.

A diversificação em Teece (1980; 1982) é a mesma utilizada por Gort (1960), que descreve que uma diversificação é um aumento na heterogeneidade da produção do ponto de vista do número de mercados supridos por esta produção. Ou seja, para Teece, uma diferenciação é considerada uma diversificação.

Para Penrose (1959) uma firma diversifica suas atividades sempre que, sem abandonar completamente suas antigas linhas de produtos, parte para a fabricação de outros produtos, inclusive produtos intermediários, suficientemente diversos daqueles que ela já fabricava, e cuja produção implique diferenças significativas nos programas de produção e/ou distribuição da firma.

Esse aspecto é extremamente relevante, pois o critério para a definição do nível de diversificação recai sobre os processos de produção e distribuição e não sobre os produtos efetivamente produzido¹⁸. Esta diversificação sobre os processos de produção e distribuição acaba incorrendo em incrementos na variedade de produtos finais fabricados, incrementos na integração vertical e incrementos no

¹⁸ Esse critério é adequado para este estudo, uma vez que a tese quer investigar o que sustentou a diversificação de uma empresa *latecomer*. O foco está, assim como para Penrose, no processo. Não obstante, a própria autora entendia como pouco produtivo focar no número de produtos que uma empresa entrega para medir diversificação. Tal foco poderia gerar resultados discutíveis. A seguinte citação é um exemplo: “Se a firma A fãbrica vinte produtos e a firma B somente quatro, seria sensato concluir que a firma A é mais diversificada? Modificar-se-ia nossa conclusão se viéssemos a saber que os vinte produtos da firma A são vinte tipos de sapatos, ao passo que os quatro produtos da firma B são tratores?” (Penrose, 1979).

número de áreas básicas de produção nas quais a firma opera. Dito de outra forma, o critério adotado nesta tese de diversificação é baseada em Penrose, considerando a definição em Teece como diferenciação.

Penrose (1959) descreve que a firma no processo de expansão de suas linhas principais de produção, sempre terá recursos que são usados de forma parcial. Os serviços “ociosos” abrangem desde os derivados de recursos que poderiam tornar-se subprodutos, até homem-horas ou máquinas-horas não utilizados em vários estágios do processo produtivo ou dos quadros administrativos.

Even though a firm may not need a full-time salesman, engineer, or ‘trouble shooter’, it is often impossible, or at best difficult and disproportionately expensive, to acquire a part-time one, and for a given scale of operations it may be preferable to acquire a resource and use it only partly than to do without it (PENROSE, 1959, p. 69).

Percebe-se em Penrose um forte componente tácito, em que estes recursos são muitas vezes sub-utilizados e que não é facilmente transacionado pelo mercado. Teece (1980; 1982) avança nesta argumentação ao descrever que uma empresa é uma entidade organizacional que possui *know-how*. Este possui um forte caráter tácito e de *learning-by-doing*, no qual frequentemente *know-how* e habilidades não podem ser facilmente transferíveis.

...there is something like a tacit dimension inherent in knowledge. This impossibility to articulate knowledge, even if one excludes opportunistic behaviour, leads to transactional difficulties that make market transfers unattractive. In contrast, neo-classical theory implicitly assumes that knowledge can be perfectly articulated, because it is stored in a “book of blueprints” to use a commonly cited metaphor (BRIGLAUER, 2000, p. 7).

Sendo assim, Teece (1980) argumenta que não se pode esperar nas relações de troca de mercado o fácil acesso aos proprietários de *know-how*, pois não somente existem altos custos relacionados com a

obtenção destes como também existem impedimentos organizacionais e estratégicos¹⁹ associados com o uso do mercado para efetuar tais transferências.

The seller is exposed to hazards such as the possibility that the buyer will employ the knowhow in subtle ways not covered by the contract, or the buyer might 'leap frog' the licensor's technology and become an unexpected competitive threat in third markets. The buyer is exposed to hazards such as the seller asserting that the technology has superior performance or cost reducing characteristics than is actually the case; or the seller might render promised transfer assistance in a perfunctory fashion (TEECE, 1980, p. 229).

Teece desenvolveu sua argumentação a partir do *framework* desenvolvido por Williamson (1973) para explicar a integração vertical, estendendo-a para uma explicação para o porquê ocorre à diversificação.

Na continuidade deste sub-tópico, volta-se então primeiramente para o *framework* de Williamson, para posteriormente prosseguir a discussão em Penrose e Teece. Williamson (1973) procurou examinar os fatores que induzem a mudança de transações realizadas no mercado para a realização organizada internamente. Para o autor isso ocorre quando o conjunto de transações realizadas no mercado experimentam “fricções”, ou seja, existem divergências das negociações das partes interessadas. Desta forma, o principal problema da organização econômica é dado pelos fatores de transação.

Foi Coase quem primeiro trouxe à tona as questões relacionadas à existência dos custos de transação para o centro da discussão econômica. O autor (1937; 1960) explica que, nas operações de

¹⁹ Amit e Schoemaker (1993) descrevem que alguns recursos da firma, em especial às capacidades, estão sujeitas a falhas de mercado. Isso porque as capacidades implementam recursos que geralmente combinam e consubstanciam processos explícitos e elementos tácitos (tais como know-how e liderança) incorporados nos processos. Formam um conjunto de recursos e capacidades difíceis de negociar e imitar, escassos, apropriados e especializados que conferem a firma vantagem comparativa. Estes ativos tornam-se os determinantes intrínsecos que a firma possui e precedem e incorrem em lucro econômico, advindas de bem sucedidas estratégias competitivas da empresa.

mercado, saber quem são os envolvidos, informar os termos com os quais se pretende conduzir uma negociação (ou seja, as cláusulas contratuais), e realizar o controle necessário para garantir que os termos do contrato sejam respeitados, são operações geralmente muito dispendiosas. Em suma, Coase descreve que na atividade econômica existem custos de transação.

Coase (1960) definira que, em função dos custos de transação envolvidos, muitas destas negociações nem chegam a ser realizadas. Quando os custos de transação são maiores no mercado a firma realiza a operação (ou seja, internaliza as etapas do processo produtivo), já quando os custos de transação são maiores na firma a empresa compra no mercado. Nesse contexto, a delimitação dos direitos de propriedade tem influência na eficiência econômica, pois a transação é a transferência dos direitos de propriedade.

Once the costs of carrying out market transactions are taken into account it is clear that such a rearrangement of rights will only be under taken when the increase in the value of production consequent upon the rearrangement is greater than the costs which would be involved in bringing it about. When it is less, the granting of an injunction (or the knowledge that it would be granted) or the liability to pay damages may result in an activity being discontinued (or may prevent its being started) which would be undertaken if market transactions were costless. In these conditions the initial delimitation of legal rights does have an effect on the efficiency with which the economic system operates. One arrangement of rights may bring about a greater value of production than any other (COASE, 1960, p. 16).

Os custos de transação são gerados pela existência da racionalidade limitada, do oportunismo²⁰ e da incerteza

²⁰ O oportunismo é o esforço realizado pelo indivíduo através da falta de sinceridade ou honestidade nas transações (WILLIAMSON, 1973). Para Lundvall (1988) a confiabilidade é um parâmetro decisivo de concorrência. Se um usuário tiver de escolher entre um produtor conhecido por baixos preços e produtos tecnicamente avançados, mas com um histórico fraco de desempenho moral, e outro produtor conhecido pela confiabilidade, o primeiro será

(WILLIAMSON, 1971; 1973). A racionalidade limitada e a incerteza já foram descritas no sub-tópico 2.1.1. O oportunismo é o esforço realizado pelo indivíduo através da falta de sinceridade ou honestidade nas transações (WILLIAMSON, 1973). Para Lundvall (1988) a confiabilidade é um parâmetro decisivo de concorrência. Se um usuário tiver de escolher entre um produtor conhecido por baixos preços e produtos tecnicamente avançados, mas com um histórico fraco de desempenho moral, e outro produtor conhecido pela confiabilidade, o primeiro será descartado. Caso haja um número de fornecedores consideráveis, este raciocínio limita o comportamento oportunista.

Porém, conforme Fiani (2002), ativos cujas transações ocorrem em pequeno número são designados de ativos específicos. A especificidade dos ativos transacionados reduz os produtores capazes de ofertá-los. O problema associado com a especificidade de ativos é que uma vez que o investimento em um ativo específico tenha sido feito, comprador e vendedor passam a se relacionar de uma forma exclusiva ou quase exclusiva. Esse vínculo entre produtor e comprador, derivado da especificidade dos ativos envolvidos na transação, pode dar origem ao que a literatura convencionou chamar “problema do refém”.

Explana Williamson (1971), que devesse entender que “falhas de mercado” são falhas no que diz respeito ao fato de que o mercado envolve custos de transação que podem ser atenuados substituindo as trocas de mercado pela organização interna. A intermediação de mercado é geralmente preferida ao invés da oferta interna em circunstâncias em que se pode dizer que os mercados “funcionam bem”. Do contrário, a firma opta pela organização interna. O autor salienta três propriedades que estimulam a opção pela organização interna das etapas produtivas: incentivos, controle e vantagens estruturais.

descartado. Caso haja um número de fornecedores consideráveis, este raciocínio limita o comportamento oportunista. Porém, conforme Fiani (2002), ativos cujas transações ocorrem em pequeno número é designado de ativos específicos. A especificidade dos ativos transacionados reduz os produtores capazes de ofertá-los. O problema associado com a especificidade de ativos é que uma vez que o investimento em um ativo específico tenha sido feito, comprador e vendedor passam a se relacionar de uma forma exclusiva ou quase exclusiva. Esse vínculo entre produtor e comprador, derivado da especificidade dos ativos envolvidos na transação, pode dar origem ao que a literatura convencionou chamar “problema do refém”.

Os incentivos se dão principalmente no sentido de atenuar a agressividade jurídica das disputas dos processos de barganha, que tendem a ser intensas e muitas vezes, prolongadas. Os instrumentos de controle que estão disponíveis nas atividades intra-firma e não se encontram nas atividades inter-firma, reforçando a opção pela internalização das etapas produtivas são a própria autoridade constitucional da empresa, que permite o acesso de baixo custo aos dados necessários à empresa para realizar avaliações de desempenho próprio mais precisas do que no caso de acesso a dados de outras possíveis empresas fornecedoras. No sentido dos instrumentos de recompensas e penalidades internos a empresa (o que inclui o uso seletivo da mão-de-obra, promoção, remuneração e os processos internos de alocação dos recursos) são mais suscetíveis de aprimoramentos do que nas mãos de terceiros (WILLIAMSON, 1971).

Desta forma, Williamson (1971;1973) argumenta que todos os conflitos advindos da transação de mercado podem ser evitados se a firma optar pela integração:

...vertical integration may well be indicated. The conflict between efficient investment and efficient sequential decision-making is thereby avoided. Sequential adaptations become an occasion for cooperative adjustment rather than opportunistic bargaining; risk may be attenuated; differences between successive stages can be resolved more easily by the internal control machinery (WILLIAMSON, 1971).

Teece, a partir do *framework* com base nos custos de transação que Williamson desenvolveu para explicar porque as firmas internalizam a produção, desenvolveu uma linha de raciocínio para explicar por que a empresa opta por diversificar.

Teece (1980) argumenta que não se pode esperar nas relações de troca de mercado o fácil acesso aos proprietários de *know-how*, pois não somente existem altos custos relacionados com a obtenção destes como também existem impedimentos organizacionais e estratégicos²¹ associados com o uso do mercado para efetuar tais transferências.

²¹ Amit e Schoemaker (1993) descrevem que alguns recursos da firma, em especial às capacidades, estão sujeitos a falhas de mercado. Isso porque as

The seller is exposed to hazards such as the possibility that the buyer will employ the knowhow in subtle ways not covered by the contract, or the buyer might 'leap frog' the licensor's technology and become an unexpected competitive threat in third markets. The buyer is exposed to hazards such as the seller asserting that the technology has superior performance or cost reducing characteristics than is actually the case; or the seller might render promised transfer assistance in a perfunctory fashion (TEECE, 1980, p. 229).

Adicionalmente, Teece (1980) argumenta que se uma nova aplicação da tecnologia é encontrada, a possibilidade de negociá-la pelas trocas de mercado pode exigir recorrentes intercâmbio, implicando na necessidade de contínuos contatos entre comprador e vendedor. Estes requisitos são extremamente difíceis de especificar *ex ante*.

Exchange is conducted between independent firms under obligational arrangements, where both parties realize the paramount importance of maintaining an amicable relationship as overriding any possible short-run gains either might be able to achieve. But as transactions become progressively more idiosyncratic, obligational contracting may also fail, and internal organization (intrafirm transfer) is the more efficient organizational mode (TEECE, 1980, p. 229).

Uma vez que a transferência do *know-how* inter-firma tem custos de transação consideráveis, para Teece (1980, 1982), a transferência de informações confidenciais ou conhecimento para atividades alternativas intra-firma é suscetível de gerar economias de

capacidades implementam recursos que geralmente combinam e consubstanciam processos explícitos e elementos tácitos (tais como *know-how* e liderança) incorporados nos processos. Formam um conjunto de recursos e capacidades difíceis de negociar e imitar, escassos, apropriados e especializados que conferem a firma vantagem comparativa. Estes ativos tornam-se os determinantes intrínsecos que a firma possui e precedem e incorrem em lucro econômico, advindas de bem sucedidas estratégias competitivas da empresa.

escopo se a empresa puder aprender métodos organizacionais que permitam realizar a transferência a baixo custo.

Desta forma, Teece (1980) argumenta que existem duas questões importantes para a empresa capturar economias de escopo, tanto em relação ao material humano quanto ao fator capital. A primeira é se a produção de dois ou mais produtos dependem da mesma base de *know-how* e se é necessária uma troca recorrente. Em segundo se um ativo indivisível e específico é um insumo comum na produção de dois ou mais produtos.

Tanto o ativo *know how* quanto o ativo físico podem ser indivisíveis. A indivisibilidade no caso do *know-how*, decorre de, por exemplo, funcionários que tenham o conhecimento em fazer ferramentas para diferentes geometrias de chapas a serem utilizadas por uma mesma prensa. Teece (1980) descreve que um ativo pode ser indivisível de duas maneiras. Uma é a utilização de um projeto em larga escala, que utiliza uma capacidade projetada, permitindo baixos custos médios para a execução da produção (como uma caldeira que tenha um determinado tamanho visando um volume de produção). O segundo tipo envolve a indivisibilidade associada com o *know-how*, por apresentar um forte caráter *learning-by-doing* e conhecimento tácito.

A especificidade do ativo já foi comentada acima, em Fiani (2002). Diz respeito, por exemplo, a uma caldeira, utilizada para fundir o ferro que pode vir a constituir a carcaça de um motor, um gerador, ou um aerogerador.

Note que Teece não se distancia da concepção clássica de economias de escopo. No entanto, a contribuição na discussão em Teece é que a explicação por internalizar tais recursos em novas bases produtivas ao invés de vendê-las no mercado necessariamente tem de considerar a existência dos custos de transação, dadas a indivisibilidade e especificidade dos ativos, a racionalidade limitada dos agentes e, conseqüentemente, a possibilidade de haver comportamentos oportunistas que geram incertezas que circundam as transações de mercado, ou o receio das empresas com relação a intercambiar no mercado seus ativos estratégicos.

O aspecto central do raciocínio é que a indivisibilidade dos ativos incorre, à medida que a firma especializada expande sua produção, na firma necessitar adquirir novos ativos e, ao fazê-lo, terá sempre uma parte destes “recursos” sub-empregados. Caso não houvesse custos de transação uma firma poderia, por exemplo, “alugar” parte do

conhecimento de um funcionário, por meio período para outra empresa. Com custos de transação, tal como o comportamento oportunista que gera o risco de perder tal funcionário para outra empresa, ou mesmo que esta outra empresa venha a ter acesso através deste funcionário a segredos industriais, é preferível não realizar a transação no mercado.

Percebe-se que o raciocínio de Teece sobre a indivisibilidade dos recursos subempregados segue o raciocínio de Penrose sobre a indivisibilidade dos recursos ociosos. A indivisibilidade advém das imperfeições de mercado, que não permitem a firma expandir seus recursos na exata medida em que precisa (como a contratação de um engenheiro por tempo integral, mesmo precisando apenas por dois dias de trabalho. É preferível tê-lo subutilizado do que não o ter).

...how a firm accumulates free resources in the lapse of time. One explanation makes reference to indivisible inputs in combination with market imperfections. Indivisibilities get explanatory power, if the firms market capacity in existing markets is too low to fully employ the indivisible input (BRIGLAUER, 2000, p. 6).

É neste sentido que podem surgir economias de escopo, tal como descreve Willig (1979, p.346):

...economies of scope arise from inputs that are shared, or utilized jointly without complete congestion. The shared factor may be imperfectly divisible, so that the manufacture of a subset of the goods leaves excess capacity in some stage of production, or some human or physical capital may be a public input which, when purchased for use in one production process, is then freely available to another.

Perceba que o entendimento de Willig pode ser estendido para uma perspectiva neoschumpeteriana, no qual o caráter de “insumos públicos”, significa que “Some inputs have the characteristics of a public good in a sense that these inputs can be used in several production processes in a non-competing way without any substantial decline in the value of the public good” (BRIGLAUER, 2000, p. 5). Ou seja, insumos que podem ter diversas aplicabilidades (são públicos no

sentido de acessíveis a uma série de potenciais usos) podem ser entendidos como um núcleo de competências com diversas aplicabilidades, tal como sugere Teece.

A diversificação, portanto, seria acompanhada de uma ampliação e/ou reorganização dos recursos da firma. Mesmo a aquisição de outra fábrica em segmento muito diferente do produto principal teria de ser gerida por recursos organizacionais e de gestão intrínsecos a empresa adquirente.

Montgomery (1994, p. 167) complementa:

The resource view argues that rent-seeking firms diversify in response to excess capacity in productive factors, here called resources. These include factors the firm has purchased in the market, services the firm has created from those factors, and special knowledge the firm has accumulated through time.

Para a análise sobre o processo produtivo Penrose chama atenção para a base tecnológica de cada produto, que consistiria em um tipo de “atividade produtiva que utiliza máquinas, processos, habilidades e matérias-primas, todas complementares e intimamente associadas no processo de produção” Penrose (1979, p.9). Uma firma pode operar com mais de uma base tecnológica e a delimitação de seus contornos pode ser extremamente complexa. O elemento definidor de uma nova base e, portanto, de um processo de diversificação a partir do processo produtivo reside nos passos na direção de uma nova base tecnológica exigidos para que a firma tenha se tornado competente nessa nova base (PENROSE, 1979).

Já se descreveu no início deste sub-tópico que a definição de uma diversificação adotada nesta tese baseia-se em Penrose, na existência de diferenças significativas na base produtiva. Na discussão dentro da perspectiva da diversificação enquanto uma consequência da base de recursos da firma, Teece alicerçou o pensamento penroseano ao explorar os custos de transação como fator intrínseco a tomada de decisões da firma.

Teece (1980, 1982) pointed out that the economies of scope Penrose described have no direct implications for the breadth of the firm unless their external transfer is subject to market failure. That

is, if a firm's unused resources can be efficiently sold in the market, the rationale for diversification evaporates. It is reasonable to expect, however, that market failures do exist in the sale of many of these assets, particularly as one moves from physical assets the firm has purchased to the services and knowledge it has created itself (MONTGOMERY, 1994, p. 167).

O argumento de Penrose (1959) para a diversificação se baseou em dois pontos: (i) Motivo de maior lucratividade - Basta os mercados existentes se tornarem relativamente menos lucrativos que qualquer outra possibilidade de investimento para que se tenha estímulo a diversificação. Esse movimento pode ocorrer tanto pelo surgimento de novos investimentos, que se mostrem aparentemente mais lucrativos, quanto pelo declínio da lucratividade nas atividades às quais a firma já opera. (ii) Motivo de risco e incerteza - Os risco e incertezas são inerentes ao desenvolvimento de qualquer atividade. A especificação em poucos produtos similares, principalmente bens de capital, tornam as firmas mais vulneráveis a flutuações de demanda, a riscos regulatórios e a possíveis pressões induzidas por concorrentes e novos entrantes.

Desta forma, a diversificação é entendida pelas empresas como solução para alguns dos possíveis movimentos desfavoráveis nas condições de demanda e como uma estratégia de mitigação de riscos.

Já Teece a partir do pressuposto de que os custos de transação são inerentes ao mercado descreve que a decisão de diversificar ou não estão relacionados a duas análises por parte da firma: (i) Aos custos de transacionar no mercado comparados aos custos de internalizar a produção; (ii) Os possíveis retornos entre reinvestir o excesso de recursos da empresa especializada em seu produto principal ou diversificar. Analisa-se abaixo estes dois aspectos.

Para Teece (1980; 1982), a transferência de *know-how* para atividades alternativas é suscetível de gerar economias de escopo se a empresa puder aprender métodos organizacionais que permitam realizar a transferência a baixo custo.

Neste sentido, Willig (1979, p. 347), faz um paralelo entre os custos da diversificação e os custos em uma empresa especializada:

The incremental cost of a product line is the extra cost of adding the production of that line to the other outputs of the firm...the average incremental

and marginal cost curves are interrelated in the same way as are single product average cost and marginal cost curves.

Para Teece (1980), o custo marginal de empregar o núcleo de conhecimento (já construído na empresa) em um empreendimento diferente será muito menor que o seu custo médio de produção e de disseminação (transferência)²². Consequentemente, a transferência e aplicação do conhecimento para atividades produtivas alternativas provavelmente irá gerar economias importantes.

Desta forma, a opção pela diversificação ou não do emprego dos recursos de uma empresa tem de considerar os custos de transferência interna com os custos contratuais da relação intra-firma no mercado:

An example will make this point clear. Assume that a machine can manufacture two products, A and B respectively, and that the joint production of A and B exhibits economies of scope. So, on no account does this particular cost function imply a joint production organisation. Instead, the owner of the machine could rent the machine's services to another firm. Moreover, one can imagine various further contractual constellations that lead to efficient production of outputs among single product firms. ...market transaction costs must outweigh transaction costs that arise within a multiproduct organization (BRIGLAUER, 2000, p. 7).

Sendo assim, o acúmulo de competências da firma pode permitir a firma migrar para outros produtos e oferecê-los a custos competitivos:

...a firm's particular advantage is defined not in terms of products but in terms of capabilities. The firm is seen as possessing a specialized knowhow or asset base from which it extends its operations

²² Note que o “custo de disseminação” a que Teece refere-se, remete ao “custo incremental” citado por Willig.

in response to competitive conditions (TEECE, 1982, p. 54).

...diversification based on scope economies does not represent abandonment of specialization economies in favor of amorphous growth. It is simply that the firm's comparative advantage is defined not in terms of products but in terms of capabilities. The firm is seen as establishing a specialized knowhow or asset base from which it extends its operations in response to competitive conditions (TEECE, 1980, p. 233).

Discutidos os argumentos de Teece a respeito das opções da firma entre os custos de transacionar no mercado comparados aos custos de internalizar a produção, volta-se a seu argumento sobre os possíveis retornos entre reinvestir no produto principal ou diversificar a produção.

Teece (1982) descreve que o excesso de recursos da empresa especializada pode, naturalmente, ser reinvestido em seu negócio tradicional. Caso a empresa se defronte com uma curva de demanda perfeitamente elástica²³, terá uma capacidade distinta (custos baixos) em seus mercados e negócios tradicionais.

No entanto, salienta Teece (1982), se assumir-se que em algum ponto retornos competitivos podem não ser mais obtidos através do reinvestimento nos mercados internos ou no exterior em que opera, seja por causa de um declínio na demanda devido a questões relacionadas ao ciclo de vida do produto²⁴, ou porque a firma se defronta a um finito grau de elasticidade em sua curva de demanda, em que o reinvestimento e a expansão servirá para baixar os preços e os lucros, a empresa terá um estímulo a diversificar para outros mercados.

²³ A elasticidade mede o quanto uma variável pode ser afetada por outra. No caso da demanda perfeitamente elástica, remete as premissas microeconômicas de que, dado o preço de mercado, se a empresa ofertar seus produtos acima do preço de mercado a quantidade demandada por seu produto cai a zero. De outro lado, se a empresa ofertar seus produtos com preço abaixo do de mercado, a quantidade demandada aumenta de forma ilimitada. Para mais detalhes ver Varian (1992) e Jehle e Reny (2011).

²⁴ A teoria do ciclo do produto foi amplamente discutida no sub-tópico 2.1.1 deste capítulo, com base nos escritos de Vernon (1966) e Utterback e Abernathy (1975).

Discutidos os aspectos em Penrose e Teece que fundamentam os incentivos a opção por diversificar por parte da empresa, cabe explorar os limites para a diversificação.

Penrose (1959) ao enxergar a firma como um conjunto de recursos dentro de uma mesma estrutura administrativa, explica que o limite à expansão, seja na forma de expansão da produção de seus bens tradicionais ou na forma da diversificação, se apresenta pelos problemas gerenciais de regulamentação das relações que os diversos departamentos ou matriz e filiais potencialmente tendem a desenvolver.

Cita-se entre as questões de estrutura administrativas e suscetíveis de surgir potenciais conflitos a elaboradas políticas globais homogêneas, coordenação dos procedimentos de contabilização e coordenação das políticas de pessoal, bem como numerosas outras questões de responsabilidade dos departamentos de apoio administrativo (PENROSE, 1959).

Para Teece (1980) os custos do acesso ao *know-how* podem aumentar se a transferência simultânea for realizada para várias aplicações diferentes, incorrendo em um “congestionamento” associado ao *know-how*:

...if the common input is knowhow... the cost of accessing it may increase if the simultaneous transfer of the information to a number of different applications is attempted...the human factor is critically important in technology transfer...as the demands for sharing knowhow increase, bottlenecks in the form of over-extended scientists, engineers, and managers can be anticipated (TEECE, 1982, p. 53).

Em síntese, este sub-tópico explorou, sob a perspectiva da base de recursos, os motivos pelo qual uma empresa opta pela diversificação. Esta opção se faz por uma série de pontos de convergência entre a perspectiva da base de recursos e o conceito de capacidades tecnológicas.

A particularidade da organização humana na forma de uma empresa explorada por Penrose, em que cada empresa é singular, em meio a um ambiente competitivo, de racionalidade limitada, cercada de incerteza e riscos, é um aspecto alinhado à perspectiva evolucionária neoschumpeteriana.

Os argumentos de Teece também apresentam alinhamento à perspectiva neoschumpeteriana, pois é alicerçada na análise do processo inovativo envolvendo questões em torno de elementos de criatividade, conhecimento tácito e rotinas.

O caráter da empresa ser vista como uma base de recursos, e que essas são intrínsecas à empresa e de difícil difusão pelo mercado presente em Penrose e Teece, está em sintonia com a perspectiva da construção acumulativa de competências. Há, na perspectiva da base de recursos, um importante papel dado ao esforço do ser humano organizado na forma de uma empresa para o desempenho de seus recursos. A intencionalidade e a capacidade de executá-la diferenciam as firmas, o que implica em capacidades diferenciadas e, provavelmente, únicas.

Ao explorar a importância que os custos de transação de Coase têm para fundamentar a existência de economias de escopo, Teece adiciona um importante *enforcement* à perspectiva penroseana baseada em recursos para explicar a diversificação.

No entanto, Teece não faz uma distinção entre diferenciação e diversificação. Neste sentido, a proposta de pesquisa desta tese se baseia em Penrose, em que uma firma se diversifica sempre que os recursos são reorganizados em uma base produtiva suficientemente diferente dos produtos principais da empresa.

No que tange as limitações em Penrose, Mathews (2002) salienta que a perspectiva da base de recursos é “não-evolucionária” ao não considerar a dinâmica de mercado. Neste sentido, a abordagem da base de recursos tem caráter estático.

Teece desenvolveu este avanço em importantes trabalhos como em Teece e Pisano (1994), e Teece, Pisano e Shuen (1997), que exploram a construção de vantagens competitivas por parte das empresas a partir do conceito de capacidades dinâmicas. Porém, não discute tais questões a partir de uma perspectiva da dinâmica da diversificação.

Brito (1993) sugere que uma “dinâmica diversificante” deve considerar o nível específico de capacidade tecnológica, a dinâmica particular de cada indústria, e a existência de oportunidades tecnológicas exógenas, como por exemplo, a difusão da eletrônica de potência na indústria eletromecânica, que ocorreu a partir de meados de 1970.

Acredita-se que os fundamentos expostos neste sub-tópico, fortemente embasados nos escritos de Penrose (1959) e Teece

(1980;1982), alicerçam a proposição da construção das capacidades tecnológicas enquanto estímulo para a diversificação. Não somente, pois, quanto maior o nível de capacidade tecnológica que a empresa apresentar, maior será a possibilidade da firma diversificar para mercados mais complexos.

Espera-se, neste sentido, contribuir para um ferramental analítico. Não há uma pesquisa, até onde pude observar, sobre o nível de esforços e os tipos de capacidades tecnológicas que ajudaram no processo de diversificação da firma. O esforço da tese foi utilizar um ferramental nesse sentido, tendo como pano de fundo uma empresa localizada em um país em desenvolvimento (empresa *latecomer*) e que, por isso, inicia suas atividades atrasada em relação a seus concorrentes.

PARTE 2 - ASPECTO MACROECONOMICO

A segunda parte deste capítulo dá sustentação macroeconômica para a proposição desta pesquisa. Para tanto, explora-se o aspecto macroeconômico neoschumpeteriano do sistema de inovações. Isso porque uma proposta de estudo da acumulação de capacidades tecnológicas de uma empresa *latecomer* e os respectivos mecanismos de aprendizagem para a acumulação de competências não pode ser realizada sem considerar outras organizações que circundam a empresa. A delimitação dos fatores macroeconômicos explorados para esta tese se encontra descrita no capítulo metodológico.

2.3 A PERSPECTIVA SISTÊMICA DA INOVAÇÃO

A perspectiva neoschumpeteriana procurou dar fundamento microeconômico ao processo de mudança tecnológica como motor endógeno do desenvolvimento, desenvolvido por schumpeter. Desta forma, o enfoque neoschumpeteriano volta sua análise para o que acontece dentro da empresa, no chão de fábrica.

Contudo, embora a perspectiva neoschumpeteriana possua um “olhar micro”, este não está limitado a microeconomia. Isto porque a empresa ela está necessariamente inserida em um meio ambiente, no qual a empresa interage. A perspectiva sistêmica da inovação discute os diversos elementos de uma determinada região e as relações entre estes, que formam um “sistema” para um determinado fim. Desta forma, um sistema de inovações remete aos elementos e suas relações para inovar.

É neste sentido que a perspectiva neoschumpeteriana tem um olhar “de dentro para fora”, em que o enfoque é a análise da firma, mas essa análise é acompanhada do fundamento macroeconômico, na interação com os elementos que propiciam a inovação.

Isto posto, este tópico discute primeiramente a diferença de perspectivas entre as vantagens comparativas clássicas e a perspectiva schumpeteriana de vantagens dinâmicas. Posteriormente, discute-se a importância dos sistemas de inovações, que aborda aspectos relacionados às características, causas e consequências dos processos de inovação. Entre seus principais proponentes encontra-se Nelson, Freeman, Lundval, Malerba e Edquist.

O esforço de emparelhar os países da América Latina aos países desenvolvidos, realizado de 1950 a 1980, não conseguiu realizar o *catching up*, que o processo de substituição de importações adotado pretendia. A perspectiva era que, uma vez realizada a transferência da tecnologia já madura²⁵ para os países em desenvolvimento, no qual as melhorias incrementais nos produtos e processos já estão consolidadas, podendo ser assimiladas por mão de obra de baixa qualificação técnica, o “empresário inovador” schumpeteriano iria naturalmente ocorrer dentro das empresas, a partir do conhecimento tácito que se construiria nas rotinas estabelecidas dentro das empresas.

No entanto, conforme Dosi (1982), embora a relação entre o crescimento econômico e a mudança do progresso técnico esteja bem reconhecida pelo pensamento econômico (relação esta primeiramente evocada por Schumpeter), há problemas com a direção desta relação causal, o grau de independência vis-à-vis os mecanismos endógenos de

²⁵ Para melhor entendimento das fases de um paradigma tecnológico recomenda-se a leitura de Perez (2001). A autora descreve que um paradigma tecnológico possui 4 fases. Logo que uma inovação radical dá origem ao aparecimento de um produto novo, capaz de sustentar o desenvolvimento de uma nova indústria, há um período inicial de intensa inovação e otimização, para alcançar aceitação dos produtos no segmento correspondente do mercado. A interação com o mercado pronto determina a direção das melhorias, os quais muitas vezes define um designe dominante. A partir desse ponto, e à medida que crescem os mercados, as inovações vão registrando sucessivas melhorias incrementais para melhorar a qualidade do produto, a produtividade do processo e a situação dos produtores no mercado. Culmina então na maturidade quando novos investimentos nessa tecnologia já consolidada têm retornos decrescentes.

mercado, tanto no curto quanto no longo prazo, que são determinantes na “taxa e direção” da atividade inovativa.

Para Schumpeter, a mudança tecnológica é o “motor” endógeno para o desenvolvimento econômico do país. Este processo de mudança tecnológica, ou seja, a inovação nos processos produtivos ou mesmo a criação de novos produtos, é chamada por Schumpeter de “destruição criadora” que, como descreve Schumpeter (1961), ocorre quando a criação de novas combinações dá lugar a um aumento da variedade da população de empresas que competem em termos de produtos ofertados, métodos de produção e formas organizacionais. Esta dinâmica cria uma elevada heterogeneidade tanto das taxas de lucros como das produtividades das firmas.

A partir do momento que essas novas combinações surgem têm-se então um processo de seleção que termina modificando o mercado e os agentes – responsáveis ou não – que não podem imitar as novas combinações. A criação destes antecede a destruição que se origina do processo de seleção do mercado: tratando-se assim “de um processo de mutação que revoluciona a estrutura desde dentro” (SCHUMPETER, 1961).

Schumpeter no entanto não avança nas questões relacionadas ao como ocorre o processo de inovação dentro das empresas e em sua interação com outras instituições que a cercam neste processo. É nesta reinterpretação dos sistemas nacionais de desenvolvimento com enfoque na produção de setores de fronteira tecnológica que os neo-Schumpeterianos, como Nelson, Winter, Dosi, Freeman, Soete, Milagres, Lundvall, Malerba etc. procuram trazer importantes contribuições, ao aprofundar-se no que acontece a partir da firma, das interações que ocorre dentro dos sistemas de inovação.

As inovações, conforme definidas por Freeman e Soete (2008), são uma condição essencial para o progresso econômico e um elemento crítico na luta concorrencial das empresas e das nações. Permite as pessoas fazerem coisas que nunca haviam feitas anteriormente. Elas possibilitam modificar toda a qualidade da vida para melhor ou para pior. E podem envolver não apenas maiores quantidades dos mesmos bens, como padrões de bens e serviços que nunca existiram previamente.

Nelson e Winter (1982), descrevem que a “teoria evolucionária ou neoschumpeteriana” é associada a mudanças econômicas relacionadas à demanda por produtos e condições dos fatores de produção, dadas a constante competição através das inovações. Estas

premissas são baseadas em ideias advindas da biologia, em uma visão de “seleção natural”, na qual as características organizacionais subjacentes à capacidade de produção e realizar lucros são transmitidas ao longo do tempo. Nas palavras de Hannan e Freeman (1984, p. 150), “Innovations are not produced because they are useful; they are just produced. If an innovation turns out to enhance life chances, it will be retained and spread through the population with high probability. In this sense, evolution is blind”.

Desta forma, a conotação “evolucionária” concerne a processos de longo prazo e de mudanças progressivas, que não podem assim ser interpretadas pelos pressupostos de “equilíbrio estático”, mas como resultado de um processo de desequilíbrio dinâmico produzido por conjecturas advindas do passado, e na qual o futuro advém desses mesmos processos dinâmicos.

A concepção de equilíbrio estático ressalta a tomada de decisões baseadas em eficiências ricardianas, no qual, explica Torezani e Piper (2014), o país opta por uma estrutura produtiva para os setores ou produtos nos quais apresenta vantagens comparativas de custos, determinadas por suas dotações de fatores, seguindo as sinalizações de mercado quanto a preços, quantidades e lucratividade relativa.

A teoria que lhe serve de base, que consiste na teoria neoclássica do comércio internacional (mais precisamente o modelo de Heckscher-Ohlin-Samuelson, baseado na dotação de fatores a partir do princípio da vantagem comparativa) não vislumbra como esse processo será alterado, ou seja, um país sempre será “eficiente” na produção e comercialização de um produto/setor específico. Desta forma, uma característica do critério de eficiência alocativa são os ganhos do tipo “*once-and-for-all*” (de uma vez por todas), o que enfatiza ainda mais sua natureza estática (TOREZANI e PIPER, 2014).

Complementa Dosi (1982) ao descrever que dentro do modelo tradicional nada é dito sobre como se dá o processo de inovação, ficando subentendido que o direcionamento do mercado estimula o processo de inovação, dado pelo mecanismo de preços e quantidades.

Desta maneira, descreve Dosi (1982), o processo de inovação está inserido dentro de uma estrutura no qual a produção implica que os conjuntos de opções são dados e os resultados de qualquer uma dessas escolhas de produção são conhecidos. Para o autor há uma clara dificuldade lógica e prática em interpretar o processo de inovação pela abordagem clássica.

Coadunam Lundvall et. al. (2002, p.02) ao comentar a visão simplista do processo de inovação como geral e de fácil acesso na análise de Adam Smith sobre a divisão do trabalho: "...which not only included knowledge creation in relation to directly productive activities but also the specialized services of scientists. But Adam Smith did not consider innovation and competence building as independent and systemic".

O caráter estático da tecnologia para os clássicos vai mais além. Mesmo quando a vertente tradicional remete aos países em desenvolvimento alcançarem a fronteira tecnológica mundial, referem-se a esta como a transferência tecnológica (capital físico) e o treinamento dos trabalhadores nas habilidades necessárias para operacionalização, consistindo assim na acumulação das capacidades necessárias para aprender a utilizar a tecnologia nova (BELL e PAVITT, 1995).

Explicam Bell e Pavitt (1995) que na perspectiva ortodoxa fica subentendido que as firmas, ao escolherem adotar um conjunto tecnológico (que se manterá inalterado ao longo do tempo), precisam apenas ganhar a experiência necessária no uso destas para chegarem a um uso "ótimo eficiente" e assim concorrerem como iguais no mercado internacional. Desconsidera-se totalmente que o verdadeiro sentido de alcançar a fronteira tecnológica é o atingir (e manter) as taxas de mudança técnica (acompanhar a dinâmica da mudança tecnológica) no nível internacional (através do acúmulo de capacidades) que, em última análise, realmente garante a competitividade externa.

É neste sentido que se destaca a perspectiva schumpeteriana, descreve Torezani e Piper (2014), ao focar seus esforços no caráter endógeno e dinâmico do progresso técnico, ou seja, na análise das propriedades e características do progresso tecnológico e de seus impactos sobre o padrão de especialização comercial.

A eficiência Schumpeteriana, ou eficiência dinâmica, segundo Fagundes (1998), descreve que os países devem "construir suas vantagens comparativas", realocando os recursos nos setores com maiores elasticidades renda, intensivos em tecnologias de fronteira, alterando dinamicamente sua produção, pois o produto ou setor mais perto da fronteira tecnológica de hoje não será o mesmo no futuro.

Bell e Pavitt (1995) afirmam que a eficiência dinâmica não se dá automaticamente pela aquisição de novas tecnologias externas e pelo acúmulo de *know-how* operacional. Os autores defendem que a eficiência dinâmica depende fortemente das capacidades internas

amplamente baseadas em recursos especializados (como força de trabalho qualificada) que não são incorporadas automaticamente com a aquisição de bens de capital e *know-how* tecnológico:

In reality, technology is so complex that it can be only partially encompassed by either codified information or physical capital. Innovation requires more than codified knowledge, because scientific laws and models cannot fully predict the performance of new products and processes. Both the operation of existing technologies and innovation require tacit knowledge that is highly specific to particular products, processes, firms, and markets and can therefore be acquired only through trial and error and the accumulation of experience in particular contexts. Further, capital goods in themselves cannot constitute technology, for while much technology is embodied in plants and equipment, operational technologies also encompass complex relationships involving equipment, process characteristics, product specifications, and work organization (BELL e PAVITT, 1995, p.74).

Isto posto, conforme Fagundes (1998), embora uma política industrial voltada para o desenvolvimento das capacidades dinâmicas implique em um crescimento econômico menor no curto prazo devido a alocação ineficiente de recursos, possibilita a construção a longo prazo de um desenvolvimento econômico maior em comparação a eficiência ricardiana, por possibilitar a formação de uma estrutura produtiva mais competitiva no cenário internacional nas demandas de produtos e setores de fronteira tecnológica.

Foi Friedrich List quem primeiro concebeu uma concepção de Sistemas de inovações em seu livro “*The Nacional System of Political Economy*”. Sua preocupação estava em entender como países subdesenvolvidos como a Alemanha poderiam ultrapassar a Inglaterra, o que fez com que List defendesse a proteção das indústrias nascentes e políticas destinadas a acelerar ou tornar possível a industrialização e o crescimento econômico. A maioria dessas políticas concentrava-se em aprender novas tecnologias e aplicá-las (FREEMAN, 1995; LUNDVALL et. al., 2002).

Abramovitz (1986) também traçara linhas seminais de investigação sobre o sentido fundamental à compreensão dos processos de *catching up*, ao chamar a atenção as “*social capabilities*”, como causas das diferentes aptidões dos países para explorar seus potenciais de emparelhamento tecnológico e de renda.

Como já discutido no sub-tópico 2.1.1 não se deve interpretar *catching up* como "clonagem", no sentido de uma mera reprodução. As empresas e os países realizam atividades de maneira diferente, o que as leva a direcionar o desenvolvimento em um processo de aprendizagem e capacitação nativa, própria do local, dada as peculiaridades regionais e nacionais. O processo de *catching up* dos países e empresas muitas vezes diverge das práticas de empresas e países pioneiros que servem como modelos da indústria. Isso porque os aspectos organizacionais, gerenciais e institucionais das práticas produtivas são frequentemente os mais difíceis de replicar e devem ser adaptados às condições, normas e valores (KATZ, 1980; KIM, 1980; MALERBA e NELSON, 2011; LEE e MALERBA, 2017).

Os países e as Empresas que estão buscando o *catching up* podem realizar atividades que são diferentes daquelas adotadas pelos líderes como resultado de um processo local de aprendizado e capacitação. Os países envolvidos neste processo podem seguir diferentes trajetórias de avanços tecnológicos e de produtos e posicionar-se de várias maneiras ao longo da progressão no *catching up* (KATZ, 1980; KIM, 1980; MALERBA e NELSON, 2011; LEE e MALERBA, 2017).

Entre as “*social capabilities*” de Abramovitz (1986) estariam: (i) a experiência em organizar e gerenciar empresas em larga escala; (ii) instituições financeiras e de mercado capazes de mobilizar capital em larga escala; (iii) um ambiente de honestidade e confiança; e (iv) um governo estável e eficaz em seu papel de definir regras e dar suporte ao crescimento econômico.

Estas capacidades sociais seriam as verdadeiras responsáveis pelo emparelhamento ou não dos países em desenvolvimento ao nível de produtividade dos países desenvolvidos:

...technological backwardness is not usually a mere accident. Tenacious societal characteristics normally account for a portion, perhaps a substantial portion, of a country's past failure to achieve as high a level of productivity as

economically more advanced countries
(ABRAMOVITZ, 1986, p. 387).

É em Lundvall e Freeman que se têm o início das discussões do que hoje é conhecido academicamente como sistemas de inovações. Freeman (1995) descreve que um sistema de inovações precisa estimular o investimento tanto tangível, na forma de máquinas e equipamentos quanto intangível, relacionados a formação do capital humano. Desta forma a indústria deve estar interligada com as instituições formais de ciência e a educação, relacionadas a química, física, mecânica, matemática e projetos.

Lundvall et. al. (2002) chamam a atenção para a importância de se pensar o conceito de sistemas de inovação de forma que abranja todos os aspectos da construção de competências em atividades socioeconômicas e da compreensão da interatividade dos processos de aprendizagem que possibilite a construção das vantagens comparativas que impulsionem o desenvolvimento.

Coaduna Edquist (2005) ao descrever que nenhuma firma inova isoladamente, mas em colaboração e interdependência com outras organizações, que podem ser outras firmas (fornecedores, clientes, competidores, etc.) ou outras entidades como universidades, escolas, e ministérios governamentais. Desta forma, um Sistema de Inovações corresponde aos determinantes do processo inovativo, ou seja, tudo aquilo que importa no aspecto econômico, social, político, organizacional, institucional e outros fatores que influenciam o desenvolvimento, difusão e uso das inovações.

The behavior of organizations is also shaped by institutions – such as law, rules, norms, and routines – that constitute incentives and obstacles for innovation. These organizations and institutions are components of system for the creation and commercialization of knowledge. Innovations emerge in such “systems of innovation” (EDQUIST, 2005, p. 183).

Para Figueiredo (2013) o sistema de inovações é definido como um conjunto de organizações que envolvem empresas e várias organizações de suporte, tais como universidades, institutos de pesquisa, centros de formação e treinamento, escolas técnicas, empresas de

consultoria, organizações de metrologia e patentárias etc. Desta forma, as empresas são partes de todo um sistema de inovações.

Dada a complexidade ao tratar-se do sistema de inovações enquanto dispositivo de foco do desenvolvimento, e a descrença²⁶ de que esta acontece sem a presença marcante do Estado, muitos pesquisadores passaram a defender uma atuação ativa do estado, no intento de propiciar o desenvolvimento nacional.

Desta forma, a discussão a respeito do conceito de sistemas de inovações passou a considerar a importância do âmbito “nacional” porque este é o limite onde o Estado-Nação consegue de forma coordenada atuar efetivamente em âmbito de defesa empresarial, institucional e financiamento de todas as etapas relevantes para propiciar o ambiente que aumente a possibilidade do desenvolvimento das capacidades tecnológicas.

...if a (sluggish) process of change has led to a population of firms with a strategy mix that gives a relatively stable coexistence of, e.g. radical innovators, incremental innovators and imitators, then it is fairly obvious to think in terms of an innovation system and to try to correct and enhance the system by means of government intervention (LUNDVALL ET. AL. 2002, p. 223).

É neste âmbito que entra a discussão do Sistema Nacional de Inovações - SNI, na qual, de acordo com Cassiolato e Lastres (2000), trata-se de um conjunto de distintas instituições que contribuem em conjunto e individualmente (envolve empresas, instituições de ensino e pesquisa, de financiamento, governo, etc.) para o desenvolvimento e difusão de novas tecnologias. Este conjunto fornece o quadro em que os governos formam e implementam políticas para influenciar o processo de inovação.

Este tópico explorou a interpretação neoschumpeteriana das interações que ocorrem dentro dos sistemas nacionais, com enfoque a partir da firma. Seus principais expoentes são Nelson, Winter, Dosi, Freeman, Milagres, Lundvall, Malerba, entre outros.

²⁶ Chang (2002) descreve que o processo de *catching-up* nos EUA, Europa, Japão e outros não foi automaticamente determinado pelo livre mercado, mas sim com uma ativa participação do estado como estratégia de desenvolvimento.

A perspectiva evolucionária concerne a processos de longo prazo e de mudanças progressivas, que são interpretadas como resultado de um processo de desequilíbrio dinâmico, produzido por conjecturas advindas do passado, e na qual o futuro advém desses mesmos processos dinâmicos. A perspectiva schumpeteriana foca seus esforços no caráter endógeno e dinâmico do progresso técnico.

Os sistemas de inovações precisam estimular o investimento tanto tangível, na forma de máquinas e equipamentos, quanto o intangível, relacionados à formação do capital humano. Desta forma, os sistemas nacionais compreendem a interatividade dos processos de aprendizagem que possibilitam a construção das vantagens comparativas que impulsionam o desenvolvimento. Isto porque nenhuma firma inova isoladamente, mas sim em colaboração e interdependência com outras organizações, que podem ser outras firmas (fornecedores, clientes, competidores, etc.) ou outras entidades, como universidades, escolas, e ministérios governamentais.

A discussão a respeito do conceito de sistemas de inovações passou a considerar a importância do âmbito “nacional”, porque este é o limite onde o Estado-Nação consegue de forma coordenada atuar efetivamente em âmbito de defesa empresarial, institucional e financiamento de todas as etapas relevantes para propiciar o ambiente que aumente a possibilidade do desenvolvimento das capacidades tecnológicas.

2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

A linha de raciocínio e, portanto, da estruturação dos tópicos deste capítulo, seguiu a proposta desta pesquisa. A proposição desta tese descreve que o acúmulo de competências de uma firma *latecomer* (no caso desta pesquisa de campo, o Grupo WEG S.A.), acúmulo este decorrente de uma série de mecanismos de aprendizados internos e externos, de aprendizados realizados a partir de uma estratégia tecnológica agressiva, implica em um importante estímulo para a diversificação da base produtiva da empresa.

É dada a preocupação de embasar teoricamente a proposição que este capítulo se encontra dividido em duas partes, primeiro abordando o aspecto microeconômico, dado que esta é uma pesquisa ao nível da firma e, posteriormente, o macroeconômico, dado que nenhuma firma atua sem um conjunto de elementos que a circundam e, dado que a

inspiração para a formulação da proposição se encontra no índice de complexidade, como será descrito a frente, ainda neste tópico.

No âmbito microeconômico, explorou-se primeiramente os conceitos teóricos basilares que sustentam a concepção teórica de construção de competências para a firma *latecomer*, a saber: o conceito de firma *latecomer*, *catching up*, estratégias tecnológicas, rotinas, *path dependence*, capacidades, e a trajetória da acumulação de capacidades tecnológicas que percorre a firma *latecomer*.

Posteriormente, explorou-se o conceito de capacidades tecnológicas e os principais frameworks existentes na literatura, encontrados em Bell (1992), Bell e Pavitt (1995) e Ariffin e Figueiredo (2003). A discussão sobre estes *framework* mostrou a importância de, ao se construir um quadro-molde de análise de capacidades tecnológicas para as firmas *latecomers*, um maior nível de desagregação se mostra necessário, uma vez que a trajetória que percorrem inicia-se com capacidades inovativas muito baixas, quando não iniciam apenas com capacidade de produção.

Ainda em relação à construção das competências tecnológicas, explorou-se o conceito de mecanismos de aprendizagem, a diferença de mecanismos internos e externos, os diversos exemplos entre estes mecanismos que a empresa pode utilizar, bem como a codificação e socialização do conhecimento. Todos estes componentes conceituais dos mecanismos de aprendizagem foram basilares neste esforço de pesquisa para a compreensão do acúmulo de capacidades ao analisar o histórico bibliográfico da WEG e ao realizar a pesquisa de campo.

Abordados os aspectos microeconômicos que alicerçam a construção das capacidades tecnológicas, restou, ainda no aspecto microeconômico, abarcar a fundamentação teórica de porque as empresas diversificam. Não há na literatura um referencial de construção de capacidades tecnológicas enquanto estímulo para a diversificação, de modo que um desafio foi encontrar, na literatura da diversificação, uma perspectiva da diversificação que pudesse alicerçar esta proposição.

A literatura a respeito da diversificação é vasta, de modo que procurou-se focar em uma perspectiva que tivesse em alinhamento com os preceitos neoschumpetrianos de construção de competências. Encontrou-se este alinhamento na perspectiva da base de recursos penroseana.

Os escritos de Penrose, ao explorar que a firma é “uma fonte de recursos” que diversifica sempre que os lucros esperados em outra base produtiva podem ser alcançados ao utilizar capacidades ociosas e, posteriormente, Teece (1980; 1982), ao descrever que a vantagem competitiva da firma não é definida em termos de produtos, mas sim em termos de capacidades, que são organizadas em uma determinada base operacional em resposta a condições competitivas, faz o elo que se procurava na literatura para sustentar a proposição de construção de capacidades tecnológicas enquanto condicionante motivador para a diversificação.

Não somente, pois Teece acrescenta como ferramenta conceitual para sustentar a explicação de porque uma firma, enquanto um acúmulo de capacidades, opta por se tornar uma empresa multiproduto. Este ferramental é a concepção de custos de transação de Coase, que Teece utiliza para sustentar sua afirmação de que a opção pela diversificação ao empregar os recursos de uma empresa tem de considerar os custos de transferência interna com os custos contratuais da relação intra-firma no mercado.

A intuição é de que, uma vez que a firma é um conjunto de capacidades, e que esta encontra capacidades sub-utilizadas, se for mais custoso transacionar estes recursos no mercado, seja por se tratar de um ativo específico, seja por seu caráter tácito, a empresa obterá importantes economias se aplicar tais ativos ou conhecimentos em atividades produtivas alternativas.

Em outras palavras, porque a empresa diversifica ao invés de vender suas capacidades ociosas no mercado? Estas questões envolvem os custos de transacionar no mercado, os custos de organizar estes recursos em uma nova base produtiva, e os retornos esperados destes possíveis investimentos.

O aspecto macroeconômico é abordado pelo sistema nacional de inovações. Primeiro, porque uma pesquisa ao nível da firma tem de considerar o seu entorno. Em segundo, a perspectiva sistêmica de inovações possui similaridades com a perspectiva do índice de complexidade econômica, a saber: a construção do conhecimento tácito ao longo do tempo, a dificuldade de transacioná-lo, o fato de que a história do país importa (path dependence), e a importância das políticas públicas para fomento.

A ligação que se faz com o aspecto macroeconômico é porque a discussão da diversificação da base produtiva ao nível da empresa é uma

discussão para os fundamentos do desenvolvimento, o que faz deste esforço de tese uma pesquisa alinhada à linha de pesquisa de globalização e desenvolvimento do programa de pós-graduação de economia da UFSC.

3 METODOLOGIA

O método, descreve Richardson et. al. (1999), é o caminho ou a maneira selecionada para chegar a determinado objetivo. Assim, explana Minayo (2004), o estudo dos métodos trata do conjunto de caminhos e os instrumentos de abordagem da realidade. São os próprios processos de desenvolvimento das coisas.

A pesquisa se caracteriza por um estudo de abordagem qualitativa, em que a obtenção dos dados foi realizada pelo levantamento histórico da empresa e a elaboração de questionários junto a funcionários da empresa e instituições de pesquisa com a qual a empresa possui vínculo. Segundo Marconi e Lakatos, (2002), a abordagem qualitativa implica em ordenar a série de dados de forma a caracterizá-los baseado na presença ou ausência de alguma qualidade ou característica, e também na classificação de tipos diferentes de dada propriedade.

Como a questão central e os objetivos tratam de vínculos historicamente estabelecidos que precisam ser traçados ao longo do tempo, a estratégia metodológica da pesquisa contemplará o estudo de caso, complementado por pesquisa documental da empresa. Conforme Yin, (2013), uma das aplicações de estudos de caso é exatamente explicar os presumidos vínculos causais dos eventos reais que são demasiado complexas para outras estratégias de pesquisa. De fato, entendeu-se que o recurso do estudo de caso²⁷ é especialmente conveniente para o cumprimento do terceiro e do quarto objetivos específicos.

Trata-se, portanto, de um estudo de caso explanatório²⁸ por procurar investigar a intuição, derivada tanto da literatura como da pesquisa documental, sobre a relação causal entre os esforços de

²⁷ A opção pelo estudo de caso permite ao pesquisador, afirma Yin (1989), realizar sua investigação preservando as características holísticas e significativas dos eventos da vida real. O autor salienta ainda que o estudo de caso tem seu enfoque em acontecimentos contemporâneos, de forma que também se configura em um estudo histórico.

²⁸ As pesquisas exploratórias, explicam Marconi e Lakatos (2002), são investigações de pesquisa empírica cujo objetivo é desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um fato ou fenômeno, visando a realização de pesquisas futuras e a clarificação dos conceitos.

aprendizado, a construção de capacidades decorrentes e a diversificação produtiva de uma empresa *latecomer*.

Desta forma, para abordar o problema, utilizou-se a pesquisa histórica-dedutiva²⁹ e a pesquisa de campo por meio de entrevistas semiestruturadas, no qual se analisa a relação entre construção de competências em motores e geradores elétricos e a relação entre a construção de competências em geradores elétricos e aerogeradores que ocorreu na empresa. Utilizou-se dentro na pesquisa de campo a análise do discurso com respeito às entrevistas realizadas.

A partir deste *enforcement* empírico se sugere o uso do ferramental analítico da proposição desta tese, ou seja, a existência da relação entre a acumulação de capacidades tecnológicas e a diversificação para bases produtivas mais complexas, sem abandonar a produção de seu produto principal, para bases produtivas suficientemente diversas das atividades principais da empresa.

3.1 O MODELO DE REFERÊNCIA DA INVESTIGAÇÃO

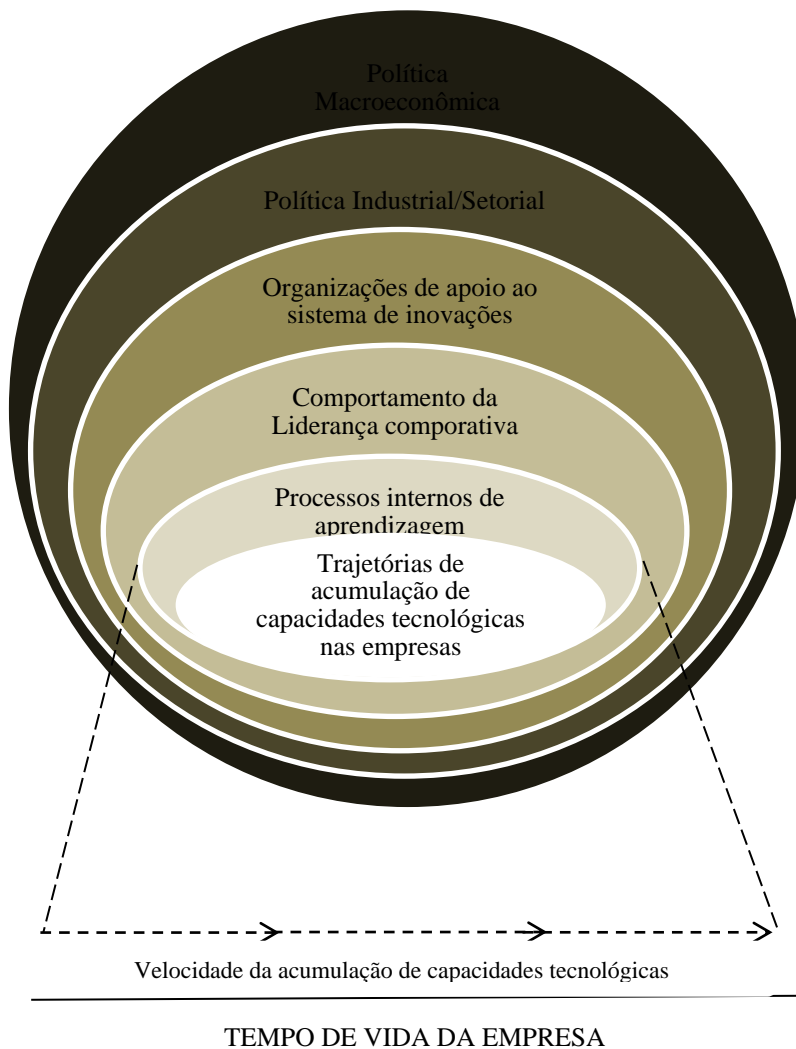
O processo de acumulação tecnológico de uma empresa, e conseqüentemente, as direções de diversificação ao longo de sua trajetória, pode ser influenciada por um conjunto amplo de fatores. Este conjunto pode ser observado pelo modelo cebola da Figura 3.2, destacando-se na acumulação de capacidade tecnológica a influência direta (seja positivamente ou negativamente) dos fatores intra-organizacionais, em especial os mecanismos de aprendizagem.

As empresas não operam no vácuo. A Figura 3.2 mostra as influências ao processo de acumulação de capacidade tecnológica. Nota-se que se trata de uma investigação complexa pelo conjunto de fatores que o influenciam. São eles: (i) o comportamento da firma voltado a estabelecer liderança, ou seja, sua estratégia tecnológica; (ii) pelas organizações do sistema de inovações em que está inserida, “universidades, centros tecnológicos, fornecedores, clientes, etc.; (iii) os processos de industrialização, eventualmente, estimuladas por políticas industriais/setoriais de seus países e; (iv) por fim, as políticas macroeconômicas, pois uma economia estabilizada e em crescimento

²⁹ Richardson et. al. (1999, p. 35), descreve que “indução é um processo pelo qual, partindo de dados ou observações particulares constatadas, pode-se chegar a proposições gerais”.

estimulam os investimentos em inovação, enquanto períodos de recessão podem desestimular investimentos em desenvolvimento tecnológico.

Figura 3.1 - Influências na trajetória da acumulação tecnológica das empresas.



Fonte: Figueiredo (2013, p. 7).

