

## A CONSTRUÇÃO DAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DA WEG EM MOTORES ELÉTRICOS

Prof. Dr. Aulo Pércio Vicente Nardo<sup>1</sup>.  
Prof. Dr. Pablo Felipe Bittencourt<sup>2</sup>.

### RESUMO

O objetivo da pesquisa foi compreender a influência do processo de aprendizagem e da consequente acumulação de competência tecnológica da WEG em motores elétricos para a área de P&D em eficiência energética e materiais em produto. O método utilizado foi a pesquisa histórica-dedutiva e a pesquisa de campo por meio de entrevistas com pesquisadores familiarizados com o estudo de campo em uma construção de níveis de capacidades tecnológicas bem como com engenheiros e técnicos da UFSC. A combinação dos mecanismos de aprendizagem externos e internos que a empresa realizou resultou, em termos de níveis de