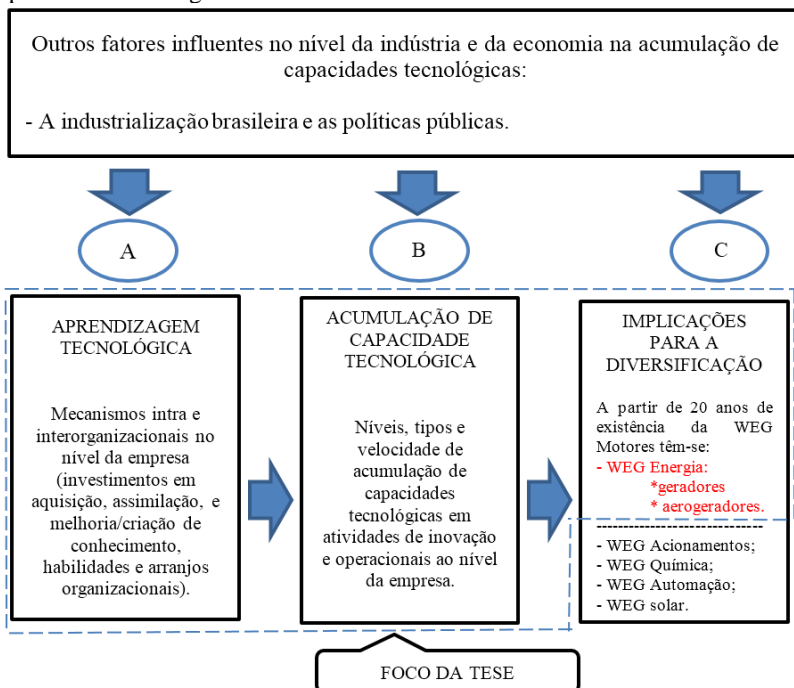
Importante dizer que seria inviável uma análise profunda de cada um desses elementos sobre o processo de acúmulo de capacidades tecnológicas, mesmo que se trate de apenas uma empresa. Uma análise que considerasse apenas o papel do sistema setorial de inovações teria de cobrir uma gama ampla de elementos e suas relações em contexto histórico, tais como: o papel da estrutura de C&T, a dinâmica da relação produtor-usuário, as fontes de financiamento, as políticas de inovação, as instituições que incentivaram a formação e o desenvolvimento do mercado de trabalho, entre outras.

Não obstante, exatamente pelo fato da “empresa não inovar no vácuo”, para a elaboração do capítulo histórico restringiu a investigação dos aspectos macroeconômicos a discussão sobre a influência do processo de industrialização brasileiro e as políticas públicas no processo de aprendizado e na construção de competências da WEG desde sua criação. Para isso, inferiu-se sobre a influência positiva ou negativa de aspectos mais proeminentes da trajetória de industrialização brasileira sobre os processos de aprendizagem e acumulação de competências da WEG.

A Figura 3.3 mostra o modelo de referência para cumprir o objetivo geral desta tese. O exposto acima sobre a abrangência macroeconômica delimitada nesta pesquisa encontra-se na parte superior da Figura 3.3, descrito como outros fatores que influenciam na acumulação das capacidades tecnológicas.

O foco da tese e, portanto, os objetivos analíticos encontram-se circundada na área pontilhada em azul. Referem-se ao destacamento dos mecanismos de aprendizagem e das etapas de acúmulo de competência tecnológicas que permitiram a diversificação produtiva da empresa de produtora de motores elétricos a participação na indústria de geradores e, posteriormente, aerogeradores. Desta forma, os mecanismos de aprendizagem são entendidos como insumos a acumulação tecnológica da empresa.

Figura 3.2 - Modelo analítico que prevalece na literatura para a acumulação de capacidades tecnológicas.



Fonte: Adaptado de Bell e Figueiredo (2012b, p. 19), Figueiredo et. al. (2016, p. 21), Piana (2016, p. 46).

Considera-se nesta tese que a acumulação de capacidades tecnológicas gera impactos na diversificação de produtos e serviços prestados pela empresa, ou seja, a aprendizagem tecnológica influencia, de forma indireta, a diversificação ocorrida na empresa.

3.2 PROCEDIMENTOS METOTOLÓGICOS

Yin (2013) chama atenção para o fato de que o estudo de caso precisa de um sentido para que as perguntas sejam realizadas, ou melhor, precisa de proposições teóricas para orientar a coleta e a análise de dados.

De acordo com Bell e Figueiredo (2012a), os estudos em empresas *latecomers* costumam utilizar como base de dados de pesquisa a aquisição direta de informações a respeito das atividades tecnológicas da firma via entrevistas e/ou aplicação de questionário. A utilização de dados secundários torna-se útil uma vez que as firmas tenham construído suas capacitações inovativas ao ponto de envolver a mensuração de atividades em P&D ou registro de patentes.

Para Ariffin (2010), as firmas em países de industrialização tardia a maioria das vezes inicia suas atividades sem capacidades inovativas básicas para conduzir atividades de inovação, tais empresas iniciam a produção fora do fluxo inovativo (ou seja, com uma tecnologia já dominada e madura). Desta forma, o autor afirma que seria mais útil mensurar a partir do ponto de início das atividades produtivas da empresa *latecomer*, analisando o quão rápido ela se move de um nível de capacitação para o outro (se fizer alguma transição de nível), uma vez que isso refletiria o processo de aprendizagem e as alterações dinâmicas ao longo do tempo no qual as firmas em países de industrialização tardia realizam a construção de suas capacidades.

Isto posto, o foco da pesquisa esteve sempre na investigação da proposição inicial da tese, ou seja, a relação causal entre construção de competências tecnológicas e os sucessivos eventos de diversificação. Em particular, a investigação da relação causal entre a construção de competências tecnológicas em motores elétricos e a formação da base produtiva em geradores elétricos, e de construção de capacidades tecnológicas em geradores para a formação da base produtiva em aerogeradores.

Para responder aos objetivos específicos, o primeiro passo foi a realização de um levantamento bibliográfico sobre o histórico da empresa que permitisse corroborar a proposição elaborada nesta tese. Este histórico encontra-se no capítulo 4, e foi inicialmente elaborado com base nos documentos históricos da WEG, monografias, dissertações e livros acadêmicos sobre a empresa.

Neste sentido abordou-se no capítulo 4 o caminho histórico da WEG de forma a identificar: (i) Eventos da diversificação da empresa, no sentido penroseano; (ii) Mecanismos de aprendizagem utilizados pela empresa na construção de suas competências; (iii) Informações sobre o nível tecnológico de cada período que pudessem ser utilizados no preenchimento do quadro molde da análise de níveis de capacidade tecnológica para motores e geradores elétricos; (iv) De forma

secundária, infere-se a influência positiva ou negativa de aspectos mais proeminentes da trajetória de industrialização brasileira sobre os processos de aprendizagem e acumulação de competências da WEG.

Como se sabe o processo de industrialização brasileiro foi marcado por dois períodos bem distintos³⁰ e, ao que parece, a WEG manteve sua estratégia de diversificação, independente das particularidades de ambos os períodos.

Posteriormente, ainda sobre o capítulo 4 foram realizadas, de forma pontual, complementações do histórico da empresa a partir das entrevistas da pesquisa de campo. Também foram utilizados dados secundários, a partir do site do atlas da complexidade econômica³¹, que disponibiliza os dados do comércio internacional na forma de redes de ligações do espaço-produto. Para esta pesquisa utilizou-se dados do comércio internacional com código de 4 dígitos de desagregação (SITC-4), para analisar se a formação da WEG em outras bases produtivas ocorreram de forma constituir uma diversificação para bases produtivas diversas mais ou menos complexas em relação a seu produto principal.

Confirmado pelo levantamento histórico da empresa os indícios de que a partir de uma estratégia tecnológica ofensiva da construção de suas capacitações tecnológicas a empresa realizou uma série de processos de diversificação, algumas destas para bases produtivas de menor complexidade econômica e outras já mais complexas, iniciou-se o trabalho de pesquisa de campo para o preenchimento do Quadro-Molde, apresentado no Quadro 3.1.

Os níveis de capacidades escolhidos se deram a partir da discussão do capítulo 2 sobre os *frameworks* de Lall (1992), Bell e Pavitt (1995) e Ariffin e Figueiredo (2003). Optou-se por uma desagregação em 6 níveis, sendo um de capacidade produtiva e 5 de capacidade inovativa. Os 5 níveis de capacidade inovativa são aqueles descritos na Tabela 2.1.

³⁰ O primeiro, de crescimento à taxas próximas a 7% a.a., marcado por dois ciclos de crescimento kaldorianos (55/64 e 65-73) e por um curto período de crescimento. O segundo é um período longo de baixo crescimento (décadas de 1980, 90 e em menor medida 2000), marcado por políticas recessivas e abertura econômica.

³¹ <http://atlas.cid.harvard.edu/>.

Quadro 3.1 - Quadro-Molde relacionando níveis de capacidade à áreas tecnológicas.

NÍVEIS DE ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS	FUNÇÕES TECNOLÓGICAS E ATIVIDADES RELACIONADAS	
	ÁREA 1	ÁREA 2
CAPACIDADE DE PRODUÇÃO		
A empresa aprende todas as qualificações para apenas produzir, com a melhor qualidade possível, mas não é nada inovativa.		
CAPACIDADE DE INOVAÇÃO: Capacidade para gerar e gerir mudança tecnológica.		
(1) BÁSICA: Pequenas alterações em processos de produção, produtos e/ou equipamentos com base em imitação ou cópia de tecnologias existentes.		
(2) INCREMENTAL INTERMEDIÁRIO: Corresponde a pequenas melhorias nos componentes e elementos individuais da tecnologia existente, mas as relações entre os componentes permanecem inalteradas.		
(3) INCREMENTAL AVANÇADA: Introduz novos produtos, processos e/ou sistemas de equipamentos para o mercado local, sem alterar as relações entre os elementos da tecnologia.		
(4) ARQUITETURAL: Compreende as alterações nas relações entre os elementos da tecnologia, seja em produtos ou sistemas, sem que os componentes individuais sejam modificados.		
(5) RADICAL OU MUNDIAL: Estabelece um conceito novo para o mercado mundial, em que novos componentes e elementos são combinados de uma forma diferente formando uma arquitetura nova. Trata-se de novidade para o mundo.		

Fonte: Elaborado a partir da literatura.

Posteriormente, iniciou-se a etapa da pesquisa de campo. A lista com todos os entrevistados que viabilizaram esta pesquisa encontram-se no Quadro 3.2. O quadro mostra as informações a respeito do número de contato realizado com os entrevistados, se a forma de contato foi por entrevista, e-mail ou telefone (ou qualquer combinação destas formas de contato), a organização a que o entrevistado estava vinculado à época das entrevistas, o tempo de contato com os entrevistados, bem como o cargo que os entrevistados exerciam a época das entrevistas. O Quadro 3.2 exhibe ainda os contatos extras realizados na pesquisa de campo, relacionados as visitas realizadas ao museu WEG

e as visitas técnicas a unidade de negócios WEG Motores e a ferramentaria.

Para iniciar a pesquisa de campo, a primeira questão foi a realização de contato com pesquisadores familiarizados com o estudo de campo em uma construção de níveis de capacidades tecnológicas. Foram realizados contatos por e-mail com a entrevistada 1 e uma entrevista por Skype com a entrevistada 2.

Estes contatos direcionaram a pesquisa a delimitação das bases produtivas e as principais áreas de P&D a serem pesquisadas. Realizou-se a entrevista com o entrevistado 3, funcionário do departamento de pesquisa e inovação da WEG, que suscitou a delimitação para uma pesquisa de níveis de capacidades em motores e geradores elétricos. Em seguida, foi realizada pesquisa bibliográfica que suscitou possíveis áreas de maior P&D para motores e geradores elétricos. Este levantamento, permitiu a elaboração da parte 1 do roteiro de entrevistas, que se encontra no ANEXO II.

Isto posto, buscou-se a realização de entrevistas com engenheiros e técnicos da UFSC para a confirmação da delimitação da pesquisa e das principais áreas de P&D nestas bases produtivas. Neste sentido, foram realizadas entrevistas, com o entrevistado 4, Técnico em eletrotécnica do Laboratório de Máquinas e Acionamentos Elétricos – LABMAQ (UFSC), o entrevistado 5, professor do departamento de engenharia elétrica da UFSC, e o entrevistado 6, professor do Instituto de Eletrônica de Potência – INEP (UFSC).

Em decorrência das entrevistas delimitou-se a opção pelo estudo de níveis de capacidade tecnológica para motores e geradores elétricos. Delimitou-se ainda, para motores elétricos, as áreas de P&D em eficiência energética e materiais em produto e de controlabilidade na velocidade do produto e controlabilidade em processo para motores elétricos (ver Quadro 5.3). Já para geradores, delimitou-se nas áreas de eficiência energética e materiais em produto e na controlabilidade do processo (Quadro 5.4).

Quadro 3.2 - Lista de Entrevistados da Pesquisa

Nº de contatos	Forma de contato	Data entrevistas	Organização	Nome	Tempo estimado de contato	Cargo
ENTREVISTAS REALIZADAS PARA O PREENCHIMENTO DO QUADRO-MOLDE						
2	e-mail	-	UTFP, campus Pato Branco	Entrevistado 1	30 minutos	Professora Adjunta do departamento de ADM
1	Entrevista	29/08/2017	UFRJ	Entrevistado 2	90 minutos	Doutoranda em economia
2	Entrevista e-mail	06/09/2017	WEG	Entrevistado 3	120 minutos	Trabalha no departamento de pesquisa e inovação na unidade de motores.
10	4 Entrevistas 6 telefone	19/09/2017 19/10/2017 07/11/2017 28/11/2017	Engenharia elétrica - UFSC	Entrevistado 4	480 minutos	Técnico em eletrotécnica do Laboratório de Máquinas e Acionamentos Elétricos – LABMAQ (UFSC)
1	Entrevista	27/09/2017	Engenharia elétrica - UFSC	Entrevistado 5	60 minutos	Professor no departamento de Engenharia Elétrica (UFSC).
2	Entrevista	13/09/2017 24/10/2017	Engenharia de automação - UFSC	Entrevistado 6	180 minutos	Professor no Instituto de Eletrônica de Potência – INEP (UFSC).
ENTREVISTAS REALIZADAS PARA RESPONDER AO QUESTIONÁRIO SEMI-ESTRUTURADO						
4	Entrevista e-mail telefone	27/10/2017	WEG	Entrevistado 7	180 minutos	Analista de Projetos Sênior na WEG Energia
1	Entrevista	21/11/2017	WEG	Entrevistado 8	60 minutos	Gerente de pesquisa e desenvolvimento do grupo WEG
2	Entrevista telefone	22/11/2017	WEG	Entrevistado 9	120 minutos	Consultor Administrativo
2	Entrevistas	15/01/2018 30/01/2018	WEG	Entrevistado 10	180 minutos	Conselho Administrativo

Continuação Quadro 3.3 - Lista de Entrevistados da Pesquisa

Nº de contatos	Forma de contato	Data entrevistas	Organização	Nome	Tempo estimado de contato	Cargo
CONTATOS EXTRAS PARA DÚVIDAS PONTUAIS						
2	e-mail Telefone	06/12/2017 08/12/2017		Entrevistado 11	60 minutos	Gerente de marketing e desenvolvimento de drives
2	e-mail Telefone	14/12/2017 16/12/2017		Entrevistado 12	90 minutos	Técnico no departamento de Vendas de Usinas Eólica e Solar
ATIVIDADES EXTRAS RELACIONADAS A PESQUISA DE CAMPO						
3		22/02/2017 21/11/2017 22/11/2017	Visita ao Museu WEG		720 minutos	
1		20/10/2017	Visita técnica a WEG Motores		180 minutos	
1		30/01/2018	Visita a Ferramentaria		120 minutos	
TOTAL						
36					2530 minutos = 42 horas	

Fonte:

Elaboração

própria.

Elaborou-se então, as partes 2, 3 e 4 do roteiro de entrevistas, que se encontra no ANEXO II, de forma a capturar as informações tal como proposta na Figura 3.3. As partes dois e três foram elaboradas exclusivamente para a análise com relação à base produtiva de geradores elétricos. A parte dois foi elaborada de forma a obter dados para a construção de um quadro de níveis de capacidades tecnológicas para geradores elétricos. A parte três, para capturar os mecanismos de aprendizagem utilizados para a acumulação de capacidades tecnológicas em geradores elétricos. Já a parte quatro foi elaborada de forma a explorar a importância da construção de competências tecnológicas em geradores elétricos, de 1980 a 2010, para a organização da empresa em uma nova base produtiva de aerogeradores.

A pesquisa empírica baseada na aplicação de questionário, foca em evidências de que a estratégia tecnológica da empresa adaptou-se a mudança do ambiente econômico nacional sem perder a agressividade tecnológica necessária ao processo de diversificação. As evidências residem nos esforços de aprendizagem importantes em todas as etapas de diversificação da empresa ao longo dos anos.

Iniciou-se então o preenchimento da parte interna do Quadro de capacitações, bem como os respectivos mecanismos de aprendizagem utilizados no processo de acumulação de competências e a descrição do processo produtivo para motores e geradores elétricos.

Para motores elétricos, esta etapa foi realizada a partir da análise dos dados coletados nas entrevistas (no que diz respeito ao entendimento do produto), nas pesquisas bibliográficas, na visita técnica a WEG Motores e a ferramentaria, nas visitas ao Museu WEG e nos contatos por telefone com o entrevistado 11, da unidade de negócios WEG Automação.

Para geradores seu preenchimento se deu pelas pesquisas bibliográficas e por entrevistas com roteiro de entrevista semiestruturado, explorando a parte 2, 3 e 4 (ANEXO II) aplicados ao entrevistado 7, analista de Projetos Sênior na WEG Energia, o entrevistado 8, gerente de pesquisa e desenvolvimento do grupo WEG, o entrevistado 9, consultor Administrativo e o entrevistado 10, consultor administrativo. Esta etapa foi acompanhada de entrevistas adicionais realizadas com o entrevistado 4, técnico em eletrotécnica do Laboratório de Máquinas e Acionamentos Elétricos – LABMAQ (UFSC), para esclarecimentos técnicos.

O levantamento dos dados da pesquisa, conforme explanou-se neste sub-tópico, se encontra descrito de forma simplificada no Quadro 3.3. Observe que em se tratando do ferramental, para a construção do capítulo 5, referente à base produtiva de motores elétricos, descreve-se primeiramente o levantamento de dados existentes em documentos históricos da WEG, monografias, dissertações etc., e de forma secundária, a pesquisa de campo. Já para a dimensão da base produtiva para geradores elétricos, utilizou-se principalmente as informações obtidas em pesquisa de campo e, de forma secundária, o levantamento de dados existentes em documentos históricos da WEG, monografias, dissertações etc. Quadro 3.4 - Síntese das principais evidências para a pesquisa.

Quadro 3.3 - Síntese das principais evidências para a pesquisa.

		Dimensões	Evidências buscadas	Ferramentas
CAPÍTULO 4	Histórico da empresa	Identificação de mecanismos de aprendizagem utilizados pela empresa	Fatos que demonstrem os tipos de mecanismos de aprendizagem utilizados na trajetória da empresa.	- Levantamento de dados existentes em documentos históricos da WEG, monografias, dissertações etc. - Complementação do histórico a partir de relatos dos entrevistados. - Utilização de dados secundários do índice de complexidade tecnológica.
		Identificação das diversificações realizadas pela empresa ao longo do tempo	Eventos da diversificação realizadas pela empresa em termos de novos processos e produtos suficientemente distintos (em termos penroseanos) ao longo de sua trajetória.	
		Identificação da agressividade tecnológica	Momentos do histórico da empresa que corroborem o intento estratégico tecnológico da empresa de realizar o <i>catching up</i> em capacidade inovativa.	
CAPÍTULO 5	Base produtiva de Motores elétricos	Caracterização dos mecanismos de aprendizagem utilizados para a WEG Motores	Evidências sobre: (i) variedades nos tipos de mecanismos utilizados pela empresa; (ii) quando foram utilizados; e (iii) evidências e/ou fatos que indiquem os resultados gerados em termos de atividades tecnológicas que a empresa passou a realizar.	- Levantamento de dados existentes em documentos históricos da WEG, monografias, dissertações etc. - Pesquisa de campo: * Visitas: Museu WEG, unidade motores, Ferramentaria; * Contatos por e-mail e telefone.
		Características da trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas	Evidências sobre a capacidade tecnológica da empresa em termos de: (i) quando iniciou; (ii) identificação das atividades realizadas em cada nível (iii) o período no qual a organização adquiriu determinada capacidade; e (iv) quanto tempo levou para a empresa avançar em termos de níveis de capacidade.	
	Base produtiva de geradores elétricos	Identificação e caracterização dos mecanismos de aprendizagem utilizados para a WEG Motores	Evidências sobre: (i) variedades nos tipos de mecanismos utilizados pela empresa; (ii) quando foram utilizados; (iv) por que; (v) como ocorreram; (vi) quem esteve envolvido; e (iii) evidências e/ou fatos que indiquem os resultados gerados em termos de atividades tecnológicas que a empresa passou a realizar.	- Pesquisa de campo: * Visitas: Museu WEG, Ferramentaria; * Entrevistas semiestruturadas por questionário; * Contatos por e-mail e telefone; - Levantamento de dados existentes em documentos históricos da WEG, monografias, dissertações etc
		Características da trajetória de acumulação de capacidades tecnológicas	Evidências sobre a capacidade tecnológica da empresa em termos de: (i) quando iniciou; (ii) identificação das atividades realizadas em cada nível (iii) o período no qual a organização adquiriu determinada capacidade; e (iv) quanto tempo levou para a empresa avançar em termos de níveis de capacidade.	
		Características da diversificação de motores para geradores elétricos	Evidências sobre capacidades adquiridas em motores elétricos que estimularam a diversificação para geradores elétricos.	
	Diversificação para aerogeradores a partir das capacidades em geradores	Características da diversificação de geradores elétricos para a indústria eólica	Evidências sobre capacidades adquiridas em geradores elétricos que estimularam a diversificação para indústria eólica.	- Pesquisa de campo: * Visitas: Museu WEG, Ferramentaria; * Entrevistas semiestruturadas por questionário; * Contatos por e-mail e telefone;

Fonte: Elaboração própria com base em Piana (2016).

3.3 LIMITAÇÕES E RESSALVAS DA PESQUISA

A respeito das limitações do roteiro de entrevistas, que fez parte do esforço de construção de uma ferramenta de pesquisa que possa ser utilizada como base em outras pesquisas sobre processos de diversificação da empresa de forma a constituir uma empresa multiproduto, centrou-se nas capacidades tecnológicas e, desta forma, não fez parte do escopo desta pesquisa a análise de capacidades não tecnológicas como marketing, finanças e comercialização, embora estas sejam de grande importância para o desempenho empresarial como um todo. Em relação aos aspectos organizacionais da WEG estes foram analisados de forma secundária, sempre a luz do caráter de complementariedade ao foco de pesquisa proposto.

Também não foi explorado nesta tese as questões relacionadas ao padrão e a dinâmica setorial de concorrência, tal como salientado na introdução deste trabalho, que representam importantes influentes no nível da indústria para a acumulação das capacidades tecnológicas.

Sobre a dinâmica de concorrência setorial, Pavitt (1984) apresentou uma taxonomia para descrever e explicar o padrão setorial da mudança tecnológica, a dinâmica da relação entre a tecnologia e a estrutura industrial, e a formação das habilidades e vantagens tecnológicas ao nível da firma.

A taxonomia de Pavitt (1984) classifica as firmas em três grupos: (i) Dominadas por fornecedores; (ii) Intensivas em produção; (iii) Baseadas em ciência. Estes três grupos de firma se entrelaçam em um encadeamento do fluxo tecnológico. Neste sentido, as empresas fornecedoras dominantes obtêm a maior parte de sua tecnologia de empresas intensivas em produção e baseadas em ciência. Por sua vez o grupo de firmas baseado em ciência também transfere tecnologia para aquelas intensivas em produção. E ambos os grupos de firmas, baseadas em ciência e intensivas em produção recebem e transferem tecnologia para fornecedores especializados.

Já o padrão de concorrência, conforme Figueiredo (2017), diz respeito à intensidade da mudança e da busca tecnológica, ou seja, a maior ou menor dinâmica da concorrência do mercado. Desta forma, o mercado pode ser de mercados moderadamente dinâmicos ou de alta velocidade dinâmica. Quanto maior a velocidade dinâmica mais difícil é para as empresas manterem suas vantagens competitivas de longo prazo.

4 A TRAJETÓRICA TECNOLÓGICA DA WEG

Este capítulo é o resultado de pesquisa bibliográfica complementada sobre as entrevistas de campo em torno do objetivo específico 1 da tese, ou seja, trata da história da empresa, desde sua criação, em 1961, até 2017, focando os mecanismos de aprendizagem utilizados para construir e acumular competências e, em sequência, como este acúmulo de competências propiciou a diversificação (aumento da complexidade).

A consciência de que a história dos casos de sucesso empresarial é permeada de apoio estatal, e que a ausência de referência a isso poderia gerar uma ideia caricata, tornou conveniente a referência a momentos em que o Estado Nacional brasileiro teve papel importante tanto na construção de capacidades como na diversificação (aumento da complexidade) da WEG.

O primeiro tópico trata da fundação da empresa e seus primeiros anos até a consolidação no mercado de motores elétricos. O segundo tópico aborda o rápido crescimento da empresa, de 1968 a 1977, dado por dois grandes projetos de expansão. No tópico três se discute a acomodação do conhecimento tecnológico após a grande expansão e o processo de diversificação da empresa, ambos os eventos compreendendo o período de 1978 a 1988.

O tópico quatro foca no processo de aprendizagem utilizado durante a internacionalização. O tópico cinco aborda os anos recentes da empresa, abarcando o período de 2011 a 2017, em que se discute as recentes diversificações e a explanação da atual estrutura global da empresa.

O capítulo apresenta ainda uma conclusão. Ela sustenta a tese da seguinte forma: os primeiros 20 anos da empresa descrevem que houve uma postura agressiva em termos de esforços da construção de capacidades tecnológicas. Este esforço, resultou na consequente diversificação da empresa, algumas destas para bases produtivas constituindo a oferta de produtos mais complexos, outras não. Em paralelo ao processo de diversificação ocorrido na década de 1980, a empresa continuou tendo uma postura agressiva de aprendizado e construção de competências, que se estende pelas décadas de 1990 e 2000, e que na década de 2010 impulsionaram uma nova reorganização dos recursos da empresa para a formação das bases produtivas da geração solar, eólica e tração móvel.

4.1 DO INÍCIO A SEDE PRÓPRIA E A CONSOLIDAÇÃO DA MICROEMPRESA: 1961 – 1967

A primeira questão ao realizar uma análise histórica dos rumos do Grupo WEG S.A. é entender o contexto macroeconômico que influenciaram a sua fundação. Desta forma, esta análise deve primeiro remeter ao contexto histórico que antecede a formação da empresa, em particular, o governo de Juscelino Kubistchek.

O governo de JK se deu de 1956 a 1961 e se caracterizou pelo integral comprometimento do setor público com uma política desenvolvimentista, fruto de sistemáticos diagnósticos e projeções estruturalistas de uma divisão do trabalho internacional entre centro e periferia³² e de teorias heterodoxas keynesianas de desenvolvimento³³ realizados desde o término da Segunda Guerra Mundial (ORESTEIN e SOCHACZEWSKI, 1990). É neste contexto de mudança estrutural brasileira que a WEG foi criada, utilizando-se de um imóvel alugado com poucos funcionários e equipamentos. Este imóvel viria em 2003 a ser transformado no Museu WEG (WEG, 2017a). As Figuras 4.1 e 4.2 permitem a visualização do início da trajetória da WEG e o mesmo em 2003, ano em que foi transformado em um memorial de sua trajetória.

A opção estratégica desenvolvimentista adotada de acordo com Brasil, Diegues e Blanc (1995), havia propiciado grandes investimentos na infraestrutura energética, de transportes, de indústria de base e de bens de consumo duráveis. Estes fatores impulsionaram o imaginário dos fundadores da WEG que pressentiam que, havendo abundância de energia elétrica, em função das grandes usinas construídas, além das que estavam em construção e as já planejadas, a demanda por motores elétricos iria crescer fortemente.

Como observou Wolff (2004), o contexto de novos investimentos em diferentes setores industriais acarretou a produção em

³² Para aprofundamento teórico a respeito da tradição heterodoxa estruturalista ver Prebisch (1968), Rodriguez (2009), e Cimoli e Porcile (2013).

³³ Estas perspectivas se baseiam fortemente nas leis de Kaldor, em que os países de industrialização tardia deveriam endogeneizar em sua matriz produtiva setores da indústria de transformação e assim, uma vez acumuladas a criatividade e a arte do saber fazer (a capacidade inovativa) em atividades nucleares ao desenvolvimento produtivo, a acumulação do capital ocorreria a partir de uma dinâmica sistêmica interna.

massa de motores elétricos, os quais serviam tanto como bens de capital nas fábricas como para equipar utensílios de consumo das famílias (geladeiras, máquinas de lavar, aspiradores de pó, etc.). No caso da isolada Jaraguá do Sul, complementa Brasil, Diegues e Blanc (1995), essa crescente demanda do período gerava filas de espera por motores elétricos de 40 a 60 dias.

No entanto, o centro dinâmico produtivo do país estava localizado em São Paulo, geograficamente distante de Santa Catarina. Abrir uma empresa de bens de capital distante do centro industrial brasileiro representava um desafio considerável à empreendedores de uma pequena cidade do interior de Santa Catarina.

A empresa foi fundada em 1961, produzindo motores elétricos, pelo eletricista Werner Ricardo Voigt, o administrador Eggon João da Silva e o mecânico Geraldo Werninghaus. Inicialmente, com o nome WEG Eletromotores Jaraguá LTDA (o nome da empresa deve-se as iniciais dos fundadores, a ideia de que deveria ser de fácil pronúncia e ao fato de significar “caminho” em alemão, língua familiar aos fundadores).

O início do processo de fabricação teve no *learning by doing* um elemento decisivo para a ampliação da produtividade. No início do processo, o conhecimento tácito era acumulado, provavelmente por meio de aprendizados do tipo tentativa e erro, os quais, de fato, aumentavam rapidamente a capacidade produtiva da empresa. Conforme Ternes (1997): a cada semana o ritmo de produção adquiria maior velocidade e melhor consistência, pois os colaboradores³⁴ se tornavam mais eficientes à medida que conheciam melhor cada parte da operação, e o aprendizado dos menos preparados acontecia ali na rotina da oficina.

³⁴ O termo “colaboradores” é empregado para descrever o empregado que colabora, coopera, contribui. O termo sugere um sentido mais amplo e dinâmico, menos “mecanizado”, no sentido repetitivo do funcionário, a noção de colaboradores passa pela concepção de coautores, daqueles que cooperam entre si.

Figura 4.1 - Primeira sede WEG, alugada em 1961.



Fonte: Museu WEG (2017).

Figura 4.2 - Museu da WEG, inaugurado em 2003.



Fonte: Museu WEG (2017).

Além disso, a difusão de conhecimento dos fundadores para os colaboradores, que parece ter ocorrido em um típico movimento mestre-aprendiz, fundamental difusão do conhecimento tácito, teve caráter intencional. Certamente pela necessidade de ganhar competitividade. Segundo Brasil, Diegues e Blanc (1995) prevalecia na construção dos motores o processo empírico, com base nos conhecimentos técnicos de Werner e em manuais alemães. Geraldo conhecia as ferramentas que transformavam tarugos de aço e peças fundidas em eixos e carcaças de motores. Esses conhecimentos eram passados aos outros funcionários em uma filosofia de “*learning organization*” ou “organização que aprende”. O resultado foi à capacitação multifuncional dos trabalhadores, o que permitia uma maior integração dos trabalhadores por compreenderem uma gama significativa de etapas do processo produtivo (BRASIL, DIEGUES e BLANC, 1995), algo distante de um processo de especialização produtiva.

Contudo, os desafios à produção somente representariam vitória competitiva se resultassem em ampliação da participação da empresa no centro dinâmico. Ganhar *market share* no mercado atacadista paulista era estratégico para consolidar a marca no mercado nacional (TERNES, 1986).

Mas faltava a jovem empresa credibilidade. Ternes (1986) destacou que os demandantes potenciais ao pronunciarem erroneamente o nome da empresa como “Uég”, encontravam motivos de risos, pois não podiam acreditar que um motor elétrico produzido numa pequena cidade do interior de Santa Catarina, com cerca de 20 mil habitantes, pudesse ser competitiva em relação a marcas já consolidadas e produzidas em São Paulo, tais como a Arno, GE, Búfalo e Motores Brasil ou Paulista.

Somava-se ainda outro obstáculo ao acesso ao mercado paulista, de caráter logístico. Consistia na ausência de estradas que permitissem a entrega rápida dos eventuais pedidos, além da dificuldade de comunicação telefônica. Uma ligação telefônica entre São Paulo e Jaraguá do Sul podia demorar mais de três dias (VIDIGAL, 2011).

Contudo, se as empresas localizadas em São Paulo apresentavam uma vantagem de acesso ao mercado paulista, representava também uma desvantagem para acessar os mercados do Sul do país. A WEG então procurou explorar essa vantagem local, focando no pequeno mercado de Santa Catarina e parte do Paraná e Rio Grande do Sul. Em paralelo, dada à importância de vir a consolidar-se no

mercado paulista, optou-se por vender os produtos diretamente ao mercado consumidor do interior paulista, na tentativa de aos poucos fazer a marca ganhar espaço (TERNES, 1986).

No que se refere à produção e mais especificamente à diversificação produtiva, já em 1963, a WEG revelou sua ofensividade ao fundar duas novas empresas: (i) A empresa Saweg³⁵, produtora de reatores e transformadores que utilizavam motores elétricos de voltagem diferente da de Jaraguá do Sul, no qual era possível reduzir os custos aproveitando-se da sucata das chapas da WEG; (ii) A empresa Nina que produzia máquinas de lavar roupa, objetivando tanto atender a demanda local de aparelhos domésticos bem como ampliar o uso de seus motores elétricos (MORAES, 2004).

Antes de continuar a análise histórica, cabem algumas ponderações a respeito destas diversificações. Ambas as empresas foram fechadas em 1967, pois se perdeu a razão para mantê-las. Conforme Ternes (1986), a empresa Saweg produzia transformadores para geladeiras, que possuía mercado porque no início dos anos de 1960 as geladeiras tinham o conjunto selado para a utilização em redes energéticas de 110 volts, enquanto a tensão em Santa Catarina e outros estados era de 220 volts, necessitando assim de transformadores. A partir de 1967 as geladeiras passaram a vir com conjuntos para 220 volts, implicando assim no fechamento da Saweg, dada a perda de necessidade de transformadores.

Já a razão da diversificação para a empresa Nina, produtora de máquinas de lavar roupa, estava relacionada a estratégia ofensiva da WEG de consolidar-se no mercado, galgando *Market share*. Em 1967 a WEG já se encontrava consolidada no mercado, de forma que a empresa Nina perdeu seu propósito existencial (TERNES, 1997).

³⁵ Embora a WEG ainda fosse uma empresa jovem, e motores elétricos, reatores e transformadores sejam dispositivos com objetivos diferentes e bem esclarecidos deve-se ter em mente a grande proximidade de conhecimentos entre os mesmos. Todos estes dispositivos são baseados em princípios de condutividade de energia (através de espirais metálicas) que produzem campos magnéticos. O motor elétrico transforma energia elétrica em energia mecânica (ou seja, na realização de trabalho). Os reatores limitam a corrente (por exemplo, em lâmpadas) e fornece as características elétricas adequadas. Os transformadores conseguem transformar uma tensão gigante que vem da rede de distribuição (cerca de 14000 volts) em uma rede bem menor para ser utilizada nas casas (110V ou 220V) (MUSEU WEG).

Quatro aspectos importantes devem ser observados neste primeiro intento de diversificação de 1963. Primeiro, como já mencionado, o caráter ofensivo da empresa ao entrar em um novo potencial mercado (transformadores) e o intento de estimular a demanda por motores elétricos, pelo fornecimento regional de máquinas de lavar.

Segundo, como pode ser encontrado no site da complexidade econômica, a classificação SITC 7711 para transformadores elétricos, apresenta $PCI^{36} = 0,531$, enquanto a classificação para motores elétricos de corrente alternada SITC 7162 apresenta $PCI = 0,877$. Isto posto, infere-se que a similaridade de conhecimentos existentes entre motores elétricos e transformadores, bem como o fato de uma base de produção em transformadores ser menos complexa do que de motores elétricos explicam a possibilidade da empresa, com tão poucos anos de existência, sem ter um histórico de acúmulo de competências, diversificar para outra base produtiva.

Em terceiro, a diversificação para ambas as empresas parece apresentar economias de escopo, pois a literatura descreve o aproveitamento da sucata das chapas da WEG (uso comum do fator capital) e a grande proximidade de conhecimentos existentes entre motores elétricos e transformadores (fator material humano).

Em quarto, este intento de investimentos e seu posterior desinvestimento salientam como a construção das competências da WEG, como toda empresa, não é feita apenas de acertos em uma linha linear. O caráter importante a se salientar está na velocidade de resposta da empresa à dinâmica de mercado. De um lado, a empresa assumiu riscos de mercado ao diversificar para transformadores que no decorrer de poucos anos se mostra inviável dada à mudança de padrão de votação nos motores de geladeira da região. De outro, embora ainda fosse uma microempresa, a percepção de que direcionar recursos para

³⁶ *Product Complexity Index* mede a complexidade média de cada produto a partir de suas redes de conexão com os demais produtos. Conforme descrito no tópico 2.3 a base de dados utilizada para a construção do índice de complexidade econômica são dados das exportações. Não só pela disponibilidade dos dados, mas também porque as exportações representam produtos no qual um país tem vantagem comparativa e deve passar pelo rigoroso teste do mercado, comparado à produção para o mercado doméstico. SITC 7711 = *Transformers, electrical*. SITC 7162 = *Electric motors, generators (not direct current)*.

estimular a demanda por seu produto principal já não era mais necessária, dado o crescente ganho de seu *market share*.

É importante perceber que a capacidade de resposta que uma empresa possui não está em apenas acertar nos investimentos, mas na capacidade de resposta rumo a resultados inesperados. Ou seja, a velocidade de resposta a investimentos que não deram certos dada à dinâmica de mercado e, desta forma, minimizar perdas e reaproveitar seus recursos.

Retornando a análise histórica, em meados de 1963 ampliaram-se as discussões sobre a implantação de uma sede própria. Optou-se pela aquisição de um terreno não muito distante da sede. Começaram as edificações em fevereiro de 1964 em que se opta por uma tradicional construção de estilo industrial (conhecida como “*sheds*”). Desta forma foram construídos 4 *sheds* para a instalação dos setores de produção (TERNES, 1986).

Também em 1964, a WEG enfrentou um problema na linha de produção que não encontrava solução por seus colaboradores. Com o propósito de encontrar essa solução, Geraldo Werninghaus candidatou-se para vaga de mecânico na concorrente Motores Brasil, localizada em São Paulo (MORAES, 2004).

Geraldo voltou para a WEG com uma série de conhecimentos, como a técnica de fundir guias e afixar punções (os pinos que furam a chapa das matrizes de estamparia). A partir deste *learning by interacting*, se tornou intrínseco a política da empresa buscar conhecimento via interação. A WEG no decorrer de sua história procurou manter intercâmbio de visitas e viagens com outras empresas do mesmo ramo, sempre em busca de novos aperfeiçoamentos tecnológicos (TERNES, 1997).

Conforme Ternes (1997), o reconhecimento dos benefícios alcançados por essa estratégia agressiva de busca de conhecimentos, culminou anos mais tarde (em 1980) na criação do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico.

Disso, entende-se que, a experiência vivida por um dos donos da empresa permitiu uma mudança nas rotinas da firma. Esta experiência desencadeou a intensificação da busca e do uso do mecanismo de aprendizado externo (interação com outras empresas) que, por sua vez, fortaleceram a cultura do aprendizado pela aquisição e assimilação da tecnologia. Esta busca pela aquisição e assimilação tecnológica incorreria, anos mais tarde, na formação do Centro

Tecnológico. Ou seja, em 1964 estava se formando uma cultura de utilização de mecanismos para o aprendizado tecnológico e assim acumular conhecimento tecnológico.

Importante reforçar que essa institucionalização na rotina da WEG da prática de busca de conhecimentos externos, especialmente na intensidade verificada, é introduzida desde o início de sua história, já em 1964, algo que parece ter ficado impregnado em seu DNA e que não parece ser a prática típica das empresas industriais brasileiras do período.

Ainda em 1964, se deu o primeiro passo no sentido de criação de procedimentos relacionados com a qualidade, ao criar o serviço de inspeção no processo de fabricação. Constituíam-se na verificação das condições gerais do produto na linha de montagem, no qual todo e qualquer motor adquiria um “carimbo” de qualidade (SCHMITZ, 2001).

Já em fins de 1964, a WEG estava operando em suas próprias dependências (TERNES, 1986). A nova organização de todo o sistema da produção ampliou a produtividade (MORAES, 2004). Isto porque começaram a funcionar mais organizadamente os setores de ferramentaria e usinagem, no primeiro *shed*. No segundo *shed*, os setores de estamparia (corte de chapas) e injeção de alumínio; e nos dois últimos *sheds*, a bobinagem e a expedição (TERNES, 1986).

Nestes primeiros anos de existência a WEG dependia do fornecimento de carcaças já fundidas advindas de Joinville. Este fornecimento, no entanto, vinha para Jaraguá em carregamentos espaçados, o que muitas vezes complicava a produção, pois o ritmo de atividade vinha se intensificando a cada ano. Em algumas situações, dada à urgência de um determinado carregamento, tanto Eggon quanto o irmão de Werner faziam o transporte de peças no porta-malas do próprio automóvel (TERNES, 1997).

Dada esta limitação imposta pela dependência em relação ao fornecimento precário advinda das empresas de Joinville, a transação pelo mercado se mostrava custosa demais, estimulando a opção por iniciar um processo de internalização do processo de produção de motores elétricos. A decisão por uma maior ou menor integração, descrevem Brasil, Diegues e Blanc (1995), nada mais é do que o resultado de se encontrar uma vantagem de custo em relação à transação.

É neste contexto que, descreve Moraes (2004), em 1965 a WEG implantou sua própria fundição, dependendo assim apenas de si para fundir e moldar seus metais. Foi o começo de um longo e contínuo

processo de verticalização da empresa. Complementa Ternes (1986) que este contexto de altas incertezas com relação ao fornecimento dos ativos envolvidos na produção estimulou a empresa a busca constante pela incorporação de novos materiais e processos que possibilitasse uma maior verticalização. Isso porque, dadas as incertezas relativas a transacionar no mercado, representava maior independência quanto aos programas de produção, permitindo a WEG trabalhar com melhor garantia nas questões diretamente relacionadas com metas de produção, atendimentos de pedidos especiais, etc.

A instalação do próprio parque fabril e o início do processo de verticalização da produção, começaram, já em 1965, a dar sinais dos desafios relacionados ao mercado de trabalho. Isso porque a mão-de-obra não era qualificada e em sua grande maioria advinha da agricultura. Era necessário treinamento, reciclagem e reforço do conhecimento (SCHMITZ, 2001). Em outras palavras, percebeu-se a necessidade de se fazer esforços de mecanismos internos de aprendizagem em relação ao fator material humano.

Para viabilizar todo o treinamento gerencial, foi contratado um experiente ministrador de cursos, o professor Antônio Serrano de La Pena. Iniciou-se um longo período de cursos para capacitação do material humano na WEG. Inicialmente o professor apresentou um “plano geral de treinamento”, que implicou em meses de palestras, cursos, assessorias e cursos de reciclagem que envolviam todos os colaboradores. O objetivo era o de “reforçar conhecimentos”, ao treinar o pessoal, organizar melhor a produção e melhorar a qualidade do produto (TERNES, 1997).

A preocupação com o treinamento interno suscitou em 1966 a edificação de um centro próprio, específico para o desenvolvimento e qualificação profissional. Este intento levou dois anos para se concretizar (SCHMITZ, 2001).

Ainda em 1966, foi realizada a primeira Convenção Nacional da WEG - Conweg, com os objetivos de: treinamento de equipe, análise de mercado, comparação de desempenhos, estabelecimento de metas, discussão generalizada sobre produtos da empresa, política de venda, marketing e assuntos correlatos. No mesmo ano Eggon (um dos fundadores) assume a presidência da Associação Comercial e Industrial de Jaraguá do Sul, reivindicando questões de infraestrutura como instalações de agências bancárias, melhorias de estradas e a

pavimentação de um acesso de Jaraguá do Sul a BR101 (TERNES, 1997).

Isso é importante pois tratava da interação da empresa com a política desenvolvimentista. Neste caso, exercendo pressão para investimentos do Estado em infraestrutura (principalmente estradas). De fato, essa propriedade da firma capitalista já foi salientada em Penrose (1959), ao descrever que as firmas alteram as condições do entorno necessário para o sucesso de suas atividades, pois este não é algo independente das atividades das firmas.

Também em 1966 começou a formação de rede de distribuidores técnicos pelo país. A dificuldade inicial desta composição, assim como para a produção, era pela mão de obra pouco qualificada, como já dito, de maioria empregada na agricultura (SCHMITZ, 2001).

Em 1967, em concomitância a reorientação dos recursos com o fechamento das empresas SAWEG e Nina, a WEG planejava a aquisição de novas tecnologias em seu produto principal, que em 1968 implicará em viagens a Europa, tratada no tópico seguinte.

Este tópico tratou do período de formação da WEG até sua consolidação no mercado de motores elétricos, que se deu de 1961 a 1967. Sobre o período, se destaca que o contexto histórico em que a WEG iniciara as atividades foi de fortíssima demanda, induzida por dinâmica econômica fortalecida por políticas de uma estratégia desenvolvimentista. Neste sentido, é importante ressaltar que mesmo todo meritório esforço e desempenho tecnológico da WEG dificilmente teriam se realizado sem um contexto como aquele. É dizer, a WEG como qualquer empresa é também fruto do meio e, esse era promotor do avanço de empresas dedicadas à produção de bens de capital.

Não obstante esse incentivo, havia concentração da demanda em São Paulo e a malha rodoviária, ainda em formação, significava um verdadeiro desafio logístico para efetuar entregas para todo o território nacional. Isso, ao mesmo tempo que representava desafio à uma expansão vigorosa, significou reserva de mercado no Sul do Brasil para a WEG.

É neste sentido que se destaca três estratégias adotadas pela empresa frente aos desafios logísticos. Primeiro, o direcionamento de uma contínua verticalização do processo de produção, almejando resolver problemas de fornecimentos intermitentes. Dado o isolamento de Jaraguá do Sul, a inexistência de uma malha rodoviária, e a distância dos mercados fornecedores, a verticalização se mostrou a opção mais

viável para a redução das incertezas e dos custos de transação envolvidos para a WEG.

Em segundo, a contratação de um ministrador de cursos (mecanismo de aprendizado externo) para planejar e formar cursos e palestras (mecanismos internos de aprendizagem) para a formação de sua crescente demanda por mão-de-obra, em uma região majoritariamente agrícola.

Terceiro, concentrar seus esforços de produção para o fornecimento local em paralelo ao fornecimento ao interior do Estado de São Paulo, com base em uma visão de conquista do mercado paulista à longo prazo.

Por fim, estes esforços de ganho de *Market share* não poderiam ocorrer sem uma crescente capacitação tecnológica da empresa. Observa-se no período, os primeiros mecanismos de aprendizagem utilizados pela empresa. Seu empenho em capacitar de forma multifuncional seus trabalhadores, a contratação de um professor para ministrar palestras, seminários, e a interação de um dos fundadores ao ir trabalhar em outra empresa.

Concomitante aos esforços de capacitação, nota-se a agressividade da empresa ao diversificar com o claro intento de aumentar a demanda em motores elétricos e a partir de um cargo em uma instituição da indústria local reivindicando questões de infraestrutura no entorno da empresa.

A agressividade tecnológica que nitidamente já se apresenta na empresa, viria a ser fundamental para a empresa acumular capacidades tecnológicas, como se verá no tópico a seguir.

4.2 DA MICROEMPRESA A GRANDE EMPRESA EXPORTADORA: 1968 – 1977

Este tópico procura explorar as questões relacionadas aos mecanismos de aprendizagem utilizados pela WEG e o acúmulo de competências que a empresa realiza a partir de dois grandes projetos de expansão, o primeiro de 1968 a 1970 e o segundo de 1973 a 1977. Ademais, a agressividade tecnológica da empresa também se apresenta no esforço exportador que iniciou no período.

Destaca-se neste intento, de um lado, o cenário macroeconômico de intenso crescimento e o papel do Sistema Nacional de Inovações - SNI brasileiro. Estes se apresentam pelo importante papel

do BNDE enquanto agente fomentador de oportunidades e pela UFSC na formação de engenheiros.

No período de 1968 a 1977 a WEG passou por grandes transformações, adquiriu os padrões de grande empresa. Novamente, o contexto macroeconômico é pano de fundo importante ao crescimento.

A política desenvolvimentista levaria o Brasil a sua “era de ouro” em termos de crescimento nacional. De 1968 a 1973 o Brasil cresceria em média 11%, com inflação declinante e superávits na balança de pagamentos (LAGO, 1990). O crescimento em marcha forçada posterior, de 1974 a 1979, manteve o Brasil crescendo a uma taxa média de 6,8%, graças aos esforços do II Plano Nacional de Desenvolvimento – II PND (CARNEIRO, 1990; CASTRO e SOUZA, 1985). Este contexto é importante para entender o estímulo para investir na empresa e a dimensão dos grandes investimentos realizados pela empresa WEG em dois grandes projetos, o primeiro de 1968 a 1970 e o segundo de 1973 a 1977, e que transformaram a empresa de uma pequena produtora local a uma das maiores fornecedoras de motores elétricos do país, em cerca de um decênio.

Conforme a pesquisa de campo, a ousadia do “seu Eggo” foi determinante nos rumos da empresa em 1968. Eggo percebia que para crescer não dava mais para ficar fazendo motor à base da experimentação, de uma maneira muito pobre e empírica, sem nenhum cálculo e formação técnica, tudo a base da cópia. Decidiu que a empresa precisava adquirir tecnologia. Mas no Brasil não havia ainda a opção de adquirir tecnologia das multinacionais instaladas, pois estas não permitiam o acesso. De outro lado, não havia como fazer tecnologia reversa, pois a empresa era pequena e não tinha um centro de pesquisa.

Em 1968, com a empresa já consolidada no mercado, os fundadores da WEG decidiram empreender uma viagem à Alemanha, em busca de tecnologia e também de sócios (para arcar com os investimentos vultosos), para promover o avanço da empresa em termos de domínio tecnológico em motores elétricos. A opção pela Alemanha se deu pela afinidade dos membros fundadores com a cultura germânica e pela facilidade com a língua³⁷. Desta forma, foi realizado um extenso

³⁷ Os membros fundadores dominavam o alemão. Era comum, para estes primeiros brasileiros filhos de imigrantes europeus (em Jaraguá em sua maioria alemães), sentar-se em sua infância junto a família nos tempos em que não existia energia elétrica, a luz de querosene, e acompanhar pais e avós em horas ininterruptas de livros alemães (TERNES, 1997).

programa de visitas às fabricas de motores elétricos e máquinas operatrizes na Alemanha (TERNES, 1986).

Em entrevista de campo feita com o entrevistado 10, primeiro engenheiro da empresa, questionado sobre outros motivos que pudessem ter influenciado a opção pela Alemanha, este respondeu: “Tinha aí dois fatores. Primeiro que os fundadores tinham uma crença inabalável de que em motores elétricos os alemães eram os melhores do mundo, tinham isso como convicção. Em segundo porque eram mesmo”.

Analisando esta opção por realizar visitas técnicas a fábricas alemãs, se observa que foi uma opção estratégica assumida pela WEG em busca de tecnologia de fronteira, das melhores práticas em motores elétricos realizadas no mundo. Dito de outra forma, foi uma decisão agressiva que, por meio de um mecanismo de aprendizagem externo, possibilitou a WEG a transferência de tecnologia e o acúmulo de capacidades tecnológicas de inovação.

Na opinião de Brasil, Diegues e Blanc (1995) esta foi à decisão mais importante tomada pela diretoria da WEG e está na base do crescimento até 1977 e da liderança no mercado de motores no Brasil.

Conforme narra Eggon sobre a viagem:

Foi em 1968 e a empresa tinha sete anos. Fizemos uma viagem à Alemanha organizada pela Câmara Teuto-Brasileira. Diariamente tínhamos contatos com fornecedores de máquinas, visitávamos empresas e também buscávamos sócios para uma *joint venture*. Foi nessa viagem de 30 dias que vimos às diferenças do modelo de formação de pessoas da Alemanha, incluindo o pessoal da produção e gestores. Trouxemos isso para nossa fábrica. Depois, chegamos à conclusão que a *joint venture* não daria certo. Daí, contratamos um escritório de engenharia que nos ofereceu um projeto bem organizado. Montamos um projeto arrojado com o BNDE e iniciamos uma nova fase (WOLFF, 2004, p. 65).

Novamente o papel da intencionalidade desenvolvimentista brasileira é referida aqui, no fato da WEG ter ido ao BNDE buscar recursos para impulsionar a atualização tecnológica.

Notável, contudo, que, de um lado, a empresa parece ter encontrado na estrutura produtiva alemã referências importantes para

promover seu *up-grade*. Conforme o próprio Eggon “Na Alemanha uma empresa pequena é uma organização perfeita, atualizada tecnologicamente. Quando busca tecnologia em uma pequena empresa, você fala com o dono, e tem suas portas abertas. Isso é fundamental no caso de transferência tecnológica” (FUNDAÇÃO CENTRO de ESTUDOS do COMÉRCIO EXTERIOR, 1989 p.6 *apud* MORAES 2004).

Foi desta forma que os 3 membros fundadores, Eggon, Geraldo e Werner, conseguiram fechar contrato com o escritório de projetos de competência reconhecida na área dirigido pelo Dr. Ing Ernst Braun. Essa ação deu à WEG acesso a um pacote tecnológico para produção de uma geração de motores única no Brasil para o período. Os serviços para implantação, que demandaram substanciais investimentos em máquinas, equipamentos e materiais, exigiriam quase dois anos de trabalho. O resultado foi o lançamento do novo motor em 1970 (TERNES, 1997).

Tal empreendimento exigiu a resolução de pelo menos dois grandes hiatos, de um lado o financiamento necessário e de outro a mão-de-obra qualificada para operar a nova tecnologia. Os investimentos maciços foram realizados via recursos da própria e subsídios de órgãos financeiros do governo destinados à ampliação do parque fabril brasileiro. Assim como pelos financiamentos obtidos junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico³⁸ – BNDE (TERNES, 1986).

Para entender a importância do BNDE enquanto agente fomentador de oportunidades, descrevem Brasil, Diegues e Blanc (1995) que na estrutura brasileira de todo este período desenvolvimentista, que vai da década de 50 a 80, era comum as multinacionais estrangeiras, dada a credibilidade e o contato de suas matrizes para com os bancos internacionais, conseguirem empréstimos estrangeiros. O mesmo não acontecia com as empresas nacionais brasileiras. As empresas nacionais não tinham nem o contato nem a credibilidade para a obtenção dos empréstimos. A própria WEG tentou primeiramente captar recursos financeiros privados na Alemanha. O insucesso fez a empresa voltar-se

³⁸ O BNDE foi criado em 1952 com a atribuição, entre outras, de gerir um fundo especial arrecadado pelo setor público, o Fundo de Reaparelhamento Econômico, para realizar a inversão de capital público dentro de uma ótica estruturalista de desenvolvimento, que determinava áreas prioritárias de investimento e pontos de estrangulamento, na forma de obras de natureza determinadas básicas ou infraestrutural e facilitação ao estímulo de atividades privadas (ORENSTEIN e SOCHACZEWSKI, 1990).

ao BNDE, que apresentava condições de financiamento bastante competitivas.

A implementação do novo pacote tecnológico esbarrava no problema da qualificação da mão-de-obra, em sua maioria de agricultores na pequena Jaraguá. Como forma de enfrentar esse óbice a WEG optou, em 1968, por criar um Centro de Treinamento contínuo (MORAES, 2004). Essa decisão viria ao decorrer de sua trajetória permitir a WEG ter a flexibilidade de planejar e formar toda a mão de obra necessária para sua expansão. Complementa Ternes (1997) ao descrever que o Centro de Treinamento possibilitou a WEG se suprir de mão-de-obra qualificada, ao mesmo tempo em que institucionaliza o processo de constante aperfeiçoamento da mão-de-obra já existente. Este centro de formação tinha por objetivo permitir que a empresa planejasse melhor e se antecipasse a diversificação e a verticalização de novos produtos, ao ampliar consideravelmente a política de formação de recursos humanos da área técnica.

Importante salientar que a institucionalização do Centro de Treinamento representava uma inovação organizacional de alto grau para a época. Tal iniciativa deveu-se também a viagem de negócios dos três fundadores à Alemanha, de 1968. Nela, os membros constataram que as fábricas alemãs ofereciam cursos profissionalizantes para jovens trabalhadores, algo pouco usual no Brasil da época (MUSEU WEG, 2017).

A importância dada ao centro de treinamento era tamanha que os cursos eram gratuitos, e o aluno recebia ainda o material escolar necessário, dispondo ainda de amplo parque de máquinas para as aulas práticas. Não somente, era garantida uma vaga de emprego aos alunos que concluíssem o curso, caso quisessem. Essa estratégia inclusive facilitava, conforme a necessidade e conveniência, o direcionamento dos cursos ministrados para suprir as demandas de capital humano da WEG frente a cada novo projeto (VIDIGAL, 2011). Essa flexibilidade representou importante elemento da expansão. Como resultado, a contratação pela WEG dos alunos formados em seu centro de treinamento se mostrou algo constante ao longo dos anos. (MUSEU WEG, 2017).

Ao longo das décadas, o Centro WEG passou a oferecer cursos profissionalizantes com parceria com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Estes se constituíam de cursos de nível técnico com duração de um ano nas áreas de usinagem e

montagem eletromecânica, cursos de dois anos nas áreas de mecânica de ferramentaria, mecânica de manutenção, eletrotécnica, eletrônica e química (MUSEU WEG, 2017). Novamente, nota-se a relevância de agente do Sistema Nacional de Inovações Brasileiro, cuja institucionalização deve-se a visão desenvolvimentista e industrializante.

Outros atores do SNI foram também relevantes ao longo da trajetória da WEG. Conforme a pesquisa de campo, a aquisição do pacote Braun suscitou a necessidade de contratarem engenheiros para absorver a nova tecnologia.

Já em fins de 1968 a empresa contratou o primeiro engenheiro, selecionado por Eggon, a partir de uma conversa com o diretor da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Santa Catarina, que lhe indicou um jovem engenheiro mecânico (o entrevistado 10 desta pesquisa). Nota-se, então, que apenas ao final dos anos 60 a empresa passou a ter pessoal com formação superior em seu quadro de profissionais. Até novembro de 1969, a empresa contrataria mais três engenheiros (VIDIGAL, 2011).

Tais contratações revelam a complementariedade de mecanismos internos e externos de aprendizagem que viabilizaram a instalação e assimilação do conhecimento técnico do pacote tecnológico adquirido na Alemanha em 1968. Em outras palavras, a agressiva estratégia tecnológica da WEG encontrava forças para a concretização dos objetivos a que servia em instituições públicas do Sistema Nacional de inovações brasileira, em grande medida criadas pela visão desenvolvimentista (BNDES e SEBRAE), mas também por outras públicas como a Universidade Federal de Santa Catarina.

A nova linha de motores WEG contou com outro mecanismo de aprendizagem externo, a decisiva prestação da assistência ao projeto de implantação, do escritório do Dr. Ing E. Braun. Conforme Ternes (1997), isso garantiu a WEG acesso a avançada tecnologia eletromecânica europeia, que seria a primeira no Brasil a estar rigorosamente enquadrado nas Normas Técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT³⁹, e da *International Electrical*

³⁹ A ABNT foi fundada em 28 de setembro de 1940, sendo considerada de utilidade pública pela Lei 4150/62. Seu objetivo é de elaborar normas técnicas e atividades afins em âmbito nacional, visando facilitar as trocas de bens e serviços, bem como promover o desenvolvimento da ciência, da tecnologia, da indústria e do comércio do país (SILVA, 2004).

Comission – IEC, as normas internacionais⁴⁰ exigidas para motores elétricos (TERNES, 1986).

Como dito acima, o projeto da nova linha de montagem perdurou de 1968 a 1970. Foram adquiridos avançados equipamentos tanto do Brasil como do exterior, para serem instalados no Parque Fabril I. Entre estes, tornos mecânicos de alta precisão, potentes furadeiras e fornos para esmaltação de fios, um balanceador eletro-dinâmico de motores, grandes prensas, máquinas de bobinar e equipamentos de medição elétrica de alta precisão. Alguns dos equipamentos eram de grandes dimensões, como a prensa alemã Weingarten, com trinta toneladas de peso e capacidade de estampar (cortar) de 60 a 150 chapas de estator por minuto e, simultaneamente, produzir igual número de chapas de rotor, com funcionamento semi-automatizado (TERNES, 1997).

Em 1969, outros passos foram dados na verticalização, rumo à autossuficiência das etapas do processo produtivo. Foi desenvolvida pela WEG sua primeira injetora de alumínio, o que permitiu a empresa expandir seu mercado, elevando a potência dos seus motores de 5 para 15 cavalos/força. Também a empresa instituiu a prensa para pino de injetora hidráulica (MORAES, 2004). Também foi idealizado e montado o primeiro alimentador de forno cubilô, na fundição (trabalho que até então fora feito manualmente). Desta forma, aos poucos a montagem tornava-se sempre mais ágil e mais rápida, o que permitia ampliar sempre mais a produção (TERNES, 1997).

Ainda em 1969 foi dado outro passo importante no que tange a qualidade, com a contratação de uma assessoria externa (a do Professor Walter Christian) do Instituto Brasileiro para Assuntos da Qualidade que

⁴⁰ A necessidade de uma padronização e normatização dos motores elétricos entre as economias desenvolvidas aconteceu em torno da década de 1920, com a difusão da fabricação entre diferentes fabricantes. A concorrência entre os fabricantes estimulava a melhoria técnica, na busca por produtos de melhor qualidade, a um custo mais baixo e, por consequência, gerando maiores lucros. Desta forma passou-se a lançar motores de uma mesma potência com pesos e tamanhos sempre menores. Essas dimensões construtivas em relação à potência divergiam completamente de fabricante para fabricante, de tal modo que a substituição de motores de marcas diferentes era quase impossível sem as devidas adaptações. O mesmo acontecia com motores quando a série de fabricação anterior era substituída por outra mais nova. As tentativas de uma normatização se estenderam por décadas, sendo editadas as primeiras diretrizes em 1956, permanecendo em vigor até a atualidade (WOLFF, 2004).

culminaram na estruturação do “Departamento de Qualidade”. Começou a nascer aí a “política de qualidade”, que se refletiria na criação de sistemas de administração participativa e de comissões de trabalho (TERNES, 1997).

De acordo com Brasil, Diegues e Blanc (1995), a inovação organizacional cristalizada nas Comissões de trabalho, implementadas inicialmente para a resolução de problemas operacionais, com a finalidade de se eliminarem barreiras interdepartamentais e promover a colaboração entre as várias áreas em assunto de interesse comum, expandiram-se posteriormente para todos os níveis da empresa. Consistiram-se por um sistema de transversalidade na estrutura organizacional hierárquica que permitiu um processo participativo dinâmico⁴¹, mas controlado pela diretoria da empresa. Através das Comissões de Trabalho, a WEG obteve um equilíbrio entre a rigidez hierárquica e a flexibilidade⁴² necessárias às mudanças organizacionais que se realizaram posteriormente.

O projeto da instalação da nova linha de montagem que perdurou por todo o ano de 1969 e 1970, implicou na montagem de vários laboratórios que mais adiante, viriam a constituir os centros vitais do “Centroweg”. Até então, neste momento de sua história, a WEG contava apenas com o Centro de Treinamento criado em 1968 (TERNES, 1986).

⁴¹ Essas comissões eram regidas por cinco princípios: (i) incluem pessoas de diferentes áreas da empresa, direta e indiretamente relacionadas com o tema estudado; (ii) os objetivos devem ser bem definidos; (iii) Os coordenadores dos grupos eram rotativos e não possuíam suplentes; (iv) As proposições finais são traduzidas em projetos, com linguagem uniformizada, submetidas a diretoria; (v) Se fossem aprovados, sua implementação era feita pelo departamento interessado, havendo auditorias posteriores de acompanhamento (BRASIL, DIEGUES e BLANC, 1995).

⁴² Brasil, Diegues e Blanc (1995) destacam que logo após a segunda guerra mundial, o Japão passa a adotar o modelo toyotista de produção, com maior flexibilização da hierarquia de trabalho, menores níveis de estoque e a introdução da multifuncionalidade, com maior integração dos colaboradores nas políticas da empresa e maior integração dos conhecimentos internos a conhecimentos externos a empresa. Este modelo significou uma mudança cultural em relação ao fordismo, de estrutura hierárquica rígida, especificidade no trabalho dos empregados e altos estoques. Ou seja, a estrutura da WEG estava criando em suas rotinas elementos de um paradigma que ainda era incipiente na década de 1960 e não se tinha conhecimento deste no Brasil.

Em paralelo ao redimensionamento da empresa com a aquisição do pacote tecnológico na Alemanha em 1968, outros mecanismos externos de aprendizagem, como contínuas viagens ao exterior para a absorção da tecnologia européia em motores elétricos foram realizadas no decorrer de 1969. Ternes (1997) destaca o envio de Reiner Modro e Arthur Borches a Alemanha, onde realizaram estágios na Blum-Geoppingen e na Deckel-Munich. Entre os mecanismos utilizados pela WEG para atualizações tecnológicas esteve a aquisição de moldes de ferramentaria inexistentes no Brasil. Em 1970 Modro voltou à Alemanha e por conseguir ampliar o número de amigos em diferentes empresas alemãs em que realizou estágios, conseguiu autorização para trazer cópias de um conjunto de moldes de ferramentas. Eram quase dez quilos de desenhos em finíssimo papel-cópia, constituindo um verdadeiro “pacote tecnológico” em motores elétricos, contendo praticamente meio século de evolução alemã na produção de ferramentas e equipamentos para a produção de motores elétricos (TERNES, 1997). Estes moldes, mas também outros equipamentos ainda eram desconhecidos no Brasil e certamente representaram impulso decisivo à ampliação da capacidade tecnológica e da competitividade da empresa.

Cabe ainda comentar que a absorção deste “meio século de conhecimento” em um paradigma tecnológico, aconteceu em um período de 10 anos (1968 a 1977). Em termos de *catching up*, isto sugere que estava havendo a acumulação de competências da trajetória tecnológica estabelecida na eletromecânica a uma velocidade superior do que a que estava ocorrendo na fronteira tecnológica.

Estabelecido o intercâmbio e finalizadas as etapas de instalação da nova linha de montagem, a WEG experimentou um crescimento espetacular. A capacidade de oferta da WEG encontrava a demanda em forte e consistente crescimento do período conhecido como milagre econômico brasileiro. Segundo Schmitz (2001), não havia, naquele momento da história brasileira, motores elétricos comparáveis aos produzidos pela WEG em nível nacional.

Vários protótipos foram construídos e exaustivamente testados em desempenho e resistência. Com o emprego de novos métodos de produção, novos materiais e tecnologia avançada, os novos motores apresentavam outro requisito indispensável, um custo mais baixo (TERNES, 1986).

O pacote adquirido pelos membros fundadores em sua viagem à Alemanha continha a diferenciação de motores elétricos nas potências de 0,5 a 25 cavalos-força. A WEG adaptou-os nos dois anos de testes em seus laboratórios e desenvolveu os motores elétricos de 30, 40 e 50 cavalos-força (TERNES, 1986). Essa capacidade inovativa tornava a empresa competitiva em novas diferentes faixas de mercado.

Desta forma, as visitas técnicas realizadas de 1968 a 1970 as empresas alemãs constituíram em verdadeira capacitação via absorção do conhecimento tácito e/ou codificado europeu em motores elétricos. A WEG trouxe esse conhecimento para dentro da empresa e o converteu em novo conhecimento tácito, nos moldes do ciclo do processo de aprendizagem discutido na Figura 2.6 do sub-tópico 2.1.3, ou seja, a preparação interna para a aquisição do conhecimento externo, a aquisição, a absorção e integração da tecnologia e a melhora subsequente envolvendo a criatividade da empresa.

Acrescentam Brasil, Diegues e Blanc (1995), que a evolução do “motor empírico de Werner”, que aprenderam a partir do conhecimento tácito do dia a dia de trabalho e dos manuais alemães que dispunham ao “motor científico do escritório Braun” além de ampliar a gama de potências disponíveis, implicou em um salto qualitativo com a introdução no mercado de motores blindados, que ao estarem protegidos contra as intempéries eram mais duráveis.

Não somente, pois Brasil, Diegues e Blanc (1995) destacam que a consequência estratégica mais importante dessa evolução foi à adoção das normas métricas da IEC, que ao definir o sentido da diferenciação dos motores, ao mesmo tempo que serviu como horizonte técnico para a aproximação ao estado da arte da tecnologia de motores até 50cv, permitiu a WEG rivalizar com a Arno. Contudo, tanto essa rival como outras optaram por permanecerem estacionados na normalização inglesa, em que imperava a polegada, algo que se revelou tecnicamente inferior já que os motores WEG passaram a revelar desempenho superior em diversos quesitos. Ademais, mesmo diante da evidente perda de mercado para a WEG, seus concorrentes hesitaram em fazer os investimentos de reconversão para o sistema métrico, ficando irremediavelmente para trás⁴³.

⁴³ Embora pareça estranho tal letargia por parte da Arno, é muito comum as empresas não terem ou manterem esforços para se adaptarem frente às mudanças tecnológicas. Penrose (1959) descreve um comportamento chamado de “leminguês de Schumpeter”, termo usado para designar grupos ou pessoas

Ao atender a exigências de padrões internacionais, a WEG iniciou sua primeira fase de exportações, primeiramente para países latino-americanos, de forma relativamente reduzida: Uruguai, Paraguai, Equador, Bolívia (TERNES, 1997). A partir deste momento, a participação da WEG em feiras e exposições em diferentes países da Europa bem como Estados Unidos e Canadá tornou-se estratégica, verdadeiro objetivo do esforço de marketing, no intento de conquistar o mercado internacional e, por consequência, a contínua expansão das exportações (TERNES, 1997).

Novamente, nota-se a agressividade da empresa se comparada a outras empresas. O estímulo à demanda interna dado pelo contexto do Milagre Econômico brasileiro, seguido do crescimento do II PND, impulsionava as empresas brasileiras à competição interna. Neste contexto, a expansão da WEG não se limitou ao mercado nacional, já estava um passo à frente, expandindo-se para o resto do mundo. Neste sentido, Kim (1980) descreve que o esforço exportador das empresas de produtos eletrônicos sul coreanas exerceu um papel importante não somente para gerar inovações voltadas a competir externamente, mas que muitas inovações voltadas para a competição externa foram introduzidas ao mercado doméstico.

Em 1972, com a economia brasileira a pleno vapor e a demanda por seus motores crescente, a WEG precisou ampliar seus espaços. Os 30 mil metros quadrados do Parque Fabril I não comportavam a expansão da empresa (OLIGER, 2006).

O Parque Fabril II teve edificação iniciada em 1973 e se estendeu por mais três anos, exigindo investimentos da ordem de 8,5 milhões de cruzeiros. Destes, 4 milhões foram da própria empresa, e o restante financiado pelo Fundec, do Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul – BRDE, e o Banco Nacional de

que seguem outros cegamente, mesmo sabendo que o resultado será a destruição. Em Freeman e Soete (2008, p. 457), o autor cita um estudo de Metcalfe (1970), em que descreve que muitas firmas da indústria têxtil algodoeira de Lancashire não estavam dispostas a comprar sequer uma nova simples peça de equipamento cujo prazo de retorno do investimento era de menos de um ano. Uma possível explicação para a menor dinâmica para se adaptarem está relacionada a história da empresa, em que sua trajetória pode incorrer na formação de uma rigidez da capacidade de respostas da empresa a dinâmica de mercado. Para uma maior compreensão a respeito, ver o tópico 2.1.1 sobre o conceito de *path dependence*.

Desenvolvimento – BNDE (TERNES, 1997). Mais uma vez, percebe-se o papel de agentes de inversão de capital público em uma ótica estruturalista dentro do SNI brasileiro, ou seja, de instituições facilitadoras as atividades privadas.

Este projeto implicou em novas unidades físicas, nova e moderna fundição, além de novos equipamentos e máquinas para as seções de usinagem e ferramentaria. Também nesse ano iniciou-se a diversificação, na forma do reflorestamento, inicialmente visando à utilização de incentivos governamentais (fiscais), que no decorrer dos anos vieram a mostrar economias de escopo derivadas da extração de madeira que a empresa utilizou em suas próprias serrarias para a confecção de embalagens (TERNES, 1997).

No ano de 1973 a WEG fez sua primeira tentativa de entrada no mercado dos EUA, porém os produtos WEG não atendiam as normas técnicas exigidas. Após dois anos de adequações a WEG conseguiu constituir uma linha de produtos específica para o mercado norte-americano (MORAES, 2004). As exportações do período crescem e os motores WEG alcançam cerca de 20 países, agora se estendendo para países europeus, Canadá e EUA (TERNES, 1986).

No âmbito da preocupação com a racionalização da produção, foi realizado em 1973 o 1^o Seminário de Qualidade, um dos mais prolongados cursos relacionados com o controle de qualidade. Abordou-se temas como custos, normas para manuseio de máquinas, instrumentos e dispositivos, normas da empresa, ritmo de trabalho e rendimento, planejamento, documentação, comparação prática de qualidade. O seminário envolveu os principais setores de toda a fábrica, das diretorias de produção e vendas aos chefes de departamentos e teve duração de 11 semanas (TERNES, 1986).

Também a partir de 1973 a empresa passa a produzir motores de grande potência, de até 400 cavalo-força (TERNES, 1997). No início de 1974 entrou em operação, no Parque Fabril II, a fábrica de motores monofásicos de ¼ até um cavalo vapor, que são aqueles motores de baixa tensão com maior demanda no mercado da época (WOLFF, 2004). A linha de produtos WEG encontrava-se apta para fornecer motores de praticamente todas as potências, desde ¼ de potência até 400 c.v. (TERNES, 1997).

Uma nova equipe diretora é formada entre 1973 e 1974, com Gerd Edgar Baumer como diretor-administrativo em 1973, e Alidor Lueders na área jurídica e Euclides Emmendoerfer na área de recursos

humanos, ambos em 1974. A nova equipe, desde o início de sua formação, teve como base não apenas a busca do crescimento que se consolidava com as edificações do Parque Fabril II, mas em direcionar a empresa a buscar uma posição de vanguarda a nível internacional (TERNES, 1997).

Este momento marca o início de uma mudança dos rumos institucionais e estratégicos da empresa, que teve implicações para o período posterior aos dois grandes projetos de aquisição e assimilação tecnológico dos períodos de 1968 a 1970 e de 1973 a 1977. Volta-se a tal questão no próximo tópico, para não atrapalhar a cronologia histórica.

Em 1974 a WEG criou uma subsidiária na Alemanha, com sede em Berlim. A opção se deu pela importância que a Alemanha teve para a acumulação de capacitações e aprendizado tecnológico da WEG, no qual as visitas em busca da absorção de tecnologia das empresas de motores elétricos local passaram a ser prática usual por parte da empresa (TERNES, 1986).

A nova empresa objetivava prestar adequada assistência técnica aos produtos exportados aos países da Europa e cuidar dos interesses de distribuição dos motores nos mercados daquele continente. Na Europa, em razão da existência de produto similar, com o mesmo registro comercial (WEG – Würtenberg Elektromotoren GmbH) de uma pequena fábrica de motores localizada no Sul da Alemanha, o motor WEG levou a marca “Jara”, sílabas iniciais de Jaraguá (TERNES, 1997).

Ainda em 1974 foram formados os grupos de racionalização de trabalhos, com objetivos voltados a qualidade, produtividade, custos e segurança no ambiente de trabalho. A partir de 1975 as primeiras exportações para o Japão e o Líbano se iniciaram. A WEG neste ano já integrava a lista das maiores empresas do Brasil, e era uma das 20 maiores empresas de Santa Catarina e detinha o título de “Maior Fabricante de Motores Elétricos da América Latina”. A empresa adquiriu estrutura física de grande porte e estava biologicamente madura (TERNES, 1997).

A evolução das capacidades tecnológicas dos produtos na WEG aconteceu tanto em termos de expansão física da produção quanto no crescimento das áreas de produção. No Parque Fabril II se iniciou a fábrica III, dada à contínua elevação da produção. (TERNES, 1997). A partir de 1975, a WEG passou a ser o maior fabricante de motores

elétricos da América Latina (PREDEBON, 2010). Em março de 1977 se inaugurou o Parque Fabril II (WEG, 2017a).

Cabe um adendo a respeito da discussão sobre a formação do Parque Fabril II feita neste capítulo. Os documentos históricos ao salientarem a inauguração do Parque Fabril II pode induzir ao leitor a ideia de que as expansões cessaram em 1977. No entanto, na pesquisa de campo percebeu-se que isso não ocorreu. O que aconteceu é que a partir de 1977 o crescimento foi de menor magnitude, mais ponderado e pausado, com a elevação de edificações pontuais, mas que continuaram acontecendo até 2005. Sendo assim, deve-se entender o período de 1973 a 1977 como um período de grande crescimento, com investimentos maciços para a formação do novo parque industrial.

Também cabe observar que os dois grandes projetos de expansão da empresa que ocorreram de 1968 a 1977 correspondem ao auge do esforço desenvolvimentista de endogeneizar uma base industrial intensiva em capital, conhecido como milagre econômico, de 1968 a 1973, e do esforço a partir de 1974 de consolidar o modelo de industrialização por substituição de importações – ISI, financiado pelo endividamento externo e implementado na forma do segundo Plano Nacional de Desenvolvimento – II PND⁴⁴.

Em suma, este tópico marca a característica ofensiva da empresa WEG em buscar conhecimento no exterior e em viabilizar o aprendizado internamente. Em 1968, ao fazer viagens de visita a empresas alemãs que incorreram em absorção de capacidade tecnológica por meio de mecanismos externos de aprendizagem, tais como a obtenção de pacotes tecnológicos, assistência ao projeto de implantação, assessorias externas, contratação de mão-de-obra com ensino superior etc.

Concomitantemente, utilizou-se de uma variedade de mecanismos internos de aprendizagem na forma de palestras e cursos contínuos com a criação de um centro de treinamento, encontros anuais, a criação de comissões de acompanhamento operacional, etc.

Portanto, a WEG teve uma estratégia inovadora ofensiva ao realizar uma série de esforços para avançar de uma capacidade produtiva incipiente, marcada por baixo grau de institucionalização de atividades produtivas similares (mão de obra agrícola) para uma capacidade

⁴⁴ Para maiores detalhes sobre o esforço de continuidade do processo de substituição de importações do II PND no período de 1974 a 1979 ver Carneiro (1990) e Hermann (2011).

inovativa capaz de desenvolver produtos superiores aos de grandes multinacionais instaladas há tempo no Brasil,

Não somente, a empresa demonstrou agressividade tecnológica ao combinar mecanismos externos e internos de aprendizagem que lhe permitiram acumular capacidade tecnológica de forma a ser competitiva com grandes empresas não apenas no Brasil, mas disputando mercados externos. Este aspecto é salientado pelo contexto das empresas nacionais da época, em um país de industrialização tardia e que o conceito de inovação para a maioria das empresas era imitativa, relacionada à eventual importação de maquinário e em que competir no mercado estava relacionado à proteção do mercado interno.

Observa-se, analisando o período, que estava acontecendo o que Figueiredo (2013) chamou de “real transferência tecnológica”, que envolve de um lado a escolha e compra da tecnologia importada e, de outro, o engajamento da empresa recipiente em um contínuo e sistemático processo de aprendizagem tecnológica. Concomitantemente, a empresa parece seguir uma trajetória de *catching up*, a uma velocidade superior a da fronteira tecnológica.

A ofensividade da WEG encontrou “ombros fortes” na política industrial, em que o BNDE teve um papel basilar ao garantir o financiamento que dificilmente era obtido por empresas brasileiras junto a grandes bancos internacionais. Não somente, pois o intento de capacitação da empresa encontrou em partes do Sistema Nacional de Inovações o apoio para a concretização de seus objetivos, tais como universidades.

Isso posto, este período marcado por dois grandes projetos de aquisição de tecnologia e de uma enorme expansão da capacidade produtiva estão intrinsecamente ligadas as transformações estruturais do país e a política de fomento a indústria brasileira.

Ao fim da implantação dos dois grandes processos de expansão a WEG é uma empresa grande, que rivaliza o mercado brasileiro com subsidiárias de multinacionais estrangeiras e exporta para diversos países. A WEG, nesse período já se revelava como um ponto fora da curva entre as empresas brasileiras, o que notavelmente pode-se explicar por uma estratégia tecnológica igualmente diferente em relação ao padrão brasileiro do período.

Em paralelo a grande expansão e a capacitação tecnológica, se moldava as premissas gerenciais de uma empresa grande, não só preocupada em crescer, mas em estar na vanguarda, na antecipação das

tendências tecnológicas e em rapidamente ter a capacidade de se adaptar aos mercados e aventurar-se pela diversificação além da produção de motores elétricos. Estes elementos se mostrariam importantes para os rumos e desafios dos 10 anos que estariam por vir.

4.3 A NORMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO PRÓPRIO E AS GRANDES DIVERSIFICAÇÕES DA EMPRESA – 1978 A 1988.

Este tópico procura explorar a relação entre 20 anos de acumulação de capacidade tecnológica e as diversificações que ocorreram ao longo da década de 1980. O arcabouço teórico que alicerça esta relação são os custos de transação de Coase. Ademais, é explorada a evolução dos mecanismos de aprendizagem internos que institucionalizam a codificação da geração de conhecimento na empresa, bem como o mecanismo externo contínuo de aprendizagem para formação de *joint ventures* para aquisição de tecnologia.

Ao final da grande expansão que se consolida na forma do Parque Fabril II, em 1977, aquelas mudanças institucionais que começaram com a formação da nova diretoria da empresa, entre 1973 e 1974 (descrito no tópico anterior), foram se consolidando e ganhando forma na firma, no direcionamento das decisões voltadas a uma estratégia de longo prazo e na ofensiva para construir a base própria de conhecimentos que sustentariam independência tecnológica.

Este direcionamento estratégico se materializou na normatização⁴⁵ e socialização do conhecimento a partir do término da grande expansão, de 1973 a 1977. É desta forma que, conforme Ternes (1997), em 1978 foi criada a seção de normatização, que centralizava o acervo de normas já existentes, bem como coordenava o fluxo de normas técnicas, então em rápido crescimento, nos diferentes setores da produção.

Além do conhecimento técnico, de 1978 até 1981 são institucionalizados, padronizados e fixados por escrito todos os sistemas de trabalho, e definidas as competências e formas de atuar (TERNES, 1997). Toda a codificação que ocorreria no início dos anos 80 em diante,

⁴⁵ Na pesquisa de campo esse termo foi continuamente repetido pelos funcionários entrevistados da empresa. É a própria codificação do conhecimento, na forma das normas e procedimentos padronizados nos seus manuais.

revelou-se elemento relevante da transmissão de conhecimentos inter-generacionais.

A pesquisa de campo revelou que essa preocupação não existiu com os conhecimentos adquiridos, produzidos ou aprimorados durante as décadas de 1960 e 1970. Aprendia-se para o momento. A percepção de que havia conhecimentos relevantes vazando da empresa, os quais geravam perdas de tempo e esforços de treinamento, fizeram com que ao final da década de 1970 a empresa decidisse pelo esforço para construção de conhecimento inter-temporal, tornando este mecanismo de aprendizagem no decorrer da década de 1980 intrínseco à empresa.

Também se continuou tomando medidas em torno dos programas de qualidade do produto após a implantação do Parque Fabril II. Conforme Ternes (1997), em 1977 a WEG realizou sua primeira campanha de qualidade com o programa “zero defeito”, desenvolvido através de procedimentos internos de educação e conscientização dos colaboradores, como palestras, cartazes, selos, e leituras recomendadas. Já em 1979 começou uma nova campanha “Guerra contra Defeito” e 3 anos depois, em 1981, passaram a ser desenvolvidos os primeiros Círculos de Controle de Qualidade, os CCQ, conjuntamente com o primeiro “Manual de Qualidade”.

A partir de 1979 começou a funcionar a Central de Processamento de Chapas no Parque Fabril II, onde foram concentrados os serviços de recepção e estocagem de matérias-primas. Esta Central fornece componentes devidamente cortados, estampados e tratados para todas as unidades de produção. O Parque Fabril viria a agregar a partir da década de 1980: as fábricas II, III, IV, V, central de processamento de chapas, injeção de alumínio, WEG Automação, WEG Acionamentos, WEG Máquinas, trefilação e esmaltação de fios de cobre, setores administrativos da WEG Motores, o recrutamento, além de diversos outros serviços (MORAES, 2004; PIRES, 2017).

Esta decisão de realocação do processo de produção para o Parque Fabril II foi importante, de um lado, pela crescente demanda por motores elétricos que exigia novos espaços ao processo de produção. De outro, pelo processo de diversificação que a WEG realizaria ao longo da década de 1980, dada a possibilidade de aproveitamento de importantes economias de escopo para as diferentes bases produtivas para os quais estes recursos seriam reorganizados e direcionados.

Penrose (1959) argumenta que na tomada de decisão empresarial, uma firma pode optar por simplesmente continuar suas

atividades correntes ou despende esforços e destinar recursos para investigar se não existem outras oportunidades. A decisão de procurar oportunidades é uma decisão empresarial que requer uma intuição e uma imaginação empreendedora, que precede a decisão econômica em si.

A intuição e imaginação empreendedora descrita por Penrose pode ser observada nas decisões da WEG em diversificar sua base produtiva, que culminam com a formação da WEG Máquinas (hoje WEG Energia), em 1980, e da WEG Acionamentos, em 1981.

Para compreender os fatores que impulsionam estas diversificações, faz-se necessário discutir dois aspectos: (i) os custos do emprego de ativos específicos e indivisíveis na transferência para uma nova base produtiva em relação aos custos contratuais dos mesmos nas relações intra-firma, e; (ii) a expectativa de lucratividade advinda dos reinvestimentos dos recursos da empresa, entre o aumento da produção no produto principal ou em uma nova base produtiva.

Os motores elétricos de baixa tensão, principalmente para produtos como máquinas de lavar, bombeamento, portão elétrico, etc., são produtos mais simples, do ponto de vista da complexidade de conhecimentos envolvidos, de modo que sua linha de produção apresenta maior padronização, do que outros produtos da eletromecânica como geradores elétricos e motores elétricos de alta tensão. Desta forma, o reinvestimento no aumento da produção de motores elétricos de baixa tensão não apresenta uma taxa de retorno tão atrativa, se comparado a outros produtos de setores industriais da eletromecânica.

Neste sentido, o reinvestimento de seus recursos sub-utilizados na ampliação da unidade produtiva de motores elétricos apresenta uma expectativa menor de lucratividade do que iniciar uma nova base produtiva em produtos de maior engenharia incorporados como geradores e motores elétricos de alta tensão.

As entrevistas de campo sugerem que havia a concepção de que na década de 1980 a produção de motores de baixa tensão de corrente alternada estava virando “commodity”, de forma que a empresa passa a dar mais atenção à possibilidade de diversificação para produtos mais complexos, como motores elétricos de alta tensão (corrente contínua) e geradores elétricos.

No entanto, qualquer empresa que opte por redirecionar seus recursos sub-utilizados em novas bases produtivas, incorre na necessidade de adquirir conhecimentos e equipamentos específicos adicionais, de forma a compor as novas bases produtivas. Desta forma, é

necessário, além de reorganizar seus recursos ociosos, fazer todo um esforço de aprendizado adicional para poder diversificar e, assim, estruturar tais bases de produção.

Isto posto, existe uma terceira alternativa. A WEG, em 1980, poderia, ao invés de reinvestir seus recursos sub-utilizados na unidade de motores elétricos de baixa tensão, ou direcioná-los para a formação de outras bases produtivas, optar por “arrendá-los” nas relações contratuais intra-firma. Ou ainda, caso optasse por diversificar, ao invés de fazer um esforço de aprendizado interno das capacidades que lhe faltava para compor as novas bases produtivas, contratá-las de outras empresas nas relações de mercado, fossem estas máquinas específicas ou *know-how*.

No entanto, conforme descrito por Teece (1982), o esforço de engenharia aplicado à produção de um determinado produto (como acionadores ou geradores) gera a especificidade de ativos tanto em relação ao material humano quanto maquinário⁴⁶. Transações que envolvem ativos específicos têm um pequeno número de agentes habilitados a participar. Como poucos produtores seriam capazes de atender as demandas da WEG, e poucas empresas além da WEG teriam demanda, as transações poderiam dar origem ao problema do refém (*hold up*), tornando uma das partes vulnerável às ameaças da outra parte contratante.

Teece (1980) cita, como exemplo, que o comprador está exposto a atitudes oportunistas como o vendedor afirmando que a tecnologia possui desempenho superior ou características de redução de custos maiores do que realmente apresenta. Ou ainda o vendedor pode oferecer uma assistência técnica prometida de forma superficial. De forma inversa, o vendedor pode incorrer em altos riscos relacionados ao oportunismo da parte contratante em utilizar mais do que o *know-how* contratado (o conhecimento trata-se de um bem indivisível), para assimilar competências inovadoras, que estes funcionários detentores de *know-how* estão desenvolvendo na empresa que “alugou” seus funcionários. A empresa contratante pode, ao assimilar estes conhecimentos, se tornar uma ameaça competitiva inesperada no

⁴⁶ A discussão sobre as importantes economias de escopo adquiridas pelo uso comum do material humano e do fator capital (máquinas e equipamentos), ao invés da opção por adquirir no mercado é discutida detalhadamente no capítulo 5.

mercado da empresa que “alugou” seus ativos específicos (TEECE, 1980).

Isto posto, têm-se uma situação que limita as transações de mercado, dadas à indivisibilidade e especificidade dos ativos, de forma que os custos de “alugar” as competências adicionais para formar uma nova base produtiva, ou “arrendar” os recursos ociosos que a firma possui são maiores do que a “soma” do redirecionamento dos recursos ociosos próprios e a realização do esforço de aprendizagem para internalizar os conhecimentos adicionais, necessários para compor atividades alternativas intra-firma, ou seja, uma nova base produtiva.

Conforme Coase (1972), a empresa elimina a opção de transacionar no mercado, de forma a assumir o ônus de alocar recursos em uma estrutura administrativa sempre que este ônus é menor do que a transação via o sistema de preços. Trata-se de uma questão de custos de negociação versus custos de internalizar a base produtiva.

Coaduna Williamson (1971) descreve que a intermediação de mercado é preferida em circunstâncias em que se pode dizer que os mercados “funcionam bem”. Do contrário, a firma opta pela organização interna.

É a partir do exposto acima que, ao final da grande expansão de 1977 havia a percepção na WEG de que ser uma empresa apenas⁴⁷ fornecedora de motores limitava a expectativa de lucros dentro da indústria da eletromecânica. Havia ainda um fator adicional, dada à existência de poucos fornecedores e compradores, era comum (e ainda é) a existência, dentro da indústria eletromecânica, de empresas que oferecem “soluções completas” que, por sua vez, implicava um conjunto de produtos. Por exemplo, os fusíveis, os acionadores (contatores, inversores de frequência, etc.), os geradores e os transformadores.

⁴⁷ Conforme Moraes (2004), a WEG já havia diversificado em 1972, com a WEG Florestal, como projeto de reflorestamento dado incentivos fiscais. Mas esta tinha um caráter complementar ao processo produtivo da WEG Motores por ser uma oportunidade para a redução de custos com respeito ao empacotamento de seus produtos. A madeira extraída passa a ser utilizada como matéria-prima em sua própria serraria. Mais tarde, na década de 1980, esta sub-divisão passaria a ser importante também para a extração de outras matérias-primas utilizadas na WEG Química, com a extração de Breu e terebintina, resinas utilizadas na fabricação de tintas e vernizes. No entanto, a WEG Florestal teria um papel mais limitado, apenas para atender aos interesses das subdivisões do Grupo WEG.

Esta prática força os potenciais clientes da firma tecnologicamente ofensiva que oferece apenas motores, a optarem pelos pacotes completos das concorrentes, o que inclui seus motores. Desta forma, pelo fato de existirem concorrentes capazes de ofertar o “pacote completo”, a manutenção em uma estratégia de especialização em apenas um produto levaria a empresa a incorrer em risco de perda de mercado, dentro do seu próprio produto principal.

Isto posto, a opção pela estratégia tecnológica de reorganizar seus recursos ociosos e realizar esforços de aprendizagem para diversificar para as bases produtivas de geradores, motores de alta tensão de corrente contínua e transformadores, permitindo a WEG oferecer um “pacote completo” era, ao mesmo tempo, a possibilidade de aumentar as expectativas de lucratividade, dada a maior complexidade dos produtos⁴⁸, e garantir o avanço no *market share* do próprio produto principal.

Do ponto dos investimentos necessários, a reorganização das capacidades tecnológicas acumulada na WEG Motores, nos 20 anos anteriores, incorreu em importantes economias de escopos, de forma a transferir da base produtiva de motores elétricos a base de *know-how* e ativos específicos (fator capital) que pudessem ser utilizados de forma não competitiva para dar início às novas bases produtivas, utilizando tudo aquilo que fosse possível a partir da construção de competências realizada pela base produtiva de motores elétricos.

Por exemplo, a utilização das máquinas da trefilação, somadas ao conhecimento acumulado em ferramentaria, permitiu a WEG (e ainda hoje), conforme pesquisa de campo, fornecer a fiação (de diferentes bitolas, retangulares ou circulares) para todas as bases produtivas a um custo de 20 a 25% menor do que se fossem obtidas nas transações de mercado. É desta forma que, em 1980, inicia-se as atividades na unidade de negócios WEG Máquinas⁴⁹.

⁴⁸ Como discutido no tópico 4.1, transformadores elétricos têm um nível de complexidade menor do que os motores elétricos. No entanto, os transformadores têm um papel importante no “pacote completo”, ao transformar e distribuir a tensão.

⁴⁹ Em 1980 foi criada a WEG Máquinas, que tinha o objetivo de produzir máquinas elétricas girantes (geradores e transformadores), especialmente para atender aos ramos da mineração, petroquímica, celulose, papel e outros (TERNES, 1997). Também era interesse da empresa absorver tecnologia na produção de motores elétricos de corrente contínua de média e alta tensão

Neste sentido, além da trefilação e do conhecimento acumulado na ferramentaria, destacam-se a fundição e a estamparia. No capítulo 5 é analisado de forma detalhada a existência de economias de escopo entre a base produtiva de motores e geradores elétricos.

Discutida as questões que envolvem a diversificação para a WEG Máquinas, se volta para as questões que remetem a diversificação para a WEG Acionamentos⁵⁰. Diferentemente da WEG Máquinas, o raciocínio acima exposto sobre economias de escopo não se aplica à opção da empresa por diversificar para a base produtiva em eletrônica de potência. Para compreender as decisões da empresa por diversificar para a WEG acionamentos, deve-se entender que estava ocorrendo no mundo, na segunda metade da década de 1970, uma difusão das aplicações da microeletrônica em conjunto⁵¹ com a eletromecânica, ou

(PREDEBON, 2010). De acordo com a pesquisa de campo, em 1978 foi feita uma *Joint Venture* com a AEG para aquisição de tecnologia e assessoria em motores CC e em 1980 uma *Joint venture* com a *Lloyd Dynamowerke – LDW*.

⁵⁰ Em 1979 a WEG realiza uma joint-venture com a Asea, na Suécia, surgindo a WEG/ASEA Industrial Ltda, com meta de importar tecnologia na área de eletrônica de potência. A associação com a ASEA durou pouco, em razão a reações por parte da fornecedora europeia a tentativa da WEG de nacionalização dos produtos (TERNES, 1997). Após a ruptura da aliança com a Asea em 1981, a WEG optou pela implantação da fabricação dos controladores programáveis para as máquinas elétricas pela criação da WEG Acionamentos, ainda em 1981. Inicia-se aqui seu processo de diversificação rumo à automação industrial (que culminaria com a WEG automação em 1988), lançando os servo-motores e os posicionadores (BRASIL, DIEGUES e BLANC, 1995).

⁵¹ A eletrônica de potência trata da aplicação de dispositivos semicondutores de potência (como transistores) na conversão e no controle de energia elétrica em níveis elevados de potência. Em termos de motores CC, um exemplo de aplicação é a conversão de corrente contínua para alternada, e vice-versa, que trata de uma conversão de potência (AHMED, 2000). Em termos de motores CA, na pesquisa de campo foi descrito que sempre houve a necessidade de se ter motores elétricos de velocidade variada, seja na utilização de uma polia para levar minério, seja um elevador, ou uma esteira de um produto alimentício em uma fábrica de bolacha. Para tanto, no início, as máquinas utilizadas eram as máquinas de corrente contínua. Em uma máquina CC é muito fácil variar a velocidade, pois basta variar a tensão, variar a voltagem. Ou seja, você controla o dispositivo que alimenta a máquina. No entanto a máquina CC tem manutenção muito cara, é difícil de operar como motor, exige um técnico para fazê-la funcionar, e o mais grave, gera faíscamento, tornando impossível seu uso em ambiente explosivo. Antes da eletrônica de potência havia a opção da

seja, dos inversores de frequência com motores elétricos CA e CC. Dito de outra forma, estava ocorrendo na fronteira tecnológica um entrelaçamento de conhecimentos acumulados (ou seja, aumento da complexidade dos conhecimentos) para os potenciais usos do produto motor elétrico, tanto em termos de corrente alternada quanto corrente contínua.

Este aumento da complexidade tecnológica é dado pelo encontro da trajetória tecnológica já difundida da eletromecânica com a nova trajetória tecnológica que é a microeletrônica, na forma da eletrônica de potência aplicada a motores elétricos⁵². Neste sentido, o estímulo para reorientar recursos financeiros e realizar esforços para constituir uma base produtiva em acionamentos se dá em 1981, pela aplicação que a eletrônica de potência já desempenhava⁵³ no acionamento dos motores elétricos CC, e pelo potencial de aplicação no controle da velocidade de motores elétricos CA para os anos que estavam por vir. Ou seja, pela expectativa da lucratividade relacionada à “venda casada” da eletrônica de potência em motores elétricos CA e CC.

Mais uma vez se nota a agressividade tecnológica da WEG, ao direcionar recursos e esforços de aprendizagem para o emprego de uma tecnologia que ainda era incipiente, mas já sinalizava uma ampla aplicação na indústria eletromecânica. Ademais, para uma empresa que possuía o intento de realizar o *catching up* em inovação na indústria da eletromecânica, não acompanhar esta tendência significaria não ter a capacidade de se adaptar aos processos dinâmicos do mercado.

Poder-se-ia questionar que os produtos de eletrônica de potência utilizados juntos aos motores elétricos poderiam ser adquiridos no

utilização de uma máquina auxiliar que variava a frequência para poder-se usar a máquina de indução. Entretanto, isso envolvia uma série de acoplamentos e engrenagens, que é algo complexo e nada rápido de fazer, o que tornava caro e muitas vezes inviável a utilização da máquina de indução. Então se usava a máquina de corrente contínua.

⁵² A aplicação de novas tecnologias genéricas para rejuvenescer tecnologias tradicionais é explorada por Perez (2001), ao elaborar sua explicação sobre a trajetória de um novo paradigma tecnológico.

⁵³ Conforme pesquisa de campo, antes do advento da eletrônica de potência, para utilizar um motor de corrente contínua, era preciso à utilização de uma fonte de energia em corrente contínua, como uma bateria, ou a utilização de uma “ponte de diodo” que permitia a “retificação” da rede para poder alimentar o motor CC pela rede. Com a eletrônica de potência, foi possível fazer um controle mais adequado da rede para alimentar o motor CC.

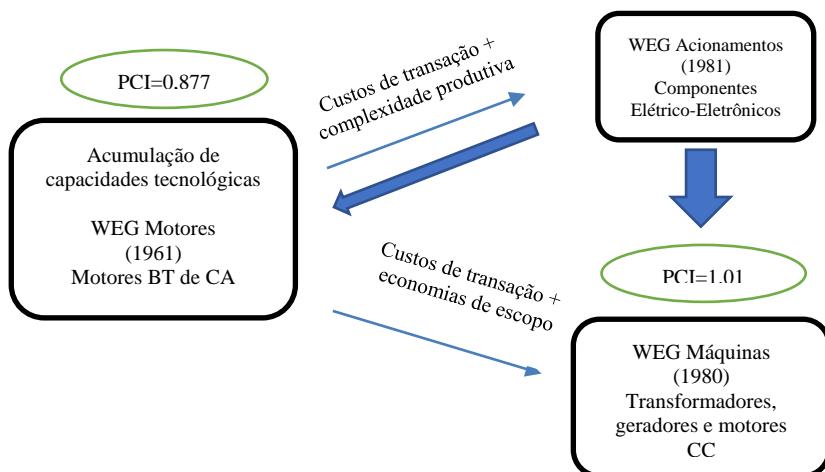
mercado. No entanto, novamente, se depara com as questões de custos de transação, pelos mesmos motivos já discutidos. Ou seja, a especificidade e indivisibilidade dos ativos relacionados aos produtos da eletrônica de potência limitava o número de fornecedores e compradores, favorecendo comportamentos oportunistas, incorrendo em altos custos de transação. Não diversificar⁵⁴ significaria perda de liberdade de ação para a empresa.

Toda a discussão exposta sobre as motivações para as diversificações que ocorreram no início dos anos 80, ou seja, na estruturação das bases produtivas da WEG Máquinas e da WEG Acionamentos pode ser visualizada pela Figura 4.3.

As setas maiores na Figura 4.3 sinalizam a aplicação da eletrônica de potência para com a WEG Máquinas e o potencial de aplicação, na época, para com a WEG Motores. As setas menores indicam a diversificação da WEG motores para as duas novas unidades de negócio. A diversificação para a WEG Acionamentos se deu pela existência de custos de transação e do aumento da complexidade produtiva. Enquanto que a diversificação para a WEG Máquinas foi estimulada pelos custos de transação e pelas economias de escopo advindas das capacidades tecnológicas já construídas.

Figura 4.3 - Motivos para diversificação

⁵⁴ Não faz parte do intento deste estudo fazer uma análise da estrutura produtiva em eletrônica de potência da WEG de forma a poder afirmar que se constitui em uma diversificação em termos penroseanos, ou seja, que sua base produtiva seja diversa da base produtiva de motores elétricos. No entanto, não é difícil inferir que a base produtiva de produtos de automação industrial seja totalmente diversa de outra base produtiva da eletromecânica.



Fonte: Elaboração Própria. BT = Baixa Tensão; CA = Corrente Alternada; CC = Corrente Contínua; PCI = *Product Complexity Index*.

Em ambas as diversificações, nota-se a intuição da similaridade entre os produtos, descrita em Hidalgo et. al. (2007), em que bens relacionados, seja pela similaridade em termos de instituições, infraestrutura, fatores físicos, tecnologia, ou alguma combinação destes, tais bens tendem a ser produzidos em conjunto.

A Figura 4.3 apresenta ainda o índice de complexidade do produto, classificação SITC-4, para motores e geradores de corrente alternada (SITC 7162) e para motores e geradores de corrente contínua (SITC 7161). Embora a classificação não permita uma comparação direta entre a complexidade de motores e geradores, a classificação sugere que a diversificação para a WEG Máquinas foi uma diversificação acompanhada do aumento da complexidade, dado que a WEG Motores constitui uma unidade produtora de motores CA e a WEG Máquinas de motores e geradores CC.

A composição das empresas Weg Acionamentos, Máquinas, Transformadores e Motores permitiu ao Grupo Empresarial formado o fornecimento de pacotes completos e integrados na área de engenharia elétrica, da eletrônica de potência e na área industrial (MORAES, 2004). Desta forma, a WEG passa a atuar em todo o *core competence* da energia, com presença na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (OLINGER, 2006).

Em paralelo, também em 1980 nasceu o Centro Tecnológico WEG, no parque fabril I, com a junção dos laboratórios físico-químicos, metalográfico, elétrico, mecânico e de metrologia, e a reunião dos departamentos de projetos, de normalização de processos de dados. (TERNES, 1997).

De acordo com Brasil, Diegues e Blanc (1995) o centro de tecnologia é pautado pelos seguintes princípios: (i) Buscar o equilíbrio entre cópia, contratação e elaboração com recursos próprios; (ii) Sempre treinar antes de implantar; (iii) Fixar tecnologia através de desenhos, normas e especificações, de forma a permitir sua difusão e, pelo treinamento, garantir sua perpetuação; (iv) Descentralizar a tecnologia por empresa controlada (WEG motores, WEG Acionamentos etc.), cada qual com sua engenharia de processo para os produtos, no que lhes é peculiar.

Complementa Moraes (2004) que o Centro Tecnológico teve o compromisso de desenvolver tecnologia de ponta, com equipes próprias de pesquisadores e sofisticados laboratórios, onde realiza ensaios e a fabricação de protótipos, além de preservar a documentação técnica de cada produto. Ao longo de sua trajetória, estabeleceria relações de intercâmbio tecnológico com centros de pesquisa de universidades brasileiras e internacionais.

O contexto econômico brasileiro do início da década de 1980 fez retrair enormemente a demanda por motores elétricos (OLINGER, 2006). Como consequência dos estoques elevados resultante, teve-se um acordo com os sindicatos para redução dos salários em dez por cento, além de redução de um quarto da carga horária, ao invés de demissões. Em uma ação improvável, a empresa utilizou o momento ruim para intensificar a capacitação de pessoal por meio da participação dos trabalhadores em novos cursos. As horas a menos de serviço foram utilizadas para participação dos trabalhadores em um amplo programa de cursos elaborado pelo Centroweg. Os programas de treinamento executados abordavam não somente aspectos técnicos da produção, mas também áreas como higiene e saúde, alfabetização, atualização cultural e temas relacionados com meio ambiente e tecnologia (TERNES, 1997).

Nota-se novamente a ofensividade da WEG. Em uma das maiores crises da história brasileira, a empresa além de utilizar-se de preservar para si as competências que levou anos para realizar, aproveitou para aprimorá-las, projetando o aumento de produtividade decorrente para uma futura retomada econômica.

Ainda em 1982 foram implantados os Círculos de Controle de Qualidade – CCQ. Sua implementação visa institucionalizar uma administração participativa, aplicado desde o chão de fábrica. Através dos CCQ cada colaborador pode apresentar sugestões sobre segurança no trabalho, saúde e qualidade de vida. Muitas das sugestões resultaram em novos processos de produção e até em novas máquinas, gerando mais economia e produtividade (OLINGER, 2006). Lorenz (2006) mostrou como práticas como essas podem ser mais importantes para o aumento da inovatividade de uma organização do que eventuais aumentos dos recursos destinados a P&D.

Ainda em meio ao período mais agudo da crise da dívida externa, a WEG manteve a conhecida agressividade e ampliou seu programa de diversificação, em 1983, conforme (Ternes 1997), por meio da aquisição da Tintas Michigan S/A, uma fábrica de tintas e vernizes localizada no município de Guarimir/SC Essa passou a denominar-se WEG Química e a produção passou a atender o segmento de tintas para fins industriais e eletroisolantes. A WEG Química processa resina de pinus illiottii, provenientes das reservas florestais da WEG, que resulta no breu e seus derivados na terebintina e no óleo de pinho, aplicáveis em diferentes ramos da indústria. Em especial, essa unidade atende integralmente as necessidades de tintas e isolantes das demais empresas do Grupo WEG.

Desta forma, a aquisição da WEG tintas deu continuidade ao processo de verticalização da empresa, ao atender as necessidades de tintas e isolantes da WEG Motores, Transformadores, Máquinas e Automação (PREDEBON, 2010). Deve-se entender que a aquisição da WEG tintas também é um processo de diversificação no sentido penroseano à medida que esta constituiu uma base produtiva diferente das demais. Ademais houve a necessidade de realocação de recursos organizacionais para a indústria química, totalmente fora de seu *core competence*.

Em 1984 a empresa consolidou seu processo de verticalização na unidade de motores (TERNES, 1997). Em 1986 foi construído o prédio da caldeiraria para a produção dos tanques de transformadores, sendo depois ampliada em mais 1.400 metros quadrados (AUREA, 2004).

Em 1988 foi instituída a WEG automação, mas desta vez a partir dos conhecimentos acumulados e da decomposição e reorganização da WEG acionamentos. Tratou-se de uma linha de

atuação voltada para servomecanismos e robôs industriais utilizados principalmente em atividades insalubres, como pintura, ou trabalhos repetitivos como carga e descarga de peças (MORAES, 2004). Coaduna Olinger (2006), ao descrever que a unidade de automação além de sistemas de posicionamento e controle, surge com o robô de posicionamento linear Posilin, usado principalmente em ambientes insalubres, por exemplo pintura, ou trabalhos repetitivos como o manuseio, carga e descarga de peças.

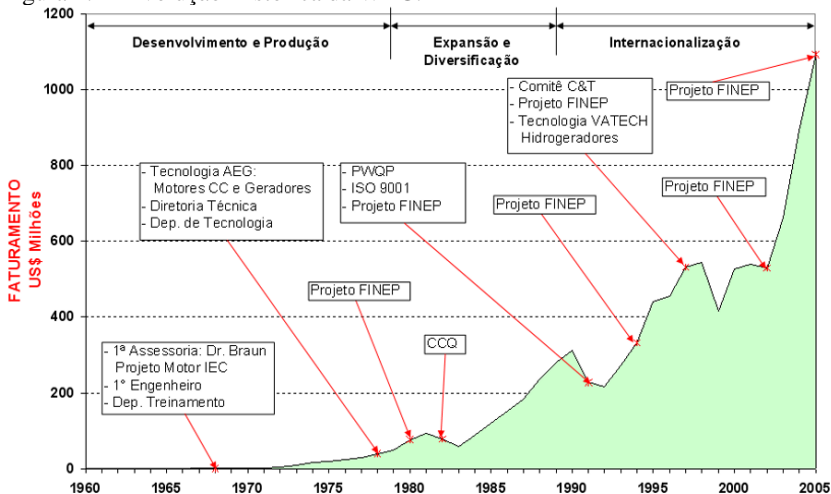
A empresa ainda diversificou, impulsionada por incentivos fiscais, para áreas do pescado e agropecuário ao longo da década de 1980. Porém, por prudência, se decidiu que a diversificação deveria permanecer próximo ao negócio principal, tanto para se usufruir melhor das oportunidades, como para evitar possíveis desvios capazes de reduzir a aplicabilidade das experiências acumuladas, notadamente ao que toca as diretrizes gerais de administração empresarial (TERNES, 1997). Isso claramente remete a valorização das capacidades já construídas como das economias dela derivadas.

A pesquisa de campo mostrou que à medida que a WEG passou a atuar em unidades de negócio, a pesquisa e inovação vieram cada vez mais atuar de forma descentralizada, em que cada unidade veria a ter o seu departamento de pesquisa e inovação. Esse processo não ocorreu somente na década de 1980, mas também durante a década de 1990 e veio a se consolidar na década de 2000. O Centro Tecnológico continuaria sendo de uso do Grupo WEG, mas passou a ser utilizado para os testes e ensaios das unidades.

Cabe ressaltar ainda outro importante ator do SNI brasileiro, a Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP⁵⁵. Se, por um lado, o BNDE teve primordial importância para financiar a ampliação da produção e internalização da matriz produtiva de bens intensivos em capital de 1968 a 1977 da WEG, a FINEP têm sido desde a década de 1980 um importante financiador da empresa para P&D em novos produtos, ou seja, atua como financiadora de inovação. A Figura 4.4 mostra, além dos eventos históricos descritos neste capítulo, pelo menos cinco momentos em que o FINEP esteve presente na capacitação tecnológica da WEG.

⁵⁵ A FINEP foi criada em 1965. Trata-se de uma empresa pública vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. É destinada a financiar os estudos e programas necessários à definição dos projetos de modernização e industrialização (FINEP, 2017).

Figura 4.4 - Evolução Histórica da WEG.



Fonte: Acervo da WEG.

Em síntese, este tópico aborda três decisões estratégicas importantes para a expansão continuada da WEG. Primeiro, a decisão de ampliar os mecanismos de aprendizagem interno pela codificação do conhecimento adquirido e aperfeiçoado internamente, e a socialização deste conhecimento normatizado ao estar constantemente utilizando-se destes manuais nos cursos ministrados por seu centro de treinamento.

Em segundo, seu constante intento de capacitar-se tecnologicamente em motores elétricos, as limitações de expandir o *Market share*, a expectativa de maior lucratividade em outros produtos da indústria eletromecânica de bases produtivas mais complexas, bem como as questões relacionadas aos custos de transação e a economias de escopo, impulsionaram a reorientação dos investimentos para a formação da base produtiva da WEG Máquinas. Em paralelo, a agressividade tecnológica da empresa se expressa na capacidade para acompanhar as mudanças na dinâmica de mercado que se apresentavam nas tendências de complementariedade de conhecimentos na fronteira tecnológica, somadas aos custos de transação, que impulsionaram a diversificação para a WEG Acionamentos. Este último aspecto é fundamental em termos de *catching-up*, pois estava ocorrendo à

coexistência de duas trajetórias tecnológicas, com a eletrônica de potência modernizando a tecnologia tradicional da eletromecânica. A agressividade da empresa se apresenta ao se adaptar a essa janela promissora.

Ademais, o índice de complexidade econômica reforça a proposição da tese de que a diversificação de uma empresa agressiva é direcionada para bases produtivas mais complexas. Não significa que a empresa não diversifica para bases produtivas de menor complexidade, pois estas, mesmo que mais simples, podem ter um importante aspecto de complementariedade com os demais produtos oferecidos pela empresa.

Por fim, se salienta a importância do esforço exportador da WEG em um período em que havia muitos instrumentos de proteção do mercado doméstico para estimular e endogeneizar o setor industrial na economia brasileira. Estes instrumentos, que visavam uma mudança estrutural das forças produtivas nacionais e que se consolida⁵⁶ na forma dos resultados exportadores em meados da década de 80 dos grandes projetos do II PND, garantiam as empresas brasileiras a internalização da matriz produtiva de bens de capital. A WEG ao iniciar seu esforço exportador estava um passo à frente.

A opção por parte da WEG de galgar mercados exportadores a partir da década de 1970 se configura em uma estratégia ofensiva por dois motivos: (i) De um lado, pela empresa ter a iniciativa de optar por aprender a ser competitiva internacionalmente em seu produto principal. (ii) De outro lado, esse esforço exportador permitiu a empresa estar preparada para a competitividade externa que decorreu da abertura comercial da década de 1990, tratada no próximo tópico.

4.4 INTERNACIONALIZAÇÃO E A CONSOLIDAÇÃO DO *CORE COMPETENCE* EM SOLUÇÕES ENERGÉTICAS – 1989 A 2010.

Este tópico trata do processo de internacionalização da empresa a luz da proposta desta pesquisa, de forma a abordar os mecanismos de aprendizagem utilizados neste novo desafio de acumulação de conhecimento por parte da empresa. Para tanto há três aspectos que se

⁵⁶ Para mais detalhes sobre o importante papel que a maturação dos grandes projetos realizados pela era militar da década de 1970 ver Tavares (1986) e Carneiro e Modiano (1990).

entrelaçam neste tópico. Isto posto são abordadas medidas de ampliação do *core competence*, de reestruturação organizacional, e relacionadas a viabilizar a internacionalização.

Como marco de instituição que modificou os rumos das políticas no Brasil e na América Latina deve-se destacar o Consenso de Washington⁵⁷. Baseado nas visões liberais de economistas como pensamentos de Haeyk e Friedman os governos de Margaret Tachear (1979-1990) na Grã-Bretanha e Ronald Reagan (1981-1989) nos EUA, tiveram importante papel na definição do Consenso, em 1989. A adoção das medidas liberalizantes e restritivas prometia a recuperação da credibilidade ao financiamento internacional. Basicamente, as propostas do consenso de Washington visavam assegurar a disciplina fiscal e promover a abertura comercial e financeira, além da forte redução do papel do Estado na economia (CASTRO, 2011).

O governo Collor foi espaço das ações definidas pelo Consenso. Contudo, conforme Ternes (1997), logo depois da eleição, em 1990 foram implementadas medidas draconianas⁵⁸ de combate à inflação, o que implicou no sequestro dos ativos de todos os cidadãos e empresas do país, causando enorme recessão. A WEG motores apresentou no período o primeiro e único prejuízo de sua história. A recessão provocou a imediata queda nas vendas e o conseqüente aumento dos estoques, forçando a demissão de colaboradores.

No que se refere à mudança tecnológica e administrativa de longo prazo, a década de 1990 foi espaço da difusão de tecnologias da informação e comunicação, as quais implicavam mudança de paradigmas produtivos e de administração. A abertura comercial liberalizante representou um mecanismo de *enforcement* de alta pressão.

⁵⁷ O encontro intitulado Latin American Adjustment: How Much Has Happened?, promovido pelo Institute for International Economics, em Washington, no ano de 1989, reuniu técnicos das Nações Unidas, representantes internacionais (tais como representantes do Bird, BID, FMI) e acadêmicos, além de economistas de vários países das Américas, a fim de definir as estratégias de adaptação das teses liberais aos países latino-americanos (FARIAS, 2006).

⁵⁸ O governo Collor implementou uma medida inadmissível de intervenção estatal, o sequestro das aplicações financeiras. Esta medida incorria no risco da perda da confiança dos poupadores no sistema financeiro nacional, o que teria graves conseqüências para o país. Ademais, o ajuste fiscal implementado não se baseava no corte dos gastos, mas no aumento da receita. Também implementou um novo congelamento de preços que, após sucessivos congelamentos realizados desde 1985 não dispunha da menor credibilidade (CASTRO, 2011).

Todo esse cenário forçou as empresas de economias de industrialização tardia a reestruturar sua produção e capacidades inovadoras a fim de competir num mercado crescentemente aberto e globalizado (FIGUEIREDO, 2013). Este novo contexto era visto pelas empresas no Brasil acostumadas a proteção do mercado como preocupantes. A WEG, no entanto, já estava competindo em outros mercados externos a duas décadas e, provavelmente, sofreu menos para se adaptar às transformações.

Nesse sentido, Moraes (2004) destacou que a inserção da WEG em mercados externos já havia funcionado como mecanismo de incentivo à atualização tecnológica, em um típico movimento de *learning by exporting*⁵⁹, que forçou a atualização tecnológica e administrativa aproximando-a a práticas em sua fronteira de atuação.

Ademais, conforme Ternes (1997), a WEG havia adquirido sólida liderança dentro do mercado brasileiro de motores elétricos, com extensa rede de assistentes técnicos autorizados e filiais regionais. Através de mecanismos de pesquisa tecnológica, qualidade da mão-de-obra, produção automatizada, controles informatizados e produtividade sobre custos mínimos, garantiram a empresa acumular de 1961 ao início da década de 1990 competitividade mundial (TERNES, 1997).

Tendo consolidada a organização de recursos físicos e humanos, uma base de pesquisa tecnológica estabelecida, e políticas de reciclagem de mão-de-obra institucionalizadas, o processo de internacionalização foi quase uma decorrência da evolução da empresa, pois na maioria dos mercados internacionais, a WEG detinha as condições vitais de qualidade e preço (TERNES, 1997).

Complementa Ternes (1997), que tal processo foi longo e gerador de aprendizado em diversas dimensões da firma. Para vender lá

⁵⁹ Já se mencionou anteriormente com base em Kim (1980) que o ato de exportar em si constitui uma aprendizagem para o próprio mercado interno. Também o estudo de Ballock e Gertler (2004) para firmas manufatureiras da indonésia entre 1990 a 1996 sugere que a prática de exportar tem uma importância maior do que simplesmente selecionar as empresas eficientes existentes no mercado interno. O estudo sugere que existem mecanismos de aprendizagem que aumentam a produtividade da empresa a partir do momento que passam a exportar. Entre estes, cabe destacar que a não existência de mecanismos de proteção de mercado implicam na constante necessidade da empresa de estar se adaptando em direção as melhores práticas tecnológicas para sobreviver no mercado.

fora, primeiro foi preciso atender as exigências de certificação de cada país. Foi preciso tornar o produto conhecido e nomear uma rede de revendedores. Simultaneamente, estabeleceu outra de assistentes técnicos, capazes de em tempo hábil prestar atendimento ao cliente. Todos esses passos, construídos para suprir e atender adequadamente o mercado brasileiro ao longo de 30 anos, foram repetidos no exterior. A “estratégia global de negócios” implicou na preparação de equipes especializadas, no conhecimento dos mercados em que se passou a atuar, mecanismos jurídicos diferenciados, administração financeira ainda mais complexa, bem como conhecimento da legislação específica de contratação de novos colaboradores (TERNES, 1997).

Esse bom desempenho da WEG, comparativamente ao conjunto de empresas brasileiras, revela mais um momento em que a empresa já poderia ser classificada como “um ponto fora da curva”, ou seja, bem acima da média.

Contudo, ainda que a revelada competitividade da WEG tenha tornado menos impactante a abertura comercial, a firma apresentou mudanças significativa. A estratégia passou a ter foco no *core competence* da empresa. Moraes (2004) destacou que o intento era fortalecer o *core competence* relacionado a fabricação de motores para se posicionar como fornecedor de soluções completas à indústria, claramente um fornecedor multiproduto dentro de uma trajetória tecnológica⁶⁰. Complementa Brasil, Diegues e Blanc (1995) ao descrever que em 1990 a WEG decidiu vender a empresa coligada de pescados, concentrando os esforços e recursos em dois polos industriais: o eletroeletrônico e o químico. O primeiro integrando equipamentos e sistemas elétricos e de automação industrial e o segundo cobrindo o setor de tintas industriais líquidas em pó, vernizes e resinas derivadas de *pinus*.

Dáí entende-se que o período de política neoliberal tornou necessária uma mudança na estratégia tecnológica da WEG. Contudo, pelo fato de ser um caso “acima da média”, a empresa já apresentava condições de (i) focar em seu *core competence* e (ii) intensificar a estratégia internacional.

⁶⁰ Pavitt (1984) propõe que os possíveis caminhos de diversificação que a empresa pode tomar são trajetórias tecnológicas decorrentes de suas atividades principais. Desta forma, é possível identificar ou explicar as oportunidades e restrições tecnológicas que governam o comportamento e escolhas da empresa.

No sentido de acumulação de conhecimentos que permitem a diversificação dentro do *core competence*, já mencionou-se no tópico anterior a importância do investimento na automação, o qual se dá pela relação simbiótica deste com motores elétricos, tanto pela relação de controlabilidade que os inversores de frequência permitem com relação a velocidade dos motores CA por meios eletrônicos e para o acionamento de motores CC, quanto a soluções industriais para diversas aplicações. Aplicações essas que se desenvolveram não somente para atender a demanda de seus clientes para instalações e soluções elétricas, como para o uso de maquinário automatizado em suas próprias bases produtivas, o que significou ganho de produtividade e precisão.

Por essa razão, considerando as capacidades tecnológica já acumulada pela empresa em controles programáveis, representada no controlador de porte médio A250 (JACOMOSSI, 2006), a WEG estabeleceu, em 1990, parceria com a Bosch, empresa alemã, especializada em sistemas de automação de manufatura, Moraes (2004). A parceria permitiu as empresas oferecerem soluções industriais integrada, com hardware, software e engenharia. O acordo contemplou os controladores lógico-programáveis, servo-conversores, servo-motores e sistemas de posicionamento (BRASIL, DIEGUES e BLANC, 1995).

A filosofia de fornecimento é dar uma solução industrial integrada aos clientes, dentro de um pacote eletroeletrônico, com responsabilidade sobre o hardware (equipamentos), software (gerenciadores) e engenharia. Estes pacotes englobam desde a entrada de energia elétrica da indústria até os serviços de engenharia, incluindo também painéis e centros de controle de motores (CCM's) e sistemas de automação industrial, com seus controladores programáveis, servo-acionamentos e robôs manipuladores (BRASIL, DIEGUES e BLANC, 1995, p. 133).

A parceria com a Bosch teve dupla função. Para a WEG. Permitiu a WEG absorção de tecnologia e exclusividade dos produtos WEG no mercado brasileiro. Também se deve considerar que o apoio de uma marca internacionalmente reconhecida é importante para a consolidação no mercado. Por outro lado, o acordo também previa a preservação do nome WEG, fator importante para a estratégia de fortalecimento da marca no cenário internacional (MORAES, 2004).

Em paralelo com as medidas para o aumento do *core competence*, a WEG implementou uma série de medidas organizacionais, de forma a constituir uma relação organizacional que entrelaça a preocupação com custos, produtividade e questões ambientais. Isso decorre das tendências de preocupações ambientais que na década de 1990 estavam ganhando robustez nas discussões políticas e sociais.

Em 1992 foi inaugurada uma das fundições mais modernas da América Latina em Guaramirim/SC (WEG, 2017a). De acordo com Brasil, Diegues e Blanc (1995), coerente com sua estratégia ofensiva, a WEG continuou os investimentos em seu parque industrial mesmo em época de crise e recessão ao construir uma moderna fundição de peças de ferro cinzento, totalmente automatizada e com índice de despoluição de 99%, ou seja, praticamente zero (considerando que os gases do processo são despoeirados e filtrados, antes de seu lançamento na atmosfera). Também lançou uma linha de tintas industriais em pó, sem solvente, para proteção e acabamento de superfícies, antipolvente e de alto rendimento. Implantou ainda a automação do setor de bobinagem dos motores.

No sentido de aperfeiçoamento da qualificação, foi instituído pela WEG o Programa de Desburocratização, ainda em 1989, e implantado o Programa WEG de Qualidade e Produtividade – PWQP em 1991, que compõe um conjunto de normas, orientações e procedimentos, que buscava atingir níveis máximos de qualidade e produtividade e que culmina com o programa de distribuição de resultados, ainda em 1991 (TERNES, 1997).

Este último trata-se de uma estratégia global, objetivando mobilizar colaboradores em todos os níveis para a consciência e a prontidão para a solução de problemas e oportunidades de melhorias, visando ganhos contínuos de qualidade e produtividade, setor por setor, em todas as empresas. O programa consiste em um poderoso fator motivacional, ao inserir o colaborador na distribuição de parte dos lucros da empresa, a partir do desempenho do setor em que atua e da empresa a que está ligado. Desde 1991, 12% dos lucros, antes da incidência do imposto de renda, é distribuída entre os colaboradores, proporcionalmente ao salário de cada um (TERNES, 1997). Nota-se novamente, a destacada importância dada pela empresa à mecanismos de estímulo ao trabalho criativo, já referido como importante fator

organizacional de estímulo a produtividade e mesmo ga geração de inovações.

Em se tratando da estratégia internacional iniciada em 1991, de acordo com Predebon (2010), foram criadas estruturas próprias (as subsidiárias) de distribuição dos produtos WEG no exterior que permitiram dar novo impulso aos seus negócios internacionais, pois não dependiam mais, nos principais mercados, da capacidade financeira e do desempenho dos representantes e distribuidores no exterior.

A WEG obteve em 1993 a certificação do *Bureau VeritasQualityInternational*– BVQI da Inglaterra, e detém certificações de outros organismos regionais⁶¹. Desta forma a WEG no decorrer da década de 1990 foi galgando ano após ano os padrões internacionais de qualidade e produtividade, alinhando-se com os maiores e mais prestigiosos nomes em motores elétricos e sistemas industriais (TERNES, 1997).

A Figura 4.5 mostra o processo de internacionalização que ocorreu na década de 1990, na forma de construção e formação de filiais pelo mundo. De acordo com Marson e Costa (2015), a formação de filiais em substituição dos representantes trouxe benefícios para a empresa, pois os representantes, satisfeitos com os lucros adquiridos pelas vendas de motores elétricos, não tinham o interesse de estabelecer ampla divulgação dos produtos WEG.

Em 1996 a WEG realizou a primeira convenção internacional, a INTERWEG, visando a definição de estratégias, controle e avaliação dos passos da empresa. A convenção foi realizada no Brasil, com mais de 80 pessoas participando do evento, sendo 36 de filiais do exterior (MORAES, 2004). É interessante visualizar que a formação de encontros internacionais visou replicar a troca de experiéncias nos moldes do que havia se experimentado pelas convenções nacionais, ocorridas anualmente desde 1966 (TERNES, 1997).

Neste sentido, se observa na internacionalização a replicação de mecanismos de aprendizagem institucionalizados anteriormente no âmbito nacional no decorrer de 30 anos de história. Ou seja, há uma

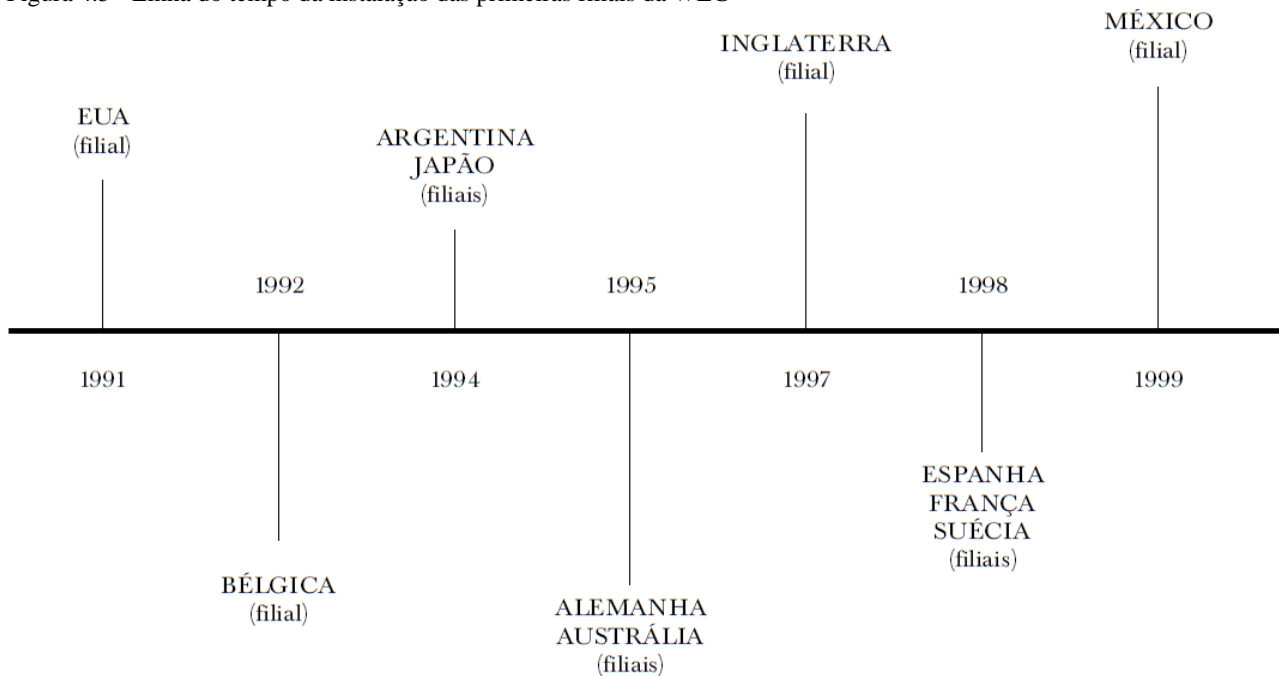
⁶¹ Tais como Canadian Standar Association – CSA, do Canadá; Underwriters Laboratories – UL, dos Estados Unidos; Centro Elettrotécnico Sperimentale Italiano – CESI, da Itália; Germanischer Lloyd, da Alemanha; South Africa Bureau of Standars, da África do Sul; Standars Association of Australiae, da Austrália e o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro, do Brasil (TERNES, 1997).

cultura intrínseca a empresa, construída ao longo de seu caminho no mercado nacional e que se procura aplicar também no processo de internacionalização, tais como encontros anuais e a distribuição de assistentes técnicos.

Ainda em 1997 é criado o comitê científico tecnológico (MUSEU WEG, 2017). A primeira reunião do comitê científico tecnológico ocorreu em 1998 (WEG, 2017d). O comitê tem por finalidade propiciar canais de entrada de informações em relação ao conhecimento presente e antecipar as perspectivas de P&D para a empresa. Durante dois dias o grupo analisa as pesquisas mais avançadas no mundo. Os convidados variam de um ano para o outro, participando das discussões o pessoal técnico da WEG, pesquisadores de universidades nacionais, internacionais e clientes (FIELDMANN, 2015). Em 1999 a WEG alcançou 79% de *market share* no Brasil em motores elétricos e exportou 29% de sua produção para cerca de 55 países (WEG, 2017a).

A partir do ano 2000, a estratégia adotada pela WEG em seu processo de internacionalização foi alterada. Em paralelo a criação de filiais no exterior, se voltou também à aquisição de fábricas no exterior. A WEG ao adquiri-las, assume as áreas de P&D dessas fábricas, o que facilitou a absorção de novos conhecimentos pelas unidades produtivas brasileiras. Uma vez internalizado o conhecimento, este é repassado para outras unidades no exterior (FIELDMANN, 2015). Esta informação sugere que as aquisições de fábricas no exterior tem representado um importante mecanismo adicional de aprendizagem à construção das capacidades tecnológicas da empresa.

Figura 4.5 - Linha do tempo da instalação das primeiras filiais da WEG



Fonte: Marson e Costa (2015, p. 163).

A Figura 4.6 mostra a evolução histórica da WEG em relação à abertura de filiais e aquisição de fábricas já consolidadas no exterior. De acordo com Pires (2017), para suavizar as dificuldades relacionadas à implantação da cultura da unidade produtiva brasileira em plantas industriais estrangeiras foi realizado um programa de intercâmbio de estrangeiros para o Brasil e de brasileiros às unidades no exterior.

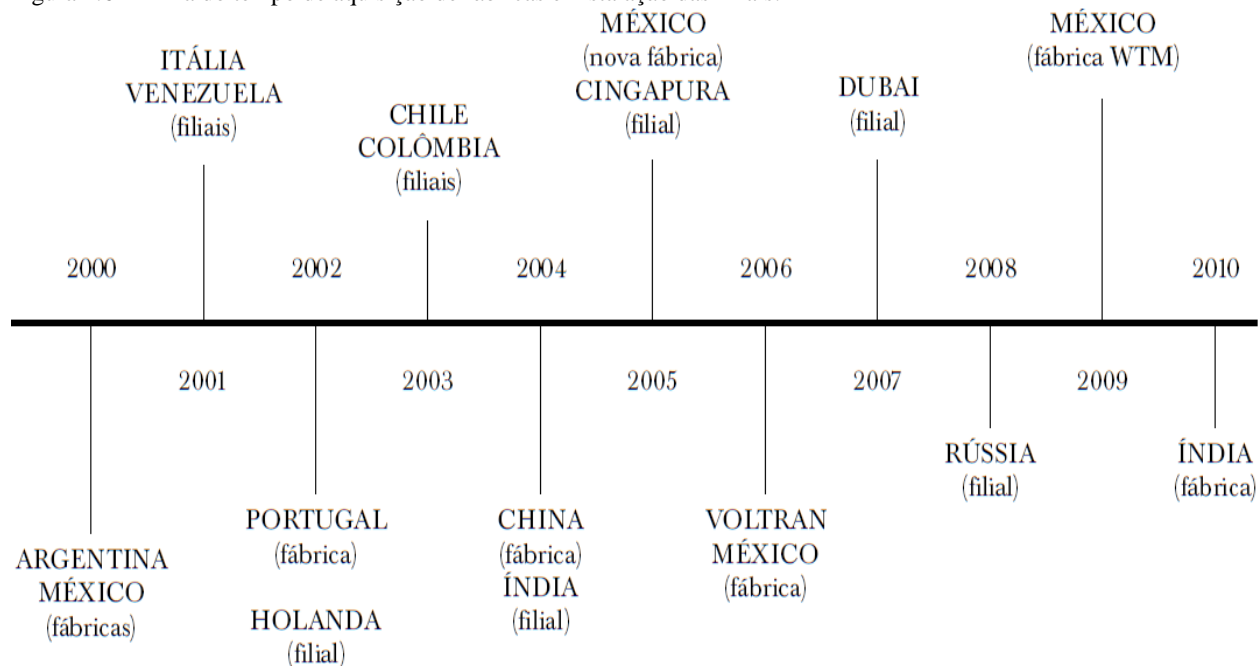
Em 2001 a WEG organizou o Centro de Negócios de Eficiência Energética – CNEE, um setor de P&D voltado para soluções industriais, dedicado exclusivamente a projetos que otimizam o consumo de energia na indústria. Composto por engenheiros especialistas em eficiência energética, o CNEE atua com o objetivo de incentivar o mercado a reduzir o consumo de energia elétrica na indústria (WEG, 2017b).

A atuação do CNEE engloba todas as fases de um projeto de eficiência energética, desde os contatos iniciais, realização de pré-diagnóstico, diagnóstico, venda de soluções integradas, acompanhamento de instalação e medição dos resultados obtidos. As soluções implantadas levam à redução dos custos operacionais, principalmente quanto ao consumo de energia, sem alterar os níveis de produção e qualidade do produto final, sendo que em muitos casos se obtém a melhoria dos mesmos (WEG, 2017b).

Outra modificação importante da década de 1990 e que ganhou proporção após os anos 2000, foi o aumento do número de fornecedores locais de insumos (NETO, 2013; PIRES, 2017). Isto possibilitou a WEG repensar sua estratégia de verticalização para alguns insumos, pois a disponibilidade de uma diversidade de fornecedores reduziu os custos de transação para aquisição de insumos de terceiros.

De acordo com Neto (2013) e Pires (2017) a compra de terceiros passou a ser uma opção interessante, pois alguns insumos quando fabricados pela WEG atrapalhavam o processo produtivo, tais como a produção de haste, chaveta, terminal, entre outros.

Figura 4.6 - Linha do tempo de aquisição de fábricas e instalação das filiais.

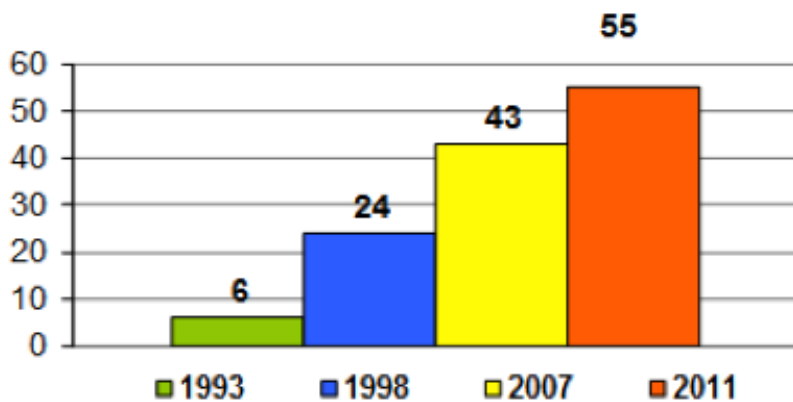


Fonte: Marson e Costa (2015, p. 166).

A Figura 4.7 mostra o aumento de fornecedores regionais de 1993 a 2011. Destes é importante destacar que em sua maioria são fornecedores nacionais e concentrados entre o sul e o sudeste. Isto denota a preferência da WEG por fornecedores nacionais e regionais. Como exemplo, Pires (2017) descreve que em 2015 a Unidade de Energia, que fez transações comerciais com cerca de 3,08 mil fornecedores no ano de 2015, cerca de 95% foram do Brasil e destes 97% se localizavam no Sul e Sudeste do país.

Desta forma, a WEG que desde seu início construiu uma cultura de verticalização, opta por uma estratégia de tercerização de determinados insumos a partir dos anos de 1990 e a intensifica a partir da década de 2000, dado o baixo risco de falta de fornecimento e de qualidade decorrente da existência de uma maior quantidade de possíveis fornecedores, o que reduz os possíveis custos de transação.

Figura 4.7 - Número de fornecedores regionais.



Fonte: Neto (2013, p. 262); Pires (2017, p.55).

Em síntese, este tópico trata da evolução do processo de internalização da WEG. Este processo se dá em decorrência do acúmulo de capacidades tecnológicas da WEG das duas décadas anteriores. Esta capacitação por sua vez, em uma perspectiva microeconômica neoschumpeteriana, é decorrente de seus esforços de aprendizagem internos e externos como cursos internos, codificação do próprio conhecimento, contratação de assessorias, aquisição de pacotes

tecnológicas, *joint ventures* e o esforço exportador, que possibilitaram a empresa competir em mercados externos.

A internacionalização ocorreu primeiramente, na década de 1990 pela abertura de filiais no exterior e de uma rede de revendedores e assistência técnica. Posteriormente, na década de 2000, a empresa se voltou para uma estratégia de aquisição de empresas estabelecidas para absorver a tecnologia, em paralelo a continuidade da abertura de filiais.

Por fim, sem deixar de ser uma empresa altamente verticalizada, optou por aumentar a aquisição de insumos pelas transações de mercado, dada uma ampla rede de fornecedores localizadas no sul e no sudeste do país que incorrem em reduzidos custos relacionados ao oportunismo e a incertezas existentes na intermediação pelo mercado.

Como descreve Pires (2017), a internacionalização da WEG ganhou contornos de atuação em duas linhas. De um lado, a estratégia de aquisição de empresas em países ricos voltadas para a aquisição de tecnologia e, de outro lado, o aumento da participação de mercado, pela aquisição ou criação de empresas em países emergentes. A WEG atualmente compete a nível global com gigantes como a alemã Siemens, a suíça ABB e a francesa Schneider Eletricque no *core competence* da energia.

4.5 NOVAS DIVERSIFICAÇÕES E A ATUAL ATUAÇÃO NO MUNDO - 2011 A 2017

Esta seção procura abordar a continuidade do processo de internacionalização, na forma das aquisições realizadas a partir de 2011 pela WEG, bem como as novas diversificações da base produtiva, sempre a luz da relação destas com o *core competence* da empresa e os mecanismos de aprendizagem utilizados para aquisição da tecnologia adicional necessária.

Também procura mostrar a estrutura atual da empresa, em termos de unidades espalhadas pelo mundo e o amplo *core competence* em que a WEG atua. Ademais, apresenta-se informações sobre a mudança estratégica da empresa em relação a patentes, os investimentos da empresa em P&D desde os anos 2000, a composição atual das instituições que participam dos encontros realizados pelo comitê científico bem como o planejamento estratégico organizacional para a geração de inovações.

Primeiramente, com relação às filiais e aquisições a partir de 2011, optou-se pela elaboração do Quadro 4.1. O quadro também apresenta as *Joint Venture* realizadas internacionalmente no período. Cabe destacar que a empresa Northern Power Systems – NPS aparece duas vezes. O primeiro momento fruto de uma *Joint Venture* e o segundo da aquisição pela WEG.

Quadro 4.1 - Aquisições internacionais e joint ventures de 2011 a 2017.

AQUISIÇÕES INTERNACIONAIS			
ANO	TIPO	NOME DA EMPRESA	PAÍS
2011	Aquisição	Watt Drive Antriebstechnik GmbH	Áustria
	Aquisição	Electric Machinery Holding Company	EUA
	Filial	WEG Industries India	Índia
	Aquisição	Pulverlux S.A.	Argentina
2012	Aquisição	EPRIS Argentina S.R.L	Argentina
	Joint Venture	Zest Electric Motors (Pty) Ltd Northern Power Systems - NPS	África do Sul EUA
2013	Filial	WEG Transformers Africa	África do Sul
2014	Aquisição	Württembergische Elektromotoren GmbH	Alemanha
	Aquisição	Antriebstechnik KATT hessen GmbH	Alemanha
	Aquisição	FTC Energy Group	Colômbia
	Joint Venture	Jelec Inc.	EUA
	Aquisição	Changzhou Sinya Electromotor Co.	China
Aquisição	Changzhou Machine Master Co.	China	
2015	Aquisição	TSS Transformers (Pty) Ltd (“TSS”)	África do Sul
	Aquisição	Transformadores suntecs.A.s.	Colômbia
	Aquisição	Autrial S.L	Espanha
2016	Aquisição	Northern Power Systems – NPS	EUA
	Aquisição	Bluffton Motor Works	EUA
2017	Aquisição	CG Power	EUA

Fonte: Adaptado de Pires (2017, p. 48).

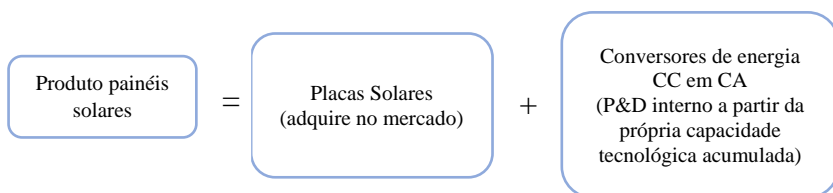
O primeiro fato relevante da década foi à aquisição da norte americana Em 2011 comprou a empresa Electric Machinery – (EM) nos EUA, especializada em motores, geradores e excitatrizes (WEG, 2017a). Trata-se de um bom exemplo da mudança estratégica da empresa ocorrida a partir de 2000, desde quando as aquisições passaram a ser preferidas à instalação de novas unidades filiais. Conforme Fieldmann (2015), com a aquisição da EM a WEG passou a contar com capacitação nas áreas de turbogeradores de dois polos para aplicação na área de óleo e gás, áreas estas que a empresa não dominava e que hoje atua, inclusive em vários países.

Neste mesmo ano, as ações voltaram-se à demanda de energia eólica e solar (MUSEU WEG, 2017). Em 2011 já produzia aerogeradores a partir de um acordo de transferência tecnológica com o grupo M. Torres Olvega Industrial - MTOI. Importante destacar a ênfase ao incentivo para diversificar representado pela capacidade da WEG de produzir transformadores e geradores elétricos, como descreve Podcameni (2014), embora houvesse diversas etapas de produção que a WEG não dominava e para os quais o acordo foi decisivo (entrevista de campo). O capítulo 5 aborda as economias de escopo obtidas pela base produtiva de aerogeradores a partir da base produtiva de geradores.

Outra diversificação importante foi realizada para o mercado de energia solar. Mais precisamente em 2012 um conjunto de esforços passou a realizar-se nessa direção (WEG, 2017a). Embora não tenha sido do intento da pesquisa de campo desta tese fazer uma análise em relação à diversificação da empresa para a base produtiva de painéis solares, os comentários realizados na pesquisa de campo sugerem que houve economia de escopo dada à capacidade tecnológica acumulada desde a década de 1980 na eletrônica de potência.

Para ajudar no entendimento elaborou-se a Figura 4.8. De forma simplificada, pode-se dividir o conjunto de conhecimentos para produzir painéis solares em dois grupos. Um grupo relacionado ao conjunto de conhecimentos para a produção de placas solares, e outro em componentes para converter a energia gerada em corrente contínua em corrente alternada. Esta conversão se faz necessária para poder integrar a energia gerada pelas placas solares a rede de distribuição elétrica.

Figura 4.8 - Simplificação do *Know-how* envolvido na produção de painéis solares.



Fonte: Elaboração Própria. CC = Corrente Contínua. CA = Corrente alternada.

Destes dois grupos de competências, a WEG não possuía nenhuma experiência em fazer placas solares em 2012. Embora não se

tenha aprofundado a respeito das especificidades dos ativos para o fornecimento de placas solares, de forma a se afirmar que o “mercado funciona bem”, as informações obtidas na pesquisa de campo sugerem que os custos de adquirir placas solares no mercado são menores do que internalizar sua produção, uma vez que a WEG optou por adquiri-las de terceiros. Já em relação à tecnologia para converter energia gerada em CC para CA, a WEG havia internalizado sua base produtiva no início da década de 1980 ao criar a unidade de negócios WEG Acionamentos (ver Figura 4.3). Na pesquisa de campo, foi descrito que a WEG, a partir deste conhecimento acumulado em conversores, realizou P&D para sua aplicação para painéis solares.

Desta forma, as economias de escopo se apresentam ao diversificar para a geração de energia solar, na opção por a partir do acúmulo da capacidade tecnológica da eletrônica de potência, desenvolver internamente (ao invés de adquirir no mercado) a tecnologia para a aplicação da eletrônica de potência em painéis solares.

Retomando a análise histórica da empresa, após desfazer a parceria com a MTOI em 2012, de acordo com WEG (2017c), a empresa procurou nova parceria e, em 2013, firmou acordo tecnológico com a empresa americana Northern Power System - NPS, empresa que projeta, desenvolve e fabrica aerogeradores e é pioneira e uma das líderes tecnológicas em aerogeradores *permanent magnet direct drive* (“PM/DD” ou ímãs permanentes e sem caixa multiplicadora de velocidade), em Barre, Vermont, EUA. Em 2016 a WEG adquiriu o negócio de turbinas eólicas da NPS.

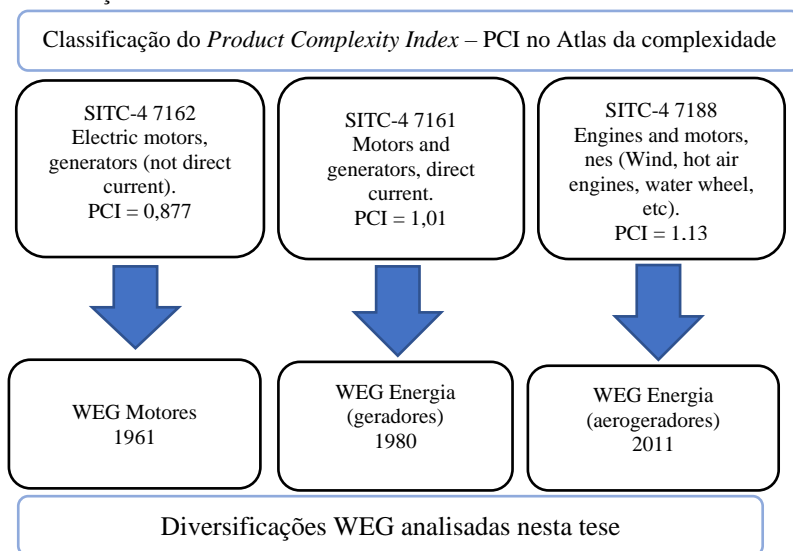
Pelo acordo a WEG se tornou a única proprietária da carteira de patentes, ativos, *know-how* e materiais afins, incluindo todos os desenhos, projetos, especificações e software utilizados em conexão com o projeto e manutenção de aerogeradores com mais de 1,5 megawatts de capacidade nominal (conhecidos como “*utility-scale*”). A WEG também manteve a equipe de engenharia que realiza o P&D em energia eólica em Barre e assumiu os contratos de operação e manutenção de algumas turbinas eólicas existentes⁶² (WEG, 2017c).

Em se tratando do nível de complexidade dos aerogeradores, encontrou-se para a classificação SITC-4 7188 o PCI = 1,13. Desta forma, o processo de diversificação analisado nesta tese, de motores elétricos para geradores em 1980, e posteriormente de geradores

⁶² A discussão a respeito do histórico da WEG na geração de energia eólica é abordada mais detalhadamente no capítulo 5.

elétricos para aerogeradores, demonstram o aumento do nível de complexidade do produto, segundo o site do atlas da complexidade. A Figura 4.9 auxilia esta visualização.

Figura 4.9 - Complexidade do produto segundo o atlas da complexidade para as diversificações analisadas nesta tese.



Fonte: Elaboração própria.

Em 2016, foi apresentado no 12º Salão Latino Americano de Veículos Elétricos, um ônibus 100% elétrico, para o transporte por Florianópolis/SC de alunos, professores e funcionários da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O ônibus é zero emissão de poluentes e recarregado em estação com energia solar (UFSC, 2017b). Observa-se assim que está se estabelecendo pela empresa a pesquisa e desenvolvimento para a construção de competências em uma base produtiva para soluções em tração elétrica.

O sistema de tração foi desenvolvido pela WEG e representa o primeiro fornecimento para um ônibus elétrico de recarga em rede com micro geração distribuída com painéis fotovoltaicos. Para a perfeita integração dos sistemas, a aplicação ocorreu em conjunto com a Marcopolo, fabricante do ônibus, e a Eletra, responsável por instalar e integrar o sistema de tração elétrico e as baterias de lítio. A energia

necessária para que o veículo circule será gerada no Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar Fotovoltaica – UFSC, localizado no Sapiens Parque. As recargas serão feitas por meio da rede presente no Campus e no parque (UFSC, 2017b).

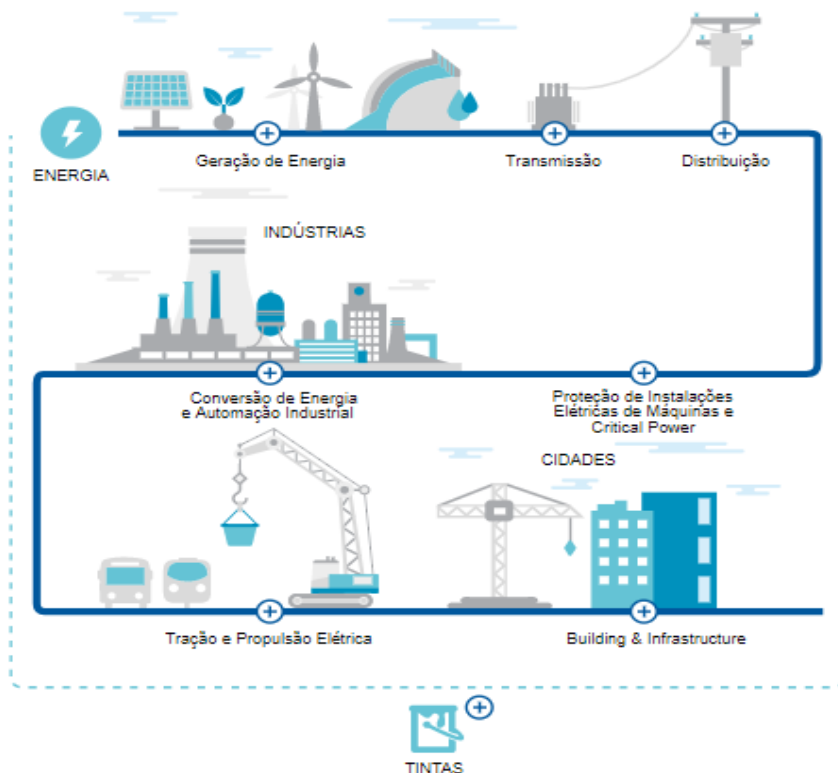
Explorado o histórico recente da empresa em aquisições e diversificações volta-se para uma análise geral da estrutura da empresa atual.

O *core competence* da WEG S.A. está relacionado com a energia elétrica. Conforme a (WEG, 2017a), na geração de energia elétrica, o desafio da WEG é criar fontes geradoras de energia renovável, sem perder a eficiência na geração e sem desperdiçar esse importante recurso ao transmiti-lo e distribuí-lo. As fontes renováveis para o qual a WEG oferece soluções tecnológicas de geração de energia elétrica são a energia solar, eólica, de biomassa e hidroelétricas.

A Figura 4.10 ajuda a compreender a amplitude do *core competence* da energia em que a WEG atua. Em termos da etapa de geração de energia elétrica, atua por fontes solar, biomassa, eólica e hidráulica, bem como atua na transmissão e distribuição da energia elétrica. A empresa opera ainda, em soluções e serviços para plantas industriais no uso da energia, e mais recentemente tem investido na base produtiva de soluções de propulsão (tração elétrica) para ônibus, trens e outros veículos utilitários. Oferece ainda soluções completas para propulsão de embarcações.

Ainda conforme a Figura 4.10, suas soluções podem ser utilizadas nas mais diversas edificações e instalações públicas, com o fornecimento em tintas, controladores lógicos, conexões elétricas, interruptores etc. O único segmento em que a empresa opera que não tem relação direta com seu *core competence* é o de tintas para fins industriais e eletroisolantes. No entanto, mesmo esta unidade se mostra um importante produto intermediário e atende integralmente as necessidades de tintas e isolantes das demais empresas do agora consolidado, Grupo WEG. Por exemplo, o uso de tintas cujo isolamento protege por mais tempo os motores submersos na água da ferrugem.

Figura 4.10 - Core competence da WEG S.A.

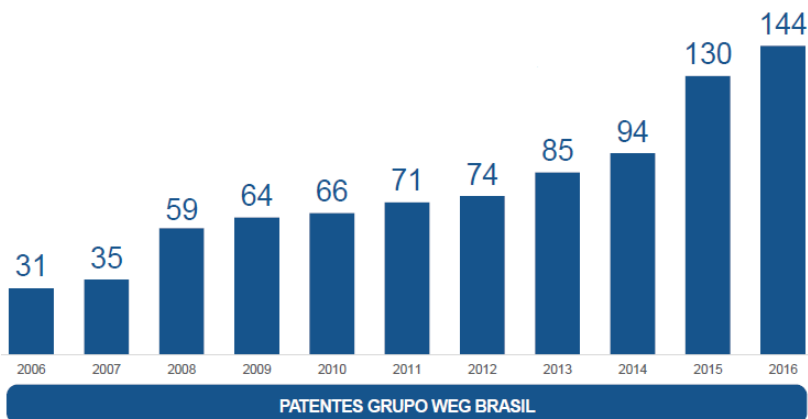


Fonte: WEG (2017a).

Concomitante ao processo de internacionalização da empresa, ocorreu uma mudança estratégica envolvendo a proteção intelectual via patenteamento de seus avanços, o que se verificou especialmente a partir de 2010. Tanto a bibliografia quanto a pesquisa de campo apontam que a estratégia de P&D da empresa desde sua fundação teve foco no domínio do processo produtivo e as inovações decorrentes estiveram a serviço da construção de soluções mais simples, barata e acessíveis, de forma a baratear o preço final do produto.

No entanto, como pode ser observado pela Figura 4.11, a empresa ao longo da década de 2000 direcionou maior atenção as questões relacionadas a geração de patentes. A Figura 4.11 mostra o aumento das patentes brasileiras que a WEG gerou de 2006 a 2016.

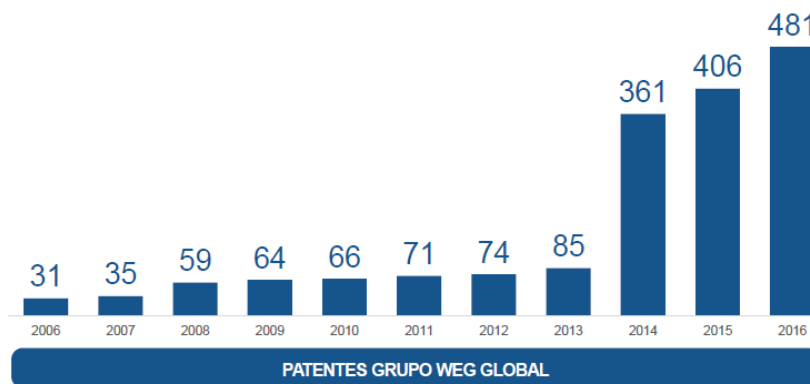
Figura 4.11 - Patentes nacionais do Grupo WEG de 2006 a 2016.



Fonte: WEG (2017d, p. 31).

Coaduma a Figura 4.12, em que se observa a inovação do Grupo WEG a nível global. O nível de patentes tem um salto a partir de 2014. Infere-se que esta mudança decorre da complementariedade de duas mudanças institucionais da empresa.

Figura 4.12 - Patentes WEG a nível global de 2006 a 2016.



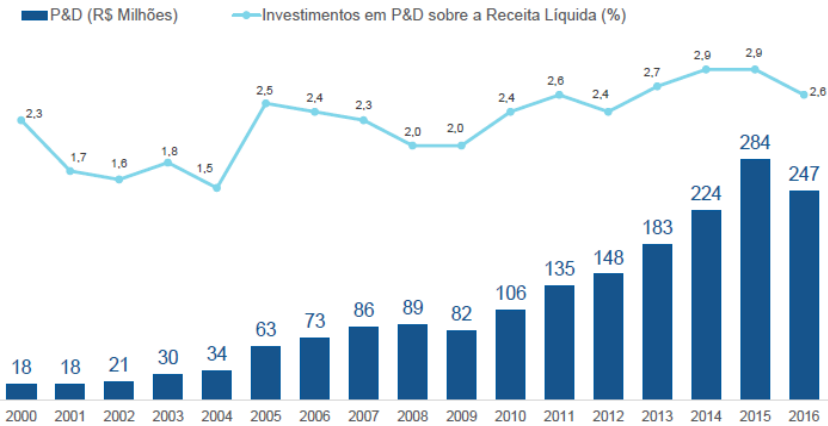
Fonte: WEG (2017d, p. 32).

De um lado, do modo que o processo de internacionalização da década de 2000 assumiu, com o aumento da participação da empresa no âmbito internacional pela aquisição de empresas já consolidadas, de forma a absorver sua tecnologia, como a do turbogerador 2 polos em 2011. De outro por uma mudança institucional da empresa que internaliza ao longo da década de 2000 a valorização por mecanismos que incorram em uma maior geração de patentes. Esta mudança foi descrita em algumas entrevistas, com uma consolidação do intento pela geração de patentes por volta de 2010.

Esta complementariedade sugere que seu processo de internacionalização atual tenha como direcionamento estratégico a busca por aquisições de empresas internacionais consolidadas que tenham histórico na geração de patentes. Isso denota o esforço da empresa tanto em adquirir novas competências como em explorar ativos já protegidos.

A respeito dos investimentos em P&D do Grupo WEG, a Figura 4.13 mostra os valores em milhões de reais para os investimentos em P&D e o percentual de investimento da WEG em relação a sua receita líquida, ambos para os anos de 2000 a 2016. Observando os dados, apenas durante 4 anos, de 2001 a 2004 os investimentos em P&D foram equivalentes a menos de 2% da receita líquida da empresa. Em média, se tem uma taxa de investimento em torno de 2,3% sobre a receita líquida para o período.

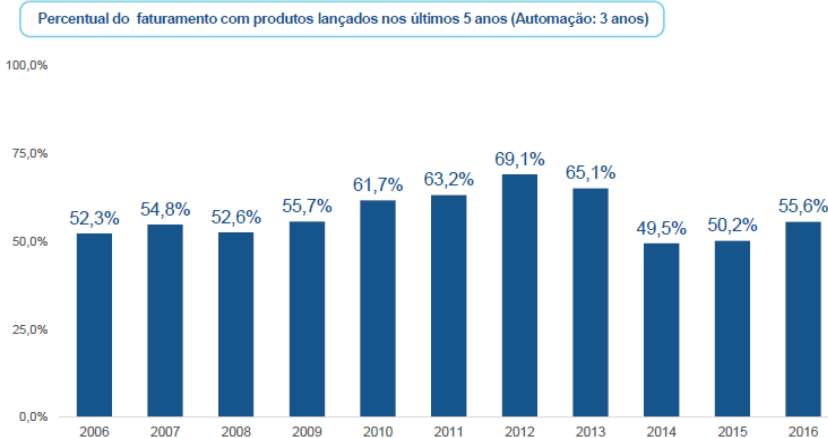
Figura 4.13 - Investimento em P&D do grupo WEG de 2000 a 2016.



Fonte: WEG (2017d, p. 34).

Em média, produtos novos lançados nos últimos 5 anos são responsável por 55% do faturamento da empresa, como pode ser observado pela Figura 4.14 para os anos de 2006 a 2016. No caso de produtos para automação, essa taxa de faturamento é para produtos lançados nos últimos 3 anos. Isso denota que há uma maior obsolescência para produtos da indústria de automação.

Figura 4.14 - Percentual do faturamento com produtos novos.



Fonte: WEG (2017d, p. 35).

A Figura 4.15 permite visualizar as instituições de ensino nacionais e internacionais que a WEG possui interação na realização de P&D conjunta atualmente. Estas instituições se revezam em reuniões do comitê científico e tecnológico, realizadas anualmente para troca de informação presente e antecipar tendências. Também participam dos encontros pessoal técnico da WEG e clientes.

Figura 4.15 - Instituições de ensino com a qual a WEG tem parceria em pesquisas de P&D.



Fonte: WEG (2017d, p. 28).

Como exemplo pode se citar o papel da UFSC nestes acordos, como a pesquisa de ímãs de terras raras. Os ímãs, utilizados na

construção de turbinas eólicas, motores e equipamentos eletrônicos, têm mais de 90% de sua fabricação concentrada na China. Espera-se alterar este cenário nas próximas décadas (UFSC, 2017a).

Para tanto, o grupo de Materiais Magnéticos (MAGMA), um dos laboratórios de pesquisa da engenharia mecânica da UFSC, em que entre as pesquisas realizadas se tem a busca em criar uma tecnologia que garanta um ímã com um alto nível de conservação e durabilidade, pois os minerais que o compõem se oxidam rapidamente. O apoio e financiamento por parte da WEG para pesquisas com ímãs terras raras no programa de pós-graduação da engenharia mecânica da UFSC datam de 1987. Em 2008, foi criado especificamente o laboratório para o grupo de materiais magnéticos (MAGMA) da UFSC (UFSC, 2017a).

A estratégia para inovação na WEG pode ser observada pela Figura 4.16. Os comitês científicos e tecnológicos formados anualmente entre os colaboradores da WEG e pesquisadores das instituições de ensino nacionais e internacionais em conjunto com as comissões de trabalho (que promovem a colaboração entre as etapas da produção), orientam o planejamento tecnológico de cada unidade de negócio e o PWQP. Todo este conjunto de informações é então reunido no PDT, que se materializa na forma das inovações das unidades de negócio.

Figura 4.16 - Estratégia de Inovação na WEG.

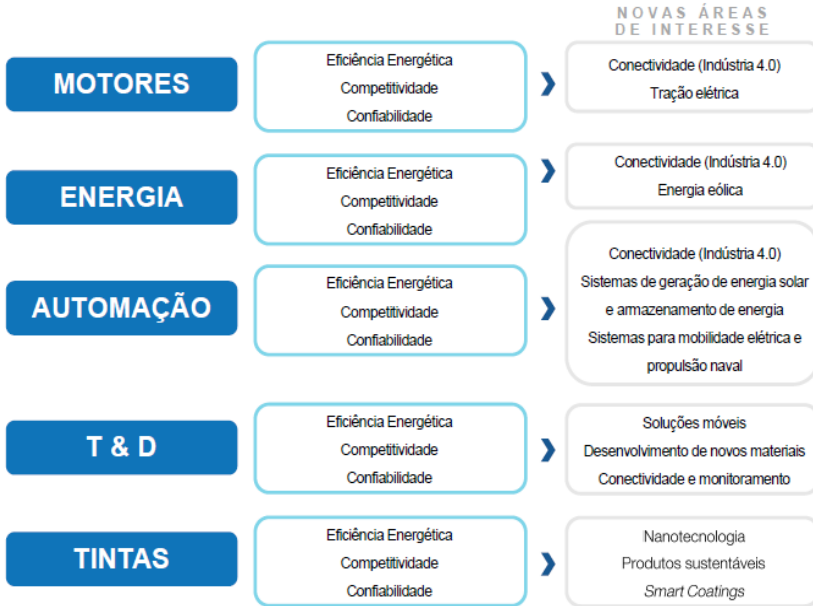


Fonte: WEG (2017d, p. 11).

A respeito das áreas de direcionamento de P&D para o presente e o futuro próximo nas diferentes unidades de negócio do Grupo WEG, conforme pode ser observado pela Figura 4.17, caminham para a conectividade das coisas⁶³ (Indústria 4.0) para todas as unidades. Em se tratando de P&D específica para cada unidade de negócio, destaca-se em motores elétricos a tração elétrica que corresponde à tecnologia de ônibus e carros movidos a motores elétricos. Em relação ao P&D para geração de energia eólica e solar, estes se direcionam na tradicional pesquisa em novos materiais. A pesquisa para a unidade de tintas para fins industriais e eletroisolantes tende a ser direcionada para possíveis aplicações da nanotecnologia.

⁶³ A "internet das coisas" diz respeito a tecnologias desenvolvidas para a conexão à web de máquinas e outros objetos físicos através de sensores e atuadores embutidos. Pode ter aplicações diversas, como, por exemplo, o monitoramento do fluxo de produtos de uma linha de fabricação até a mensuração da vazão de água pelos tubos no meio rural (CONSULTORIA MCKINSEY, 2014).

Figura 4.17 - Áreas foco da inovação para os próximos anos.



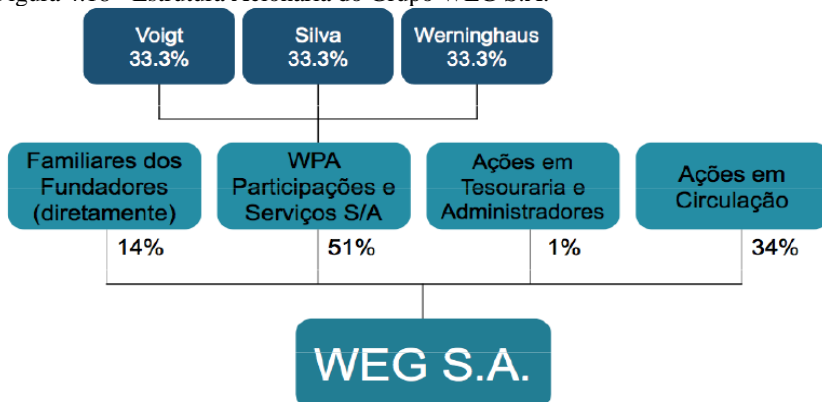
Fonte: WEG (2017d, p. 13).

Nota-se, portanto, que os centros de P&D parecem, de forma geral, estar voltados a áreas tidas como nucleares de uma nova revolução industrial. Tal como ocorreu na década de 1980 entre a eletromecânica e a eletrônica de potência, parece estar ocorrendo uma simbiose entre a trajetória tecnológica do paradigma atual com a revolução tecnológica, ainda genérica, da conectividade. A diferença é que naquele momento do histórico da capacitação tecnológica da WEG estava-se institucionalizando um Centro de P&D e o processo de codificação do conhecimento ainda era incipiente. Atualmente, a WEG possui centros de pesquisa por unidade de negócios, com o direcionamento de pesquisas elaborados para a próxima década. Depreende-se daí a agressividade tecnológica da WEG em realizar um possível *catching up*, com foco na janela de oportunidades do paradigma tecnológica que se apresenta.

Cabe também entender a estrutura acionária do Grupo WEG S.A pela Figura 4.18. Nota-se que o controle ainda está nas mãos dos familiares dos fundadores. As famílias possuem 51%, dos quais cada

uma das famílias possuem partes iguais de 33,3%. Além disso, outros 14% são outros familiares dos fundadores.

Figura 4.18 - Estrutura Acionária do Grupo WEG S.A.



Fonte: Neto (2013, p. 199).

Os Quadros 4.2 e 4.3 mostram os parques fabris do Grupo WEG S.A. espalhados pelo Brasil e pelo Mundo para o ano de 2016 e os respectivos produtos e serviços prestados. O Quadro 4.2 mostra os 13 parques fabris localizados no Brasil e o Quadro 4.3. os 24 parques fabris espalhados pelo mundo. O processo de internacionalização atinge um total de 37 parques fabris, em 12 países diferentes, por 4 continentes, com filiais comerciais em 30 países, e distribuidoras em 90 países (WEG, 2016c).











De forma a complementar a visualização da WEG pelo mundo se apresenta ainda a Figura 4.19 em que se observa as fábricas espalhadas pelo mundo, suas filiais em 30 países e suas distribuidoras em 90 países. Para completar a Figura 4.20 mostra a assistência técnica WEG espalhada pelo Brasil. Nota-se que estas concentram-se entre o sul e o sudeste.

Quadro 4.2 Parques Fabris pelo Brasil em 2016.

ESTADO	CIDADE	PRODUTOS E SERVIÇOS
Santa Catarina	Jaraguá do Sul	Parque Fabril I – Capacitores, Centro de Treinamento de clientes, CentroWEG. Parque Fabril II – Motores elétricos BT e AT, motores síncronos e de corrente contínua, geradores, aerogeradores, drives, painéis, controls, cubículos e serviços.
	Blumenau	Transformadores.
	Guaramirim	Tintas industriais, Tintas em pó, vernizes eletroisolantes e faz fundição de motores elétricos.
	Itajaí	Transformadores e painéis.
	São José	Nobreaks, retificadores, carregadores e bancos de bateria.
	Joaçaba	Turbinas hidráulicas e hidromecânicas.
São Paulo	Mauá/SP	Produz tentas, vernizes, esmaltes e lascas.
	Monte Alto	Redutores e motoredutores.
	São Bernardo do Campo	Motores elétricos AT, motores síncronos, turbo e hidrogeradores, segurança e sensores, serviços.
Amazonas	Manaus	Motores comerciais e residenciais.
Espírito Santo	Linhares	Motores comerciais e residenciais.
Rio Grande do Sul	Gravataí	Transformadores.

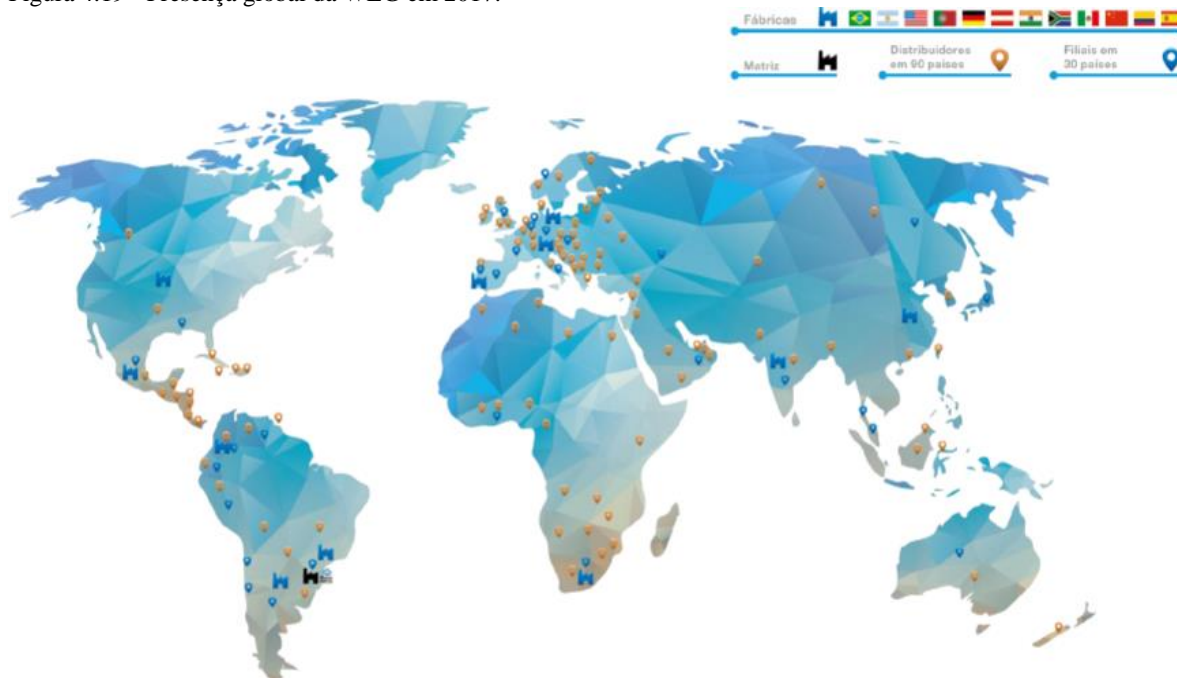
Fonte: Adaptado a partir de WEG (2016c). Siglas: BT = Baixa Tensão. AT = Alta Tensão.

Quadro 4.3 Parques Fabris WEG pelo mundo em 2016.

PAÍS	CIDADE	PRODUTOS E SERVIÇOS
 África do Sul	Johannesburg	Parque Fabril I – Minissubestações, Transformadores de distribuição. Parque Fabril II – Painéis, subestações secundárias em containers, eletrocentros. Parque Fabril III – Motores Elétricos BT e AT, Drives & Controls, Transformadores, Geradores.
	Cape Town	Grupos geradores, painéis, transformadores.
	Heidelberg	Transformadores.
 Argentina	San Francisco	Painéis.
	Córdoba	Motores comerciais e residenciais.
	Buenos Aires	Tintas.
 México	Huehuetoca	Parque Fabril I - Motores elétricos BT e AT. Parque Fabril II – Transformadores.
	Tizayuca	Transformadores.
	Changzhou	Motores comerciais e residenciais, transmissões e componentes mecânicos.
 China	Rugão	Motores elétricos.
	Nantong	Motores elétricos BT e AT.
	Bogotá	Painéis.
 Colômbia	Sabaneta	Transformadores de potência e distribuição e transformadores a seco.
	Minneapolis	Motores elétricos AT, motores e geradores síncronos, turbogeradores, excitatrizes e serviços.
 EUA	Bluffton	Motores elétricos fracionários.
	Balingen	Motores elétricos BT, motorreduzores.
 Alemanha	Hömberg	Motores elétricos.
	Valência	Painéis Elétricos.
 Espanha	Maia	Motores elétricos BT e AT.
	Portugal	Motores elétricos BT e AT.
 Áustria	Viena	Redutores, motorreduzores e drives.
	Índia	Motores elétricos AT, motores síncronos, turbo, hidrogeradores e serviços.
 Índia	Hosur	Motores elétricos AT, motores síncronos, turbo, hidrogeradores e serviços.

Fonte: adaptado a partir de WEG (2016c).

Figura 4.19 - Presença global da WEG em 2017.



Fonte:

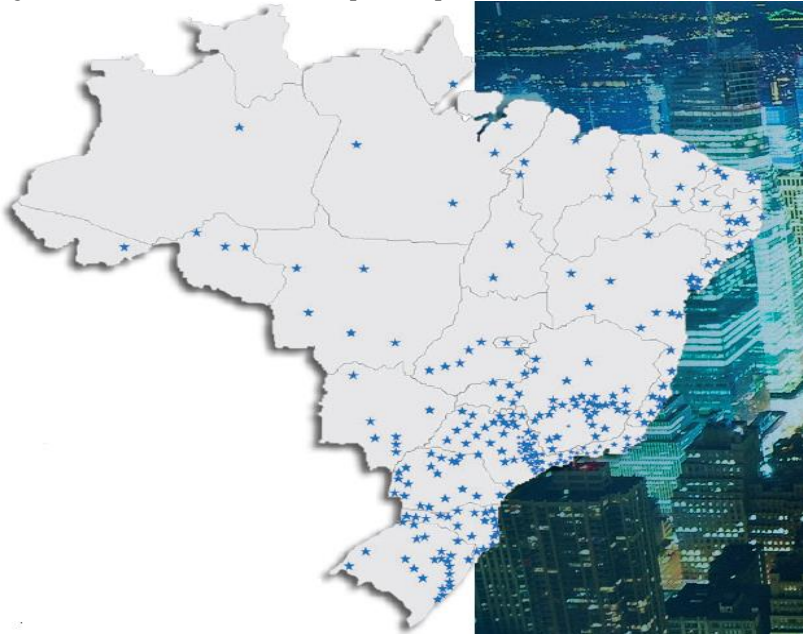
WEG

(2017d,

p.

17).

Figura 4.20 - Assistência técnica espalhada pelo Brasil.



Fonte: WEG (2016b, p. 22).

4.6 COMENTÁRIOS FINAIS

Este capítulo procurou cumprir o primeiro objetivo da tese, ou seja, o de que a acumulação das capacidades tecnológicas da WEG, decorrentes de um conjunto de mecanismos de aprendizagem internos e externos, propiciou à empresa, sem abandonar sua estrutura produtiva em motores elétricos de corrente alternada, passar a operar com mais de uma base tecnológica, suficientemente diversa da base produtiva em seu produto principal, constituindo assim um processo de diversificação no sentido penroseano.

Sendo assim, este capítulo embasa a proposição da tese de que o processo de diversificação da base produtiva da WEG para bases produtivas mais complexas fora sustentado pela competência tecnológica acumulada, construídas via esforços externos e internos de aprendizado derivados de uma estratégia agressiva de domínio das tecnologias que utiliza.

Esta ligação entre os conceitos teóricos de acumulação de capacidade e de diversificação, só foi possível a luz de outro importante conceito teórico, os custos de transação de Coase, explorados no capítulo 2, como alicerce para fundamentação de Williamson (1971; 1973), sobre as causas da verticalização dos processos de produção, e Teece (1980; 1982), sobre as causas da opção da firma por tornar-se uma empresa multiproduto.

Desta forma, este capítulo sugere, primeiramente, dadas a indivisibilidade e especificidade dos ativos, a racionalidade limitada e o comportamento oportunista, que os custos de transação são inerentes aos contratos intra-firma e basilares as decisões de diversificação.

Dados os custos de transação, sugere-se ainda que, as decisões de diversificar sejam impulsionadas, de um lado, pelas economias de escopo obtidas a partir do acúmulo de capacidades tecnológicas (geradores, motores de alta tensão, painéis solares, aerogeradores), e de outro lado, pelo próprio intento de continuidade de acumulação de capacidades tecnológicas em seus produtos principais, à medida que a complexidade produtiva de seus produtos aumenta, dada a interação com novos conhecimentos (é o caso da eletrônica de potência aplicada à eletromecânica).

Abaixo descreve-se os elementos de cada tópico que se destacam por ajudarem a sustentar a proposição da pesquisa.

No tópico 4.1 a agressividade tecnológica se apresenta por: (i) diversificar para duas outras bases produtivas com o intento de estimular a demanda regional em seu produto principal; (ii) adotar uma estratégia de longo prazo de conquista do mercado paulista, e; (iii) contratar um ministrador de cursos para solucionar gargalos de mão de obra especializada.

No tópico 4.2 a agressividade tecnológica da empresa é evidente, ao utilizar-se da combinação de uma série de mecanismos de aprendizagem externos e internos para acumular capacidades tecnológicas em motores elétricos. Neste aspecto, destaca-se o esforço exportador da empresa, a busca por tecnologia no exterior, a formação de uma escola de treinamento e a formação de uma ferramentaria própria.

A velocidade da acumulação é notada nas referências à internalização de meio século de tecnologia alemã em apenas 10 anos, em um claro processo de *catching up* da empresa na trajetória tecnológica estabelecida na época.

Ademais, revelou-se que o SNI brasileiro foi fundamental na forma dos financiamentos do BNDE e nos engenheiros da UFSC. Não somente, toda a política macroeconômica desenvolvimentista do milagre econômico e os esforços do II PND para manter o elevado crescimento estão entrelaçados ao esforço de absorção tecnológica realizado pela WEG no período. O SNI brasileiro reaparece na década de 1980 na forma de financiamentos de projetos da empresa pelo FINEP, constituindo um importante agente fomentador de P&D que, a partir de 1980, passou a ser intrínseco à empresa.

O tópico 4.3 destaca a diversificação da empresa em outras bases produtivas, em sua maioria, relacionadas ao *core competence* da empresa e decorrentes de estímulos relacionados à acumulação da capacidade tecnológica em motores elétricos. Seja pelas economias de escopo envolvidas, seja pela difusão do novo paradigma tecnológico (microeletrônica) na eletromecânica. Neste sentido, a agressividade da empresa se apresenta por buscar acompanhar as tendências tecnológicas que estavam se difundindo no mercado que atuava. Desta forma, a acumulação tecnológica realizada no período anterior deve ser entendida como propulsora da diversificação, tal como descreve a proposição desta tese.

Na continuidade de sua aprendizagem para a construção de suas capacidades, destaca-se como mecanismo externo a realização de *joint ventures*. Em termos de aprendizagem interna, a institucionalização da codificação e a criação do Centro Tecnológico (centro de P&D).

O tópico 4.4 explorou o processo de internacionalização que se iniciou em 1990. A abertura econômica que estava ocorrendo no Brasil implicava em uma série de incertezas e, por prudência, a empresa optou por concentrar seus recursos em torno de dois polos industriais, o eletroeletrônico e o químico.

Em termos de mecanismos de aprendizagem externo, a empresa realizou novas *joint ventures*, e a internacionalização foi utilizada, a partir dos anos 2000, para a aquisição e absorção de tecnologia externa. Como mecanismo interno de aprendizagem, estabeleceu-se o aperfeiçoamento da qualificação pelo PWQP, a realização das convenções internacionais, e a criação do comitê científico e tecnológico.

O tópico 4.5 destacou a estrutura atual da empresa. Em termos da proposta desta tese, destaca-se as novas diversificações da empresa para a área de geração de energia eólica, solar e, ainda em

desenvolvimento, para tração elétrica. Salientou-se ainda o atual esforço em P&D da empresa da área de conectividade para com todas as suas unidades de negócio. Em termos de *catching up*, parece estar ocorrendo uma simbiose entre os segmentos em que a WEG atua com o advento de uma nova trajetória tecnológica.

Pelo exposto neste capítulo, há indícios na trajetória tecnológica da WEG de que a construção e acumulação das competências da empresa, realizadas a partir dos esforços de aprendizados internos e externos, demonstrou ofensividade tecnológica no intento de realizar o *catching up* em inovação e que este processo estimulou a diversificação da empresa em bases produtivas de maior complexidade econômica.

Isto posto, o capítulo 5 se debruça a explorar a existência de economias de escopo a partir da construção das capacidades tecnológicas em motores elétricos de baixa tensão para a formação da base produtiva em geradores elétricos, e a existência de economias de escopo a partir da construção das capacidades tecnológicas em geradores elétricos para a formação da base produtiva em aerogeradores.

5 A CONSTRUÇÃO DE COMPETÊNCIAS COMO MOTIVO DE DIVERSIFICAÇÃO (AUMENTO DA COMPLEXIDADE)

As críticas expostas por Mathews (2002), Britto (2002) e Figueiredo (2013), a respeito das limitações do referencial teórico a base de recursos, focaram na falta da percepção dinâmica do mercado, da falta de uma discussão sobre os mecanismos pelos quais as empresas constroem competências e de uma análise da diversificação a partir do acúmulo de seus conhecimentos técnico-científicos.

Neste sentido, a pesquisa gerou a construção de um quadro da construção das capacidades da WEG em motores e em geradores elétricos, fortemente embasados: (i) na discussão sobre os principais frameworks em capacidades tecnológicas nos trabalhos de Lall (1992), Bell e Pavitt (1995) e Ariffin e Figueiredo (2003); (ii) nos exemplos de Figueiredo (2013), que abarcam diversas pesquisas empíricas realizadas para diferentes indústrias, e; (iii) na opinião de professores da engenharia elétrica e automação da UFSC, bem como de um profissional técnico.

A discussão a respeito dos quadros de capacidades tecnológicas para motores e geradores elétricos, bem como a discussão a respeito dos mecanismos de aprendizados utilizados para construção de competências em motores e geradores elétricos, permitiu identificar o processo de diversificação de motores para geradores elétricos como um aumento da capacidade da empresa de utilizar seus recursos aplicados à inovação tecnológica.

As diversificações analisadas neste capítulo, a partir da unidade de negócios WEG Motores para a unidade de negócios WEG Energia, especificamente para as bases produtivas de geradores e aerogeradores, permitiu inferir que a agressividade para dominar as tecnologias que utilizava ou veio a ter o intento de utilizar, estimulou a diversificação para bases produtivas mais complexas.

O crescimento da firma e suas decisões de diversificar, no entanto, não podem ser observadas sem a perspectiva de que os custos de transação são inerentes ao mercado e, que, dado este fato, a empresa obtém importantes economias de escopos em ativos indivisíveis e específicos, que podem ser utilizados em mais de uma base produtiva de forma não competitiva.

É desta forma que a proposição desta tese é comprovada neste capítulo. O elo entre a acumulação de capacidades tecnológicas e diversificação se dá à luz da indivisibilidade e especificidade dos ativos, que incorrem em sempre haver insumos subutilizados e custos de transação no mercado, de forma a gerar economias de escopo para a empresa ao diversificar. A agressividade tecnológica da empresa, ao buscar o *catching up*, estimula os esforços de aprendizagens adicionais necessários para a empresa diversificar em bases produtivas cada vez mais complexas.

Isto posto, o capítulo está dividido em 3 partes. A primeira parte trata do processo produtivo em motores elétricos, seu acúmulo de competências tecnológicas e os mecanismos de aprendizagem utilizados na construção dos mesmos.

A segunda parte trata da análise das mesmas etapas ponderadas na primeira parte, mas para a base produtiva de geradores elétricos, sempre a luz das economias de escopo, ou seja, a não existência de competição no uso comum dos fatores de produção indivisíveis associados ao *know-how* do material humano e do capital no processo de produção de mais de um produto, que a WEG alcançou a partir do acúmulo de competências em motores elétricos de 1961 a 1980, momento da diversificação para geradores.

A terceira parte faz uma breve explanação da cadeia produtiva do mercado eólico da história da WEG neste mercado. Posteriormente se discute as economias de escopo alcançadas pela empresa na base produtiva de aerogeradores a partir do acúmulo de capacidades tecnológicas na base produtiva de geradores.

5.1 BASE PRODUTIVA, MECANISMOS DE APRENDIZAGEM E ACÚMULO DE COMPETÊNCIAS EM MOTORES ELÉTRICOS

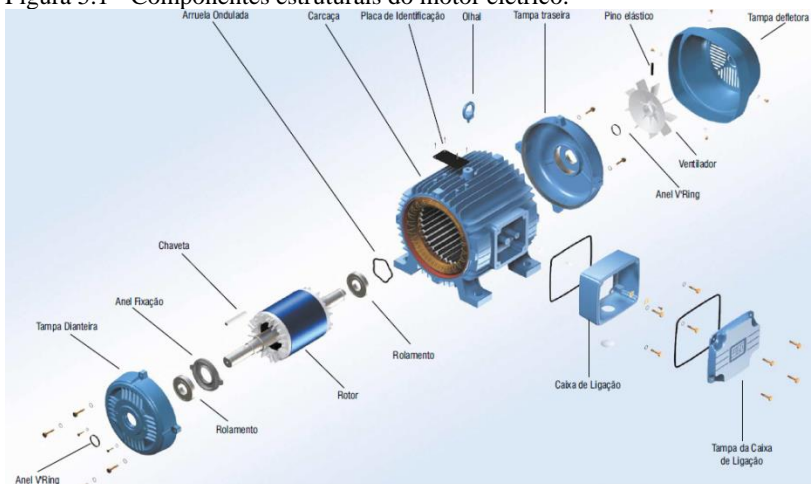
A pesquisa para a unidade de negócios motores elétricos, a respeito da sua estrutura produtiva, a acumulação de capacidade tecnológica, e os respectivos mecanismos de aprendizagens utilizadas para a construção destas competências, foi realizada pelo levantamento histórico (capítulo 4) e a pesquisa de campo⁶⁴.

⁶⁴ Embora as entrevistas de campo tenham sido sobre geradores, informações a respeito da unidade de motores elétricas foram constantemente comentadas nas entrevistas. Ademais, as informações no Museu WEG são em sua maioria sobre a unidade de motores, bem como a visita técnica as instalações da WEG.

O motor elétrico é hoje o meio mais indicado para a transformação de energia elétrica em energia mecânica (WEG, 2016). Seu funcionamento se deve basicamente a interação entre os fenômenos magnéticos e elétricos. Quando as bobinas (o rotor) são percorridas por uma corrente elétrica, o campo magnético gerado ao redor delas interage com o campo dos ímãs, fazendo com que elas girem. Se for provocado a inversão da corrente com uma dada frequência, as bobinas não param de girar e, se for um motor for ligado a um eixo que transmite esse movimento para fora da estrutura, têm-se um motor (MUSEU WEG, 2017).

A Figura 5.1 identifica os componentes estruturais dos motores elétricos. A fim de se ater a proposta da pesquisa, se descreve apenas as partes principais do motor elétrico, com a finalidade de se conhecer um pouco sobre motores elétricos sem, no entanto, se desviar do foco da pesquisa. Desta forma, a discussão que se segue concentra-se sobre o estator, o rotor, a carcaça e a refrigeração.

Figura 5.1 - Componentes estruturais do motor elétrico.

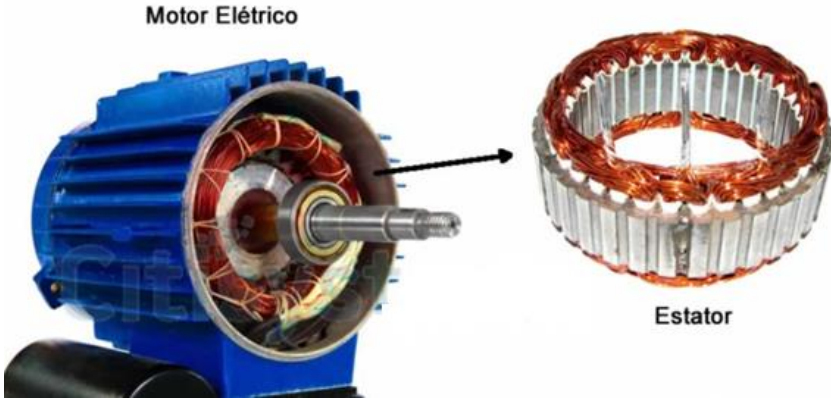


Fonte: WEG (2005, p.3).

Os motores assíncrono ou de indução de baixa tensão, comumente produzidos para geladeiras, refrigeradores, portões elétricos, esteiras de linha de produção, bombeamento e demais uso do dia doméstico e industrial são compostos fundamentalmente de dois componentes principais: um estator e um rotor (WEG, 2016c). O estator

do motor é constituído por um núcleo ferromagnético laminado (geralmente de aço-silício), em que são colocados nas cavas os enrolamentos (as bobinas) que, ao serem alimentados pela rede de corrente alternada produz um campo magnético rotativo (WEG, 2015b). A Figura 5.2 mostra a imagem de um estator.

Figura 5.2 - Estator de um motor elétrico.



Fonte: Museu WEG (2017)

O rotor possui um eixo em aço que transmite a potência mecânica desenvolvida pelo motor. O rotor do motor de indução pode ser de dois tipos, conhecidos como rotor de gaiola de esquilo e rotor bobinado (Figura 5.3).

Os motores de indução mais utilizados usam o rotor do tipo “engaiolado”, pois são mais simples de produzir do que o rotor bobinado, o que incorre relativamente em custo de produção bem reduzido. Além da simplicidade, possui um bom funcionamento e menor necessidade de manutenção (MUSEU WEG, 2017).

Figura 5.3 - Tipos de rotores de um motor elétrico.



Rotor tipo gaiola de esquilo



Rotor bobinado

Fonte: Museu WEG (2017).

O rotor em gaiola de esquilo assim como o estator é constituído por um núcleo de chapas ferromagnéticas, isoladas entre si, sobre o qual são inseridas barras de cobre, dispostas paralelamente entre si e unidas nas suas extremidades por dois anéis condutores, que curto-circuitam as barras. As barras da gaiola de esquilo podem ainda ser fabricadas de alumínio injetado ou liga de latão WEG (2015b).

A carcaça é a estrutura suporte do conjunto (estator + rotor), constituída em ferro fundido ou aço soldado, resistente a corrosão. O tipo de carcaça permite identificar grande parte de suas dimensões mecânicas, pois o tamanho da carcaça é definido pela potência e a rotação do motor. As carcaças podem ser para diferentes formas de proteção, como contra gotejamento, borrifos de água, para submersão, a prova de explosões⁶⁵ etc. (WEG, 2016a).

As perdas são inevitáveis no motor elétrico, principalmente por aquecimento. Desta forma, o calor gerado nas perdas deve ser dissipado, ou seja, transferido para o meio refrigerante do motor, usualmente, o ar ambiente. A maneira pela qual é feita a troca de calor entre as partes aquecidas do motor e o ar ambiente é definida como sistema de refrigeração. A tampa defretora, onde fica o ventilador, permite que o motor elétrico receba o ar externo e distribua para a carcaça (WEG, 2015b).

⁶⁵ A aplicação destes motores se dá em atmosferas potencialmente explosivas, em que a proporção de gás, vapor, pó ou fibras é tal que uma faísca proveniente de um circuito elétrico ou o aquecimento de um aparelho provoca a explosão (WEG, 2015a).

5.1.1 O processo produtivo de motores elétricos da WEG

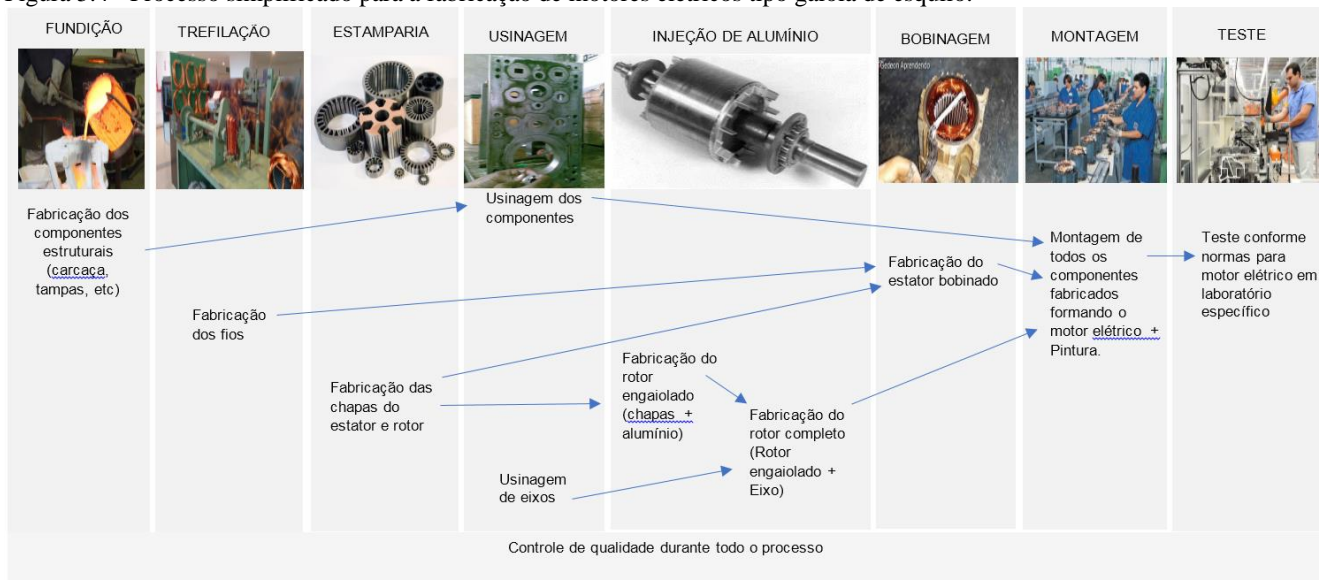
Este sub-tópico explora o processo de produção realizada na WEG Motores. A unidade de negócios WEG motores concentra sua produção em motores de pequeno porte (baixa tensão). Como já salientado, os motores de pequeno porte em sua maioria, possui o rotor em forma de gaiola de esquilo, de menor custo de produção e com menor necessidade de manutenção. Desta forma, o processo de produção simplificado apresentado pela Figura 5.4 se refere à linha padrão de motores elétricos de pequeno porte tipo gaiola de esquilo.

A Figura 5.4 está da direita para a esquerda, mas esta não representa a ordem de processamento, e sim a separação das etapas de produção. As setas indicam que terminada uma etapa de processamento, as partes então seguem para outra etapa do processo produtivo.

A fundição trata-se do processo mecânico utilizado para a obtenção de um produto fundido em metal (alumínio, bronze, ferro ou aço) que após derretido, é despejado em um molde de areia ou aço chamado de “negativo do produto”, onde permanece até solidificar. Toda peça fundida em molde de areia passa pelo processo de limpeza por jateamento e por acabamento superficial para remoção de canais de alimentação e rebarbas (MUSEU WEG, 2017).

A trefilação trata-se da obtenção da “bitola” dos fios, ou seja, o diâmetro dos fios, que podem ser finos ou grossos. O processo envolve maquinário que estica os fios e, à medida que o comprimento destes aumenta, a bitola é reduzida. Na etapa da trefilação também é realizado o “recozimento” dos fios, que consiste em tratamento térmico para eliminar a dureza dos fios ou normalizar tensões internas. Por fim, é feito o isolamento elétrico com aplicação de vernizes de esmaltação, com a aplicação de várias camadas. A fabricação dos fios resulta em um insumo intermediário utilizado nos motores elétricos, transformadores e geradores (MUSEU WEG, 2017).

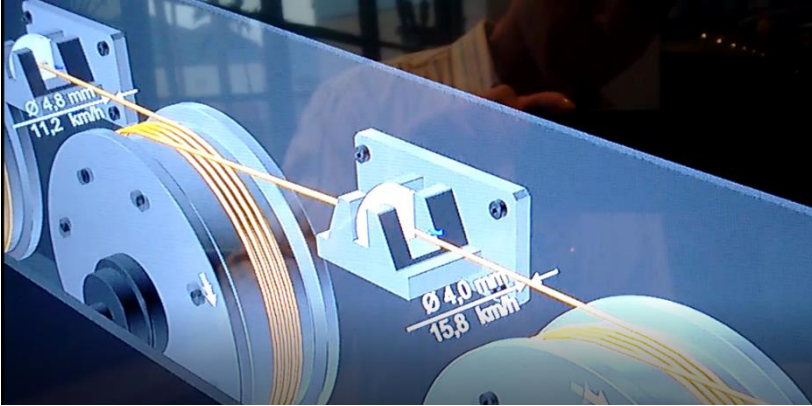
Figura 5.4 - Processo simplificado para a fabricação de motores elétricos tipo gaiola de esquilo.



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 5.5 ilustra o equipamento com fileira de anéis que esticam os vergalhões de cobre. Note que conforme se estica o fio, seu diâmetro reduz de 4,8mm para 4,0mm.

Figura 5.5 - Máquina utilizada na década de 1970 para a trefilação.

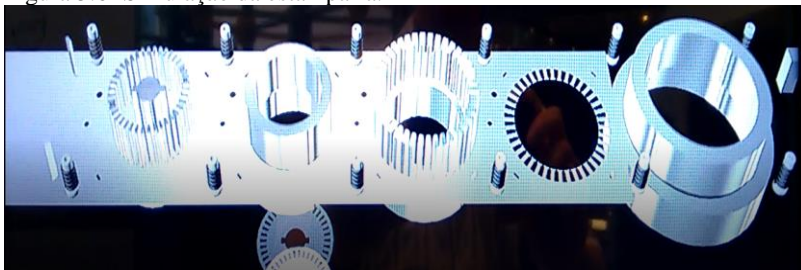


Fonte: Museu WEG (2017).

A estampagem consiste no corte das lâminas finas de aço-silício dando a formatação das chapas que serão usadas para compor o núcleo magnético, tanto do estator quanto do rotor de um motor elétrico. O molde do corte normalmente já é preparado de acordo com o perfil do circuito magnético do motor, pronto para ser agrupado e prensado para formar a parte a qual se destina (OLIVEIRA, 2009). Os retalhos são reutilizados como matéria prima no processo de fundição (MUSEU WEG, 2017).

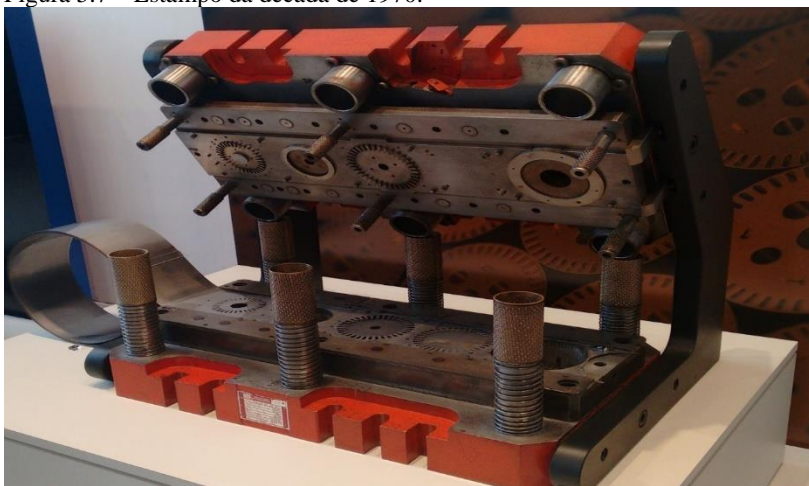
A Figura 5.6 mostra uma simulação das chapas laminadas de aço passando pelo Estampo. A Figura 5.7, embora mostre um antigo estampo utilizado na unidade WEG Motores na década de 1970, ajuda a visualizar uma questão que será central a discussão que se seguirá no tópico 5.2, a respeito das economias de escopo, que se defende nesta tese ser um fator impulsionador na decisão da empresa em se diversificar. Observe que o estampo é a máquina (a prensa), enquanto a ferramenta é a parte interna (o retângulo com os moldes das chapas) que, ao prensar as chapas, se obtém o formato desejado. A ferramenta é desenvolvida na fábrica de ferramentarias, pela própria WEG, a partir do acúmulo de conhecimento em ferramentaria.

Figura 5.6 -Simulação da estamparia.



Fonte: Museu WEG (2017).

Figura 5.7 – Estampo da década de 1970.



Fonte: Museu WEG (2017).

A Figura 5.8 mostra as peças obtidas pela estamparia, expostas no museu WEG. Note que estão numeradas como 3, 4, 5 e 6. Em 3 é exposto as chapas do estator W22 e em 4 as chapas de rotor do motor após a chapa fina laminadas de aço passar pelo estampo. Em 5 se tem o pacote de chapas que compõe o estator do motor W22, enquanto em 6 se tem o pacote de chapas que compõe o rotor do motor W22. Ou seja, a soma das chapas obtidas pela estamparia é que compõe a peça única estator e rotor.

Figura 5.8 - Chapas que compõe o estator e o rotor.



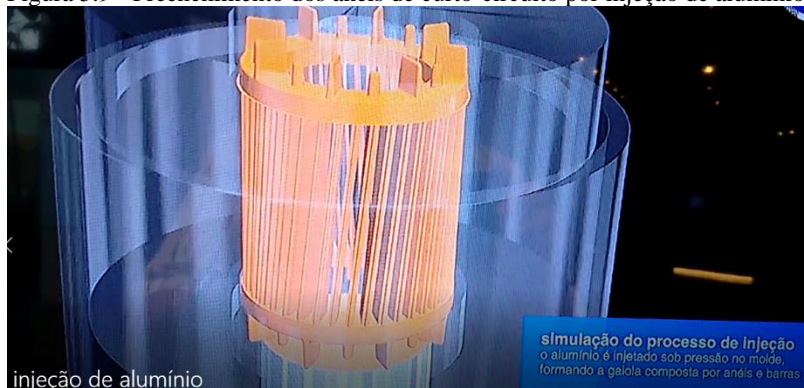
Fonte: Museu WEG (2017).

A usinagem refere-se a um grupo de diferentes processos mecânicos aos quais as peças são submetidas para obter as formas, dimensões e acabamentos finais desejados, onde ocorre a remoção de material pela ação de ferramentas de corte. As operações de usinagem permitem obter maior precisão dimensional, chegando ao nível de precisão de milésimos de milímetro (microns). As ferramentas de corte podem ser manuais, como as limas, serras e serrotes, ou montadas em máquinas operatrizes. Tanto as ferramentas como as máquinas têm características específicas para a obtenção de diferentes geometrias de superfícies (MUSEU WEG, 2017).

A injeção de alumínio foi desenvolvida para atender a necessidade de formar uma peça única. Conforme a pesquisa de campo, a injeção de alumínio tem como finalidade a formação de um caminho único (sem espaços vazios) de circulação de corrente, pois é essa corrente circulando que irá induzir o campo magnético que, ao se opor ao campo magnético do estator fará o rotor girar.

A Figura 5.9 simula o maquinário fazendo a injeção do alumínio no conjunto de chapas do rotor. O nome “engaiolado”, vem da forma geométrica dos anéis e das barras que parecem uma gaiola.

Figura 5.9 - Preenchimento dos anéis de curto-circuito por injeção de alumínio.



Fonte: Museu WEG (2017).

Para a bobinagem, são utilizados equipamentos (as bobinadeiras, como pode ser observada na Figura 5.10) para fazer o enrolamento de fios de cobre ou de alumínio nas dimensões e na quantidade de espiras (voltas do fio), previamente especificadas para a linha de montagem (MUSEU WEG, 2017).

Figura 5.10 – Bobinadeira da década de 1970.



Fonte: Museu WEG (2017).

Posteriormente, é realizado a montagem de todos os componentes fabricados formando o motor elétrico mais a pintura. No final da linha de montagem, o motor é ligado pela primeira vez em uma cabine de testes, onde várias medições são realizadas para garantir o seu perfeito funcionamento. Os resultados desses testes são decisivos para encaminhar o motor para a pintura final e embalagem ou para eventual retrabalho.

Por fim, com relação a linha de produção da unidade WEG motores, a pesquisa de campo mostrou que o motor elétrico de linha (o motor de maior saída), é o que tem a maior parte de seu processo de produção automatizado, por exemplo, a inserção das bobinas no estator é automatizada. Os motores especiais como contra explosão e de submersão tem suas etapas de produção com etapas menos automatizadas.

5.1.2 Mecanismos de aprendizagem em motores elétricos

Este tópico procura elencar os mecanismos de aprendizagem utilizados na WEG motores para a construção de suas capacidades tecnológicas em motores elétricos. A descrição dos mecanismos de aprendizagem está apresentada em ordem cronológica. Os Quadros 5.1 e 5.2 sintetizam os mecanismos internos e externos, respectivamente. Desta pesquisa se pode notar que o uso de mecanismos externos e internos são complementares na construção no acúmulo de conhecimento tecnológico da empresa. Também se observa mudanças nos usos dos mecanismos. Primeiro, à medida que a empresa absorve o conhecimento externo e o transforma em conhecimento interno, a empresa passa a utilizar de mecanismos de codificação e socialização do conhecimento. Segundo, à medida que a empresa passa a utilizar de mecanismos de codificação e, em paralelo, amplia os mecanismos internos de capacitação de pessoal no Centro de Treinamento e dos programas de qualidade no produto e no processo, está ocorrendo um aumento da utilização dos mecanismos internos de aprendizagem. Terceiro, há uma progressiva redução na utilização dos mecanismos de aprendizagem externas à medida que a empresa internaliza o conhecimento tecnológico. Este desdobramento se observa pela redução nos mecanismos externos utilizados para o aprendizado tecnológico em motores elétricos e o aumento do uso destes para a área de eletrônica de potência.

Quadro 5.1 - Mecanismos de aprendizagem internos em motores elétricos de 1961 a 1980 segundo a literatura da WEG.

<p>MECANISMOS INTERNOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 1961: Conhecimento adquirido na rotina de trabalho, manuais alemães e da socialização do conhecimento dos fundadores. - 1964: Primeiros passos em procedimentos de qualidade. - 1966: Inicia-se as Convenções Nacionais dos Vendedores WEG – Conweg; <ul style="list-style-type: none"> * Realizadas anualmente (contínua); - 1968: Criação do Centro de Treinamento, engloba: <ul style="list-style-type: none"> * Escola de treinamento (nova mão-de-obra); * Aperfeiçoamento da mão-de-obra já existente (constante e aprendizado diverso). 1973: Realizado o 1ª seminário de qualidade: <ul style="list-style-type: none"> * 11 semanas de cursos 1974: Formação dos grupos de racionalização. 1977: Primeira campanha de qualidade com o programa “zero defeito”; 1978: Criada a seção de normatização (Socialização do conhecimento): <ul style="list-style-type: none"> *Centralizava o acervo de normas já existentes, bem como coordenava o fluxo de normas técnicas então em rápido crescimento nos diferentes setores da produção. 1980: Criação do Centro Tecnológico WEG. 1982: Nascem os primeiros Círculos de Controle de Qualidade (CCQ) conjuntamente com o primeiro “Manual de Qualidade”
----------------------------	---

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 5.2 - Mecanismos de aprendizagem externa em motores elétricos de 1961 a 1980 segundo a literatura da WEG.

MECANISMOS EXTERNOS	<ul style="list-style-type: none"> - 1964: Geraldo Werninghaus vai trabalhar na Motores Brasil; - 1965: Contratação do Professor Antônio Serrano de La Pena para ministrar cursos; - 1968: Os 3 fundadores fazem visitas técnicas a fábricas alemãs: <ul style="list-style-type: none"> * Fecham contrato com o escritório de projetos do Dr. Ing Ernst Braun: <ul style="list-style-type: none"> → Faz parte do contrato a prestação da assistência ao projeto de implantação do novo produto. - 1968 e 1969: Contratação de 4 engenheiros. -1969: Treinamento no exterior: Envio de Reiner Modro e Arthur Borches para estágios na Blum-geoppingen e na Deckel-Munique; Contratação de assessoria externa, a de Walter Christian do Instituto Brasileiro para Assuntos de Qualidade <ul style="list-style-type: none"> * estruturação do Departamento de Qualidade; * Criação das comissões de trabalho; * Doação de sua literatura técnica que vem a formar a biblioteca WEG. -1970: Especialistas retornam a Alemanha em 1970 para mais estágios: <ul style="list-style-type: none"> * Ampliação constante de contatos ao estagiar em diferentes empresas alemãs. -1979: Joint Venture com AESA para aquisição de tecnologia em eletrônica de potência": <ul style="list-style-type: none"> * A parceria durou pouco, até 1981. -1982: Join Venture com a AEG para aquisição de tecnologia de motores de alta potência. -1986: Joint Venture com Hauser para a aquisição em tecnologia de eletrônica de potência. -1990: Joint Venture com a Bosch para aquisição de tecnologia em sistemas de automação em manufatura. -2014: Joint Venture com a Jelec Inc. especializada em engenharia e integração de sistemas de automação para aplicações de perfuração no mercado de óleo e gás.
---------------------	--

Fonte: Elaboração própria.

Nos primeiros anos de existência da WEG, aproximadamente de 1961 a 1963 o aprendizado se deu pela socialização dos conhecimentos de seus fundadores, o senhor Werner e Geraldo Werninghaus. O primeiro já possuía competências acumuladas por ter trabalhado na produção de motores elétricos. O segundo, acumulara competências em ferramentaria. Adicionalmente, foram utilizados conhecimentos codificados em manuais de produção redigidos em língua alemã, a qual os empreendedores dominavam. Nesta primeira fase, além destas fontes também o *learning by doing* parece explicar a maior parte do aumento de capacidade produtiva e tecnológica da WEG.

Em 1964 ficou clara a necessidade de ampliar as fontes de aprendizagem para que a WEG aumentasse suas capacidades. Foi então que, Geraldo Werninghaus foi trabalhar como mecânico na concorrente Motores Brasil, localizada em São Paulo. A partir deste *learning by interaction*⁶⁶, voltou para a WEG com uma série de conhecimentos, como a técnica de fundir guias e afixar punções (os pinos que furam a chapa das matrizes de estamparia).

Também em 1964 se inicia a verificação das condições gerais do produto na linha de montagem, no qual todo e qualquer motor adquiria um “carimbo” de qualidade. Estes significam os primeiros passos em uma série de programas de qualidade. A implantação destes programas necessita de aprendizado na verificação bem como a conscientização dos funcionários sobre o retorno que estes programas têm para a empresa. Estes aprendizados se materializam na forma de cursos e encontros.

Em 1965 se inicia uma série de cursos técnicos com o professor Antônio serrano de La Pena, experiente ministrador de cursos. Tanto na área de produção quanto outros setores: vendas, contabilidade, pessoal, finanças, etc. (*learning by training*).

Em 1966, é realizada a primeira Convenção Nacional da WEG – Conweg. A realização destas convenções denota um esforço interno de aprendizagem que se repetiria continuamente desde então. Este mecanismo de aprendizagem se mantém até os dias de hoje anualmente e permite a troca contínua de experiências (*learning by interacting*).

Até este momento do acúmulo de capacidades da empresa, o desenvolvimento tecnológico estava muito concentrado na experimentação da rotina de trabalho. Na pesquisa de campo foi descrito que os fundadores perceberam que para a empresa crescer não poderiam ficar evoluindo tecnologicamente na base de “experimenta, erra e acerta”, de uma maneira limitada ao aprendizado empírico. Faltava a empresa o rigor técnico e a engenharia por trás do produto.

Em 1968, a partir de uma viagem à Alemanha, os membros fundadores fecham contrato com o escritório de projetos do Dr. Ing Ernst Braun, referente a um novo pacote tecnológico em motores. Nesta mesma visita puderam observar exemplos de empresas locais no que se

⁶⁶ Esta forma de aprendizagem é explorada por Lundvall (1988), ao descrever a relação fornecedor-usuário. Estes interagem muitas vezes por normas estabelecidas ou códigos de conduta. Na ausência desta relação, uma interação face a face se faz necessária para a troca ou obtenção de informação.

refere ao modelo de formação e qualificação de trabalhadores. Esse foi o estímulo necessário à edificação do Centro de Treinamento da WEG, englobando escola de treinamento para formação de nova mão-de-obra e o contínuo aperfeiçoamento da mão-de-obra já existente.

A formação do Centro de Treinamento foi uma decisão estratégica fundamental para a acumulação de capacidades da WEG. Moraes (2004) destacou que isso permitiu a WEG ter a flexibilidade de planejar e formar toda a mão de obra necessária, por meio de amplos programas de treinamento. Necessidade e conveniência definiam o sentido dos cursos ministrados, sempre visando a capacitação de pessoal para a realização de projetos que já haviam sido estrategicamente definidos.

A opção estratégica assumida pelos fundadores da WEG de viajar até a Alemanha em busca de tecnologia de fronteira (das melhores práticas em motores elétricos realizadas no mundo), em um período em que a política macroeconômica brasileira assegurava relativo conforto em relação a demanda doméstica (ao restringir a concorrência externa e manter a política de industrialização aquecida) denota a agressividade da empresa em construir e acumular competências tecnológicas. A pesquisa de campo mostrou que, atualmente, existe uma pré-seleção entre os que desejam entrar para os cursos disponibilizados pelo Centro Tecnológico. Uma vez aprovado, os cursos, o material, aulas práticas e a vaga de emprego são políticas que continuam garantidas pela empresa.

Voltando à trajetória de aprendizado da empresa, a aquisição do projeto do motor Braun necessitava de engenheiros para compreendê-lo de forma que em 1969, no compasso do crescimento rápido, foram contratados 4 engenheiros, além da assessoria do Diretor do Instituto Brasileiro de qualidade em São Paulo, Walter Chistian, prestada até 1977. Walter era um entusiasta da adoção de normas padronizadas. Foi a doação de parte do acervo de sua biblioteca de literatura técnica estimulou a criação da biblioteca WEG (OLINGER, 2006). O resultado dessa consultoria de cerca de uma década foi a progressiva rotinização da normatização (codificação) que se consolidaria em 1980.

Outro aspecto adicionado à rotina da WEG nesse período merece destaque pelo estímulo ao aprendizado interno. Walter Chistian institucionalizou as comissões de trabalho, que visavam eliminar barreiras interdepartamentais e promover a colaboração entre as várias áreas em assuntos de interesse comum. As comissões, que pressupunham um processo participativo dinâmico, permitiram a

transversalidade da estrutura organizacional hierárquica. Assim conhecimentos puderam fluir entre as áreas, aumentando capacidades como a de absorção sem que deixasse de existir equilíbrio entre a rigidez hierárquica e a flexibilidade necessárias às mudanças organizacionais, as quais vão continuar se realizando ao longo do tempo.

Segue-se daí um intenso esforço de absorção tecnológica e, portanto, de acúmulo de capacidades realizadas por formas distintas de busca externa de conhecimentos. A organicidade interna estava preparada para adquirir, assimilar e transformar conhecimentos mais próximos da fronteira tecnológica. Isso viabilizou, a partir de 1968, a assimilação dos conhecimentos técnicos adquirido na Alemanha, o qual parece ter sustentado em boa medida o acelerado crescimento da empresa até 1977. Abaixo uma séria de eventos de busca externa de conhecimentos sustenta essa compreensão.

Conforme a pesquisa de campo, as dificuldades em compreender a tecnologia dos processos de produção do motor Braun suscitou a necessidade da aquisição dos projetos dos processos de produção, os desenhos de suas máquinas, bem como a realização de treinamento a respeito destes com os fornecedores da tecnologia. Esta percepção veio a incorrer no envio contínuo de especialistas da empresa por toda a década de 1970 para o exterior em busca da tecnologia do processo.

Em 1970 retorna da Alemanha um especialista da WEG que havia sido enviado para contínuos estágios no exterior com um conjunto de moldes de ferramentas desconhecidas (e de fronteira na Alemanha) que continha meio século de evolução alemã em ferramentaria. Não somente, seus estágios no exterior implicam em uma constante ampliação de contatos com diferentes empresas alemãs.

A importância do conhecimento construído na ferramentaria, tanto por mecanismos de aquisição externa (estágios) quanto internos (pelo Centro de Treinamento) incorrem em enorme impacto na capacidade tecnológica da empresa para adaptar as tecnologias adquiridas, tanto no sentido de pesquisas de redução dos insumos utilizados no processo produtivo quanto de aumentar a eficiência dos diferentes sistemas que compõe o produto (sistema de ventilação, circuito magnético etc.). Ademais, a acumulação destas competências teve importantes implicações no processo de diversificação da empresa, como será discutido no tópico 5.2.

De 1973 a 1977 foram realizadas uma série de programas e cursos para o aperfeiçoamento da qualidade do produto para aumento da produtividade, via processo produtivo: (i) Em 1973 foram realizadas uma série de seminários internos relacionados as questões de qualidade, abordando temas como custos, normas para manuseio de máquinas, instrumentos e dispositivos, normas da empresa, ritmo de trabalho e rendimento, planejamento, documentação, comparação prática de qualidade. (ii) Em 1974 foram formados os grupos de racionalização de trabalhos, com objetivos voltados a qualidade, produtividade, custos e segurança no ambiente de trabalho. (iii) Primeira campanha de qualidade com o programa “zero defeito”, o qual engloba procedimentos internos de educação e conscientização dos colaboradores, por meio de palestras, cartazes, selos, e leituras recomendadas.

Após a grande expansão de 1968 a 1977, a empresa, a partir de 1978 institucionaliza a normatização do conhecimento técnico, padronizando e fixando por escrito todos os sistemas de trabalho e as definições das competências e formas de atuar. A codificação, socialização e aperfeiçoamento do conhecimento construído na empresa se revelou, posteriormente, uma mudança institucional da empresa de grande relevância, enquanto mecanismo de aprendizagem.

Em 1978 foi realizada uma *joint venture* com a Asea e, posteriormente em 1986 com a Hauser, visando a importação de tecnologia em eletrônica de potência. Como resultado, já em 1988 a WEG lança no mercado brasileiro o primeiro inversor de frequência totalmente desenvolvido com tecnologia brasileira.

Em 1980 é criado o centro tecnológico WEG, com a junção dos laboratórios físico-químicos, metalográfico, elétrico, mecânico e de metrologia, e a reunião dos departamentos de projetos, de normalização de processos de dados. O Centro Tecnológico foi criado com o compromisso de desenvolver tecnologia de fronteira, com equipes próprias de pesquisadores e sofisticados laboratórios. Nele realizam-se ensaios e a fabricação de protótipos, além de preservar a documentação técnica de cada produto. Com isso a WEG formalizou um mecanismo de aprendizado pela busca (*learning by search*) diretamente associado a capacidade de absorver conhecimentos científicos e tecnológicos mais sofisticados (Cohen e Levinthal, 1990).

Em 1982 foram implantados os Círculos de Controle de Qualidade, que institucionalizou uma administração participativa. Deste modo, cada colaborador desde o chão de fábrica pôde apresentar

sugestões sobre segurança no trabalho, saúde e qualidade de vida. Muitas das sugestões resultaram em novos processos de produção e até em novas máquinas.

Como resultado principal, a partir da década de 1990 a WEG lança novos modelos de motores elétricos (inova) a partir da capacidade tecnológica internalizada. Ainda que parceiros sejam sempre importantes, como universidades e fornecedores, os conhecimentos tácitos relevantes foram internalizados e as inovações subsequentes são dependentes das capacidades internalizadas. Note que as *joint venture* realizadas a partir de 1978 passam a ser para a aquisição de tecnologia em motores elétricos CC, geradores e eletrônica de potência, pelos motivos elencados no capítulo 4. Optou-se por descrevê-las neste tópico por sua relação com a área de eletrônica de potência, explorada mais adiante.

Notável que a diversidade de formas de aprendizado utilizadas pela empresa ao longo de sua trajetória estivera claramente voltada a esse domínio da tecnologia. Os esforços que culminaram nesse objetivo em fins da década de 1980 e início da década de 1990 não parecem ser a norma do período, como apontam, por exemplo, as interpretações de Fajnzylber (1990) sobre a atitude tecnológica das empresas latino-americanas deste período, ao chamar atenção da falta de criatividade nos processos produtivos. No mesmo sentido, Figueiredo e Bell (2012)^b destacaram que as empresas *latecomers* brasileiras realizavam limitados esforços para adquirir e criar os recursos requeridos para inovar, com estratégias tímidas e lentas para aprofundar suas capacidades inovativas e a tendência a permanecerem como seguidores da inovação ao invés de líderes em inovação.

Considerando ainda a carência de fontes locais (não apenas nas áreas contíguas, mas em todo o território brasileiro) para impulsionar a intenção de dominar a tecnologia de fronteira para a produção de motores elétricos, pode-se afirmar que a WEG teve uma estratégia de aprendizado ousada, muito provavelmente, marcada por diversas e grandes incertezas na busca de informações e conhecimentos fora, mas também de diversos obstáculos no processo assimilação, transformação e mesmo de exploração dessa tecnologia.

5.1.3 Acumulação de Capacidades da WEG Motores

Este sub-tópico corresponde ao esforço de caracterizar a construção de capacidades tecnológicas em motores elétricos para a WEG, sintetizada na forma do Quadro 5.3. A construção do “quadro molde” se deu, de um lado, em termos de definição dos níveis de capacitação, baseada nas propostas de atividades inovadoras divididas em ordem hierárquica concebidas por Lall, Bell, Pavitt e Figueiredo, discutidas no capítulo 2 e, de outro lado, em termos de áreas de pesquisa e desenvolvimento em motores elétricos, por meio de um conjunto de fontes bibliografias e entrevistas de campo com profissionais técnico e acadêmicos da engenharia elétrica na UFSC.

A pesquisa de campo, realizada com professores e técnicos dos departamentos de Engenharias Elétrica e de Automação da UFSC, deixou claro que "eficiência energética e controlabilidade" foram as duas dimensões tecnológicas decisivas à acumulação de competências que culminou no "domínio da dinâmica da inovação". Atualmente, os avanços em "eficiência energética", estão estritamente relacionados a conhecimentos em engenharia mecânica, enquanto que a controlabilidade, estaria mais associada ao uso da robótica.

Eficiência energética, resume a ideia de produtos com rendimentos⁶⁷ cada vez maiores. Duas áreas de conhecimento são importantes para isso: eletricidade e mecânica. O desenvolvimento na área da eletricidade estagnou. A parte que remete a concepção elétrica tanto de motores como de geradores já existe há mais de 100 anos. Já a P&D na área de acoplamento mecânico de materiais (maior permeabilidade magnética, maior isolamento, maior refrigeração, etc.) define em grande medida a trajetória dos avanços tecnológicos recentes em motores elétricos.

Outra área importante é a automação (da robótica) do produto, por meio da qual se objetiva melhorar o controle sobre a velocidade dos motores, o que inclui as eventuais necessidades de aceleração e desaceleração.

⁶⁷ O rendimento remete a relação entre a potência que entrou e a potência que a máquina está entregando. Todo sistema tem perda, pelas leis da física, não existe sistema com rendimento igual a 100%.

Quadro 5.3 - Níveis de capacidade tecnológica em motores elétricos para a WEG de 1961 a 2016.

NÍVEIS DE ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS	FUNÇÕES TECNOLÓGICAS E ATIVIDADES RELACIONADAS		
	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PRODUTO E MATERIAIS	CONTROLABILIDADE (AUTOMAÇÃO)	
		VELOCIDADE DO PRODUTO	PRECISÃO, VELOCIDADE E REDUÇÃO DE CUSTOS EM PROCESSO
CAPACIDADE DE PRODUÇÃO			
A empresa aprende todas as qualificações para apenas produzir, com a melhor qualidade possível, mas não é nada inovativa.	<ul style="list-style-type: none"> - Reprodução dos produtos a partir de manuais de normas estabelecidas (1961) - Aquisição de pacotes tecnológicos para implantação de produto, com acesso a assessoria para reprodução de plantas e projetos. - Fornecimento regional (SC e RS) 	<ul style="list-style-type: none"> - Reprodução do pacote tecnológico em termos de hardware e software adquirido; * Tecnologia analógica com tiristores (1979). 	<ul style="list-style-type: none"> - Reprodução do processo de produção a partir de manuais de normas comumente estabelecidas; - Aquisição de máquinas automatizadas para implantação do processo de produção, compreende o hardware e o software.
CAPACIDADE DE INOVAÇÃO: Capacidade para gerar e gerir mudança tecnológica.			
(1) BÁSICA: Pequenas alterações em processos de produção, produtos e/ou equipamentos com base em imitação ou cópia de tecnologias existentes.	<ul style="list-style-type: none"> - Pequenas alterações no produto para reduzir uso de materiais, visando redução de custos e ganho de competitividade (1962 – 1970); - Fornecimento regional (SC e RS) e ganho de mercado no interior paulista. 	<ul style="list-style-type: none"> - Realização de pequenas alterações no projeto original do hardware visando redução de custos ou por especificações determinadas por clientes; (1980-2008) - Utilização de ferramentas básicas e tecnologias preexistentes de desenvolvimento de software. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reposição de equipamentos: * Participação nas instalações e testes de performance de equipamentos. - Reposição dos componentes: * Manufatura dos componentes e realiza a própria manutenção corretiva. - Utilização de ferramentas desenvolvidas por terceiros na construção de softwares simples.
(2) INCREMENTAL INTERMEDIÁRIO: Corresponde a pequenas melhorias nos componentes e elementos individuais da tecnologia existente, mas as relações entre os componentes permanecem inalteradas.	<ul style="list-style-type: none"> - Modificações sutis no produto que o tornam mais eficiente, sem descaracterizar o projeto (1962 – 1970). - Pesquisa em novos materiais para redução de custos e maior resistência. - Fornecimento ao mercado doméstico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Atividades de reengenharia e cópia do hardware (1980-2008). - Formalização de práticas básicas de engenharia de software. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pequenas adaptações nos equipamentos e ajustes as condições locais de produção. Realiza manutenção preventiva. - Uso de canais de comunicação em redes compartilhadas para o desenvolvimento de software. Controle básico de versão de código fonte.

Fonte: Elaboração própria com base em Figueiredo (2013).

Continuação Quadro 5.3 - Níveis de capacidade tecnológica em motores elétricos para a WEG de 1961 a 2016.

NÍVEIS DE ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS	FUNÇÕES TECNOLÓGICAS E ATIVIDADES RELACIONADAS		
	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PRODUTO E MATERIAIS	CONTROLABILIDADE (AUTOMAÇÃO) VELOCIDADE DO PRODUTO	PRECISÃO, VELOCIDADE E REDUÇÃO DE CUSTOS EM PROCESSO
CAPACIDADE DE INOVAÇÃO: Capacidade para gerar e gerir mudança tecnológica.			
(3) INCREMENTAL AVANÇADA: Introduce novos produtos, processos e/ou sistemas de equipamentos para o mercado local, sem alterar as relações entre os elementos da tecnologia.	<ul style="list-style-type: none"> - Pesquisa em novos materiais para diversas aplicações (a partir de 1970) Novas linhas de produto, com diferenciação do produto para modelos maiores e mais potentes, dada a tecnologia existente; (a partir de 1970) - Modificações na mecânica que incorrem em maior rendimento tecnológico (a partir de 1970) - Fornecimento a mercados exportadores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Processos de identificação das necessidades das empresas-clientes. Tecnologia própria em hardware, visando o mercado em potencial. (A partir de 2008). - Processos de desenvolvimento de software estruturados e padronizados. Interação com clientes e parceiros para o desenvolvimento de novas tecnologias. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de novas técnicas de manutenção preventiva. - Engenharia reversa de equipamentos. Desenvolvimento de equipamentos em parceria com terceiros - Desenvolvimento de softwares próprios de automatização de processos similares aos ofertados pelo mercado.
(4) ARQUITETURAL: Compreende as alterações nas relações entre os elementos da tecnologia, seja em produtos ou sistemas, sem que os componentes individuais sejam modificados.	<ul style="list-style-type: none"> - Desenho original via E, P e D em termos da densidade de potência: *Redução do tamanho do produto para determinada potência; (2010) - Modificações dos materiais envolvidos nas partes do produto. (2010) *Rotor de ímãs permanentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Soluções complexas em hardware e interação com o mercado global no desenvolvimento de produtos. - Equipes multidisciplinares de alta especialização tecnológica. Soluções inovadoras em software a partir de insights próprios. Desenvolvimento de software em conjunto com centros globais. 	<ul style="list-style-type: none"> - P&D em ferramentas reconhecidas como inovadoras para o desenvolvimento de software em processos; Desenvolvimento de um software melhor do que aqueles que as concorrentes utilizam: *Exemplo: # criação de software com menor linguagem e mais fácil de manusear. - Continua engenharia de detalhamento e de fabricação visando ao desenvolvimento e desenho de novos equipamentos.
(5) RADICAL OU MUNDIAL: Estabelece um conceito novo para o mercado mundial, em que novos componentes e elementos são combinados de uma forma diferente formando uma arquitetura nova. Trata-se de novidade para o mundo.	<ul style="list-style-type: none"> - Desenho e desenvolvimento de produtos em classe mundial: *Ex: Invenção do motor elétrico de corrente alternada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Centro de P&D em hardware e software de excelência mundial no desenvolvimento de novas tecnologias, com grande capacidade de personalização e adaptação para atender mercados incipientes. Capacidade pró-ativa de reconhecer tendências para mercados ainda inexistentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenho e manufatura de equipamentos; - As ferramentas de software, desenvolvidas com esforço próprio de P&D são aplicadas internacionalmente.

Fonte: Elaboração própria com base em Figueiredo (2013).

A automação também é uma área relevante para o processo produtivo (das máquinas utilizadas no processo de produção), a busca reside em aumentar a precisão e/ou a velocidade na execução das tarefas realizadas pelas máquinas, de modo a reduzir a necessidade do monitoramento humano, o que também costuma gerar aumento da eficiência na linha de produção.

Dentro da controlabilidade, tanto para o produto quanto para o processo de produção se tem o hardware e o software. O hardware são as extensões físicas, tal como um aparelho ou máquina. O software é a forma de fazer o controle no hardware que compreende ser um conjunto de instruções matemáticas. Dito de outra forma, o software é a linguagem que diz ao hardware o trabalho e suas respectivas delimitações que o hardware precisa executar.

Uma vez explanadas as questões envoltas nas grandes áreas de P&D para motores elétricos, se discute a construção de competências tecnológicas em motores elétricos, a partir da literatura disponível e que foi trabalhada no capítulo 4, bem como informações advindas da pesquisa de campo.

Os primeiros motores WEG de baixa tensão eram motores bem pequenos, de 0,25 HP, possuíam baixa proteção contra intempéries, apenas contra pingos e respingos que viessem da vertical. Desta forma era fácil o bobinamento ser danificado, acarretando curto e queima do motor.

Como destacado no tópico anterior, a produção de motores elétricos pela WEG no início da década de 1960 derivou do aprendizado pela leitura dos manuais, da transmissão do conhecimento tácito acumulado anteriormente pelos fundadores e pelo *learning by doing*. Para esse primeiro período, que não se sabe precisar se foram 3 meses ou um ano, nem mesmo uma capacidade básica de inovar parece ser a realidade da empresa. Não mais do que aprender a produzir motores era a meta. Essa capacidade incipiente corresponde ao que Ariffin (2010) e Bell e Figueiredo (2012)^b define como capacidade de produção.

Posteriormente, assimilada a capacidade de produção, se infere que a WEG desenvolveu os níveis de capacidade tecnológica básica e incremental intermediária entre 1961 e 1969, sem que se possa precisar quando uma ou outra começaram. Tal inferência é alicerçada por três fatos: (i) Na pesquisa de campo se percebeu que uma preocupação

existente desde os primórdios da WEG foi a redução dos custos⁶⁸ via redução do uso de materiais sem implicar em perdas (ou sem muita perda) da eficiência energética. (ii) Ternes (1986;1997) revela que a preocupação com o ganho de potência e eficiência dos motores eram preocupações existentes desde os anos iniciais da empresa. (iii) Em 1970, a literatura explorada no capítulo 4 denota claramente que a WEG em 1970 está em um nível de capacidade tecnológica incremental avançada, discutida logo a seguir.

Deste modo, assimilada a capacidade de produção, as inovações devem ter se direcionado nos sentidos dos níveis básicos e intermediários de capacidade tecnológica no período de 1961 a 1969, sendo difícil precisar quando a empresa passa de uma para outra.

O ano de 1970, conforme amplamente explorado no capítulo 4, é um divisor de águas para a empresa. A empresa passa a ofertar no mercado brasileiro um motor elétrico que se enquadra nas normas IEC. Os motores fechados, com maior proteção contra intempéries, que podem ser usados a céu aberto. O sistema de ventilação, além da ventilação externa possuem uma ventilação interna⁶⁹ (esta sendo responsável de empurrar o ar fechado dentro do motor para as

⁶⁸ No nível básico de capacidades tecnológicas a realização de P&D é direcionada para a redução do uso de material no produto, visando alguma redução de custos. Esta redução de uso do material pode implicar em alguma perda do desempenho, durabilidade ou segurança. A pesquisa neste sentido é a redução do uso de materiais com perdas pouco significativas, que não prejudique a demanda pelo produto.

⁶⁹ No modelo da década de 1960 a ventilação é induzida, ou seja, se induz o ar externo percorrer internamente o motor. Desta forma, se trás o ar por um dos lados do motor, joga-o internamente e sai do outro lado. O modelo posterior a ventilação é por transferência térmica, em que o ar de dentro não tem contato com o ar externo. A ventilação externa suga o ar externo e o distribui pelas aletas, resfriando a carcaça. A ventilação interna agita o ar interno forçando em direção as paredes da carcaça. Desta maneira, embora o ar interno e externo da máquina não tenham contato, a mecânica da ventilação é desenhada de forma que o ar externo resfrie a carcaça que por sua vez resfria o ar interno em contato com a carcaça. É importante entender que esta diferença na ventilação do produto não signifique que se possa comparar estes produtos em termos de “ventilação mais eficiente”, mas sim que a mudança para o motor fechado permite uma maior aplicação no uso do motor elétrico, por ser um motor mais protegido contra intempéries (por exemplo, se tem agora um motor que pode trabalhar a chuva).

extremidades do motor, de forma a ter contato com a carcaça que está sendo resfriada pela ventilação externa do motor, otimizando o resfriamento).

A descrição bibliográfica sobre o motor de 1970 poderia induzir a uma classificação da WEG operando apenas na fronteira internacional de produção, pois conforme Figueiredo (2013) o fato de ser capaz de replicar a produção de um produto que está na fronteira não significa necessariamente ter alguma capacidade inovativa. No entanto, a literatura explorada descreve que concomitante a absorção e reprodução do novo modelo, que continha as especificações técnicas para motores elétricos nas potências de 0,5 a 25 cavalo-vapor, a WEG desenvolveu internamente de 1968 a 1970 os motores elétricos de 30, 40 e 50 cv a partir do pacote tecnológico adquirido na Alemanha. Ademais, na pesquisa de campo foi descrito que entre 1974 a 1976 a empresa desenvolveu internamente, com tecnologia toda WEG, os motores de 500 a 600 cv.

Desta forma, a WEG adentra a década de 1970 ao nível de capacidade tecnológica incremental avançada, pois a empresa, a partir da capacidade inovativa internalizada, era capaz de lançar novos produtos diferenciados em potência e tamanhos (quanto maior a potência maior o tamanho para uma dada tecnologia), com pesquisa e desenvolvimento destes realizada internamente.

Para a continuidade da explanação em níveis de capacidade tecnológica para eficiência energética se faz uso da Figura 5.11, que mostra a evolução dos motores elétrico de 60 “Horse Power” de 4 polos da WEG. O uso desta Figura não é uma referência para o Quadro 5.3. Seu uso tem apenas a intenção de auxiliar o entendimento das etapas de capacitação tecnológica da WEG, pela visualização de modelos dos motores elétricos.

Primeiro, é necessário esclarecer que a Figura 5.11 não está em sintonia com a evolução da capacidade tecnológica da WEG até o ano de 1990. O motor que se apresenta como da década de 1980 já existia, como foi observado no Museu WEG, pelo menos desde 1975. Nas entrevistas, foi descrito que este “motor quadrado” foi desenvolvido entre 1970 e 1972 a partir dos projetos dos motores Braun adquiridos na Alemanha.

Desta forma, se pode dizer que o motor que se apresenta na Figura 5.11 como de 1980 se refere à tecnologia do período de 1970 a 1990. Complementando a descrição da Figura 5.11, conforme WEG

(2017d), as Siglas IE2, IE3, IE4 e IE5 correspondem a evolução da *International Electrical Commission* – IEC, ou seja, das normas internacionais para motores elétricos.

Figura 5.11 - Evolução em termos de eficiência para motores elétricos WEG de 60HP 4 polos.



Fonte:

WEGDAY

(2017d,

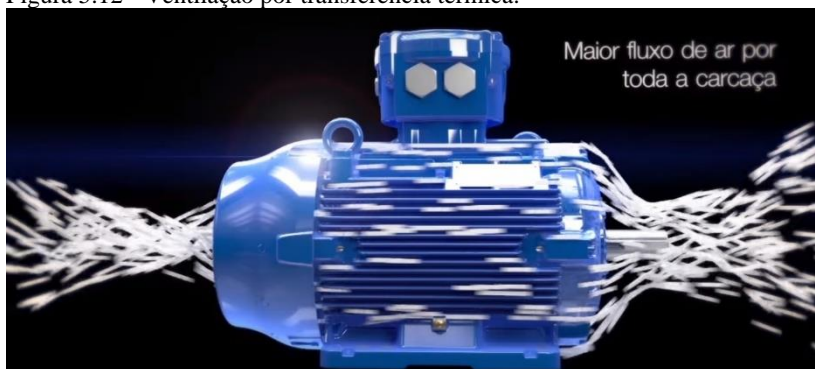
p.

43).

Na continuidade da análise da construção de capacidades tecnológicas da WEG, para o período de 1970 a 1990, a WEG fez modificações constantes em seus modelos, em termos de inovações básicas e incrementais intermediárias e avançadas, como melhoramentos no sistema de troca térmica, evolução dos materiais magnéticos e isolantes empregados⁷⁰. Na pesquisa de campo, foi descrito que no decorrer da década de 1980 foram feitas modificações sutis no “motor quadrado” que tornaram seu design progressivamente mais arredondado, e que culminou no modelo da década de 1990. A Figura 5.12 permite visualizar as melhorias em termos de funcionamento do sistema de ventilação para o período.

Cabe ressaltar que a autonomia da pesquisa e desenvolvimento de 1970 a 1990 na unidade de motores elétricos de baixa tensão é continuada (dinâmica) e, na década de 1990, toda inovação e P&D em motores elétricos é desenvolvida na WEG. Neste sentido, o avanço se dá em termos de aumento da autonomia em gerar e gerir tecnologia.

Figura 5.12 - Ventilação por transferência térmica.



Fonte: WEG (2015c).

Os modelos da década de 1990, dada a otimização do projeto mecânico e do campo eletromagnético, implicaram significativa melhora da densidade de potência. A empresa passou a ser capaz de produzir um

⁷⁰ As informações pertinentes a evolução da capacidade tecnológica para o período de 1970 a 2010, após a análise deste pesquisador, foram enviadas por e-mail e complementadas por pessoal interno da unidade de negócios WEG Motores.

motor de maior potência com menor volume de massa. Esta mudança na relação dos elementos implica o acúmulo de capacidades tecnológicas no nível arquitetural.

O modelo da década de 2000 continuou tendo avanços como melhoramentos no sistema de troca térmica, evolução dos materiais magnéticos e isolantes empregados, mas não implicou em melhora em termos de densidade de potência.

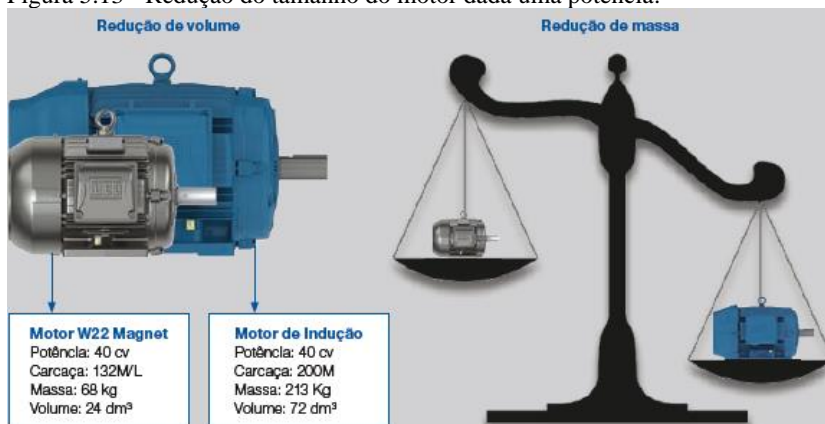
A década de 2010 é marcada por dois novos produtos, o W22 e o WMagnet. O W22 representa perdas entre 10% e 40% menores que os anteriormente disponíveis no mercado. As características deste motor em termos de diferenças em inovações incrementais intermediárias em relação a versão anterior são inúmeras e amplamente disponíveis em seus catálogos. Não é do intento desta pesquisa elencá-las. Destaca-se neste sentido, conforme (WEG, 2017a), o desenvolvimento do novo sistema de refrigeração, que gerou pedidos de patentes nacionais e internacionais.

O WMagnet também incorre em modificações tecnológicas no nível arquitetural de capacidade tecnológica, mas não somente pela melhora na densidade de potência, mas também pela mudança nos elementos envolvidos, ao substituir o uso dos enrolamentos de campo antes feitos por fios de cobre por ímãs permanentes. A Figura 5.13 ajuda a visualizar a melhora na densidade de potência que o motor WMagnet significa em relação ao motor de indução convencional, o W22.

Em relação a comparação do WMagnet com o motor de indução equivalente, descreve Oliveira (2009) que o volume do motor Wmagnet chega a uma redução de aproximadamente 47%, o que resulta em uma alta relação de torque/volume e uma redução de 36% no peso. Ademais, para uma mesma relação de torque/potência, diminuindo-se o tamanho da carcaça, necessariamente o sistema de ventilação também é reduzido. Por consequência, é verificado um significativo decréscimo no nível de ruído causado pelo ventilador acoplado ao eixo do motor.

Sobre o WMagnet, cabe ainda uma observação sobre um aspecto apontado na Figura 5.11. A representação IE5 ainda não consta nas normas internacionais, mas simboliza 20% a menos de perdas em relação ao IE4 (WEG, 2017d). Ou seja, o motor de maior capacidade tecnológica da WEG de baixa tensão, com tecnologia de ímãs permanentes, supera a eficiência das normas técnicas internacionais de eficiência atualmente existentes.

Figura 5.13 - Redução do tamanho do motor dada uma potência.



Fonte: WEG (2015a, p. 4).

A análise da construção e acumulação da WEG em capacidades tecnológicas para motores elétricos aponta para um rápido acúmulo de competências a cada década o que permitiu a empresa rapidamente chegar ao nível incremental avançado. Passados 20 anos, na década de 1990, a empresa avança novamente de nível, acumulando tecnologia para fazer mudanças arquiteturais, em termos de capacidade tecnológica para o redimensionamento dos motores. Em 2010 a empresa é capaz de fazer mudanças tecnológicas ao nível de mudança dos elementos dos componentes⁷¹.

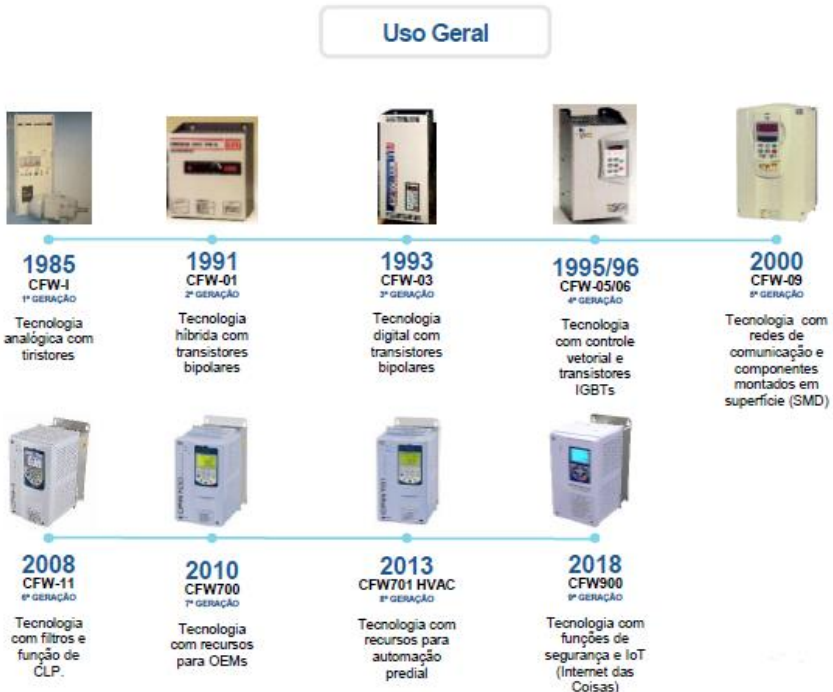
Estes resultados devem ser visualizados a luz de dois fatores. Primeiro, o enorme esforço feito pela empresa para absorver tecnologia de 1968 aos primeiros anos da década de 1970, estimulados com base em uma demanda crescente em níveis de um milagre econômico. Em segundo, alcançar os primeiros níveis de acumulação tecnológica requer menor acúmulo de capacidades que para níveis mais altos de capacidade tecnológica.

⁷¹ A quantidade de níveis definidas aqui coloca os modelos da década de 1990 em um mesmo nível de capacidades tecnológicas. No entanto, cabe a ressalva de que, para uma desagregação maior, é provável, dadas as diferenças salientadas, que tais motores se encontrariam em níveis tecnológicos diferentes.

Uma vez analisado o acúmulo de competências na área de eficiência energética em produto e materiais para motores elétricos de baixa potência, a análise foca os níveis de capacidade tecnológica em controlabilidade em produto. Conforme explorado no capítulo 4, analisar a evolução do controle da velocidade em motores elétricos significa analisar a evolução da utilização de motores elétricos em conjunto com a utilização dos inversores de frequência, aparelho que possibilita o controle eletrônico da velocidade nos motores elétricos.

A Figura 5.14 ajuda a visualizar o desenvolvimento tecnológico em controlabilidade da velocidade em motores elétricos, ou seja, o desenvolvimento tecnológico da WEG em inversores de frequência. A análise que se segue se baseou nas modificações mais significativas ao longo do tempo e foram realizadas exclusivamente na evolução do uso dos inversores de frequência enquanto aplicados no controle da velocidade dos motores elétricos de corrente alternada.

Figura 5.14 - Evolução dos inversores de frequência da WEG.



Fonte: WEG (2017d, p. 44).

Uma questão importante para fazer uma análise de níveis de capacidade na área de controlabilidade de velocidade dos motores elétricos diz respeito ao dinamismo da indústria da automação. O avanço tecnológico da eletrônica de potência é extremamente dinâmico, apenas internalizar no nível de capacidade de produção a constante evolução na fronteira tecnológica exige um esforço hercúleo. Este esforço foi realizado na eletrônica de potência a luz de absorção da tecnologia das empresas AESA (1979), Hauser (1986), Bosch (1990) e Jelec Inc. (2014), salientados no Quadro 5.2 de mecanismos de aprendizagem externas. Neste sentido, infere-se que a WEG procurou manter constante a absorção da tecnologia, procurando seguir de perto as tendências da fronteira tecnológica na eletrônica de potência.

Cabe lembrar que as decisões de internalizar a produção da eletrônica de potência estão relacionadas aos custos de transação do mercado, exploradas no capítulo 4. Ainda assim, se deve compreender que muitos componentes dos inversores de frequência são importados, como chips e transistores. Abaixo segue a análise da capacitação tecnológica da WEG, com base na Figura 5.14.

Ao analisar a imagem na Figura 5.14 da primeira geração de inversores de frequência, de 1985, se observa que estes eram verdadeiros “armários”. Desta forma em termos de hardware, uma grande mudança que se deu ao longo do tempo foi no avanço dos semicondutores, como o uso de transistores no lugar de tiristores, que implicou na compactação da topologia dos inversores de frequência. Esta evolução tem implicações em termos de custos para o uso de inversores em conjunto com motores, pela redução de custos e pela maior mobilidade para a utilização conjunta.

Em termos de software, se pode destacar o CFW-03 de 1993, que significou a mudança de inversores analógicos para inversores digitais. A importância deste avanço tecnológico se deu principalmente em termos de flexibilidade das entradas, ou seja, da facilidade de configurar os inversores. Antes era necessário abrir o inversor, explicar como fazer a parametrização internamente, de forma que se fazia necessário receber toda uma explicação “*in loco*” do uso. Sendo assim a tecnologia digital permitiu o fácil manuseio, o que tornou o uso dos inversores de frequência na controlabilidade dos motores elétricos mais atrativo para uso industrial.

O CFW-09 apresenta faixa de potência mais ampla e uma melhoria da qualidade do controle. Para se entender a importância da capacitação tecnológica nas questões relacionadas as faixas de potência, é importante saber que os primeiros inversores faziam o controle da velocidade da frequência em “degraus”, reduzindo a potência nominal de 100% do motor elétrico para, por exemplo 70%, 45%, 15%.

Isso implicava em pequenos “trancos” que dissipavam energia pela carcaça, de forma que estes inversores eram considerados uma forma de alimentação ineficiente. Desta forma, o sentido da capacitação e da trajetória tecnológica dos inversores de frequência no controle da velocidade dos motores elétricos passou a ser focada na qualidade da voltagem.

Neste sentido, o CFW-09, permitiu um aumento significativo na taxa de aplicações (uso de inversores com motores em uma maior gama de produtos, como refrigeradores, ar condicionado etc.) na indústria, e a interface com computadores.

Já o CFW-11 significou avanços incrementais intermediários pela ampliação das faixas de potência (em termos de software) e básicas ao permitir interface com conexão USB (em termos de hardware). Conforme WEG (2017), o CFW-11 foi tecnologia totalmente desenvolvida pela equipe WEG (todo o período anterior seguia a tecnologia AEG e da Hauser) e ampliou sua utilização para motores com excitação de ímãs permanentes. Desta forma, significou um avanço em termos de capacidade tecnológica intermediária avançada

Essa constatação permite a inferência de que, para o período anterior a 2008, a empresa progressivamente desenvolveu capacidades de níveis tecnológicas básicas e incremental intermediária. Dada a velocidade da evolução na área da eletrônica de potência e a constante aprendizagem externa pela realização de *joint ventures* depreende-se que a indústria da automação teve uma necessidade maior de mecanismos externos de aprendizagem, na busca por acompanhar e absorver conhecimentos para dominar a tecnologia. Em termos de nível de capacidade incremental avançada destaca-se na WEG a capacidade de engenharia de projeto para gerar inovações.

A Figura 5.14 ainda permite a visualização da pesquisa e desenvolvimento interno em termos de inversores de frequência para 2018, direcionada para a internet das coisas com o desenvolvimento da tecnologia para a interface em rede. Por se tratar de um produto com

P&D atualmente sendo realizado no centro tecnológico, não foi possível discutir questões pertinentes ao desenvolvimento do produto.

Sendo assim, uma vez discutidas as questões relacionadas a área de controlabilidade na velocidade dos motores elétricos volta-se a controlabilidade no processo de produção de motores elétricos, ou seja, a utilização de hardware (máquinas e equipamentos) e software, para o comando destas máquinas.

Para entender tal desenvolvimento tecnológico, é necessário voltar ao que ocorreu desde a década de 1970. As máquinas das décadas de 1970 e 1980 utilizadas no processo produtivo eram semi-automatizadas por processos hidráulicos e pneumáticos. Não havia, nesse período desenvolvimentista, problemas com respeito a importação de máquinas pois estas tinham tarifas reduzidas, dada a política do estado de internalizar a força motriz de diversos setores, entre os quais o de bens de capital, caso dos motores elétricos.

A pesquisa de campo mostrou que após a aquisição do projeto do motor Braun, a empresa percebeu a necessidade da aquisição de alguns dos projetos das máquinas e equipamentos dos processos de produção. Esta aquisição se concentrou na obtenção da tecnologia em processo para a bobinagem, algumas máquinas de usinagem de peças específicas e as ferramentas para as trefilas, estamparia etc.

A explicação por essa opção reside em dois fatores. De um lado, pelo fato de que muitos dos processos de produção envolviam (e ainda hoje é assim) máquinas de aplicação geral ou “máquinas universais”, utilizadas em muitas indústrias, tal como fresas e tornos dos processos de usinagem. Esta característica implicava em uma ampla demanda por estes tipos de máquinas, o que permitiu o desenvolvimento de uma gama de fornecedores destes equipamentos, com assistência técnica especializada, e que implicou em baixos custos de transacioná-las no mercado, dado que a ampla rede de possíveis fornecedores reduz os riscos de oportunismo e incertezas com relação a qualidade das máquinas e a eficiência da assistência técnica. De outro lado, a bobinagem e as ferramentas são processos específicos a produção de motores elétricos, de forma que o mercado de possíveis fornecedores é mais reduzido. Desta forma, é mais difícil encontrar fornecedores ou quando os encontra, estes praticam preços elevados das máquinas e equipamentos. Estes fatores aumentam os custos de transação de forma que a empresa optou por internalizar a produção das máquinas e

equipamentos necessários aos processos específicos da produção de motores elétricos.

Sendo assim, já para o período que antecede o advento do uso de software para automação, se pode caracterizar que a empresa possuía nível de capacidade tecnológica incremental avançada ao produzir determinadas máquinas de seu processo produtivo. Por exemplo, a inserção das bobinas na carcaça que ainda hoje é feita por máquinas semi-automatizadas. O processo de inserir isolador no estator é realizada por máquina própria, idealizada e construída internamente, utilizando como princípio um avanço de passo, controlado por servomotor que permitiu a introdução do isolador em cada ranhura de maneira eficaz e rápida.

Ademais, mesmo para máquinas importadas houve inovações incrementais intermediárias com melhorias visando redução de custos. Como exemplo cita-se a criação de mesas de deslizamento transportadora para carcaça entre dois ou mais processos de produção (máquinas) e a criação de ilhas de processamento sequenciais.

Com relação a manutenção das máquinas utilizadas no processo de produção, sempre foi política da WEG realizar manutenções preventivas próprias para manutenções mais simples, que envolvem lubrificação ou reposição de pequenos componentes das máquinas. As manutenções mais complexas eram realizadas pelos representantes dos fornecedores.

Deve-se ter em mente que a dependência da manutenção por parte de terceiros, no sentido dos custos de transação amplamente discutido por Coase, pode submeter a empresa a ficar dias com equipamentos parados esperando reparos, ou mesmo que a assistência seja efetuada de forma superficial. Este possível custo das manutenções preventivas e corretivas transacionadas no mercado pode estimular a empresa a buscar aprender sobre o funcionamento e a manutenção de seus equipamentos. Outro estímulo ao aprendizado da manutenção própria de seus equipamentos significa maior autonomia. Estes estímulos poderiam levar a empresa a adquirir um nível maior de acumulação tecnológica nas máquinas semi ou automatizadas que utiliza.

No entanto, tal como a aquisição do maquinário, a prestação de assistência técnica por terceiros demonstrou-se implicar em baixos custos de transação no mercado. De modo que a WEG não teve estímulo em dispendir esforços de aprendizagem para a manutenção ou a

produção interna das máquinas, com exceção das máquinas específicas já citadas.

A partir da década de 1990, as máquinas utilizadas no processo produtivo industrial passaram a ser cada vez mais semi-automatizados ou automatizados⁷², com a microeletrônica direcionando a tecnologia no sentido do uso de softwares para obter maior controlabilidade. Isso ocorreu porque o uso do software possibilita o controle ou a aplicação desejada de forma mais precisa e com menores custos.

A política da empresa na década de 1990 para com o maquinário do processo produtivo prosseguiu com a política das décadas anteriores. Ou seja, buscar no mercado as máquinas de seu processo produtivo, com assistência técnica garantida, pois em geral, as empresas fornecedoras possuem representantes com assistência técnica no país.

Esta internalização só ocorreu nos casos em que as máquinas necessárias ao processo produtivo da empresa ou não existiam ou eram muito caras. Neste sentido se destacam as bobinadeiras e algumas máquinas de usinagem específicas. Com o advento da automação nas máquinas, a WEG continuou desenvolvendo tecnologia incremental intermediárias (aperfeiçoamento dos servo-motores) e avançadas (novas máquinas). Os softwares desenvolvidos e aplicados nestas máquinas são mais simples, desenvolvidos a partir da WEG automação, como o CLP (controle lógico programável) e IHM's (Interface homem-máquina) que permitem a programação a distância. Deste modo em termos de software se pode classificar a empresa com capacidade tecnológica básica ou incremental intermediária.

No entanto, estas bobinadeiras e máquinas da estampa para processos específicos possuem alto desempenho, sendo inclusive exportadas para a China e Índia, disputando o mercado com empresas internacionais. Neste sentido pode-se caracterizar que a WEG se manteve no nível intermediário avançado em termos de processo de produção com o amplo emprego da automação após os anos de 1990.

⁷² As máquinas e equipamentos semi-automatizados são aquelas que realizam a operação sem a intervenção do homem na ação, mas com a presença humana para preparar a operação, como posicionando a peça a sofrer a ação. As máquinas automatizadas são aquelas que fazem mais de uma operação com apenas a interferência inicial da ação do homem. Ou seja, ocorre vários processos industriais na peça sem a interferência do homem, em que entra a peça bruta e sai a peça pronta para a montagem.

Uma observação interessante, conforme pesquisa de campo, é em relação as máquinas adquiridas no mercado. A empresa ao notar alguma limitação do equipamento adquirido por terceiros, tal como a necessidade frequente de substituição de algum componente, não procurou desenvolver internamente possíveis soluções, optando apenas por relatar a fabricante as limitações de desempenho da máquina.

Desta forma, infere-se que a WEG possui uma postura mais passiva em relação aos esforços de aprendizagem na construção e acumulação de conhecimento na área de controlabilidade do processo, se comparado as áreas de controlabilidade em produto (inversores de frequência aplicados ao motor elétrico) e de eficiência energética no produto (motores elétricos) e materiais.

5.1.4 Síntese do tópico: O processo de acumulação de competências em motores elétricos como passo inicial da diversificação (complexidade)

Em síntese, este tópico tratou da análise do processo produtivo em motores elétricos, explorou quais os mecanismos de aprendizagem utilizados pela unidade de negócios WEG Motores na construção de suas competências, e analisou a acumulação destas capacidades tecnológicas ao longo de sua história.

Com respeito ao processo produtivo cabe destacar que esta unidade de negócios produz motores de baixa tensão de corrente alternada. A automatização é mais presente na produção dos motores com saídas em série e, por consequência, uma menor automatização para o processo de produção dos “motores especiais”, como motores contra explosão ou para serem aplicados submersos.

Com respeito aos mecanismos de aprendizagem, destaca-se que a unidade WEG Motores utilizou em conjunto mecanismos externos e internos, em uma ampla diversidade de mecanismos, na construção de suas competências. O uso conjunto de mecanismos internos e externos foi mais intenso no período de 1968 a 1980. Ao longo da década de 1980, com a formação do Centro Tecnológico, a pesquisa e o desenvolvimento em motores e seus materiais passa progressivamente a ser realizada internamente e, a partir da década de 1990 a WEG lançou novos modelos de motores elétricos (inova) a partir da capacidade tecnológica internalizada. Observa-se na análise empírica que após 20 anos de absorção do conhecimento externo aumentou a importância dos

mecanismos de aprendizagem interna, caracterizada no caso da WEG pela codificação e socialização do conhecimento, bem como a consolidação do centro de P&D.

Com respeito à capacitação tecnológica em motores elétricos, de 1961 a 2016, foram analisadas as áreas tecnológicas de eficiência energética em produto e materiais, controlabilidade na velocidade do produto, e controlabilidade na precisão, velocidade e redução dos custos de produção. O quadro 5.3 sintetiza cinco níveis de capacitação para cada uma destas áreas.

Em termos de níveis de capacidade tecnológica para a área de eficiência energética em produto e em materiais, destaca-se o início da década de 1970 como um divisor de águas, em que a empresa adquire capacidade tecnológica incremental avançada. Este evento permitiu afirmar que de 1961 a 1970 a empresa evoluiu em termos de níveis de capacidade básica e incremental intermediária de inovação. Em 1990 a empresa adquiriu nível de capacidade arquitetural ao lançar produtos com melhor densidade de potência, ou seja, motores menores que os anteriores, mas com eficiência energética superior. Em 2010 também ocorreram mudanças de nível arquitetural, mas não somente pela melhora na densidade de potência. A empresa passou a ser capaz de inovar pela mudança nos elementos envolvidos, ao substituir o uso dos enrolamentos de campo antes feitos por fios de cobre por ímãs permanentes.

Com respeito ao acúmulo de competências na área de controlabilidade em produto, esta área diz respeito à aplicação dos inversores de frequência no controle da velocidade dos motores elétricos de corrente alternada. A evolução em níveis de capacidade neste produto foi difícil, dada à velocidade de obsolescência intrínseca ao processo. Apenas acompanhar a capacidade de produção deste produto se mostra um desafio. No entanto, a WEG adquiriu capacidade tecnológica de nível incremental avançada em 2008, quando passou a introduzir no mercado novos produtos a partir de tecnologia totalmente interna. Porém, salienta-se que dado o dinamismo desse mercado, é provável que esta área de P&D necessite mais frequentemente de mecanismos de aprendizagem externas do que as demais áreas pesquisadas.

Por fim, a respeito da capacitação tecnológica na área de controlabilidade do processo produtivo, a pesquisa mostrou que apenas algumas máquinas e equipamentos foram produzidas internamente, sendo que a sua maioria é adquirida nas transações de mercado. Isso

ocorreu porque boa parte do maquinário utilizado na produção de motores elétricos são fresas e tornos, que são máquinas universais empregadas em diversas indústrias. Desta forma, se desenvolveu um amplo mercado a nível internacional de fornecimento dessas máquinas, de forma que o mercado “funciona bem”, o que reduziu os custos de transação. Apenas as máquinas específicas a produção de motores elétricos, que não possuem um amplo mercado fornecedor, como as bobinadeiras, são produzidas internamente. Nestas máquinas, pode se descrever que a WEG atingiu um nível incremental intermediário avançado, competitivas com as disponibilizadas no mercado internacional, inclusive exportando-as para países como China e Índia.

Ademais, a partir de meados da década de 1990, com a microeletrônica direcionando a tecnologia no sentido do uso de softwares para obter maior controlabilidade, a WEG continuou desenvolvendo tecnologia incremental intermediárias (aperfeiçoamento dos servo-motores) e avançadas (novas máquinas), de forma a manter o nível de capacitação intermediária avançada nas máquinas em que internalizou sua produção.

5.2 DA PRODUÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS PARA GERADORES: A CONSTRUÇÃO DE COMPETÊNCIAS EM GERADORES E O APROVEITAMENTO DE ECONOMIAS DE ESCOPO

Nesta seção se discute a construção das capacidades tecnológicas da empresa WEG em geradores elétricos. Esta acumulação de competências é discutida a luz dos mecanismos de aprendizagem utilizados pela empresa e pelas economias de escopo obtidas a partir dos recursos acumulados na base produtiva de motores elétricos. A obtenção dos dados se deu exclusivamente por pesquisa de campo.

No sub-tópico 5.2.1 discute-se as questões das similaridades entre os produtos motores e geradores elétricos, com o intuito de fundamentar as afirmações posteriores de que o conjunto de competências da base estrutural de motores elétricos possibilitaram a existência de economias de escopo na diversificação para geradores elétricos.

O sub-tópico 5.2.2 discute a base produtiva em geradores, o que permite evidenciar as diferenças nas bases produtivas entre motores e geradores elétricos, de modo que estas possam ser consideradas duas

bases produtivas distintas que, de acordo com os escritos de Penrose, condicionam a existência de uma diversificação produtiva.

O sub-tópico 5.2.3 detalha os mecanismos externos e internos utilizados pela empresa para acumular e construir suas capacidades tecnológicas. O sub-tópico 5.2.4 discute a construção de competências tecnológicas em geradores elétricos de 1980 aos dias atuais e, mais importante, destaca como o processo de diversificação deriva da obtenção de consideráveis economias de escopo, decorrentes diretamente da acumulação de competências existente na base produtiva de motores elétricos.

Antes de adentrar aos sub-tópicos mais específicos de investigação da tese, cabe destacar elementos da estratégia da WEG que impulsionaram a diversificação. As entrevistas deixaram claro que o domínio tecnológico de uma ampla gama de produtos, relacionados à geração, distribuição, transmissão e aplicação de energia foi decisão estratégica que remonta ao final da década de 1970. A intenção foi oferecer um "pacote de soluções". Um dos entrevistados afirmou que, como resultado dos esforços para alcançar esse objetivo, atualmente a WEG é capaz de equipar um Navio de grande porte com todas as máquinas e equipamentos elétricos necessários para seu funcionamento.

Adicionalmente, no que se refere ao momento da diversificação para geradores, em termos de demanda na época, é importante dizer que a extensa rede elétrica brasileira instalada até a década de 1980 sofria (e ainda hoje sofre) muito de instabilidade no fornecimento. Além disso, as oscilações constantes de tensão são prejudiciais para aparelhos mais sensíveis. Havia, portanto, demanda significativa para geradores, transformadores e estabilizadores para a proteção dos equipamentos e funcionalidades "no break" existentes no mercado. Em outras palavras, era alta a demanda de agentes que necessitam de funcionamento ininterrupto, tais como, hospitais para monitoramento dos pacientes (ou cirurgias), conservação de produtos alimentícios em supermercado e elevadores em edifícios.

A próxima sub-seção aponta as semelhanças e diferenças do processo produtivo de motores e geradores elétricos, este entendimento auxilia a compreensão das possibilidades não conflitantes do uso de fatores de produção para as bases produtivas de motores e geradores, bem como o entendimento de que existem diferenças substanciais que implicam em diferenças substanciais entre ambas as bases produtivas.

5.2.1 Partes do gerador e similitudes com motores

Em se tratando de compreender o que é um gerador, se pode dizer que é uma máquina no qual a energia química, mecânica, solar, ou de outra natureza qualquer é transformada em energia elétrica. É necessário que ocorra uma indução eletromagnética para converter energia mecânica em energia elétrica (MUSEU WEG, 2017).

A WEG Energia (antiga WEG Máquinas) em sua trajetória acumulou competências em três tipos de geradores: Os motores-geradores a diesel, os hidrogeradores e os turbogeradores. Os primeiros são geradores conectados a um motor movido (energia mecânica) a diesel, e o gerador transforma essa energia mecânica em energia elétrica. Os hidrogeradores são geradores conectados a uma turbina hidráulica e os turbogeradores são geradores conectados a uma turbina movida a vapor.

Para entender as similitudes em *know-how* é preciso compreender que todo motor elétrico é um gerador em potencial. A estrutura básica é a mesma, a concepção é a mesma, marcada por ímãs que constituem o estator e as bobinas que constituem o rotor. Motor e gerador são máquinas eletromagnéticas que podem se converter uma na outra.

A Figura 5.15 mostra as partes de um gerador. De forma similar ao motor elétrico, a principal função da carcaça é apoiar e proteger os geradores, alojando também o pacote de chapas e enrolamentos do estator.

O estator é a parte magnética estática, constituída por um pacote laminado de chapas de aço silício em que, em suas ranhuras, as bobinas que formam o enrolamento do estator são alojadas. O rotor consiste na parte giratória, composta por um pacote de chapas de aço prensado, o enrolamento de campo e o enrolamento de amortecimento. O eixo do rotor é fabricado em aço forjado ou laminados e usinados conforme as especificações (NETO, 2014).

Figura 5.15 - Partes de um gerador.



Fonte: MUSEU WEG (2017).

Contudo, embora a concepção seja a mesma, e os motores assíncronos possam ser utilizadas como geradores, a falta de controlabilidade da frequência⁷³ a torna indesejável para ser aplicada como gerador.

⁷³ A diferença entre máquinas síncronas e assíncronas e porque o mercado de motores e de geradores se direcionaram desde o século XIX para um ou outro tipo de máquina, esta relacionado ao controle da frequência e aos custos de produção. Na máquina assíncrona, a corrente dentro sempre está atrasada a aquela que é induzida pelo estator (esta diferença está relacionada a questões de eletromagnetismo), enquanto na máquina síncrona isso não ocorre e (sem entrar nas questões técnicas) a máquina síncrona gira sempre a mesma velocidade (constante). Em termos de aplicação, constante significa controle, principalmente em princípios do século XX em que era inconcebível a eletrônica de potência. A falta de controlabilidade da frequência na utilização da máquina enquanto gerador implica que as lâmpadas incandescentes, por exemplo, ficariam hora mas forte e hora mais fraca. Ou seja, piscando, como acontecia nos interiores em que se tinha uma roda d'água alimentando o gerador. Como não se tem controle sobre a vazão, pois não há comportas para abrir e fechar, o resultado é uma lâmpada ascendendo e apagando. No entanto, se utilizada a mesma máquina como motor, a falta de controlabilidade é irrelevante, pois um motor de portão eletrônico precisa abrir o portão, independente das variações, assim como uma máquina de lavar roupa precisa

Nisso reside a diferença no processo de produção de motores e geradores WEG. O processo de produção da WEG para motores elétricos de baixa tensão é de máquinas assíncronas, enquanto para geradores é de máquinas síncronas. Assim, como enfatizado pelos entrevistados, a similaridade do conhecimento teórico envolvido na estrutura dos motores elétricos de indução e dos geradores síncronos não significa que apenas uma realocação da força de trabalho da empresa para a produção de geradores seja suficiente, pois o processo produtivo é totalmente diferente.

No entanto, a pesquisa de campo revelou que a proximidade do conhecimento teórico para a produção dos dois produtos permitiu a empresa obtivesse menores custos de transação, em termos de aprendizado no saber fazer geradores elétricos, ao utilizar seu material humano. Isso porque o tempo e, conseqüentemente o investimento, na capacitação dos conhecimentos do processo fabril de geradores do capital humano que já tinham acumulado know-how na produção de motores elétricos de indução foi menor, do que caso a empresa tivesse de fazer toda uma contratação a partir do mercado.

5.2.2 O processo de produção de geradores na WEG Energia

Este sub-tópico procura mostrar o processo de produção realizada na WEG Energia. A Figura 5.16 mostra, de forma simplificada, o processo de produção para geradores. A Figura está organizada da esquerda para a direita, mas esta não representa a ordem do processo, apenas a separação das etapas. As setas indicam que terminada uma etapa de processamento, as partes então seguem para outra etapa do processo produtivo.

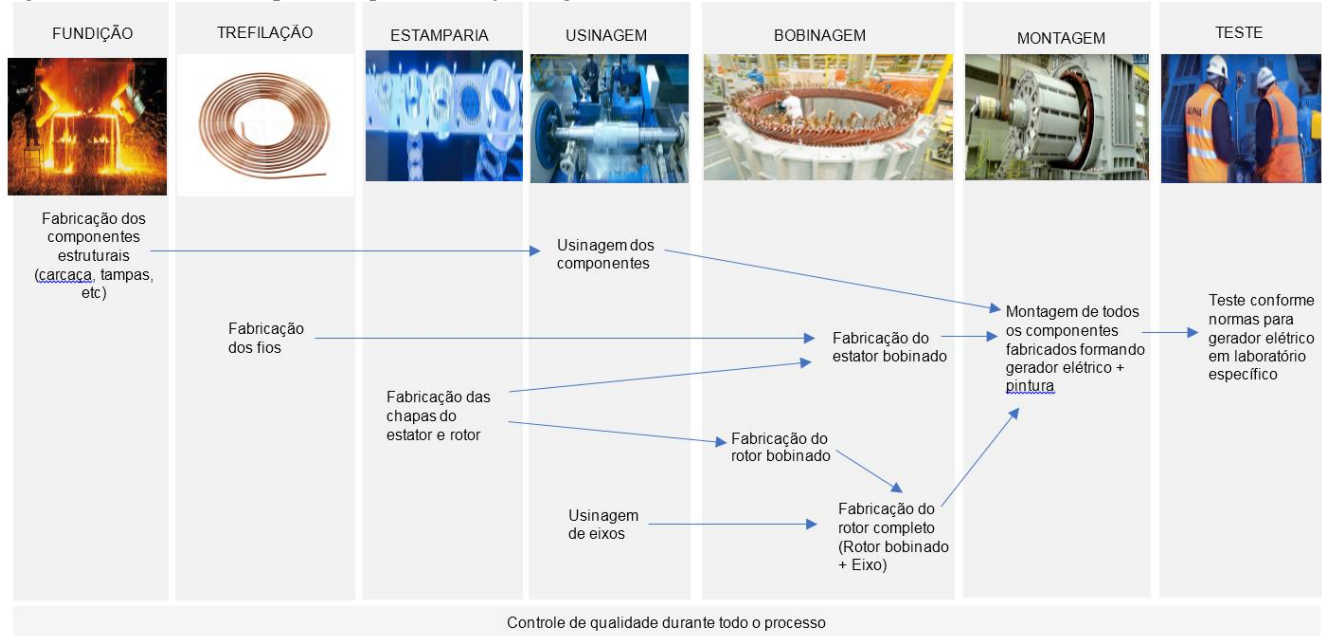
Observa-se na Figura 5.16 que as etapas de produção são muito similares as de motores elétricos. Como salientado no tópico anterior, esta similaridade permitiu o aproveitamento de economias de escopo, quando a empresa optou por iniciar uma nova base produtiva para o mercado de geradores elétricos. As máquinas utilizadas na trefilação e a

“bater” a roupa, pouco importando as variações. Sendo assim, dado que a aplicação para motor pode ser tanto por máquinas síncronas quanto assíncronas, as decisões de mercado no princípio do século XX se voltam para os custos. As máquinas assíncronas são mais simples, são robustas e possuem menor custo, sendo os mais adequados para quase todos os tipos de máquinas acionadas pela rede.

estamparia (fator capital) puderam ser utilizadas, a partir do conhecimento em ferramentaria (fatores trabalho e capital) para a produção de geradores.

Opta-se por descrever e ilustrar o processo produtivo para um gerador de grande porte, para deixar mais evidente que se trata de uma base produtiva diferente da base produtiva de motores elétricos. Ademais, a pesquisa de campo mostrou que atualmente geradores pequenos não tem aplicação comercial, como em supermercados e hospitais.

Figura 5.16 - Processo simplificado para fabricação de geradores síncronos.



Fonte: Elaboração própria.

Uma questão importante relacionada ao processo de fabricação de geradores elétricos de grande porte é que sua saída é menor e sua fabricação depende de caso a caso, pois é mais específico. O alto grau de especificidade e o tamanho das máquinas encarece a automatização, o que implica em menor automatização das etapas do processo de produção comparativamente a produção de motores elétricos.

Para se ter uma noção da diferença de possibilidades de automação, basta ter em mente que as encomendas de motores são grandes de modo que a produção é em série, enquanto que, dependendo da especificação, um ou dois geradores podem ser vendidos em um ano. Enquanto no caso de motores elétricos se tem a produção em série padronizada, o que permite um maior grau de automatização, a unidade de máquinas de grande porte é menos automatizada e muito mais dependente da engenharia, no qual se pode levar meses de produção e pode vir a vender de uma a duas máquinas no ano todo.

Para auxiliar a explicação do processo de produção em geradores, segue-se uma série de figuras ilustrativas. No caso da fundição, ao invés de um molde para peça única (processo usado para motores de pequeno porte), são utilizados moldes de partes da carcaça que, transferidas para a WEG Energia, são soldadas, como pode ser observado na Figura 5.17.

Figura 5.17 - Soldagem da carcaça.



Fonte: WEG (2015d).

Para a produção do estator, primeiro são feitas as chapas que irão compô-lo. Assim como na fundição, ao contrário de peças inteiras

(no caso de motores as peças são obtidas inteiras), estas são feitas em partes, que serão posicionadas e depois soldadas. As Figuras 5.18 e 5.19 mostram estes processos, de colocação das chapas e laminação do núcleo.

Figura 5.18 - Posicionando as chapas para compor o estator.



Fonte: WEG (2015d).

Figura 5.19 - Soldando as chapas do estator.



Fonte: WEG (2015d).

A trefilação é onde são feitos os fios retangulares para máquinas grandes, da grossura de um dedo, de onde seguem para a WEG Energia para serem reunidos e devidamente encapados com material isolante para compor uma barra de cobre. Então são introduzidas em uma máquina que molda a abertura da barra, de acordo com as especificações que recebe, compondo assim uma bobina. Posteriormente, as barras de cobre são introduzidas no estator, conforme a Figura 5.20. O fato dos fios serem retangulares permitem, ao serem agrupadas para compor uma barra, fazer uma ocupação melhor do espaço. A barra também é retangular, para encaixar melhor nas ranhuras, que são retangulares.

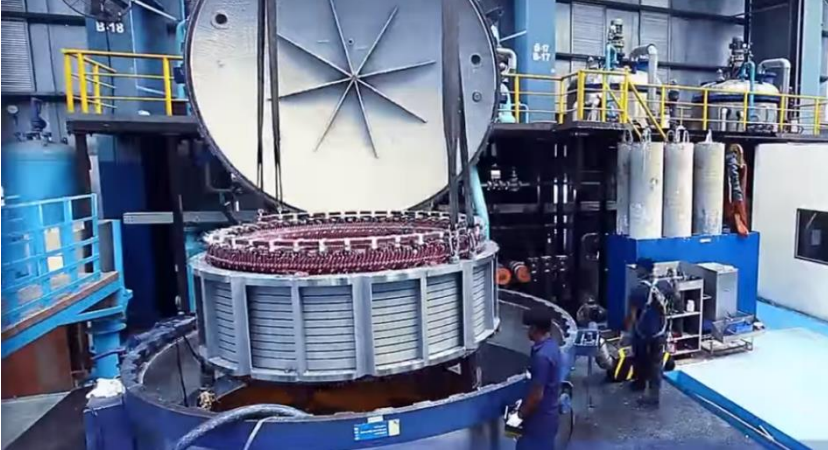
Figura 5.20 - Inserção das bobinas no estator.



Fonte: WEG (2015d).

Posteriormente, o estator é levado a um tanque de esmaltação para o isolamento dos fios. A Figura 5.21 mostra o estator sendo introduzido dentro de um tanque de esmaltação. Observe que há cabos sustentando o estator. Por todo o teto da fábrica há uma sustentação de ferro que permitem a utilização e deslocamento de guias conforme a necessidade de mover as partes que compõe o gerador para outra etapa do processo produtivo, já que as partes que compõe o gerador são grandes e pesadas.

Figura 5.21 - Tanque de esmaltação.



Fonte: WEG (2015d).

Somente estes equipamentos e a operacionalização destes, caso sejam utilizados de forma não competitiva em mais de uma base produtiva de produtos de grande porte, significariam enormes economias de escopo tanto em termos de capital físico quanto *know how* do pessoal de fábrica. A utilização das guias para locomoção de partes de um equipamento de grande porte requer experiência e habilidade, pois qualquer dano pode comprometer toda a integridade da máquina em produção.

Para a fabricação do rotor bobinado, é necessário fazer a usinagem do eixo e do rotor, bem como a instalação das bobinas no rotor. A usinagem do eixo é feita pelo torno mostrado na Figura 5.22. O torno é um motor que tem um mandril (como em uma furadeira) que possui 3 ou 4 dentes que pressionam a peça (no caso, o eixo) para mantê-la firme. No outro canto do torno também existe uma parte para segurar o eixo e dar estabilidade, garantindo que o eixo não vibre.

Figura 5.22 - Usinagem do eixo do rotor.



Fonte: WEG (2015d).

Quando o torno é acionado ele gira o eixo rapidamente. O torno possui ainda um “carrinho” que anda ao redor do eixo com uma ponta conhecida como ponta diamantada, que é uma tempera⁷⁴ de aço muito mais forte do que aquela que está sendo usinada. Conforme o eixo gira, a ponta vai encostando, de forma que o eixo ao girar em torno dessa ponta permite o desbaste até se atingir o tamanho, formato e os dentes previamente estabelecidos. Ou seja, o funcionário estabelece no computador como tem de ser a peça, um sensor mede como a “peça bruta” se encontra, para então iniciar o processo, tudo automatizado.

Esta etapa do processo de produção em geradores serve como exemplo da menor automatização que há no processo produtivo de geradores quando comparado a produção de motores. Para geradores, as etapas de produção do eixo (desbastagem, acabamentos) são feitas cada uma em uma máquina, em que após cada etapa a peça é levada até outra máquina que realiza o próximo processo. No processo de produção dos motores elétricos a automatização de todas as etapas da produção do eixo é feita por uma única máquina, em que se introduz o eixo de um lado e ele sai pronto do outro. Neste sentido, a hora da usinagem na WEG Energia é cinco vezes mais cara do que na Weg Motores.

Em se tratando da execução da mecânica das peças que compõem máquinas como motores e geradores, os tornos e as fresas são as mais

⁷⁴ Têmpera é um processo de tratamento térmico de aços para aumentar a dureza e a resistência dos mesmos. A peça diamantada pode ter diferença de qualidade. A mesma máquina pode usar uma peça menos durável ou uma mais durável.

relevantes máquinas do processo de produção, pois são as responsáveis pelo molde e acabamentos nas peças. Na Figura 5.23 vê-se o rotor inserido em um torno, também para desbaste e acabamentos. Esta peça única é feita em ferro fundido e depois retificada para retirar as irregularidades e fazê-la ficar lisa, pelo uso de uma fresa⁷⁵.

Figura 5.23 – Usinagem do rotor.



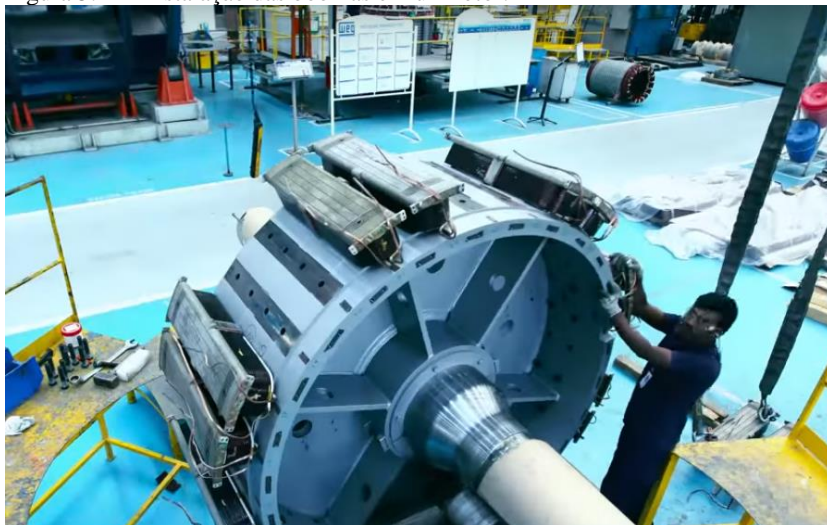
Fonte: WEG (2015d).

Aqui cabe um adendo a respeito das Figuras 5.22 e 5.23. Ambas mostram um líquido sendo jogado no processo de desbaste. Este procedimento é necessário porque quando se está cortando a peça, este atrito entre a peça sendo desbastada e a ponta diamantada gerará calor, o que pode destempera a peça diamantada, estourando-a. Então durante todo o processo de desbaste, é jogado uma mistura líquida de água com óleo solúvel. O óleo solúvel faz com que a água resfrie e aumente a lubrificação na usinagem.

⁷⁵ A fresa e o torno são máquinas muito parecidas. Ambas são utilizadas para o desbaste. A grande diferença é que enquanto no torno quem gira é a peça a ser desbastada, na fresa a peça a ser desbastada fica parada, e quem gira é a ferramenta que faz o desbaste. Neste sentido, a fresa é muito parecida com uma broca, só que enquanto a broca tem uma ponta para perfurar, a fresa tem um ponta reta, pois seu corte é feito na lateral. Ou seja, a fresa passa pela superfície cortando de lateral (desbastando).

A Figura 5.24 mostra o eixo e o rotor reunidos e a instalação das chapas de aço de cilício, conhecidos como sapatas polar, que é a base onde é enrolado o fio das bobinas.

Figura 5.24 - Instalação das bobinas em um rotor.

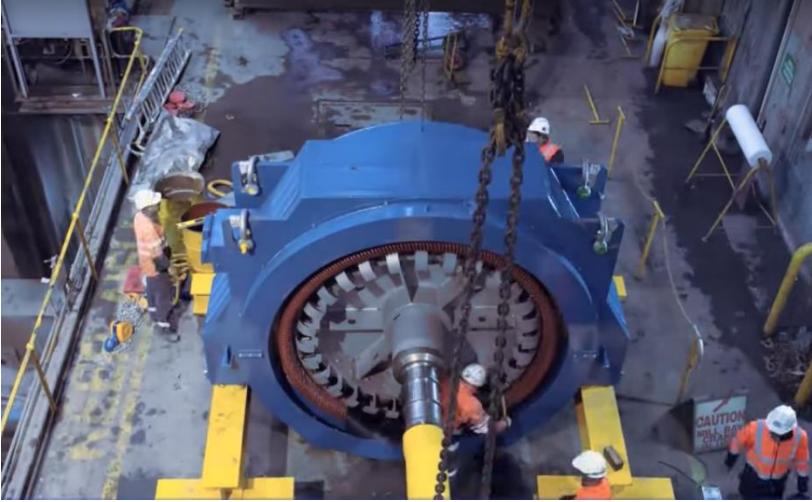


Fonte: WEG (2015d).

Por fim é realizada a montagem dos elementos fabricados formando o gerador mais a pintura, como pode ser observado pela Figura 5.25. Após isso é realizado os testes com o gerador conforme normas específicas.

De acordo com WEG (2013), para a realização dos principais testes a WEG Energia conta com oito laboratórios. Entre os testes realizados se têm: elevação de temperatura, níveis de vibração, performance, resistência de isolamento e ensaios em plena carga (dentro dos limites dos laboratórios).

Figura 5.25 - Montagem do gerador.



Fonte: WEG (2015d).

Essa seção foi desenvolvida com o objetivo de deixar claro que a produção de geradores pela WEG é fruto de um processo de diversificação. Como se pode notar, há diferenças significativas nos processos de produção. A carcaça e as chapas do estator são feitas em partes e então soldadas. As máquinas automatizadas utilizadas na usinagem são apropriadas para o desbaste e acabamentos de peças de grande porte, bem como os tanques de esmaltação. Não obstante, o processo de produção para geradores, dado que a própria concepção do produto depende das especificações dos clientes, é muito mais manual, de forma que sua concepção requer maior *kown-how* em engenharia se comparado a automatização do processo do que o processo de produção dos motores elétricos.

5.2.3 Os mecanismos de aprendizagem da WEG para a produção de geradores

Este sub-tópico procura complementar a construção histórica da tecnologia para geradores na WEG, ao analisar os mecanismos de aprendizagem utilizados, tanto externos quanto internos, a intensidade com a qual foram utilizados (se foi contínuo ou mais ou menos

intermitente) e os resultados decorrentes destes mecanismos (melhorias e adaptações, modificações substanciais ou patentes). Estes resultados foram obtidos inteiramente por questionário, pois não foram encontradas referências bibliográficas sobre o tópico. A apresentação foca primeiramente nos mecanismos externos e depois nos internos.

Em relação aos mecanismos externos demonstrou-se relevante a contratação de consultores estrangeiros como especialistas para partidas e comissionamentos de plantas, a presença de técnicos do exterior trabalhando na empresa, a contratação de especialistas para o desenvolvimento de competências em assistência técnica e engenharia e a saída de pessoal interno para cursos de treinamento de curta duração em organizações no exterior.

Estes mecanismos de aprendizagem foram utilizados nas décadas de 1980 e 1990 e resultaram em melhorias e adaptações, assim como em mudanças substanciais de produtos ou processos. Em geral eles estão relacionados a *joint venture* com a Lloyd Dynamowerke - LDW, que oportunizou contratações de especialistas e cursos no exterior.

Com relação aos mecanismos de aprendizados externos realizados a nível nacional, a contratação de especialistas para o desenvolvimento de competências em assistência técnica e engenharia, e a realização de treinamentos, foram utilizados, sobretudo, na década de 1980 e 1990. Os resultados também envolveram de pequenas melhorias a inovações substanciais.

Importante dizer, que esses mecanismos externos de aprendizagem passaram a ser muito menos utilizados a partir da década de 2000, momento em que a P&D em geradores da WEG passa a se consolidar. A rápida conclusão de que os conhecimentos foram internalizados não é exagerada. De fato, as entrevistas sempre apontaram que o objetivo de dominar a tecnologia ganhara grande impulso com a consolidação do centro de P&D. Como exemplo, nos laboratórios do Centro Tecnológico, se tornou contínuo a engenharia reversa, em que se pesquisa o material isolante utilizado, qual a liga dos fios de cobre, qual a liga de aço (se tem zinco, mais ou menos manganês) etc.

Não obstante, a entrevista de campo revelou que ato contínuo nos processos de aprendizagem externas para a produção e inovação de geradores durante mais de 35 anos de produção foram as interações com clientes e fornecedores, o que reforça a compreensão da importância da

troca de conhecimentos tácitos nesse tipo de relação, apontados primeiramente por Lundvall (1988). Também manteve alta importância durante todo o período a busca de informações em congressos, feiras, parcerias com outras companhias, institutos de P&D, universidades, etc., apontando a qualificação científica de um conjunto significativo de trabalhadores.

Com relação a interação com outras instituições cabe mencionar que a pesquisa de campo mostrou que em 1995 e em 2000 foram organizadas equipes de professores da engenharia elétrica da UFSC para ministrar curso de especialização e em 2005 de mestrado profissional “*in company*”, em Jaraguá do Sul, mas com a certificação da UFSC. A partir de então a WEG tem optado por liberar seus engenheiros para fazerem seus mestrados e doutorados nas instituições, priorizando a UDESC em Joinville e a UFSC Florianópolis, pela proximidade. Também com relação aos mecanismos de aprendizagem externos de ato contínuo os resultados foram de pequenas melhorias a inovações substanciais.

Entre os resultados, não pode-se notar aplicações de patentes. Isso porque, no que se refere a produção de geradores, pode-se dizer que a WEG age com uma estratégia tecnológica defensiva (Freeman e Soete, 2008), definida por alta velocidade na absorção e implementação dos avanços da fronteira tecnológica mundial. De fato, a pesquisa de campo revelou que a WEG focou seus esforços em P&D na redução dos custos dos usos dos materiais e na absorção rápida dos avanços da fronteira tecnológica.

Apenas a partir da década de 2000 e mais intensamente a partir de 2010, é que o direcionamento das estratégias da WEG passou a dar maior atenção a geração de patentes.

Com relação à utilização de mecanismos internos de aprendizagem, estes se apresentam em uma maior diversidade. Em quase sua totalidade parecem ter mantido importância durante os 35 anos da existência da base produtiva em geradores elétricos.

A atividade de P&D é constante desde a diversificação para geradores, com a criação de grupos específicos para soluções ou pesquisa dado os projetos ou ambições da empresa no momento. Como por exemplo, a necessidade de um grupo de pesquisa para projetos de geradores hidro e turbo, ou para desenvolver o gerador 2 pólos (embora a empresa não tenha obtido quanto ao objetivo e veio a acumular capacidade tecnológica iniciada pela aquisição da tecnologia da *Eletric*

Machinery - EM, houve o intento por quase uma década, em torno de um grupo específica para desenvolver a tecnologia).

A respeito do treinamento interno dos funcionários, estas ocorreram continuamente em ferramentas de microinformática e software de projeto e processo (embora estas não fosse disseminadas na década de 80, ganhando especial relevância a partir da metade da década de 1990), sistemas de qualidade, treinamento em habilidades técnicas e softwares de projeto e de produto, rotinas de produção e know-how e avançados treinamentos técnicos em adaptação para habilidades técnicas de upgrade.

Também foram realizados como forma de treinamento mecanismos internos de *learning by doing* com engenheiros recém-formados em projetos, engenheiros *trainees* e grupos de supervisão de montagem nas atividades de rotina da empresa.

A codificação do conhecimento também foi realizada de forma contínua por todo o período de existência da unidade de negócios WEG Energia, na forma de documentação das atividades desenvolvidas durante o processo de produção, documentação de inovações internas e padronização dos projetos de engenharia praticados.

Com relação a codificação, a pesquisa de campo apontou dois direcionamentos adicionais, estes realizados para a codificação de todo o Grupo WEG, e não somente para geradores. Em primeiro lugar, durante a década de 1980 os especialistas tinham atividades destinadas a não somente criar os próprios manuais, mas também na difusão das práticas entre os trabalhadores. Os *feed-backs* entre os trabalhadores e especialistas permitiu aprimoramento dos manuais e das atividades de trabalho, algo comprovadamente importante como estímulo para o engajamento dos trabalhadores em atividades de inovação. Em segundo lugar, a partir de meados da década de 1990 o arquivamento e a normatização da documentação (incluindo desenhos, especificações, relatórios, normas técnicas) passaram a utilizar computadores.

Como a codificação era parte da rotina da empresa, a introdução dos computadores estimulou o aumento da codificação. A meta informal passou a ser codificar todo conhecimento adquirido, assimilado ou criado dentro da WEG na forma de softwares que possam ser aplicados diretamente no processo produtivo, ao invés de um texto em que você teria que o ler, entender, para então aplicar.

Um exemplo do benefício deste tipo de codificação são os softwares de simulação, que permitem a análise de pontos de

aquecimento ou ruptura da estrutura da máquina. As rotinas e equações estão todas ali, mas arquivadas em softwares que permitiram a codificação do conhecimento de uma forma útil e prática ao ser diretamente aplicável na linha de produção.

Como conclusão dessa seção destaca-se que o uso de fontes externas de aprendizado pela WEG geradores seguiu a lógica da empresa de absorver conhecimentos externos para dominar a tecnologia, pela internalização da capacidade para gerar inovações. Em outras palavras o departamento de P&D substitui a necessidade de consultores estrangeiros. O sucesso dessa estratégia, revelado pela consolidação do departamento de P&D na década de 2000 não fez diminuir as parcerias com universidades, nem mesmo a relação com fornecedores e usuários, as quais permanecem relevantes em toda a história da produção de geradores.

Já em relação aos mecanismos internos vale ressaltar a intensificação e evolução da codificação de conhecimentos, bem como treinamento interno dos funcionários pelos diversos cursos oferecidos no Centro de Treinamento, como a utilização de ferramentas de microinformática e software de projeto e processo, habilidades técnicas e rotinas de produção.

5.2.4 A construção das capacidades tecnológicas em geradores.

Este sub-tópico corresponde ao esforço de caracterizar a construção de capacidades tecnológicas em geradores elétricos para a WEG, sintetizada na forma do Quadro 5.4. Para tanto se constrói toda a evolução histórica da WEG na produção de geradores elétricos, obtida a partir da pesquisa de campo. A construção do Quadro 5.4 abarca as áreas de eficiência energética em produto e em matérias, assim como, do ganho de precisão, produtividade e redução de custos do processo de produção, pelo aumento da automação no processo produtivo.

Como já dito, a intenção de diversificar para atuar em todo o *core competence* da energia remonta à década de 1970, o que estimulou a entrada na produção de geradores síncronos. Como descrito no tópico anterior, a primeira atitude foi a realização da joint venture com a Lloyd Dynamowerke – LDW, localizada em Bremen na Alemanha, uma empresa da gigante AEG telefunken. A *joint venture* permitiu a WEG assimilar a tecnologia de geradores pequenos para grupo diesel, por meio dos mecanismos destacados acima.

O primeiro passo da transferência de tecnologia foi a tradução e transcrição dos projetos, tanto do produto quanto do processo, para a prancheta de folha vegetal. Com isso, a empresa já obteve capacidade de produção, revelada pelo início das atividades em 1981 de geradores de pequeno porte à diesel, de 1 megawatts.

Já nesta fase, nota-se a importância das economias de escopo para a diversificação. As competências tecnológicas enraizadas na empresa com os avanços na produção de motores permitiram alta velocidade para aprender a produzir geradores. Isso porque, embora o *Know-how* para produzir máquinas síncronas e assíncronas tenha diferenças substanciais, o estator e a carcaça são os mesmos e o rotor difere um pouco. Evidente que os custos para assimilar os conhecimentos para projetar um gerador foram menores do que seriam caso a WEG não tivesse acumulado competências na produção de motores.

Em se tratando das economias de escopo no uso comum do fator capital, a pesquisa de campo mostrou que no momento da diversificação para a produção de geradores, em 1980, toda a infraestrutura industrial para viabilizar a produção de geradores a WEG já estava internalizada nos muros do parque fabril. O intento, neste início de produção de geradores, em que a empresa estava adquirindo apenas capacidade tecnológica de produção, foi de aproveitar toda a estrutura fabril já existente em motores elétricos.

Quadro 5.4 - Níveis capacidade tecnológica em geradores para a WEG de 1980 a 2016.

NÍVEIS DE ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS	FUNÇÕES TECNOLÓGICAS E ATIVIDADES RELACIONADAS	
	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PRODUTO E MATERIAIS	CONTROLABILIDADE (AUTOMAÇÃO) AUMENTO DA PRECISÃO, PRODUTIVIDADE OU REDUÇÃO DE CUSTOS EM PROCESSO
CAPACIDADE DE PRODUÇÃO		
A empresa aprende todas as qualificações para apenas produzir, com a melhor qualidade possível, mas não é nada inovativa.	- Replicação do produto seguindo especificações do pacote tecnológico adquirido (1980); - Controle de qualidade por inspeção ou reclamação dos clientes;	- Aquisição de máquinas e software com contratos de manutenções preventivas rotineiras.
CAPACIDADE DE INOVAÇÃO: Capacidade para gerar e gerir mudança tecnológica.		
(1) BÁSICA: Pequenas alterações em processos de produção, produtos e/ou equipamentos com base em imitação ou cópia de tecnologias existentes.	- Replicações de especificações determinadas pelos clientes; - Pequenas adaptações da tecnologia já existente. (1981 e 1982) - Implementar controle de qualidade como rotina na produção;	- Participação nas manutenções preventivas do processo de produção, acompanhando as instalações e testes de desempenho. - Utilização de ferramentas desenvolvidas por terceiros na construção de softwares simples.
(2) INCREMENTAL INTERMEDIÁRIO: Corresponde a pequenas melhorias nos componentes e elementos individuais da tecnologia existente, mas as relações entre os componentes permanecem inalteradas.	- Realização de modificações na qualidade dos materiais e/ou na quantidade utilizada destes insumos: * Redução de custos de produção. * Aumento da resistência da máquina; * Redução do ruído ou da vibração.	- Manutenções preventivas próprias em parte do processo de produção, sem alterar o equipamento pesado; - Fabricação própria das peças de reposição das manutenções preventivas; - Uso de canais de comunicação em redes compartilhadas para o desenvolvimento de software. Controle básico de versão de código fonte.
(3) INCREMENTAL AVANÇADA: Introduce novos produtos, processos e/ou sistemas de equipamentos, sem alterar as relações entre os elementos da tecnologia.	- Engenharia e operação para desenvolvimento de novos produtos (1987/88). - Realização de diferenciação: * Novas linhas de produto (1990 – 1995); * Para uma dada tecnologia, a empresa passa a oferecer produtos maiores e mais potentes, dentro da mesma linha de produtos (fins de 1990 em diante).	- Desenvolvimento do próprio software, similar ao que se usa no mercado; - Manutenção preventiva própria do equipamento pesado sem assistência técnica. Execução de engenharia reversa detalhada. Produção de equipamento pesado.

Fonte: Elaboração própria com base em Figueiredo (2013).

Continuação Quadro 5.4 - Níveis capacidade tecnológica em geradores para a WEG de 1980 a 2016.

NÍVEIS DE ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS	FUNÇÕES TECNOLÓGICAS E ATIVIDADES RELACIONADAS	
	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PRODUTO E MATERIAIS	CONTROLABILIDADE (AUTOMAÇÃO)
		AUMENTO DA PRECISÃO, PRODUTIVIDADE OU REDUÇÃO DE CUSTOS EM PROCESSO
CAPACIDADE DE INOVAÇÃO: Capacidade para gerar e gerir mudança tecnológica.		
(4) ARQUITETURAL: Compreende as alterações nas relações entre os elementos da tecnologia, seja em produtos ou sistemas, sem que os componentes individuais sejam modificados.	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de produtos e soluções de tecnologias de última geração, de alta complexidade; - Elaboração de novas especificações (experimento em escala piloto, visando desenho e desenvolvimento de produtos complexos e de alto valor agregado); * Redução das máquinas para uma dada potência (densidade de potência). * Domínio da tecnologia do turbogerador 2 polos (2011). 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento e soluções inovadoras reconhecidas em software a partir de insight próprio *Exemplo: # criação de software com menos linguagem; # Mudança de paradigma do uso de softwares analíticos para softwares de simulação numérica. - Desenvolvimento de hardware com habilidades superiores as apresentadas pelos hardwares do mercado: *Exemplo: # Modificações no torno ou na fresa.
(5) RADICAL OU MUNDIAL: Estabelece um conceito novo para o mercado mundial, em que novos componentes e elementos são combinados de uma forma diferente formando uma arquitetura nova. Trata-se de novidade para o mundo.	<ul style="list-style-type: none"> - Integração com o mercado global; - Desenho e desenvolvimento de produtos em classe mundial; 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de software em conjunto com centros globais; - Criação de hardware totalmente novo no mundo, implica em um novo conceito de etapas de produção: Ex: Construção de máquinas complexas não existentes no mercado que permitem o fresar de metais extremamente resistentes, permitindo a empresa a produção de máquinas mais resistentes e de grande dimensionamento.

Fonte: Elaboração própria com base em Figueiredo (2013).

À medida que os primeiros geradores foram produzidos utilizando-se da estrutura industrial instalada para motores elétricos, os problemas começaram a aparecer. Como o intento inicial era o aproveitamento das economias de escopo, a empresa optou, inicialmente, por adequar o produto ao processo. Desta forma, pequenas modificações foram realizadas no produto, como o projeto inicial da carcaça. Para a utilização da fundição já instalada, houve a necessidade de modificar um pouco o modelo, ou seja, alterações no desenho da carcaça para facilitar o processo de fundição. No entanto, houve a preocupação de serem feitas modificações bem sutis, para não descaracterizar o projeto.

Desta forma, os dois primeiros anos de produção de geradores se caracterizam por adequações no produto a estrutura industrial instalada. Estas pequenas modificações, independente do intento de adequar o produto a estrutura fabril, implicam em a WEG estar no nível de capacidade inovativa básica em geradores em 1981 e 1982.

Após esta adequação inicial do produto a estrutura fabril instalada, no decorrer da década de 1980 a WEG permaneceu com a produção dos geradores a diesel, introduzindo no produto pequenas melhorias, mudança no uso dos materiais ou redução no uso destes (visando minimizar o material e assim baixar o custo do processo). Pode-se caracterizar o período que vai em torno de 1983 ao final da década de 1980 pelo nível incremental intermediário.

Em paralelo a construção das capacidades tecnológicas no produto, aproximadamente em 1983, a partir das necessidades dos projetos de geradores, a empresa começou a modificar o processo industrial. Esta modificação ocorreu em dois sentidos. De um lado, a estruturação de um conjunto de máquinas e equipamentos específicos para a base produtiva de geradores. De outro, a adequação das máquinas e equipamentos que possuem aplicação comum não competitiva para as bases produtivas de motores e geradores. Por exemplo, na estamparia o estampo tem uma determinada vida útil, de modo que é necessário adquirir outro. Ao substituí-lo por uma nova máquina, aproveita-se para adquirir prensas melhor adequadas às necessidades da base produtiva de geradores. O mesmo se faz com as ferramentas, desenvolvendo novas ferramentas de acordo com as necessidades do processo produtivo, como o raio ou a profundidade das ranhuras.

Para entender a existência de economias de escopo entre as bases produtivas de motores e geradores, foi dado como exemplo na

pesquisa de campo a estamparia e a trefilação. Em se tratando do estampo, a máquina utilizada é a mesma, uma grande prensa (rever Figura 5.7 do processo de produção em motores). De forma que quando a WEG estruturou a base produtiva para geradores não precisou fazer investimentos em prensas para estamparia. As diferenças em matéria do estampo das chapas se dão em relação a geometria da ferramenta de cortar chapa.

A WEG em 1980 possuía a anos uma ferramentaria, onde desenvolvia suas próprias ferramentas, já que estas são relativamente caras. Todo o conhecimento em produzir internamente suas próprias ferramentas a WEG já dominava a anos. O conhecimento acumulado da empresa para produzir diferentes ferramentas permitiu à mesma utilizar o bem de capital para mais de uma finalidade. Mais especificamente para a produção de motores e geradores. Sendo assim, obteve economias de escopo de capital pelo uso da prensa, mas também de *know-how* pela capacidade tecnológica acumulada em suas rotinas relacionadas à ferramentaria. Pode-se com isso inferir que a acumulação de competência tecnológica novamente foi decisiva ao aproveitamento de economias de escopo que tornaram possível a diversificação.

Sendo assim, o conhecimento indivisível acumulado (fator capital humano) em ferramentaria implica na possibilidade de, para algumas etapas do processo de produção de mais de uma base produtiva a obtenção de economias de escopo no fator capital (a utilização de grandes prensas). Desta forma, se observa uma complementariedade das economias de escopo do fator humano incorporado no acúmulo de experiências em ferramentaria para possibilitar economias de escopo no fator capital, no caso a estamparia.

É desta forma que a empresa foi, progressivamente, construindo uma nova base produtiva (no caso para geradores), de forma a estruturar na WEG Máquinas as etapas de usinagem, a montagem e a bobinagem, que não há o uso comum do fator capital entre a produção de motores e geradores. No entanto, toda a estrutura de estamparia, fundição e trefilação continuaram sendo utilizadas de forma não competitiva entre a WEG motores e a WEG Máquinas, implicando em importantes economias de escopo durante a década de 1980.

O que estava ocorrendo durante a diversificação por toda a década de 1980 eram economias de escopo, pois a empresa foi capaz de realizar uma troca recorrente a partir de uma mesma base de *know-how* indivisível (dado seu forte caráter *learning-by-doing* e de conhecimento

tácito) e de uma mesma base da capacidade fabril instalada, permitindo baixos custos médios para a execução da produção. Dito de outra forma, estava ocorrendo o uso para a base produtiva de motores e geradores de um mesmo núcleo de competências com diversas aplicabilidades, de uma forma não competitiva e, portanto, que apresentavam economias de escopo dos fatores de produção.

De forma similar a estamparia, a trefilação gera economias de escopo em um conjunto de competências fungíveis dos fatores de produção, pois são utilizados fios circulares para motores de baixa tensão ou fios retangulares para motores de alta tensão e geradores. O fator capital (a máquina) que realiza a trefila é a mesma, mas a ferramenta muda conforme a necessidade de fazer um fio circular ou retangular na fiação.

Sendo assim, tal como na estamparia, se observa na trefilação o compartilhamento dos fatores de produção ao serem utilizados recursos não-tangíveis (o conhecimento em ferramentaria) e do insumo capital (as trefilas) em duas bases produtivas (motores e geradores) no qual o uso comum tem um caráter de não competitividade. Este uso comum e não competitivo na trefilação significa economias de escopo, de modo a obter redução de custos.

A existência de economias de escopo decorrentes da estrutura já existente não significava, no entanto, que não era necessário investir em aprendizado e novos processos para a nova base produtiva em geradores. Partes do processo diferem significativamente. O isolamento dos fios (parte do processo de trefilação) para fios circulares é feito com verniz, enquanto que para fios retangulares utiliza-se fibra de vidro, por exemplo. Dessa forma, foi necessário investir em cursos de treinamento para com os funcionários da empresa em esmaltação para fios retangulares. Não obstante, esta observação apenas confirma que houve a necessidade de investimento em capacitação adicional, ao invés de todo um esforço de investimento muito maior caso o material humano não tivesse acumulado competências na produção de motores.

Entre 1987 e 1988 a WEG iniciou a produção a partir de projeto próprio para a nova linha de geradores a diesel, de até 3 megawatts, o qual foi lançado no início da década de 1990. Pouco depois, por volta de 1993/94, a WEG já voltava a projetar novos produtos, os pequenos geradores hidráulicos e os geradores de turbina a vapor. Os projetos eram assinados pelo laboratório interno de P&D, mas é importante salientar que a *joint venture* com a LDW ainda estava ocorrendo, e,

como confirmado pela pesquisa de campo, revelou-se uma importante assessoria às atividades de engenharia. Foi dessa interação, que já em 1995, a WEG iniciou a produção dos pequenos hidrogeradores e turbogeradores (4 pólos). Essa capacidade internalizada no laboratório de P&D associada às inovações de maior grau sugerem que na metade da década de 1990 a WEG já operava com um nível intermediário avançado de capacidade tecnológica.

A relação com os clientes logo permitiu à empresa ter clareza de que para crescer no mercado de geradores seria necessário formar parcerias com “turbineiros”, pois seus potenciais clientes procuravam soluções completas, ou seja, ter o fornecimento da turbina e do gerador, bem como instalação, manutenção, e o acompanhamento constante do desempenho das máquinas a partir de um único contrato de compra. Desta forma, ganhar *market share* em geradores requeria a busca por parcerias, uma vez que a WEG não produzia turbinas.

Estimulada por essa percepção começou a “era das parcerias”. Já no início da produção de turbogeradores em 1995, a WEG estabeleceu parcerias com a TGM Indústria e Comercio de Turbinas e Transmissões Ltda. e, 1997 a WEG estabeleceu parceria com a ELIN da Áustria, hoje grupo Andritz VATECH, para fornecimento de turbinas para seus hidrogeradores.

Ainda sobre as parcerias, em 2007, a WEG encerrou a parceria com a ELIN e adquiriu 51% de participação no capital da HIDRÁULICA INDUSTRIAL S/A - HISA, fábrica de turbinas localizada em Joaçaba/SC, existente desde 1950 e que ao longo de sua trajetória atuou no mercado de turbinas abastecendo o sul e o centro-oeste (HISA, 2017). A Figura 5.26 mostra um exemplo do hidrogerador WEG e a turbina HISA, uma das soluções oferecidas pelo Grupo WEG.

A parceria realizada com a TGM para turbogeradores estava em vigor até o fechamento dessa tese, ainda que, desde dezembro de 2016, a empresa já tenha anunciado o intento de adquirir a TGM (WEG, 2017).

A partir do estabelecimento das parcerias com a TGM e a VATECH, em torno do final da década de 90, a WEG passou a galgar mercados, o que estimulou a empresa na diferenciação para produtos maiores e de maior potência. Gradativamente, durante a década de 2000, passou a ofertar geradores de 5, 10, 20 megawatts. No final da década, em torno de 2007/08 já produzia máquinas consideradas realmente grandes, de 4 metros de diâmetro, chegando a potências de até 150 megawatts atuais.

Cabem duas observações sobre a evolução da competência da WEG em sua base produtiva em geradores entre a década de 1990 e a de 2000. Primeiro, este processo foi acompanhado da crescente autonomia tecnológica tanto em *know-how* como em pesquisa e desenvolvimento de geradores elétricos. A autonomia na realização e incremento nos projetos estava consolidada ao final da década de 2000. É importante compreender que, durante a década de 2000 as pesquisas de nível incremental foram uma constante, via busca para minimizar o uso dos dispendiosos materiais.

Figura 5.26 - Soluções do Grupo WEG para geradores hidráulicos.



Fonte: WEG (2017a).

Em segundo lugar, à medida que a WEG passou a ofertar geradores maiores, principalmente a partir do final da década de 2000,

tornaram-se necessário novos investimentos. Isso envolveu as etapas de usinagem, montagem e bobinagem, todas desenvolvidas na WEG Máquinas e todas de forma totalmente distintas do que se realizou na WEG Motores. Em paralelo, as entrevistas confirmaram a impressão de que foram importantes as economias de escopo dos fatores capital e trabalho derivados das competências acumuladas pela WEG Motores em relação a fundição, trefilação e estamparia, já mencionadas nesta seção.

Ainda durante a década de 2000, a WEG tentou desenvolver a tecnologia para o turbogerador 2 polos, mas sem sucesso. A complexidade tecnológica da máquina revelou-se superior às capacidades já incorporadas⁷⁶. Dada a dificuldade de conseguir desenvolver o gerador de 2 polos, passou-se a buscar a aquisição da tecnologia fora da empresa. Em 2011 a WEG comprou a Electric Machinery – EM, em Minneapolis nos EUA, adquirindo assim a tecnologia do gerador dois polos, entre outras.

Tal aquisição também foi influenciada pelos projetos de internacionalização da empresa. De acordo com a WEG (2017a), a compra da planta da EM além do acesso a tecnologias no estado da arte, complementa as expectativas globais da WEG para a região, em conjunto com a planta industrial no México.

Ainda que um detalhamento maior sobre a todos os aspectos que envolveram essa aquisição não seja possível, dadas as restrições ao acesso às mesmas, uma vez que envolveria novas entrevistas e posterior análise junto da WEG para a liberação da publicação, o que envolve um tempo que não se dispõe para a finalização dessa tese, a aquisição da tecnologia do turbogerador 2 polos representa um aumento substancial na capacidade tecnológica da WEG, denotando claramente um nível arquitetural de capacidade tecnológica na área de eficiência energética em produto e de materiais.

A análise para a área de eficiência energética e materiais revelou que, assim como o processo de acúmulo de competência em motores, também no caso de geradores, as décadas são espaços de tempo do acúmulo de competências da empresa que a leva a níveis cada vez

⁷⁶ Por exemplo, a parte de mecânica dela é mais complicada, pois envolve questões como a vibração, dado que as bobinas estão girando a 3600 rpm. Com 4 polos divide-se os 3600 rpm por 4 bobinas, com duas divide-se 3600 por 2, de forma que a velocidade de giro destas e, conseqüentemente, as complexidades envolvendo a mecânica para mantê-las estável e não saírem “voando” é muito maior).

mais altos de capacidade tecnológica. A estratégia de dominar um conjunto amplo de tecnologias de forma a permitir a empresa inovar a um ritmo próximo ao da fronteira tecnológica é fator contínuo, que remete a agressividade tecnológica.

Discutidas as questões relacionadas a área de eficiência energética e materiais, volta-se a área de controlabilidade do processo de produção de geradores elétricos, ou seja, a utilização de hardware (máquinas e equipamentos) e software, para o comando destas máquinas.

Os processos de produção para geradores elétricos são bem menos automatizados do que os de motores elétricos, por utilizarem-se de máquinas semi-automatizadas como tornos e fresas. Tais máquinas e equipamentos, como explicado anteriormente, são “máquinas universais”, de forma que existe disponível para serem adquiridas no mercado a baixos custos de transação.

Apenas para algumas poucas etapas do processo de produção são fabricadas máquinas automatizadas internamente. Alguns processos de fabricação de componentes maiores, que durante a década de 1980 e meados de 1990 eram manuais, com o amplo uso da automação passou-se a utilizar máquinas automatizadas que, dado o caráter específico de utilização para a produção de geradores, foram produzidas internamente na fábrica de ferramentaria da empresa. Cita-se como exemplo o encapamento de isoladores de mica e outros materiais enrolados diagonalmente em fios rígidos através do uso de CNC (comando numérico computadorizado). A automatização deste processo permitiu a fabricação interna desta máquina, atingindo flexibilidade na adaptação de bitolas e isolantes de diferentes espessuras com crescente produtividade.

Cabe citar ainda os programas de simulação, que em meados dos anos 1990 passaram a ser amplamente utilizados. Estes costumam ser adquiridos nas trocas de mercado, com consultoria externa, desenvolvido com código aberto a empresa, sendo possível customizá-lo tanto pelo consultor quanto pelos engenheiros internamente, de acordo com o grau de complexidade. A possibilidade da aquisição de software com o código aberto em softwares como programas de simulação é algo importante para o processo produtivo de uma empresa. Isso porque requer conhecer as constantes especificações e mudanças dos produtos que a empresa oferta.

Quando uma empresa adquire um software pronto, que executa determinadas tarefas, estes podem não estar exatamente em conformidade com o produto que a empresa desenvolve ou não permitir a conformação e especificações com o qual determinados clientes desejam. Sendo assim, as empresas adquirentes do software podem pretender fazer mudanças nos mesmos para executar as tarefas desejáveis para sua linha de produção (ou determinada linha). Desta forma, a maior ou menor facilidade de transacionar a aquisição de software com códigos abertos é importante para a tomada de decisões em adquirir os softwares de terceiros. A aquisição de softwares de simulação com código aberto a empresa é uma tecnologia utilizada para motores e geradores WEG. Para os aerogeradores estes são desenvolvidos a partir da aquisição do *know-how* da NPS.

As manutenções realizadas na unidade de geradores, tal como na unidade de motores são preventivas, com frequências que variam de 3 em 3 meses a 6 em 6 meses. As manutenções do equipamento pesado para as máquinas universais adquiridas são realizadas pelos seus representantes de assistência técnica.

A discussão acima permite classificar a WEG na unidade de geradores na área de controlabilidade do processo de produção no nível incremental avançado. Deve-se ressaltar que as questões do empenho em desenvolver a tecnologia no processo dependem dos custos de adquirir estas máquinas no mercado. No entanto, as máquinas automatizadas e softwares que são desenvolvidas internamente são comparáveis ao que é oferecido no mercado.

5.2.5 Síntese do tópico: O acúmulo de capacidades que permitiu a geração de economias de escopo

Em suma, esta seção abordou 4 sub-tópicos. O sub-tópico 5.2.1 explorou as similitudes e diferenças dos processos de produção de motores e geradores elétricos. A estrutura básica entre motores e geradores elétricos é a mesma, pois são máquinas eletromagnéticas que podem se converter uma na outra. Elas possuem componentes similares, como ímãs que constituem o estator e as bobinas que constituem o rotor. No entanto, por questões de aplicabilidade e de custos das máquinas, convencionou-se no mercado a utilização de máquinas assíncronas para motores elétricos de baixa tensão, enquanto para geradores estabeleceu-se o uso de máquinas síncronas.

O sub-tópico 5.2.2 abordou de forma simplificada o processo de produção em geradores elétricos. Foi possível denotar que existem similitudes entre os processos de produção entre motores e geradores elétricos, mas que estes diferem substancialmente dado a diferença dos dimensionamentos, o que também se refletem nos diferentes índices de complexidade econômica. Os motores elétricos de baixa tensão são máquinas pequenas em relação aos geradores. Ademais, os geradores elétricos são encomendados sob dadas especificações. A produção de um único gerador pode levar meses. Desta forma, não há uma produção em linha, o que torna seu processo de produção menos automatizado e mais dependente do *know-how* em engenharia do que no caso da produção em linha dos motores de baixa tensão.

No tópico 5.2.3 discutiu-se o conjunto de mecanismos de aprendizagem internos e externos utilizados para a construção da capacidade tecnológica da WEG Energia para geradores elétricos.

Em termos de mecanismos externos de aprendizagem, estes foram utilizados mais intensamente nas décadas de 1980 e 1990, e estiveram relacionados a *Joint Venture* com a Lloyd Dynamowerke – LDW. Destaca-se como mecanismo externo de aprendizagem de uso contínuo as interações com clientes e fornecedores. Esses mecanismos resultaram em pequenas melhorias, mas também em inovações substanciais.

Em termos de mecanismos internos de aprendizagem, cabe destacar sua maior diversidade em relação ao número de mecanismos externos, assim como a continuidade de seus usos e a crescente variedade ao longo da existência da base produtiva em geradores elétricos. Estes resultados apontam um claro objetivo de dominar a tecnologia e internalizar conhecimentos que permitem realizar projetos de P&D. Os mecanismos de aprendizagem interna em termos de resultados também geraram pequenas melhorias e inovações substanciais. Estes resultados, obtidos pelos mecanismos de aprendizagem, tanto interno quanto externo, no que se refere à produção de geradores, sugerem que a WEG age com uma estratégia tecnológica defensiva (Freeman e Soete, 2008), definida pela alta velocidade na absorção e implementação dos avanços da fronteira tecnológica mundial.

Em termos de mecanismos de aprendizagem interna, cabe destacar ainda a codificação. Esta forma de aprendizagem sofreu considerável modificação ao longo do tempo. Inicialmente, durante a

década de 1980, este arquivamento era feito na forma da elaboração de manuais e do constante *feed-back* em cima destes manuais, aperfeiçoando-os de forma contínua. Já na década de 1990 e, principalmente para a década de 2000, com a difusão do uso de computadores a meta informal passou a ser usar a codificação de forma aplicada ao processo de produção, na forma de *softwares* que pudessem ser aplicados diretamente no processo produtivo.

No tópico 5.1.3 se fez um esforço de caracterizar a construção de capacidades tecnológicas em geradores elétricos. Este esforço se concentrou nas áreas de eficiência energética em produtos e materiais, e na controlabilidade do processo. Um importante resultado desta pesquisa foi que a diversificação da empresa, para a base produtiva de geradores elétricos, obteve economias de escopo advindas da acumulação de capacidade tecnológica em motores elétricos. Estas se deveram principalmente pelo uso dos fatores de produção de forma não competitiva na fundição, trefilação, estamparia e ferramentaria.

Destaca-se, neste sentido, a ferramentaria, que permitiu que uma série de máquinas antes utilizadas somente para a produção de motores elétricos, fossem adaptadas para a produção de geradores elétricos. Como um exemplo, destacou-se a utilização de uma grande prensa (processo de estampagem das chapas), em que a prensa pressiona a ferramenta na lâmina de aço-silício, formando as chapas que irão compor o estator e o rotor. O fator de uso comum de capital está no uso da mesma prensa, enquanto o fator de uso comum material humano está no *know-how* acumulado para desenvolver a geometria que se deseja na ferramenta que, ao ser pressionada (pela prensa) na lâmina de aço-silício, se obtém a chapa, com o raio ou profundidade das ranhuras desejadas (a geometria da chapa desejada).

É importante destacar que a pesquisa permite afirmar que a diversificação da WEG Motores para a WEG Energia, que aumentou a complexidade produtiva, ocorreu quando a empresa já havia alcançado o nível de capacidade tecnológica incremental avançada em motores elétricos de baixa tensão. O nível incremental avançado, caracteriza-se pela capacidade de introdução de novos produtos, processos e sistemas de equipamentos. Desta forma a diversificação para geradores ocorre em um momento em que a WEG já possuía a capacidade tecnológica de produzir motores diferenciados, como motores a prova de explosão e que atuam embaixo d'água. Antes desse nível, não há indícios de que a

empresa estivesse preparada para fazer a diversificação em uma base produtiva de maior complexidade.

Na área de eficiência energética em produto e materiais, observou-se que, inicialmente, pelo intento de aproveitar a estrutura fabril já existente na empresa, as primeiras inovações, derivadas de um nível básico de capacidade tecnológica, se deram no produto para adequá-lo ao processo fabril já existente, consistindo de mudanças sutis para não descaracterizar o projeto de gerador adquirido da LDW. Posteriormente, a partir de 1983, as inovações típicas de um nível incremental intermediário de capacidade tecnológica, se deram no sentido de melhorias no produto e de redução de custos no processo de fabricação.

O período que engloba o final da década de 1980 e início da década de 1990 se caracterizou pela acumulação da capacidade tecnológica ao nível incremental avançado, com o surgimento da nova linha de geradores a diesel, e das linhas de hidro e turbogeradores. A WEG atingiu o nível arquitetural com a aquisição da tecnologia para desenvolver o turbogerador 2 pólos em 2011, que caracterizou uma mudança em termos da relação entre os componentes da tecnologia.

Em termos de acumulação de capacidade tecnológica na área de controlabilidade do processo de produção, destaca-se que, os processos para geradores elétricos são bem menos automatizados do que no caso de motores elétricos. Também, a maioria das máquinas utilizadas no processo de produção são adquiridas no mercado, pois boa parte destas são compostas de fresas e tornos que são utilizadas em uma variedade de indústrias e, assim, possuem baixo custos de transação de aquisição e manutenção.

No entanto, máquinas específicas ao processo de produção de geradores, como máquinas para encapamento de isoladores de mica e outros materiais enrolados diagonalmente em fios rígidos através do uso de CNC (comando numérico computadorizado) são produzidos internamente pela empresa na ferramentaria. A fabricação interna destas máquinas possui nível de capacidade tecnológica avançado, pois são máquinas que competem com as oferecidas pelo mercado, com a WEG inclusive exportando-as a outros países, como China e Índia.

O próximo tópico discute, através de informações obtidas em pesquisa de campo, se as capacidades tecnológicas acumuladas em geradores, durante os 35 anos de existência da base produtiva em

geradores elétricos, implicaram em economias de escopo para a entrada da empresa no mercado eólico.

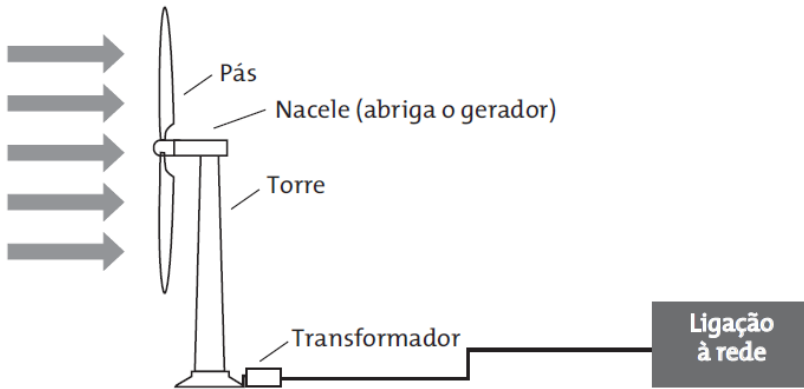
5.3 EVIDÊNCIAS DO APROVEITAMENTO DE ECONOMIAS DE ESCOPO PARA A DIVERSIFICAÇÃO PARA AEROGERADORES

Esta seção está dividida em 3 três sub-tópicos. O primeiro faz uma explanação geral a respeito do produto aerogerador e a cadeia produtiva brasileira. O segundo sub-tópico trata do histórico da formação da base produtiva da WEG no mercado eólico. Por fim, no terceiro sub-tópico, discute-se os resultados obtidos na pesquisa de campo a respeito da existência de economias de escopo advindas da acumulação da capacidade tecnológica em geradores, bem como a importância desta para a diversificação da empresa na base produtiva para o desenvolvimento de uma base produtiva em aerogeradores.

5.3.1 A cadeia produtiva da produção de energia eólica no Brasil

A geração de energia eólica utiliza o vento como fonte de energia primária. O processo de geração ocorre por meio de um aerogerador (uma turbina eólica) composto basicamente por uma torre, um conjunto de pás acoplado a um rotor e uma nacelle (nome dado ao compartimento utilizado para diversos equipamentos, como gerador elétrico, dispositivos de medição da velocidade e direção dos ventos), componentes responsáveis pela rotação da nacelle para melhor aproveitamento do vento etc (LAGE e PROCESSI, 2013). A Figura 5.27 é uma ilustração básica dos componentes de um aerogerador.

Figura 5.27 - Componentes de um aerogerador.



Fonte: Lage e Processi (2013, p. 185).

O princípio de funcionamento dos aerogeradores é o de conversão da energia cinética dos ventos em energia elétrica para geração de potência. A transformação energética se dá com o escoamento do vento por meio das pás do rotor, que faz funcionar o conjunto de engrenagens de redução e eixos acionadores do gerador elétrico (LAGE e PROCESSI, 2013). Ou seja, as pás são movimentadas pelo vento. Essa energia mecânica é transformada em energia elétrica.

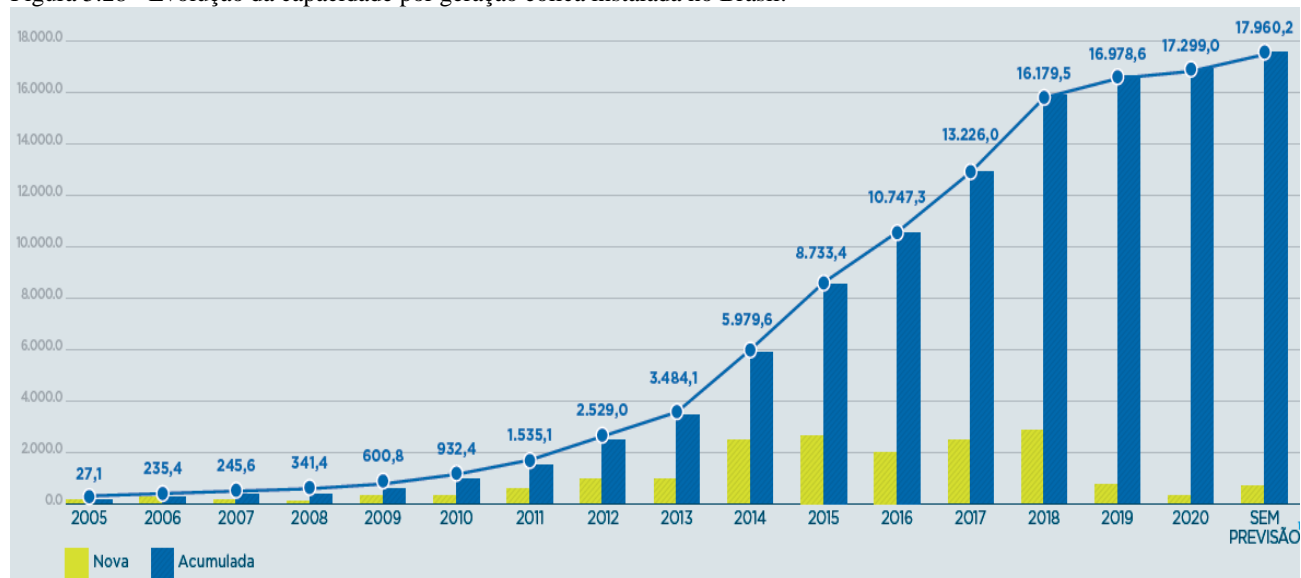
Em termos de potencial eólico, o Brasil conta com alta velocidade dos ventos e estes são considerados bem comportados, diferentes de certas regiões da Ásia e dos Estados Unidos, sujeitas a ciclones, tufões e outras turbulências. O maior potencial se encontra no nordeste. Nos períodos de seca, quando os reservatórios das barragens estão em seu nível mais baixo, ocorre o período de maior incidência e intensidade de ventos. Este aspecto é um forte estímulo a uma política de complementaridade entre as fontes eólica e hidrelétrica para proporcionar um suprimento de energia contínuo na região durante o ano inteiro (COSTA, CASOTTI e AZEVEDO, 2009).

A Figura 5.28 mostra o aumento da capacidade de geração de energia elétrica em megawatts por fonte eólica no Brasil após a institucionalização do PROINFA. Os dados referem-se a contratações realizadas até o ano de 2016. De modo que a nova geração contratada de 2017 a 2020 são estimativas de instalações para os respectivos anos. Os parques eólicos já contratados até 2016 e que estão sem previsão de

instalação se deve a obras paralisadas devido a problemas com o fornecimento de equipamentos e máquinas.

De acordo com Podcami (2014), a importância do PROINFA na década de 2000 foi institucionalizar enquanto programa de estímulo ao aumento da participação da geração por energia eólica a garantia de uma reserva de mercado e reduzir os riscos dos investimentos a ela associados. Os dados da Figura 5.28 sugerem que o programa de incentivos teve um impacto positivo na atração de investimentos de empresas em parques eólicos no Brasil. De acordo com o ABEEólica (2017) a estagnação dos novos investimentos em 2015 e retração em 2016, resultados do conturbado cenário político e institucional brasileiro atual, refletem na redução de energia nova instalada para 2019 e 2020.

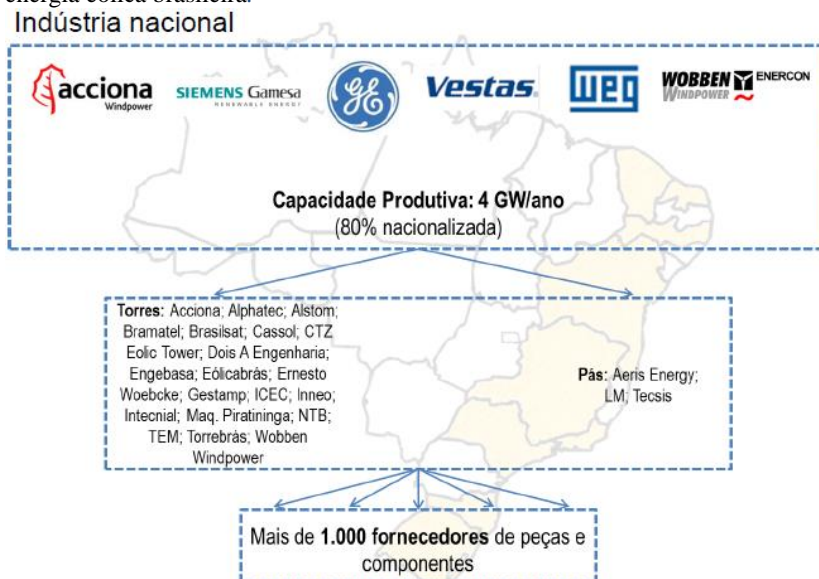
Figura 5.28 - Evolução da capacidade por geração eólica instalada no Brasil.



Fonte: Boletim Anual de Geração Eólica (2016, p. 22).

Em se tratando do mercado brasileiro de geração de energia elétrica por fonte eólica, a Figura 5.29 expõe três informações importantes na Figura. Primeiro, referente a divisão da cadeia produtiva que, de maneira simplificada, pode ser dividida em fornecedores de pás, de torres e da nacelle e seus componentes. Em segundo, é possível visualizar as principais empresas atuantes no mercado brasileiro. Em se tratando da nacelle e seus componentes, as empresas que produzem no Brasil são representadas por seus logotipos. As empresas atuantes no fornecimento de pás e torres estão nomeadas na figura. Em terceiro, o fato de que 80% da cadeia produtiva é de produção nacional, ou seja, fabricada internamente. Esta questão está relacionada as exigências de conteúdo nacional para obter financiamento do BNDES. Tais questões são exploradas mais à frente.

Figura 5.29 - Principais empresas atuantes na cadeia produtiva na geração de energia eólica brasileira.



Fonte: Meller (2017, p.16).

Acrescenta Podcameni (2014) que a maioria das empresas produtoras de aerogeradores que já se instalaram ou estão se instalando no Brasil são compostas de multinacionais estrangeiras, como a argentina Impsa e empresas globais já consolidadas no mercado e com

forte atuação nos mercados norte-americano e europeu como a Wobben, Alstom, Gamesa, Vestas, Siemens, Acciona, GE.

O mercado brasileiro, apesar de possuir importância crescente, não é o principal para estas empresas globais. Conforme descreve Podcameni (2014), a participação de empresas brasileiras no mercado de geração de energia eólica se destaca pelo fornecimento de pás (praticamente todo mercado com a Aeris Energy e a Tcsis) e pelo fornecimento de torres (Engebsa, Piratininga máquinas, Tecnomaq, Intecnial, RM eólica). No entanto, a única empresa brasileira fornecedora da nacela e seus componentes é a WEG.

A descrição dos parágrafos acima é importante para entender quais são as empresas que atuam nas etapas da cadeia produtiva de maior complementariedade de conhecimento tecnológico no mercado de geração de energia eólica. Isso porque, em termos de complexidade tecnológica, as empresas produtoras da nacela e seus componentes são as que possuem maior mix de conhecimento tecnológica.

Conforme descreve Lage e Processi (2013), os fabricantes de naceles detêm a tecnologia associada à geração de energia eólica, sendo responsáveis pelo desempenho do aerogerador e, conseqüentemente, pela escolha dos fornecedores de pás e de torres, quando esses componentes são subcontratados. A subcontratação de componentes é uma prática comum nesse mercado, sendo realizada, geralmente, pelas empresas fabricantes de naceles que, em seguida, montam o equipamento.

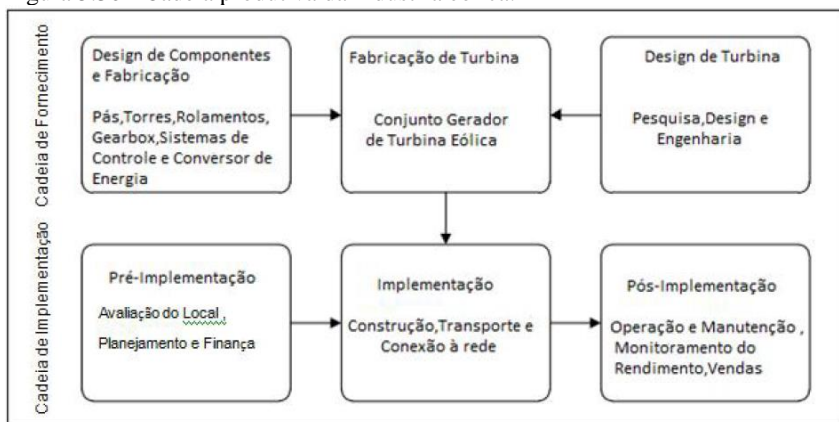
Com respeito à informação da Figura 5.29 de que 80% da cadeia produtiva é nacional, esta conjuntura está relacionada aos critérios de financiamento do BNDES. Conseguir financiamento junto ao BNDES na década de 2000 era especialmente atrativo pois, conforme descreve Podcameni (2014), o montante financiável pelo BNDES era de até 80% do financiamento para os projetos selecionados pelo PROINFA, que por sua vez garantia contratos de venda de energia de longo prazo celebrados com a Eletrobrás, por 20 anos.

No entanto, a regra de nacionalização do BNDES exigia que o aerogerador fosse produzido por uma fábrica no País, mais especificamente, exigia que 60% (em valor e em peso) do aerogerador fossem produzidos no Brasil. Dado que muitos dos fornecedores como GE, Acciona e Siemens não tinham fábricas das nacela e seus componentes no país, houve uma negociação em que estas multinacionais assumiram o compromisso (perante o BNDES) de

instalarem unidades produtivas de aerogeradores (as naceles e seus componentes) no país a longo prazo e, a curto prazo, estas empresas conseguiam enquadrar seus aerogeradores dentro da regra de nacionalização pela aquisição das torres e pás produzidas no Brasil, enquanto importavam a nacela (PODCAMENI, 2014).

Desta forma, a atuação conjunta do PROINFA e do BNDES direcionaram a formação do mercado eólico no Brasil, principalmente em relação as empresas produtoras de nacela. A cadeia produtiva da indústria eólica, pode ser ainda dividida de forma a visualizar a logística envolvida. A Figura 5.30 apresenta seis atividades básicas, separadas em cadeia de produção do equipamento ou cadeia de fornecimento e a cadeia de projeto, serviços, manutenção e monitoramento relacionados à implementação do parque eólico.

Figura 5.30 - Cadeia produtiva da indústria eólica.



Fonte: Podcameni (2014, p. 69).

Por fim cabe mencionar que os esforços de inovação relacionados à nacela dizem respeito, à diminuição do atrito dos componentes, bem como a busca por maior estabilidade no fornecimento de energia à rede e à aerodinâmica da nacela para maior aproveitamento energético. Já em relação a fabricação das pás e das torres, a inovação se dá pelo desenvolvimento em torno do *design* e dos materiais utilizados. Em relação as pás, estas inovações visam aprimorar a aerodinâmica e otimizar o aproveitamento do vento. No caso das torres, busca-se reduzir custos (LAGE e PROCESSI, 2013).

Em síntese, este sub-tópico mostra que a geração de energia elétrica por fonte eólica teve um crescimento substancial no Brasil após os anos 2000. Destacou-se no SNI brasileiro o PROINFA e o BNDES como agentes fomentadores deste mercado. Também se salienta que dentro da cadeia produtiva deste mercado, a tecnologia associada à geração de energia eólica se encontra entre as empresas produtoras da nacele e seus componentes. Neste sentido, entre as empresas brasileiras que atuam neste mercado a WEG se destaca, por ser a única atuante nesta etapa da cadeia produtiva do mercado eólico.

5.3.2 O histórico da WEG em aerogeradores

O histórico da WEG no mercado de aerogeradores pode ser observado de forma simplificada pela Figura 5.31. Conforme Meller (2017), o início da WEG com o mercado de geração de energia eólica se deu entre 1997/1998 fornecendo geradores para as naceles da empresa GE e em 2002 para a americana Clipper.

Em 2011 a empresa realizou uma *joint venture* com o grupo MTOI, visando a transferência de tecnologia. De acordo com Podcameni (2014), em 2012, a *joint venture* lançou seu primeiro aerogerador de 1,65 MW, porém esta potência foi considerada pequena para o mercado brasileiro e a empresa não conseguiu realizar nenhuma venda. O tamanho do aerogerador da WEG era considerado adequado para o mercado brasileiro no momento em que empresa desenvolveu o projeto em 2011, mas foi considerado ultrapassado no momento do seu lançamento em 2012. Por isso, a *joint venture* com a MTOI foi desfeita.

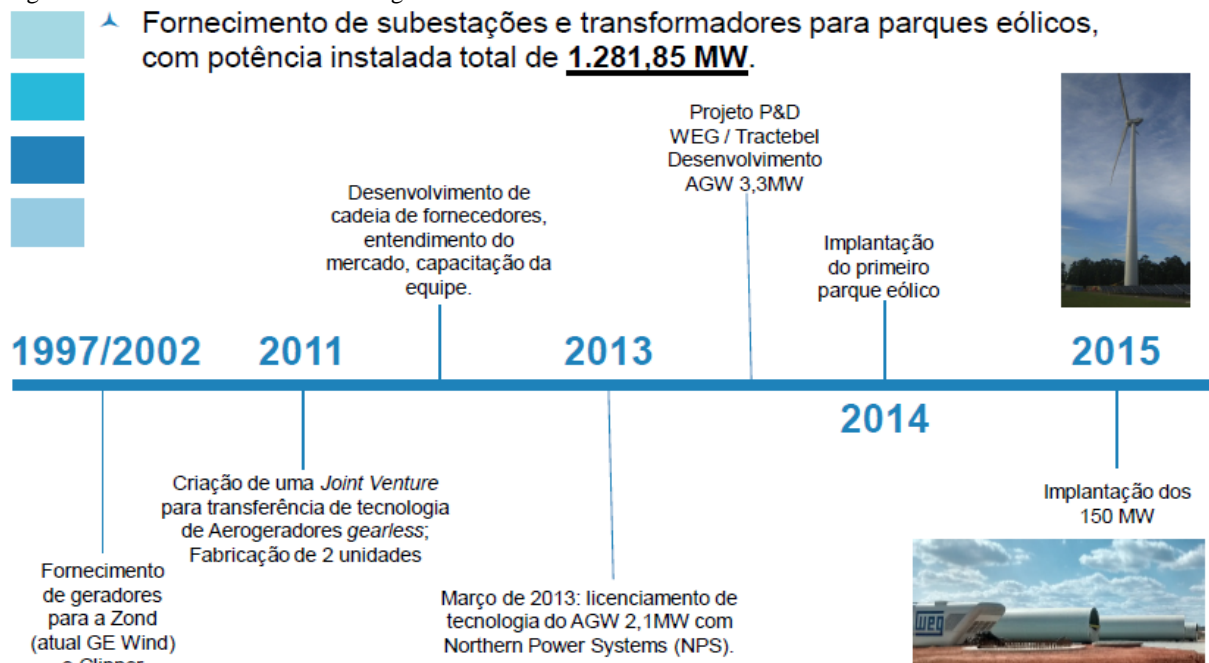
No entanto, os passos de entrada no novo mercado continuaram em 2012 com a empresa buscando o entendimento do mercado, o desenvolvimento de uma cadeia de fornecedores de componentes, bem como a capacitação da equipe. De acordo com a pesquisa de campo, a experiência com máquinas grandes na WEG Máquinas tinha demonstrado para a WEG que as questões relacionadas a logística para oferecer soluções de grandes equipamentos, com grandes alturas e profundidades incorrem em uma série de difíceis desafios de instalação e, portanto, a logística era uma questão fundamental. É neste sentido que a WEG procurou solucionar possíveis gargalos para o mercado em que estava entrando.

Em 2013, a WEG assinou parceria de transferência de tecnologia com a companhia americana Northern Power System – NPS.

O acordo tecnológico previa a cooperação para que a WEG ofertasse no mercado sul-americano aerogeradores entre 2,1 e 2,3 MW com rotores das pás entre 93 e 110 metros de diâmetro, instalados em torres de até 120m de altura (ABDI, 2017).

A tecnologia obtida com a NPS foi de aerogeradores AGW que, de acordo com Meller (2017), representavam o estado da arte do período, o que estava representado em elementos como “o acionamento direto”, sem a necessidade de caixa de engrenagem, “o gerador síncrono” utilizado com tecnologia de imãs permanentes, empregado com conversores de potência plena.

Figura 5.31 - Histórico da WEG no segmento eólico.



Fonte: SILVA (2016, p. 2).

De acordo com a pesquisa de campo a utilização de geradores de ímãs permanentes em aerogeradores é elemento da competitividade de muitas empresas⁷⁷, pois a maior parte dos aerogeradores do mundo é de máquinas síncronas normais.

Ainda em 2013 se estabeleceu um projeto de P&D com um dos principais clientes da WEG, a Tractebel, empresa geradora de energia de capital belga que opera no Sul do Brasil (FIELDMANN, 2015). O contrato realizado com a Tractebel foi para o desenvolvimento de um aerogerador com potência nominal de 3,3W, com tecnologia 100% nacional.

Em 2014 a WEG fez o comissionamento de 11 aerogeradores com capacidade de 2.1MW no parque eólico em Ibiapina (CE). No entanto este não entrou em operação dado aos problemas de finalização da subestação para transmissão por parte do governo. Em 2015 este problema é solucionado, iniciando o fornecimento dos 150 MW (MELLER, 2017).

Em 2016, como descrito no capítulo 4, a WEG adquire o negócio de energia eólica da NPS. A intuição induz e as entrevistas sugeriram que depois de anos de parceria via *joint venture*, parece ter ficado claro que a tecnologia que a NPS detinha tratava-se de uma tecnologia de fronteira tecnológica na geração eólica. Como Meller (2017) salientou os aerogeradores AGW representam “o estado da arte” neste mercado.

É neste sentido que a agressividade tecnológica da WEG se mostra novamente na entrada para este mercado ainda emergente. A aquisição permite a absorção tecnológica de uma série de ativos que seriam difíceis de serem obtidas pela *joint venture*. Tais ativos envolvem diversas patentes, mas também segredos industriais e mesmo o conhecimento tácito do pessoal de P&D e, provavelmente, outros tais

⁷⁷ Conforme a pesquisa de campo, o gerador de ímãs permanente não permite controlabilidade, pois não se controla o campo magnético. Deve-se entender que a não controlabilidade é uma característica desejável em um gerador utilizado na geração de energia eólica uma vez que esta depende da velocidade do vento, o que resulta com que a frequência gerada seja toda aleatória. É somente em um processo posterior que aquela energia que foi gerada em determinados momentos com amplitude alta e em outros com baixa amplitude, que será transformada em uma amplitude constante. É neste momento que se utiliza os inversores de frequência, que permite simular uma frequência de 60hz, por exemplo.

como conhecimento sobre o mercado e a demandas específicas dos clientes enfatizados por TEECE (1980, 1982).

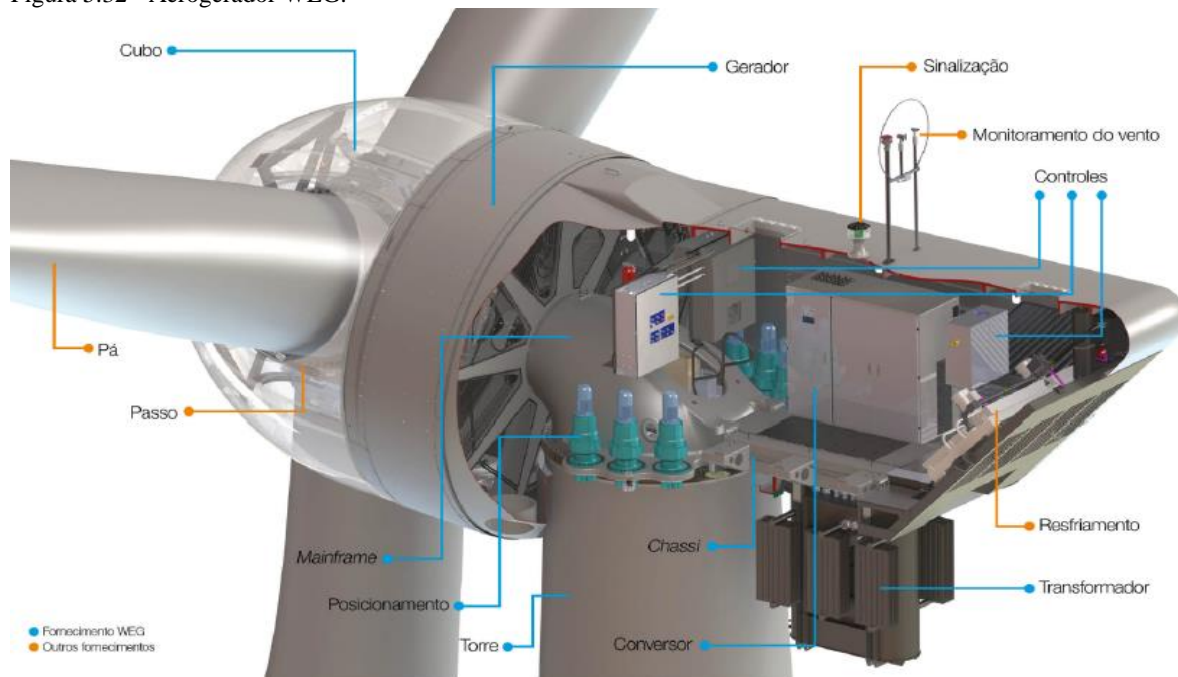
5.3.3 Economias de escopo obtidas a partir da construção de competências em geradores

Dada a complexidade tecnológica que envolve a construção e instalação de aerogeradores e o acúmulo de capacidades tecnológicas da WEG em vários produtos, é plausível supor que haja uma variedade de economias de escopo obtidas pela empresa ao diversificar para o mercado eólico. De acordo com a ABDI (2017), a entrada da WEG já se dá com o intento de fabricar internamente diversos componentes, aproveitando seu parque fabril e sua expertise na área elétrica, tais como: gerador, transformador, painéis e conversor, além dos elementos estruturais da nacelle e do eixo, executando internamente processos de usinagem e caldeiraria.

Não é difícil, desta forma, inferir que todas (ou boa parte) das unidades de negócio que compõe o Grupo WEG tenham influenciado a decisão de diversificação para o mercado eólico. Esta pesquisa, no entanto, se limitou a explorar se houve e quais as economias de escopo obtidas a partir do acúmulo de capacidade tecnológica da empresa em sua base produtiva em geradores elétricos, bem como quais foram os conhecimentos tecnológicos adicionais que a empresa teve de adquirir para viabilizar a produção de aerogeradores, completando assim a investigação sobre os motivos que explicariam a diversificação (aumento da complexidade) produtiva da WEG, para esse segmento.

A diversificação para aerogeradores, ocorreu quando a empresa já detinha, segundo a análise elaborada em níveis de capacidade para geradores, o nível de capacidade incremental avançada, fazendo a transição para um nível arquitetural. O nível incremental avançado, caracteriza-se pela capacidade de introdução de novos produtos, processos e sistemas de equipamentos. Desta forma a diversificação para aerogeradores ocorre em um momento em que a WEG já possuía a capacidade tecnológica de produzir geradores diferenciados.

Figura 5.32 - Aerogerador WEG.



Fonte:

Silva

(2016,

p.

5).

Tal como o início da produção de geradores, a WEG procurou aproveitar a capacidade tecnológica já acumulada para iniciar a produção de seus aerogeradores. Desta forma, optou por estruturar a base produtiva em um galpão na WEG Energia, de forma a utilizar a estrutura fabril já existente. A Figura 5.32 permite a visualização dos componentes do aerogerador que a WEG produzia, destacadas pelas linhas azuis, e aqueles componentes que a empresa adquiriu de terceiros destacadas pelas linhas amarelas. Verifica-se que a empresa produz a nacelle e grande parte de seus componentes e a torre, adquirindo de outros fornecedores as pás e alguns componentes da nacelle.

Embora a empresa tenha procurado aproveitar economias de escopo, é importante entender que somente em termos de geradores, existe uma grande diferença entre os geradores excitados eletricamente e o gerador de ímãs permanentes utilizados no aerogerador, estes conhecimentos não são intercambiáveis pois há uma série de particularidades, de forma que os processos industriais sejam completamente diferentes. Cita-se como exemplo o estator do aerogerador que é totalmente segmentado com bobinas concentradas, enquanto para os geradores excitados o estator é uma peça inteira, de forma que o processo de fabricação, inserção e isolamento de tais bobinas sejam totalmente diferentes de geradores que utilizam rolamentos imbricados, onde a bobina é pré-formada.

As economias de escopo evidenciam-se primeiro em termos do fator capital pelo uso dos fios, que advém da mesma unidade de trefilação, e a estamparia, em que se utilizam os tornos e fresas já existentes na fabricação dos geradores tradicionais. Em segundo, pelo conhecimento já acumulado na bobinagem em geradores tradicionais, tal como para o processo de isolamento e o processo de impregntação, de forma que implicou em um menor tempo para o aprendizado das etapas do processo de produção das bobinas do gerador de ímãs permanentes. A Figura 5.33 mostra o bobinamento do gerador de ímãs permanentes no galpão de montagem de aerogeradores na WEG Energia.

Analisando a relevância que o acúmulo de capacidades em geradores excitados tiveram para a entrada da empresa no mercado eólico, a pesquisa de campo mostrou alta relevância, de forma que a capacidade de inovar em geradores elétricos foi decisiva à decisão de entrar no mercado de aerogeradores. A existência de pessoal treinado e a

engenharia já estruturada tornou relativamente simples o processo para compreender a engenharia do aerogerador.

Na pesquisa de campo, ao questionar os entrevistados sobre a importância do acúmulo de capacidade tecnológica em geradores na WEG Energia para o processo de produção do gerador utilizado na nacela, estes descreveram que, caso a WEG não tivesse a capacidade de inovar em geradores que tinha na década de 2010, o aprendizado do processo de produção da tecnologia adquirida de geradores de ímãs permanentes da NPS teria durado 4 ou 5 anos, enquanto que a WEG em cerca de um ano e meio estava fabricando este tipo de gerador. Não somente, pois simultaneamente ao processo de aprendizagem (ou seja, do desenvolvimento da capacidade de produção), realizou uma série de inovações de nível de capacidade tecnológica incremental intermediária, ao reduzir os custos do processo produtivo do projeto original adquirido.

Figura 5.33 - Carcaça do gerador de ímãs permanentes sendo bobinada.



Fonte: Meller (2017, p. 58).

Todo o conhecimento acumulado na fabricação do núcleo magnético, o processo de fabricação de bobinas, de isolamento, de montagem etc. desenvolvido nos 30 anos de existência da base produtiva

de geradores foram fundamentais para a empresa incorporar e inovar rapidamente o projeto de fabricação do gerador eólico. Caso estas economias de escopo, tanto em termos de engenharia do processo como em termos de engenharia industrial não existissem, além do tempo de aprendizagem haveria inúmeras tentativa e erro (além daquelas que tiveram mesmo com um corpo de engenheiros experientes), o que em termos de investimento é elevadíssimo.

O Quadro 5.5 coaduna as afirmações acima. O quadro foi utilizado na pesquisa de campo⁷⁸ e mostra as respostas obtidas ao se questionar nas entrevistas caso a WEG não tivesse capacidade tecnológica acumulada em geradores e viesse a entrar no mercado eólico, se a necessidade de transacionar a produção de geradores por terceiros implicaria em custos de oportunismo, quebras de contrato, poder de mercado, fornecimento de produtos de baixa qualidade, assistência técnica intermitente etc.

Quadro 5.5 – Relevância da capacidade tecnológica acumulada em geradores para entrar no mercado eólico

Quesito Custos de Transação	Importância		
	Alta	Média	Baixa/irrelevante
A WEG incorreria em custos com a elaboração e negociação de contratos com a empresa fornecedora de geradores.	XXXX		
A WEG incorreria em custos de monitoramento do desempenho do fornecedor de geradores.		X	XXX
Uma vez que há similaridade no conhecimento técnico para inovação em geradores e aerogeradores, a WEG estaria desperdiçando potencial inovativo ao terceirizar a produção de geradores.	XXXX		

Fonte: Pesquisa de campo.

Conforme o Quadro 5.5, em relação aos custos de elaboração de contratos para com empresa fornecedora de geradores e o desperdício da similaridade do conhecimento tecnológico que tal relação contratual significaria, todos os entrevistados descreveram que a acumulação de capacidade tecnológica em geradores teve alta importância.

Em relação a incorrer em custos de monitoramento a opinião dos entrevistados variou entre média e baixa relevância. Estes custos de

⁷⁸ Esta etapa da pesquisa foi realizada com 4 funcionários da empresa: entrevistados 7, 8, 9 e 10 do Quadro 3.2.

contrato e monitoramento teriam de ser repassados no produto, de forma a dificultar a concorrência da empresa nos leilões de energia eólica.

Isto posto, ressalta-se novamente que existe uma grande diferença entre os geradores excitados eletricamente e o gerador de ímãs permanentes, de modo que foi necessário a aquisição do projeto do produto. As economias de escopo se apresentam na engenharia do produto (ao dispor de todo um conjunto de profissionais de engenheiros experientes com os desafios de realizar P&D em novos projetos), e na engenharia industrial (pessoal do processo de fabricação, acostumados com a inserção de bobinas, balanceamento, ou manuseio de equipamentos pesados), que foram fundamentais para a empresa em um ano e meio ser capaz não somente de produzir, mas inovar em cima do projeto adquirido. As economias de escopo, neste sentido, se apresentam em tempo de aprendizagem para gerar e gerir inovações em uma nova tecnologia.

No entanto, o aerogerador é um produto mais complexo, a nacele não é composta somente do gerador de ímãs permanentes. Há toda uma eletrônica de potência aplicada ao gerador de ímãs permanentes. Desta forma, foi necessário a aquisição adicional dos fatores de produção para viabilizar a base produtiva de aerogeradores.

Neste sentido, em termos do fator capital foi destacado a bancada de montagem e a bancada de testes dos aerogeradores, bem como a compra de alguns dispositivos. A Figura 5.34 permite a visualização do galpão onde foi estabelecido a bancada de montagem e de testes dos aerogeradores na WEG Energia.

Em termos de fator material humano adicional, o fundamental foi o *know-how* na parte do controle de do aerogerador, ou seja, a eletrônica de potência. Esta competência adveio da *joint venture* (posteriormente aquisição) da NPS nos EUA.

Figura 5.34 - Galpão estruturado para a montagem e testes do aerogerador na WEG Energia.



Fonte: Meller (2017, p. 60).

No início da pesquisa de campo acreditava-se que o conhecimento em ímãs permanentes e na eletrônica de potência em motores elétricos de baixa tensão teriam implicado em economias de escopo para com o início da produção em geradores de ímãs permanentes para os geradores que compõe o aerogerador, bem como a utilização da eletrônica de potência em aerogeradores. No entanto a pesquisa de campo revelou que isso não ocorreu. O processo de inserção do ímã é totalmente diferente entre motores elétricos e geradores, de forma que o processo é diferente. Apenas os cuidados com o ímã são os mesmos. A aplicação da eletrônica de potência para aerogeradores é mais complexa. Por exemplo, a aplicação da eletrônica de potência na controlabilidade do ângulo da pá (as pás são micro controladas). Na nacele são instalados todo um conjunto de circuito de painéis de controle e proteção que obteve economias de escopo (tanto em termo de hardware quanto de know-how) advindas das unidades de automação e

acionamentos, mas não do emprego direto da eletrônica de potência em motores elétricos.

Desta forma, como a WEG não possuía expertise em controlabilidade para aerogeradores, buscou a *joint venture* e posteriormente a aquisição com a NPS, adquirindo o *know-how*, que é composto por três funcionários que a empresa manteve na divisão que está nos EUA, e que possuem conhecimento tácito na área de controlabilidade em aerogeradores.

Outra questão importante em termos de economias de escopo foi o conhecimento acumulado na WEG Energia com a questão logística de soluções elétricas de grandes equipamentos. As estruturas, os investimentos, e portanto, os riscos, são muito grandes. Os controles de painéis são muito sensíveis, de forma que a operacionalização dos equipamentos requer experiência e habilidade, pois qualquer dano pode comprometer toda a integridade da máquina em produção. A WEG já possuía, no advento da diversificação para o mercado de aerogeradores a noção de parte dos custos referentes aos materiais, pois já tinha uma cadeia de fornecedores de boa parte das matérias primas. Também dispunha dentro do parque fabril de todo um sistema de caminhões e transporte.

A partir da pesquisa de campo depreende-se que a fundição, estamparia, chapa e trefilação são para toda a WEG, ou seja, é a mesma para motores, geradores e aerogeradores, implicando em enormes economias de escopo (embora existam peças fundidas grandes para aerogeradores que a WEG não faz e nesse caso adquire de fornecedores da china e do brasil). O que a WEG faz em termos desse uso comum dos ativos específicos é por exemplo utilizar as prensas em três turnos ao invés de dois. Em complemento é fundamental destacar novamente a fábrica de ferramentas, que permite a WEG agregar novas formas de utilizar as mesmas máquinas.

Em termos de aspectos gerais de economias de escopo teeciana para geradores e aerogeradores obtidas a partir do acúmulo de competências tecnológicas em motores elétricos, destaca-se a fundição, a estamparia, a trefilação e a ferramentaria.

5.3.4 Motivos para direcionar recursos para o mercado eólico

Por fim, questionou-se nas entrevistas porque realizar todo um esforço de realocação de recursos e investimentos para o mercado

eólico. Os motivos estão relacionados às tendências mundiais no mercado eólico, o potencial do Brasil para geração eólica e os estímulos governamentais da última década. Abaixo discorre-se mais detalhadamente.

Desde as primeiras diversificações na década de 1980 a empresa se definiu como fornecedora de soluções energéticas. Assim todas as vezes que surge um nicho dentro desse mercado, a WEG analisa os custos de estruturar uma base produtiva e os meios para viabilizar poder oferecer soluções nesse mercado.

Existe também a questão da difusão pelo mundo do mercado eólico. A WEG hoje é uma empresa global em que as tendências mundiais influenciam suas decisões de investimentos.

Concomitante a tendência mundial, o Brasil possui um enorme potencial energético neste mercado. Por fim cabe ressaltar as políticas governamentais que, embora não tenham sido decisivas para a entrada da empresa no mercado eólico, estimularam a decisão de entrar no mercado eólico na década de 2000 através do PROINFA, do BNDES e dos contratos de leilões.

5.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Em síntese, este capítulo foi dividido em 3 partes. A seção 5.1 trata da base produtiva em motores elétricos, os mecanismos de aprendizagem utilizados pela WEG desde sua formação para construir e acumular sua capacidade tecnológica no seu produto principal, motores elétricos, e o esforço de caracterizar esta acumulação de capacidades em uma escala de níveis, caracterizando por três áreas de P&D.

Na seção 5.2 foi realizado um esforço de pesquisa em relação à estrutura produtiva em geradores elétricos, os mecanismos de aprendizagem utilizados pela empresa para acumular capacidade tecnológica em geradores, bem como caracterizar este acúmulo de capacidades em uma estrutura de níveis para as áreas de eficiência energética em produto e materiais e a controlabilidade do processo de produção.

A similitude da divisão destas duas seções deve-se aos objetivos da pesquisa. Primeiro, que a construção e acúmulo de competências de uma empresa estão diretamente relacionados aos esforços de aprendizagens que a empresa realizou, em uma complementariedade entre os mecanismos externos e internos no intento de construir

capacidade inovativa aplicada à tecnologia. O aporte teórico neoschumpeteriano da firma se baseia na premissa de que o processo de inovação deve ter uma perspectiva “do lado de dentro”, para poder compreender como as empresas *latecomers*, que possuem uma estratégia tecnologicamente agressiva e, portanto, almejam fazer o *catching-up* em relação às empresas na fronteira tecnológica, se esforçam a partir da busca tecnológica, utilizando-se de um conjunto de mecanismos de aprendizagem externos e internos para construir e acumular capacidades tecnológicas.

Segundo, que o processo de diversificação da empresa está intrinsecamente relacionado à acumulação de capacidades tecnológicas da empresa. Para ambas as diversificações para bases produtivas mais complexas analisadas neste capítulo, a empresa já havia alcançado anteriormente, o nível de capacidade tecnológica incremental avançada, caracterizada pela capacidade de diferenciação em novos produtos, com características de aplicação diferentes.

Esta proposição encontra forte respaldo teórico na perspectiva penroseana da diversificação a partir dos recursos herdados, e na interpretação dada por Teece de economias de escopo enquanto uma decorrência da existência dos custos de transação de Coase.

Os custos de transação fundamentam, em primeira instância, o próprio esforço de aprendizado visando a acumulação do conhecimento por parte das empresas, pois a capacidade para inovar possui um forte caráter tácito e, portanto, de difícil aquisição pelas trocas de mercado. Conforme Figueiredo (2013) a capacidade tecnológica é o ativo intangível, que não aparece no balanço das empresas, mas que é capaz de definir o seu desempenho distintivo no mercado.

A discussão realizada por Penrose também se apresenta na análise empírica realizada neste capítulo. Penrose (1959) entendia a firma como uma fonte de recursos, em que esta base de conhecimento é utilizada para a fabricação de seus produtos em qualquer momento. Descreve que a firma, no processo de expansão, sempre terá recursos ociosos ou parcialmente utilizados, seja homem-hora (um gerente ou engenheiro que esta sub-utilizado) ou máquinas-horas (um estampo ou uma trefila que esta sub-utilizada).

Teece, tal como Penrose, entendia que a firma, ao ampliar seus recursos no processo de expansão, terá recursos ociosos que poderiam estar sendo empregados em outras atividades. Isso porque a indivisibilidade dos ativos incorre, à medida que a firma especializada

expande sua produção, na firma necessitar adquirir novos ativos e, ao fazê-lo, terá sempre uma parte destes “recursos” sub-empregados.

No entanto, faz uma contribuição importante ao fundamentar a existência de empresas multiprodutos pelos custos de transações. Caso não houvesse custos de transação, uma firma poderia, por exemplo, “alugar” parte do conhecimento de um funcionário, por meio período para outra empresa. Com custos de transação, tal como o comportamento oportunista que gera o risco de perder tal funcionário para outra empresa, ou mesmo que esta outra empresa venha a ter acesso através deste funcionário a segredos industriais, é preferível não realizar a transação no mercado.

Teece ainda percebe que, dada a quase constância da ociosidade de recursos existentes no processo de expansão da firma, bem como o fato dos custos de transação serem intrínsecos ao mercado, a firma tem estímulos para diversificar sua produção. Neste sentido, Teece (1980) argumenta que, existem duas questões importantes para a empresa ser estimulada a diversificar por capturar economias de escopo. A primeira é se a produção de dois ou mais produtos dependem da mesma base de *know-how*, e se é necessária uma troca recorrente. Em segundo lugar, se um ativo indivisível e específico é um insumo comum na produção de dois ou mais produtos.

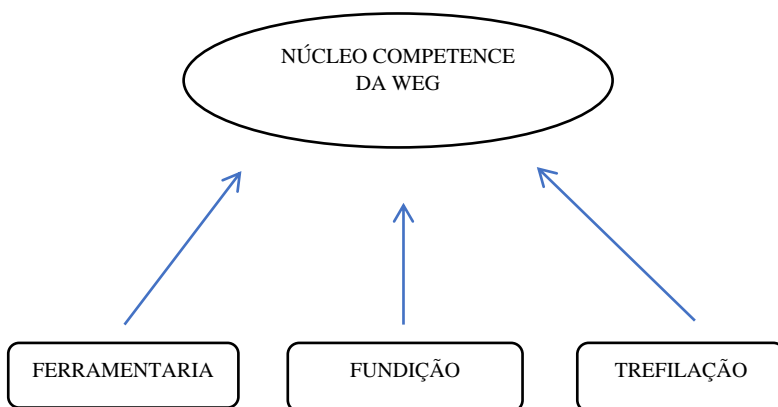
Posto isto, o uso comum da base de conhecimento (fonte de recursos) penroseana e as economias de escopo se apresentam nitidamente entre motores e geradores elétricos em relação à fundição, trefilação, estamparia e ferramentaria. Estas foram descritas também como fatores de produção que geraram economias de escopo na base produtiva de aerogeradores, explorada no tópico 5.3.

A Figura 5.35 mostra a ferramentaria, a fundição e a trefilação como o “coração” do acúmulo de competências da WEG. A ferramentaria é como se fosse toda uma indústria de fornecimento de máquinas e equipamentos, que só vende para as unidades do grupo WEG. A trefilação, como já mencionado no capítulo 4, fabrica os fios para todas as unidades de negócio WEG 25% mais barato do que se adquirisse do mercado.

A pesquisa de campo mostrou ainda que, somente em relação à base produtiva de geradores e aerogeradores, houve importantes economias de escopo. Em termos de fator capital, destacam-se os tanques de esmaltação e todo o sistema de caminhões e equipamentos para transporte de máquinas de grande porte. Em relação ao fator

material humano, todo o corpo de engenheiros com *know-how* em gerar e gerir novos projetos em geradores foi fundamental na velocidade do aprendizado da capacidade de produzir e, simultaneamente, inovar ao nível incremental intermediário, pois ao absorver a tecnologia do gerador de ímãs permanentes já foram realizadas modificações que implicaram em redução dos custos de materiais. De acordo com a pesquisa de campo, este processo de absorção, assimilação e melhorias, levariam de 4 a 5 anos, caso a WEG não possuísse *know-how* em geradores. Todo esse processo de aprendizado e inovação foi realizado em um ano e meio.

Figura 5.35 - O núcleo competence do acúmulo de capacidades tecnológicas da WEG.



Fonte: Elaboração própria.

Desta forma, os resultados da pesquisa de campo confirmam a hipótese de Teece, pois sugerem que existe uma relação direta entre o acúmulo de capacidades tecnológicas da WEG e sua diversificação produtiva. Nas palavras de Teece (1980, p. 233) "...diversification based on scope economies does not represent abandonment of specialization economies in favor of amorphous growth. It is simply that the firm's comparative advantage is defined not in terms of products but in terms of capabilities". Note que, embora Teece esteja exaltando a existência de economias de escopo como base para a diversificação, ele também ressalta que a vantagem comparativa da firma advém de suas

capacidades. Em outras palavras, as possíveis economias de escopo decorrem da capacidade tecnológica acumulada na empresa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão microeconômica de uma pesquisa sobre acumulação tecnológica para empresas latecomers e a perspectiva dos recursos fortemente baseada em Penrose e Teece estimularam a pesquisa sobre as formas de aprendizagem, que levaram ao acúmulo de capacidade tecnológica sustentadora das etapas de diversificação da WEG.

A perspectiva do índice de complexidade econômica exerceu o “*insight*” de motivação para esta pesquisa. Isto porque na intuição do modelo pouco é dito sobre a construção de suas capacidades ou mesmo sobre o papel da tecnologia. Existe uma inferência intuitiva de que países que possuem uma maior diversidade de exportações, e dentro desta diversidade, algumas exportações são de produtos ubíquos, são de países que possuem maior acúmulo de capacidades. Isto posto, esta tese procurou estritar a lacuna da ausência de um modelo empírico para investigar os processos de diversificação que aumentaram a complexidade econômica via diversificação produtiva.

Assim, elaborou-se a seguinte proposição desta tese: a partir do atraso tecnológico do qual partem as empresas latecomers, a possibilidade do aumento da complexidade produtiva via diversificação surge da estratégia agressiva de aprendizado tecnológico da firma, entendida como esforços consistentes e estratégicos voltados a dominar a dinâmica da inovação das tecnologias que a empresa utiliza. O acúmulo de capacidades permitiu reconhecer e aproveitar oportunidades tecnológicas reveladas no processo de diversificação (que aumenta complexidade).

A perspectiva teórica esteve fortemente fundamentada nas contribuições de Edith Penrose e David Teece. Penrose descreve que a empresa é uma fonte de recursos organizada em uma estrutura administrativa, sendo que esta base de recursos é utilizada para a fabricação de seus produtos em qualquer momento. Para a autora, uma diversificação ocorre sempre que a empresa parte para a fabricação de outros produtos, inclusive produtos intermediários, cujo processo de produção é suficientemente diverso do processo de produção de seu produto principal, sem, no entanto, abandonar a base produtiva de seu

produto principal. Já Teece, contribuiu para a perspectiva baseada em recursos por sua crítica, tanto aos clássicos quanto à perspectiva da Penrose, por não considerar os custos de transação como um importante elemento definidor da razão pela qual as empresas optam por diversificar em vez de transacionar seus recursos no mercado. Os custos de transação envolvem as dificuldades contratuais de transferência de conhecimento e da utilidade comum das máquinas, de forma que fique mais barato utilizar esses recursos no uso da produção interna de multiprodutos.

Nas palavras de Teece, a existência de empresas multiprodutos decorre da capacidade delas de organizarem a transferência de *know-how* para atividades alternativas, de forma a suscitar a geração de economias de escopo a baixo custo. Esta consideração é importante para sustentar o argumento de que a indivisibilidade e a especificidade dos ativos estimulam as empresas a organizarem suas competências na forma de uma empresa multiproduto.

Apesar da importante contribuição de Teece acerca do papel dos custos de transação dos ativos específicos nas decisões da empresa para diversificar, ele parte de uma perspectiva que vê a diversificação igual à diferenciação. Neste sentido, este esforço de pesquisa optou pela delimitação de Penrose sobre o que constitui uma diversificação, mas manteve as considerações de Teece sobre a importância dos custos de transação enquanto motivo para, a partir de um conjunto acumulado de conhecimentos, a empresa optar por diversificar, constituindo uma empresa multiproduto.

Não há na literatura disponível, a discussão da construção de capacidades tecnológicas a partir de uma estratégia tecnológica agressiva de utilização de mecanismos de aprendizagem, que consubstancia em importante estímulo para a diversificação da empresa em bases produtivas diferentes. Também não existem pesquisas que forneçam um ferramental para a realização de tais pesquisas empíricas.

Nesse sentido, a tese procurou diminuir a lacuna, apontada por Figueiredo, em relação à perspectiva da base de recursos pela falta de dinâmica na explicação do processo de diversificação, além de oferecer, no sentido apontado por Britto (1993), um ferramental analítico da “dinâmica diversificante”, que pode ser reproduzido em outras investigações.

Na análise empírica, esta tese, por meio da pesquisa bibliográfica e da pesquisa de campo sobre o histórico da WEG,

levantou indícios de que a empresa, no decorrer de sua trajetória, realizou diversificações, a partir da base produtiva de seu produto principal, e sem abandonar esta base produtiva, caracterizando-se, por consequência, como uma empresa multiproduto penroseana.

Também foi possível inferir que a ofensividade tecnológica da empresa a levou ao uso de uma série de mecanismos de aprendizagem externos e internos, os quais implicaram na contínua acumulação de capacidades tecnológicas. A velocidade com que isso ocorreu foi claramente superior ao crescimento das capacidades tecnológicas das empresas líderes (as alemãs de quem adquiria as tecnologias nas primeiras fases do processo). Daí a evidência de que a WEG realizou um *catching-up*. Neste sentido, a pesquisa do histórico bibliográfico sugeriu que a WEG agiu com uma típica estratégia tecnológica defensiva, definida pela alta velocidade na absorção e implementação dos avanços da fronteira tecnológica mundial. Como destacado pelo referencial teórico, firmas que possuem uma estratégia tecnológica ofensiva e defensiva encontram-se em uma situação mais privilegiada. Portanto, defende-se que a agressividade tecnológica da WEG foi uma estratégia importante para ela capacitar-se em inovação.

A partir destas constatações preliminares, elaborou-se, primeiramente no capítulo 5, para tratar da base produtiva de motores e geradores elétricos, uma análise das etapas do processo de produção, dos mecanismos de aprendizagem utilizados para acumular competências e da estruturação de níveis de capacidade tecnológica para as áreas de eficiência energética em produtos e materiais e controlabilidade no produto e no processo (para geradores apenas no processo). Esta etapa foi realizada por meio de pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo. Em relação à pesquisa de campo, os dados foram obtidos em entrevistas pelas partes I, II e III do roteiro de entrevista semiestruturado, que se encontra no ANEXO II, bem como pelas visitas ao Museu WEG, visita técnica à unidade WEG Motores e visita à ferramentaria da empresa.

A análise dos mecanismos de aprendizagem, tanto na base produtiva de motores elétricos quanto de geradores elétricos, revelaram a utilização conjunta de uma ampla diversidade de mecanismos externos e internos de aprendizagem na construção das suas competências. Também se observou que, à medida que a unidade de negócio, tanto de motores quanto geradores, acumulava capacidade tecnológica, ampliava-se a utilização de mecanismos internos de aprendizado em relação à

utilização de mecanismos externos de aprendizado, sinalizando uma internalização da capacidade de gerar e gerir conhecimento.

Neste sentido, destacam-se três importantes fatos para maior internalização dos mecanismos de aprendizagem: (i) o esforço exportador iniciado já na década de 1970, que obrigou a empresa a desenvolver produtos que atendiam as demandas dos diferentes mercados. Este esforço exportador foi importante para a unidade de motores elétricos. A unidade de geradores não desenvolveu um esforço exportador; (ii) a constituição do Centro Tecnológico no início da década de 1980. A formação do centro de P&D foi importante na internalização do aprendizado para ambas as unidades de negócios analisadas nesta pesquisa, e; (iii) na esteira da formação do centro de P&D, instituiu-se a codificação do conhecimento, também importante para ambas as unidades de negócio. Este mecanismo de aprendizagem modicou-se ao longo do tempo, passando da codificação do conhecimento em manuais utilizados para a socialização do conhecimento para a codificação na forma de softwares que pudessem ser utilizados de forma prática e mais dinâmica no desenvolvimento de novos produtos, processos, tanto na forma de inovações incrementais básicas, intermediárias ou avançadas.

A partir da elaboração do nível de competências acumulado em motores e geradores elétricos, somado ao levantamento de dados da pesquisa de campo em relação a etapa IV do roteiro de entrevista que se encontra no ANEXO II, analisou-se a relevância do acúmulo de capacidades tecnológicas em relação aos motores elétricos e à diversificação para geradores elétricos. E, em seguida, o acúmulo de capacidades em relação a geradores e à diversificação para aerogeradores.

Notou-se que, a base de competências que a WEG possuía em relação a motores se mostrou importante para a redução dos investimentos necessários para estruturar uma base produtiva em geradores, o que estimulou tal esforço. Também, a base produtiva existente em geradores, tanto em termos de fator de produção capital quanto em termos de fator de produção material humano, mostrou-se importante para a redução dos investimentos e o tempo de aprendizado necessários para montar uma base de produção em aerogeradores. Neste sentido, para o caso específico da WEG na base produtiva de aerogeradores, o *know-how* acumulado na base produtiva de geradores

reduziu significativamente o tempo e o investimento necessário para produzir o produto intermediário do aerogerador.

Ademais, embora não tenha sido o foco da pesquisa de campo, há evidências de economias de escopo para a entrada da empresa na base produtiva de aerogeradores a partir de outras bases produtivas da empresa (como transformadores), bem como em estruturas fabris que são de uso geral do Grupo WEG S.A., como a trefilação, a fundição e a estamparia.

Isto posto, o resultado mais relevante da investigação permitiu apontar que uma das raízes da diversificação que aumentou a complexidade produtiva foi o acúmulo de competências tecnológicas em um certo nível, claramente não incipiente. Identificou-se o nível intermediário avançado nos dois casos analisados. Assim, a intuição genérica de que um nível mais alto de capacidade tecnológica é incentivo para a diversificação, foi qualificada nesta tese, ao revelar que, no caso analisado, ela dependeu de esforços contundentes que, antes da diversificação, diminuiram o hiato tecnológico por meio do domínio da capacidade de inovar, ou seja, do aumento consistente do grau de domínio da tecnologia que utilizara em relação ao produto. Esse nível de domínio tornou a empresa mais propensa a diversificação do que estaria sem ele. Em outras palavras, a oportunidade tecnológica fora reconhecida e, como visto no desenvolvimento da tese, representava economia de anos de aprendizado. É dizer que o conteúdo tácito e complexo necessário para iniciar a produção de um produto novo já estava internalizado, as capacidades já estavam acumuladas.

Adicionalmente, entende-se, portanto, que o ferramental metodológico utilizado mostrou-se promissor para estudos que procurem aprofundar na relação entre os níveis de competência tecnológica e a diversificação que aumenta a complexidade produtiva. Nesse sentido, o questionário elaborado parece ser uma referência válida como ponto de partida.

Desta forma, conclui-se, em relação ao objetivo geral, que o aprendizado e a consequente acumulação de capacidades tecnológicas em relação a motores elétricos estimularam a entrada da WEG em mercados de produtos de conhecimentos tecnológicos relacionados e mais complexos, por meio de um esforço intencional de aprendizagem e construção de competência para dominar as tecnologias que utilizava. A diversificação conta, no entanto, não apenas com a construção de competência tecnológica enraizada nas pessoas e nas rotinas. O peso do

uso comum de bens de capital foi também decisivo. Contudo, no limite, bens de capital podem ser mais facilmente adquiridos, enquanto que o *know-how*, que implicava tempo menor de aprendizado para operar em uma nova base produtiva, pode ser visto como uma especificidade da WEG. Isso implica ver a WEG como um repositório único de conhecimentos, alinhando-se à perspectiva da firma evolucionária neoschumpeteriana.

Isso induz à conclusão de que, pelo menos em certa medida, a diversificação para produtos mais complexos, pelo menos no caso de países latecomers, pode estar intimamente ligada à agressividade tecnológica dos empresários e de suas capacidades de acumular níveis de competências inovadoras mais do que incipientes. Daí, deriva-se outra contribuição desta tese, ou seja, a hipótese de pesquisa de que a diversificação que gera aumento da complexidade produtiva em países latecomers encontraria como uma de suas causas à atitude inovadora, que, segundo diversas contribuições, é ainda pouco convencional no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ABEEÓLICA. **Boletim anual de geração eólica 2016**. Disponível em: <http://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2017/05/424_Boletim_Anual_de_Geracao_Eolica_2016_Alta.pdf>. Acesso em: 10 de novembro de 2017.
- ABRAMOVITZ, M. Catching Up, Forging Ahead, and Falling Behind. **Journal of Economic History**, 46:2, pp. 385-406, 1986.
- ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Mapeamento Da Cadeia Produtiva Da Indústria Eólica No Brasil**. [s.i.]: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2014. 152 p. Disponível em: <[http://www.abdi.com.br/Estudo_Backup/Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólicano Brasil.pdf](http://www.abdi.com.br/Estudo_Backup/Mapeamento_da_Cadeia_Produtiva_da_Industria_Eolicano_Brasil.pdf)>. Acesso em: 23 nov. 2017.
- AGHION, P.; HOWIT, P. A modelo of growth through creative destruction. **Econometria**, v. 60, n. 2, p. 323-351, 1992.
- AHMED, A. **Eletrônica de Potência**. São Paulo: Prentice Hall, 2000.
- AMIT, R.; SCHOEMAKER, P. J. H. Strategic assets and organizational rent. **Strategic Management Journal**, [s.l.], v. 14, n. 1, p. 33-46, 1993.
- ARIFFIN, N. Internationalisation of technological innovative capabilities: levels, types and speed (learning rates) in the electronics industry in Malaysia. **International Journal of Technological Learning, Innovation and Development**, 3 (4), 347-391, 2010.
- ARIFFIN, N.; FIGUEIREDO, P. Internationalization of innovative capabilities: counter-evidence from the electronics industry in Malaysia and Brazil. **Oxford Development Studies**, 32 (4), 559-583, 2003.
- BALOCK, Garrick; GERTLER, Paul J.. Learning from exporting revisited in a less developed setting. **Journal of Development Economics**, [s.l.], Elsevier BV, v. 75, n. 2, p. 397-416, dez. 2004.

BELL, M.; FIGUEIREDO, P. N. Building innovative capabilities in latecomer emerging market firms: some key issues. In: E. Amann, J. Cantwell (Eds.). **Innovative Firms in Emerging Market Countries**, Oxford: Oxford University Press, p. 24-109, 2012a.

_____. Innovation Capability Building and Learning Mechanisms in Latecomer Firms: recent empirical contributions and implications for research. **Canadian Journal of Development Studies**, 33:1, 14-40, 2012b.

BELL, M.; PAVITT, K. The Development of Technological Capabilities. In: HAQUE, I. U. **Trade, technology and international competitiveness**. Washington: The World Bank, 1995.

BLECKER, R. A. Long-Run Growth in Open Economies: Export-Led Cumulative Causation or a Balance of Payments Constraint? **American University Working Papers**, n. 23, p. 1-36, 2010.

BRAGA, L. M.; MARQUETTI, A. A. As leis de Kaldor na economia gaúcha: 1980-00. **Ensaio FEE**, Porto Alegre. v. 28, n. 1, p. 225-248, jul. 2007.

BRASIL, H. V.; DIEGUES, S.; BLANC, G. **Raízes do sucesso empresarial**: a experiência de três empresas bem-sucedidas: Belgo Mineira, Metal Leve e WEG S.A. São Paulo, Atlas, 1995.

BRIGLAUER, W. Motives for firm diversification: a survey on theory and empirical evidence. **WIFO Working Papers**, vol. 126, 2000.

BRITTO, J. N. P. O processo de diversificação da firma: uma abordagem dinâmica exploratória. **Nova Economia**, v. 3, n. 1, p. 195-224, 1993.

_____. Diversificação, competências e coerência produtiva. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (orgs). **Economia Industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, Cap. 14. p. 307-343, 2002.

CARNEIRO, D. D. Crise e esperança: 1974-1980. In: ABREU, M.P. (org.). **A ordem do progresso**: cem anos de política econômica republicana (1889-1989). Rio de Janeiro, Campus, 1990.

CARNEIRO, D. D.; MODIANO, E. Ajuste externo e desequilíbrio interno: 1980-1984. In: ABREU, M.P. (org.). **A ordem do progresso**: cem anos de política econômica republicana (1889-1989). Rio de Janeiro, Campus, 1990.

CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. Sistemas de inovação: políticas e perspectivas. **Parcerias Estratégicas**, n. 17, p. 5-30, 2000.

CASTRO, L. B. de. Privatização, abertura e desindexação: a primeira metade dos anos 90. In: GIAMBIAGI, F. (org.). **Economia brasileira contemporânea**: 1945-2010. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

CASTRO, A. B.; SOUZA, F. E. P. **A Economia Brasileira em Marcha Forçada**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985.

CHANG, H. **Kicking away the ladder**: development strategy in historical perspective. Londres: Anthem Press, 2002.

CIMOLI, M.; PORCILE, G. Technology, structural change and BOP – constrained growth: a structuralist toolbox. **Cambridge Journal of Economics**. v. 38, n. 1, p. 215-237, June 2013.

COASE, R. H. The nature of the firm. **Economica**, New Series, v. 4, n. 16, p. 386-405, Nov. 1937.

_____. The problem of social cost. **Journal of Law and Economics**, v. 3, p. 1-44, Oct. 1960.

_____. Industrial organization: a proposal for research. In: **Policy issues and research opportunities in industrial organization**. VICTOR, R. Fuchs eds. National Bureau of Economic Research, 1972.

COHEN, M. D.; LEVINTHAL, D. A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. **Administrative Science Quarterly**, 35, 128-152, 1990.

CONSULTORIA MCKINSEY. As 12 tecnologias disruptivas que mudarão o mundo. 2014 Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/disruptive-technologies>>. Acesso em: 15 Dez. 2017.

COSTA, R. A. da.; CASOTTI, B. P.; AZEVEDO, R. L. S. de. Um panorama da indústria de bens de capital relacionados à energia eólica. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.29, p. 229-278, mar. 2009.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa**: método qualitativo, quantitativo e misto. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. **Pesquisa de métodos mistos**. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

D'AVENI, R.A. Hypercompetition: Managing the Dynamics of Strategic Maneuvering. The Free Press: New York. 1994.

_____. Strategic supremacy through disruption and dominance. Sloan Management Review, v. 40, n.3, p. 127-135, 1999.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. **Research Policy**, v. 11, n.3, p. 147- 62, 1982.

EDQUIST, C. **Systems of innovation**: perspectives and challenges. The Oxford Handbook of Innovation. Oxford University Press: Oxford, p. 181–208, 2005.

FAGUNDES, J. Política de Defesa da Concorrência e Política Industrial: Convergência ou Divergência?. **Revista do IBRAC**, v. 5, n. 6, 1998.

FAJNZYLBER, F. Industrialização na América Latina: da “caixa preta” ao “conjunto vazio”. 1990. In: BIELSCHOWSKY (org.). **50 anos de pensamento da CEPAL**-textos selecionados, 2000.

FARIAS, R. C. G. B. **Atuação estatal e a privatização do setor elétrico brasileiro**. 2006. Dissertação (Mestrado)-Instituto de Ciência Política, Universidade de Brasília, Brasília, DF: 2006.

FIANI, R. Teoria dos custos de transação. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (orgs). **Economia Industrial**: fundamentos teóricos e práticas no Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier, Cap. 12, p. 267-286, 2002.

FIGUEIREDO, G. P. de. Esforços de capacitação tecnológica da indústria de bens de capital – segmento de máquinas e equipamentos: um estudo de caso de empresas líderes em Santa Catarina. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Sócio-Econômico, Programa de Pós-Graduação em Economia, Florianópolis, 2013.

_____. Capacidade de absorção de conhecimento para inovação na indústria de máquinas e equipamentos sob encomenda no Brasil, um estudo multicaso. Tese (doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Sócio-Econômico, Programa de Pós-Graduação em Economia, Florianópolis, 2017.

FIGUEIREDO, P. N. Trajetórias de acumulação de competências tecnológicas e os processos subjacentes de aprendizagem: revisando estudos empíricos. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro 34(1),7-33, 2000.

_____. Aprendizagem tecnológica e inovação industrial em economias emergentes: Uma breve contribuição para o desenho e implementação de estudos empíricos e estratégias no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 3, n. 2, p. 323-361, 2004.

_____. **Gestão da Inovação**: Conceitos, Métricas e Experiências de Empresas no Brasil. [Reimpr.] Rio de Janeiro: Editora LTC, 2013.

_____. Evolution of the short-fiber technological trajectory in Brazil's pulp and paper industry: The role of firm-level innovative capability-building and indigenous institutions. **Forest Policy and Economics**, v. 64, p. 1-14, march 2016.

FIGUEIREDO, P. N. et. al. Acumulação de capacidades tecnológicas, inovação e competitividade industrial: alguns resultados para a Indústria

Brasileira de Siderurgia. **Technological Learning And Industrial Innovation Working Paper Series**, [s.l.], Fundacao Getulio Vargas, n. 2, p.1-161, 19 nov. 2016.

FIELDMANN, P. R. **A busca de conhecimento externo à empresa como um meio para obtenção de vantagem competitiva**: estudos de casos de utilização de inovação aberta em empresas industriais brasileiras. Tese (Livre-Docência). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade – USP, 2015.

FINEP. **Sobre a FINEP**. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/a-finep-externo/sobre-a-finep>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

FREEMAN, C. The ‘National System of Innovation’ in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, v. 19, n. 1, p. 5-24, Feb. 1995.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A Economia da Inovação Industrial**. Campinas, ed. Unicamp, 2008.

GROSSMAN, G. M.; HELPMAN, E. Product development and international trade. **The journal of political economy**, v. 97, n.6, p. 1261-1283, Dec., 1989.

_____; _____. Quality ladders in the theory of growth. **The review of economic studies**, v. 58, n. 1, p. 43–61, jan., 1991.

HANNAN, M. T.; FREEMAN, J. Structural Inertia and Organizational Change. **American Sociological Review**, [s.l.], SAGE Publications, v. 49, n. 2, p.149-164, abr. 1984.

HAUSMANN, R. et. al. **The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity**. MIT Press. 2014.

HAUSMANN, R.; HWANG, J.; RODRIK, D. What you export matters. **Journal of Economic Growth**, v. 12, n. 1, p. 1-25, 2006.

HAUSMANN, R.; KLINGER, B. The structure of the product space and the evolution of comparative advantage. **Center for International**

Development at Harvard University (CID), Working Paper No. 146, 2007.

HERMANN, J. Auge e declínio do modelo de crescimento com endividamento: o II PND e a crise da dívida externa (1974-1984). In: GIAMBIAGI, F. (org.). **Economia brasileira contemporânea: 1945-2010**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

HIDALGO, C. A. HAUSMANN, R. The building blocks of economic complexity. **Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)**. v. 106, n. 26, p. 10570-10575, june 2009.

HIDALGO, C. A.; KLINGER, B.; BARABÁSI, A. -L.; HAUSMANN, R. The product space conditions the development of nations. . **Science**, v. 317, n. 5837, p. 482-487, 2007.

HISA. **História**: uma trajetória de sucesso. Disponível em: <<http://www.hisa.com.br/historia>>. Acesso em: 04 jul. 2017.

JEHLE, G.A.; RENY, P. J. **Advanced Microeconomic theory**. Third Edition. New York: Pearson, 2011.

KALDOR, N. A model of economic growth. **The Economic Journal**. v. 67, n. 268, p. 591-624, Dec. 1957.

_____. Economic growth and the Verdoorn law: a comment on Mr Rowthorn's article. **The Economic Journal**. v. 85, n. 340, p. 891-896, Dec. 1975.

KATZ, J. Domestic technology generation in LCDs: a review of research findings. (Buenos Aires: IDB/ECLA Research programme in science and technology). **Working paper n° 35**, 1980.

KIM, L. Stages of development of industrial technology in a developing country: A model. **Research Policy**, v. 9, n. 3, p. 254-277, 1980.

KOR, Y. Y.; MAHONEY, J. T. Edith Penrose's (1959) Contributions to the Resource-based View of Strategic Management. **Journal of Management Studies**, v. 41, n.1, p. 183-191, jan. 2004.

LAGE, E. S.; PROCESSI, L. D. Panorama do setor de energia eólica. **Revista do BNDES**, n.39, p. 183-206, 2013.

LAGO, L. A. C. do. A retomada do crescimento e as distorções do “milagre”: 1967-1973. In: ABREU, M.P. (org.). **A ordem do progresso: cem anos de política econômica republicana (1889-1989)**. Rio de Janeiro, Campus, 1990.

LALL, S. Technological capabilities and industrialization. **World Development**, v. 20, n. 2, p. 165-186, 1992.

LEE, K.; MALERBA, F. Catch-up cycles and changes in industrial leadership: windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems. **Research Policy**, v. 46, n.2, p. 338-351, 2017.

LUNDVALL, B. A. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national innovation systems. In.: DOSI, G. et al (eds.). **Technology and economic theory**. London: Pinter Publishers, p. 61-83, 1988.

LUNDVALL, B. A.; JOHNSON, B.; ANDRESEN, E.S; DALUM, B. National systems of production, innovation and competence building. **Research Policy** n. 31, p. 213–231, 2002.

MAHONEY, J. Path dependence in historical sociology. **Theory and Society**, Vol. 29, No. 4, p. 507-548, Aug. 2000.

MAIELLI, G. Explaining Organizational Paths through the Concept of Hegemony: Evidence from the Italian Car Industry. **Organization Studies**, [s.l.], SAGE Publications, v. 36, n. 4, p. 491-511, abr. 2015.

MALERBA, F. Learning by firms and incremental technical change. **The economic journal**, v. 102, n. 413, p. 845–859, 1992.

MALERBA, F. NELSON, R. Learning and catching up in different sectoral system: evidence from six industries. **Industrial and corporate change**, v. 20, n. 6, p. 1645-1675, 2011.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M.. **Técnicas de Pesquisa:** planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MARSON, M. D.; COSTA, A. J. D. A internacionalização de empresas brasileiras de bens de capital: o caso da Romi e da WEG. **Am. Lat. Hist. Econ.** [online], v. 22, n. 3, p. 145-176, 2015.

MATHEWS, J. A. A resource-based view of Schumpeterian economic dynamics. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 12, n. 1-1 p. 29-54, 2002.

MATHEWS, J. A.; CHO, D. S. Combinative Capabilities and Organizational Learning by Latecomer Firms: The Case of the Korean Semiconductor Industry. **Journal of World Business**, v. 34, n. 2, p. 139-156, 1999.

MELLER, M. A. W. **Energia eólica.** Seminário de geração de energia distribuída. Disponível em: <<http://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2017/10/2.%C3%89olica.pdf>>. Out. 2017

MILAGRES, R. Rotinas – uma revisão teórica. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 10, n. 1, p. 161-196, 2011.

MINAYO, M. C. de S. **O desafio do conhecimento:** pesquisa qualitativa em saúde. 8ª ed. São Paulo: Hucitec, 2004.

MONTGOMERY, C. Corporate Diversification. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 8, n. 3, p. 163-178, 1994.

MORAES, J. C. de. **A trajetória de crescimento da WEG:** A folga de recursos humanos como propulsora de crescimento da firma. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Instituto de PósGraduação em Administração – COPPEAD, 2004.

MUSEU WEG. **História.** Disponível em: <<http://museuweg.net/pt-br/historia>>. Acesso em: 01 abr. 2016.

NELSON, R., WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change**. Belknap Press, Cambridge, 1982.

NETO, S. M. de. **Criação de valor compartilhado**: um estudo de caso na empresa WEG S.A. Dissertação (Mestrado). Sócio-Econômico. Programa de Pós-Graduação em Administração, UFSC, 2013.

NETO, A. R. M. Automação de uma pequena central termoeletrica. Monografia (Graduação). Departamento de Automação e Sistemas – UFSC, 2014.

NORTH, D. Institutions. **Journal of Economic Perspectives**, v. 5, n. 1, p. 97-112, 1991.

_____. **Custos de transação, instituições e desempenho econômico**. Rio de Janeiro: Instituto Liberal, 38 p., 1994.

OLINGER, E. L. **Composto de marketing**: uma análise do desenvolvimento de uma pequena empresa a multinacional. Monografia (graduação). Faculdade de tecnologia SENAC de Blumenau – FATEC, 2006.

OLIVEIRA, J. G. S. M. de. **Materiais usados na construção de motores elétricos**. Seminário técnico. Porto Alegre: Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2009.

OSER, J.; BLANCHFIELD, W. **História do pensamento econômico**. São Paulo: Atlas, 1987.

ORESTEIN, L.; SOCHACZEWSKI, A. C. Democracia com desenvolvimento: 1956-1961. In: ABREU, M.P. (org.). **A ordem do progresso**: cem anos de política econômica republicana (1889-1989). Rio de Janeiro, Campus, 1990.

PANZAR, J. C.; WILLIG, R. D. Economies of scale in multi-out production. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 91, n. 3, p. 481-493, Aug. 1977.

PAVITT, K. Sectoral patterns da mudança tecnológica: em direção a uma taxonomia e uma teoria. **Research Policy**, v. 13, p. 343-373, 1984.

PENROSE, E. **The Theory of the Growth of the Firm**. New York: John Wiley, 1959.

_____, E. A Economia da Diversificação. **RAE-Revista de Administração de Empresas**, v. 19, n. 4, out-dez, 1979.

PEREZ, C. Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como Blanco móvil. **Revista de la CEPAL**, Santiago de Chile, n. 75, p. 115-136, dic. 2001.

PIANA, J. **Variações em trajetórias de acumulação de capacidades tecnológicas em nível intra-empresarial**: uma análise empírica da vale S.A. Tese (doutorado) - Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas – EBAPE/FGV, 2016.

PIETROBELLI, C.; RABELLOTTI, R. Global Value Chains Meet Innovation System: Are There Learning Opportunities for Developing Countries?. **World Development**, Elsevier, vol. 39(7), pages 1261-1269, July, 2011.

PIRES, R. V. **Estratégias de crescimento da empresa WEG**. Monografia (graduação) – Departamento de Economia e Relações Internacionais - UFSC, 2017.

PODCAMENI, M. G. V. B. Sistemas de inovação e energia eólica: a experiência brasileira. Tese (doutorado). Instituto de Economia, UFRJ, 2014.

PREBISCH, R. **Dinâmica do desenvolvimento latino-americano**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1968.

PREDEBON, E. A. **Internacionalização e integração econômica**: o caso da WEG S.A. Tese (doutorado). Universidade Federal do Paraná – UFPR, 2010.

RECH, S. **Análise das relações entre os segmentos produtor e beneficiador da cadeia produtiva vitivinícola do meio oeste de Santa Catarina**. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-graduação em Administração – PPGA/UFSC, 2016.

RICHARDSON, R. J. et al. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.

RODRIGUEZ, O. **O estruturalismo latino-americano**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2009.

RUSH, H.; BESSANT, J.; HOBDAV, M. Assessing the technological capabilities of firms: developing a policy tool. **R&d Management**, [s.l.], Wiley-Blackwell, v. 37, n. 3, p.221-236, jun. 2007.

SAUNDERS, M.; LEWIS, P; THORNHILL, A. **Research Methods for Business Students**. 5th. ed. Mark Saunders, Philip Lewis and Adrian Thornhill, 2009.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1961.

SCHMITZ, A. **WEG 40 anos**. Jaraguá do Sul: Weg Indústrias S.A., 2001.

SILVA, Á. da. **Gestão da Produção Mais Limpa: O caso WEG**, 2004, 183f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SILVA, J. P. **WEG eólica**. Seminário, maio, 2016. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/64422051-Weg-day-weg-eolica-joao-paulo-silva-maio-2016.html>>. Acesso em out. 2017.

STIGLER, G. J. The division of labor is limited by the extend of the market. **Journal of Political Economy**, v. 59, n. 3, p. 185-193, jun. 1951.

STOKEY, N. L. Learning by doing and the introduction of new goods. **Journal of Political Economy**, v. 96, n. 4, p. 701-717, Aug. 1988.

SYDOW, J. SCHREYÖGG, G. KOCH, J. Organizational path dependence: Opening the black box. **Academy of Management Review**. v. 34, nº 4, 689-709, 2009.

TEECE, D. J. Economies of scope and the scope of the enterprise. **Journal of Economic Behavior and Organization**, v. 1, no. 3, p. 223-247, 1980.

_____, D. J. An economic theory of multiproduct firms. **Journal of Economic Behavior and Organization**, v. 3, p. 39-63, 1982.

_____, D. J. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. **Research Policy** 15: 285-305, 1986.

TAVARES, M. C. da. **Acumulação de capital e industrialização no Brasil**. 2º ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 1986.

TEECE, D. J.; Economies of scope and the scope of the enterprise. **Journal of Economic Behavior and Organization**, v. 1, n. 3, p. 223-247, 1980.

_____, D. J. Towards an Economic Theory of the Multiproduct Firm. **Journal of Economic Behaviour and Organization**. n. 3, p. 39-63, 1982.

TEECE, D.; PISIANO, G.; SHUEN, A. Dynamic capabilities and strategic management. **Strategic Management Journal**, v.18, n. 7, 509-533, 1997.

TERNES, A. **História da WEG: 25 anos**. Joinville: Gráfica Meyer S.A., 1986.

_____. **WEG: 36 anos de história**. Joinville: Gráfica e Editora Pallotti, 1997.

THIRLWALL, A. P. A plain man's guide to Kaldor's growth laws. **Journal of post keynesian economics**. v. 5, n. 3, p. 345-358, 1983.

TOREZANI, T. A.; PIPER, D. Mudança estrutural e eficiência dinâmica: aspectos teóricos e evidências históricas. In: **42º Encontro Nacional de Economia**, Natal, Anais Eletrônicos, 2014.

UFSC. **UFSC é referência em pesquisa na área de super ímãs de terras raras**. Disponível em: <<http://noticias.ufsc.br/2017/08/ufsc-e-referencia-em-pesquisa-na-area-de-super-imas-de-terras-raras/>>. Acesso em: 15 Nov. 2017a.

UFSC. **UFSC produzirá energia solar para mover ônibus elétrico**. Disponível em: <<http://noticias.ufsc.br/2016/09/ufsc-produzira-energia-solar-para-mover-onibus-eletrico/>>. Acesso em: 10 Dez. 2017b.

UTTERBACK, J. M.; ABERNATHY, W. J.; A Dynamic Model of Process and Product Innovation. **Omega**, vol. 3, no 6, pp. 639-656, 1975.

VARIAN, H. R. **Microeconomics analysis**. Third edition, W.W. Norton and Company, Inc, 1992.

VEBLEN, T. Why is economics not an evolutionary science?. **Cambridge Journal of Economics**, v. 22, p. 403-414, 1898.

VERNON, R. International investment and international trade in the product cycle. **Quarterly Journal of Economics**, Vol. 80, mayo, 190-207, 1966.

VIDIGAL, A. **WEG 50 anos: um caminho sustentável**. Editora DBA Dórea Books and Art, 2011.

WANG, C. L.; AHMED, P. K. Dynamic capabilities: A review and research. **International Journal of Management Reviews**, Oxford, v. 9, p. 31-51, 2007.

WEG. Motores elétricos de corrente alternada. **Catálogo técnico**, 2005. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABcvEAG/weg-motores-eletricos#>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

_____. Energia. **Catálogo técnico**, 2013. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-servicos-50005367-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2017.

_____. Motores: aplicações industriais. **Catálogo técnico**, Rev. 12, 2015a. Disponível em: <http://www.emsmotores.com.br/uploads/arquivos/produto_88/catalogo-de-motores-eletricos-weg-visao-geral-9f7d0d3ec920a590c6dda4ee8f8f7960.pdf>. Acesso em: 05 agos. 2016.

_____. Motores elétricos assíncronos e síncronos de média tensão. **Catálogo técnico**, Rev. 3, 2015b. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-curso-dt-6-motores-eletricos-assincrono-de-alta-tensao-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2017.

_____. **WEG W22Xd** - Motor Elétrico Trifásico à prova de explosão. Ago. de 2015c. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5Dpdrxg1e7A>>. Acesso em: 10 de maio 2017.

_____. **WEG** - Synchronous Motor Supply. Set. de 2015d. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=A5Oew43A0Os&t=51s>>. Acesso em: 14 out. 2017.

_____. Guia prático de treinamento técnico comercial: motor elétrico. **Catálogo técnico**, Rev. 15, 2016a. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-pratico-de-treinamento-de-motores-eletricos-50009256-guia-rapido-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

_____. Motores: aplicações comerciais e residenciais. **Catálogo técnico**, Rev. 03, 2016b. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-aplicacoes-comerciais-e-residenciais-50041418-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 22 Nov. 2017.

_____. Motores elétricos: guia de especificações. **Catálogo técnico**, Rev. 20, 2016c. Disponível em:

<<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacao-de-motores-eletricos-50032749-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

_____. WEG no mundo. **Catálogo técnico**, Rev. 13, 2016d. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-weg-no-mundo-50026434-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso em 06/08/2016.

_____. **História**. Disponível em: <<http://www.weg.net/institucional/BR/pt/history>>. Acesso em: 01 abri. 2017a.

_____. **Conheça o Centro de Negócios de Eficiência Energética WEG (CNEE)**. Disponível em: <<http://www.weg.net/institucional/BR/pt/news/produtos-e-solucoes/conheca-o-centro-de-negocios-de-eficiencia-energetica-weg-cnee>>. Acesso em: 20 out. 2017b.

_____. **WEG anuncia aquisição do negócio de turbinas eólicas "utility-scale" da Northern Power Systems**. Disponível em: <<https://www.weg.net/institucional/BR/pt/news/corporativo/weg-anuncia-aquisicao-do-negocio-de-turbinas-eolicas-utility-scale-da-northern-power-systems>>. Acesso em: 25 out. 2017c.

_____. **WEG DAY: inovações e tendências tecnológicas**. Work paper, 2017. Disponível em: <<http://siteempresas.bovespa.com.br/DWL/FormDetalheDownload.asp?site=C&prot=564581>>. Acesso 09 nov. 2017d.

WILLIAMSON, O. E. The vertical integration of production: market failure considerations. **The American Economic Review**, v. 61, n. 2, p. 112-123, may 1971.

_____, O. E. Markets and hierarchies: some elementary considerations. **The American Economic Review**, v. 63, n. 2, p. 316-325, May 1973.

WILLIG, R. Multiproduct technology and market structure. **American Economic Review**, v. 69, n. 2, p. 346-351, may 1979.

WOLFF, J. **O motor elétrico**: uma história de energia, inteligência e trabalho. Jaraguá do Sul: Editora UNERJ, 2004.

YIN, R. K. **Case study research**: design and methods. Second Edition. Sage Publications Inc., USA, 1989.

_____, R. K. **Case study research**: design and methods. Fifth Edition. Sage Publications Inc., USA, 2013.

ANEXO I – BASES CONCEITUAIS PERTINENTES A PESQUISA

<p>ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS</p>	<p>Capacidade tecnológica: Reflete um estoque de recursos que permite a empresa realizar atividades operacionais e de diferentes tipos e níveis de atividades inovadoras.</p> <p>Onde residem os recursos: Residem em sistemas técnicos físicos (ex.: à maquinaria, equipamentos, sistemas, banco de dados, <i>softwares</i>, e etc. - capital físico), profissionais (ex.: conhecimento tácito, experiências, qualificações e habilidades dos profissionais - capital humano) e sistemas organizacionais (ex.: rotinas organizacionais, procedimentos, instruções, documentação, normas, processos, fluxos, técnicos).</p> <p>Como se expressam os níveis e tipos de capacidade tecnológica: Por graus de novidade e de complexidade das atividades relacionadas às áreas tecnológicas de maior pesquisa e desenvolvimento da atividade analisada.</p>
<p>APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA</p>	<p>Aprendizagem tecnológica: Mecanismos, práticas, fluxos de conhecimento internos e externos que permitem à organização adquirir conhecimento de modo a internalizar, gerar e transformar conhecimento em capacidades operacionais e de inovação.</p> <p>Mecanismos internos: Frequência e natureza de interações relacionadas a troca, combinação, geração de conhecimentos entre áreas funcionais da empresa. Por exemplo: P&D internos, treinamento, centros de pesquisa, comitês.</p> <p>Mecanismos externos: Frequência e natureza de interações relacionadas a troca, combinação, geração de conhecimentos entre a empresa em análise e outras organizações correlatas, como universidades, institutos de pesquisa, fornecedores, clientes, competidores, etc. Exemplos: consultoria e assistência técnica, testes e experimentações, desenvolvimento e engenharia, P&D.</p>
<p>ESTÍMULO A DIVERSIFICAÇÃO</p>	<p>Diversificação: Uma firma diversifica suas atividades sempre que, sem abandonar completamente suas antigas linhas de produtos, parte para a fabricação de outros produtos, inclusive produtos intermediários, suficientemente diversos daqueles que ela já fabricava, e cuja produção implique diferenças significativas nos programas de produção e/ou distribuição da firma, ou seja, no processo produtivo.</p> <p>Implicações para novas bases produtivas: Reorganização dos ativos específicos construídos e acumulados para novas áreas de negócio.</p> <p>Fatos relacionados a diversificação: Dada a acumulação de capacidades tecnológicas, tanto em termos de material humano quanto maquinário.</p> <p>(i) Os custos de transacionar no mercado comparados aos custos de internalizar a produção;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Considera-se os custos de transferência interna dos recursos com os custos contratuais existentes em negociar os mesmos recursos nas relações intra-firma no mercado; <p>(ii) Os possíveis retornos entre reinvestir o excesso de recursos da empresa especializada em seu produto principal ou diversificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Declínio na demanda dada a maturidade do produto (ciclo do produto); - A firma se defronta a um finito grau de elasticidade em sua curva de demanda, em que o reinvestimento e a expansão servirá para baixar os preços e os lucros.

Fonte: Adaptado de Piana (2016, p. 425).

ANEXO II – ROTEIRO DE ENTREVISTAS

IDENTIFICAÇÃO DO DEPARTAMENTO/ÁREA OU “SHED”

Nome do Departamento/SHED: Tempo de fundação:
 Nome do entrevistado: Anos na empresa:
 Cargo e titulação:
 Atividades realizadas:

PARTE 1 – SOBRE A TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA EM MOTORES E GERADORES ELÉTRICOS

PÚBLICO ALVO: Professores e técnicos de laboratórios das Engenharias elétrica, mecânica e automação da UFSC – campus Florianópolis/SC.

QUESTÃO 1) Uma pesquisa preliminar nos permitiu identificar que os dois temas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico em motores e geradores elétricos são: (i) a eficiência energética e (ii) a controlabilidade. A primeira envolve melhorias/ inovações no produto, em que as pesquisas são feitas em novos materiais e novos equipamentos que possam produzir o mesmo efeito com mais eficiência. Enquanto que a segunda envolve melhorias tanto produto (relacionado a segurança, controle, proteção) e quanto no processo produtivo (relacionado a segurança, produtividade, redução de custos). O senhor confirma essa interpretação ou haveria outro campo em P&D importantes para motores e geradores?

PARTE 2 – CAPACIDADES TECNOLÓGICAS EM GERADORES ELÉTRICOS

PÚBLICO ALVO: Gerentes de Produção, técnicos e Gerentes da unidade WEG Energia, pertencente ao Grupo WEG S.A.

QUESTÃO 2) Sobre o histórico dos melhoramentos e inovações em geradores WEG na WEG máquinas (1980 em diante), por favor considere a Tabela 1 abaixo. Nela encontra-se uma referência para

a qualidade das inovações tipicamente apresentadas durante a trajetória de construção da capacidade inovadora de uma empresa qualquer. Normalmente, uma fase é sequência da outra, ou seja, as empresas iniciam pela “inovação básica” e avançam até atingir a capacidade de gerar uma “inovação radical”. Segundo a vossa compreensão, a trajetória de desenvolvimento de geradores elétricos da WEG se enquadra nessa sequência? Haveriam produtos emblemáticos de cada uma das fases?

Tabela de Referência conceitual para os níveis de inovação dos geradores WEG entre 1980 a 2010.

Tipos/Níveis de inovação	Definições	Produto (período)
Inovação básica	Pequenas alterações em processos de produção, produtos e/ou equipamentos com base em imitação ou cópia de tecnologias existentes.	
Inovação incremental intermediária	Corresponde a pequenas melhorias nos componentes e elementos individuais da tecnologia existente, mas as relações entre os componentes permanecem inalteradas.	
Inovação incremental avançada	Introduz novos produtos, processos e/ou sistemas de equipamentos para o mercado local, sem alterar as relações entre os elementos da tecnologia.	
Inovação arquitetural	Compreende as alterações nas relações entre os elementos da tecnologia, seja em produtos ou sistemas, sem que os componentes individuais sejam modificados.	
Inovação radical	Estabelece um conceito novo para o mercado mundial, em que novos componentes e elementos são combinados de uma forma diferente formando uma arquitetura nova. Trata-se de novidade para o mundo.	

Fonte: Figueiredo (2013, p.36).

DEFINIÇÃO DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS: consiste do conhecimento, habilidades, experiências, a estrutura institucional da firma, as redes de ligação (conectividade) dentro da firma, entre firmas, e outras instituições tais como governos, bancos de fomento, instituições de pesquisa etc. Em suma, consiste do acúmulo dos recursos necessários para gerar e gerenciar mudanças tecnológicas.

QUESTÃO 3) Com base nos níveis de inovação, definidos nos produtos destacados na Tabela 1, o senhor poderia definir as capacidades tecnológicas da WEG na sua área de atuação (controlabilidade ou eficiência energética) em cada um dos produtos

emblemáticos das inovações da WEG, através do tempo? (Para preencher o quadro abaixo, mostrar exemplos dos quadros de capacidades do livro Gestão da Inovação, pode ser utilizado)Quadro de níveis de capacidade tecnológica em geradores para a WEG de 1980 a 2010.

NÍVEIS DE ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS	FUNÇÕES TECNOLÓGICAS E ATIVIDADES RELACIONADAS		
	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PRODUTO	CONTROLABILIDADE (AUTOMAÇÃO)	
		EM PRODUTO	EM PROCESSO
CAPACIDADE DE PRODUÇÃO			
A empresa aprende todas as qualificações para apenas produzir, com a melhor qualidade possível, mas não é nada inovativa.			
CAPACIDADE DE INOVAÇÃO: Capacidade para gerar e gerir mudança tecnológica.			
(1) BÁSICA: Pequenas alterações em processos de produção, produtos e/ou equipamentos com base em imitação ou cópia de tecnologias existentes.			
(2) INCREMENTAL INTERMEDIÁRIO: Corresponde a pequenas melhorias nos componentes e elementos individuais da tecnologia existente, mas as relações entre os componentes permanecem inalteradas.			
(3) INCREMENTAL AVANÇADA: Introduce novos produtos, processos e/ou sistemas de equipamentos para o mercado local, sem alterar as relações entre os elementos da tecnologia.			
(4) ARQUITETURAL: Compreende as alterações nas relações entre os elementos da tecnologia, seja em produtos ou sistemas, sem que os componentes individuais sejam modificados.			
(5) RADICAL OU MUNDIAL: Estabelece um conceito novo para o mercado mundial, em que novos componentes e elementos são combinados de uma forma diferente formando uma arquitetura nova. Trata-se de novidade para o mundo.			

PARTE 3 – SOBRE MECANISMOS DE APRENDIZAGEM

PÚBLICO ALVO: Gerentes de Produção, técnicos e Gerentes da unidade WEG Energia, pertencente ao Grupo WEG S.A.

DEFINIÇÃO DE MECANISMOS DE APRENDIZAGEM: remete aos vários processos pelos quais o conhecimento é adquirido por indivíduos e convertido para o nível organizacional. Em outras palavras, os processos pelos quais a aprendizagem individual é convertida em aprendizagem organizacional ou corporativa. Desta forma, aprendizagem deve ser entendida como um processo que permite à empresa acumular capacidade tecnológica ao longo do tempo.

QUESTÃO 4) Com relação ao processo de aprendizagem externos à firma, que conduziram a acumulação de conhecimento, habilidades e experiências importantes à construção das capacidades tecnológicas da WEG desde sua formação em 1980 até 2010, por favor assinale com um “X” se o mecanismo foi utilizado em cada período (década de 80, 90, 00) e o resultado a que ele conduziu?

QUESTÃO 5) Com relação ao processo de aprendizagem internos à firma, que conduziram a acumulação de conhecimento, habilidades e experiências importantes à construção das capacidades tecnológicas da WEG desde sua formação em 1980 até 2010, por favor assinale com um “X” se o mecanismo foi utilizado em cada período (décadas de 80, 90 e 00) e o resultado a que ele conduziu?

PARTE 4 – O PAPEL DAS COMPETÊNCIAS PARA A DIVERSIFICAÇÃO PRODUTIVA

PÚBLICO-ALVO: Gerentes de Inovação, Técnicos e Gestores

DEFINIÇÃO DE DIVERSIFICAÇÃO: uma firma diversifica suas atividades sempre que, sem abandonar completamente suas antigas linhas de produtos, parte para a fabricação de outros produtos, inclusive produtos intermediários, suficientemente diversos daqueles que ela já fabricava, e cuja produção implique diferenças significativas nos programas de produção e/ou distribuição da firma, ou seja, no processo produtivo. A análise do processo produtivo de qualquer produto consiste na análise da sua base tecnológica, ou seja, da utilização de máquinas, processos, habilidades e matérias-primas, todas complementares e intimamente associadas no processo de produção. Desta forma, uma firma diversificada é uma firma que opera com mais de uma base tecnológica.

QUESTÃO 6) Como nosso objetivo é entender se trata-se mesmo de uma diversificação ou apenas de uma diferenciação de produto, é importante entender as diferenças nos processos produtivos. Poderia, portanto, definir os aspectos mais marcantes das diferenças nos processos produtivos de geradores e aerogeradores para a WEG?

QUESTÃO 7) Por favor, assinale a alternativa abaixo que melhor enquadra o **nível de relevância** das competências tecnológicas alcançada pela WEG em geradores elétricos, em 2010, para a entrada no mercado de aerogeradores:

A – **Nenhuma importância.** A empresa provavelmente entraria nesse nicho mesmo sem nenhuma competência em geradores elétricos. Não há nenhuma vantagem competitiva em produzir geradores. Bastaria adquirir o equipamento de outra empresa.

B- **Baixa importância** - Ter competência em geradores pode ter ajudado. Mas é muito mais importante a capacidade de produzir as demais etapas do processo produtivo de aerogeradores. Enfim, a capacidade de promover algumas adaptações pode ter sido importante.

C- **Média importância** - Ainda que a capacidade de produzir as demais etapas do processo produtivo seja o aspecto mais relevante, a capacidade de produzir geradores representava uma vantagem competitiva potencial, pois já estava claro que muitas

melhorias/ inovações seriam possíveis pela capacidade inovadora já construída pela WEG em geradores.

D – Alta importância – A capacidade de inovar em geradores elétricos foi decisiva à decisão de entrar no mercado de aerogeradores. Sem isso, a WEG estaria muito limitada em sua capacidade de gerar melhorias/ inovações no produto (aerogeradores) que pudessem sustentar sua competitividade no segmento no curto e longo prazo.

E – Decisiva – Sem a capacidade de inovar em geradores elétricos, além das limitações à competitividade, a empresa teria grandes dificuldades para compreender os processos da produção de aerogeradores. Daí que, muito provavelmente, a empresa não teria condições de entrar nesse nicho de mercado.

QUESTÃO 7.1) Gostaria de adicionar algo sobre como a capacidade tecnológica alcançada pela WEG foi importante para a entrada da empresa no nicho de aerogeradores?

QUESTÃO 7.2) Em se tratando da implantação da base produtiva em aerogeradores (know-how e maquinário) poder-se-ia afirmar que houve transferência de conhecimentos (na forma de pessoal técnico qualificado) do segmento de geradores para o de aerogeradores? Em termos gerais, qual o núcleo de conhecimento que estes funcionários realocados detinham e que foi decisivo para realocá-los do processo de produção de geradores para o processo de produção de aerogeradores?

INVESTIGAÇÃO SOBRE OS CUSTOS DE TRANSAÇÃO

CUSTOS DE TRANSAÇÃO: Nas operações de mercado, saber quem são os envolvidos, informar os termos com os quais se pretende conduzir uma negociação (ou seja, as cláusulas contratuais), e realizar o controle necessário para garantir que os termos do contrato sejam respeitados, são operações geralmente muito dispendiosas.

ECONOMIA DE ESCOPO EM TEECE: Existem duas questões importantes para a empresa capturar economias de escopo. A primeira é se a produção de dois ou mais produtos dependem da mesma base de *know-how* e se é necessária uma troca recorrente. Em segundo se um ativo indivisível e específico é um insumo comum na produção de dois ou mais produtos. *Know-how* desta forma é um ativo indivisível, pois apresenta um forte caráter *learning-by-doing* e conhecimento tácito. A redução de custos referente a utilização de recursos não-tangíveis com

caráter de não competitividade ao ser utilizado em duas ou mais bases tecnológicas, ou seja, que podem ser utilizados mutuamente em diversas aplicações.

QUESTÃO 8) Assinale V (verdadeira) ou F(falso) para a seguinte afirmação: “Caso a WEG não produzisse geradores elétricos, ao entrar no mercado de produção de aerogeradores, enfrentaria conflitos com potenciais fornecedores derivados do provável comportamento oportunista dos mesmos. Por exemplo, pela cobrança de preços elevados por eventuais demandas derivadas de necessidades de mudanças/ inovações em geradores”.

Caso tenha assinalado V para a questão 8, por favor, assinale a importância (alta, média ou baixa e irrelevante) dos seguintes problemas que a WEG provavelmente teria.

Quesito relacionado aos custos de transação	Importância		
	Alta	Média	Baixa/irrelevante
A WEG incorreria em custos com a elaboração e negociação de contratos com a empresa fornecedora de geradores.			
A WEG incorreria em custos de monitoramento do desempenho do fornecedor de geradores.			
Uma vez que há similaridade no conhecimento técnico para inovação em geradores e aerogeradores, a WEG estaria desperdiçando potencial inovativo ao terceirizar a produção de geradores.			

QUESTÃO 9) Além da realocação de parte dos equipamentos, ferramentas e pessoal qualificado da WEG energia por volta de 2010 para estabelecer-se a base produtiva em aerogeradores, acredita-se que foi necessária a aquisição de maquinário, ferramentaria e pessoal qualificado adicional. Desta forma, pergunta-se: Quais habilidades e Know-how adicionais ao acúmulo de capacidade tecnológica em

geradores (conhecimento tácito) e maquinário adicional foi necessário obter para viabilizar a fabricação de aerogeradores? Sobre o capital humano, quais foram as opções adotadas pela WEG para viabilizar a aquisição destas habilidades e know-how adicionais?

QUESTÃO 10) Porque optar por todo um esforço de investimento na nova base produtiva (aerogeradores) ao invés de reinvestir na ampliação das unidades produtivas que a WEG já dispunha? Dito de outra forma, que fatores estimularam, do ponto de vista de oportunidade de empreendimento, a diversificação para aerogeradores? A decisão de diversificação foi estimulada por alguma estratégia governamental? Quais?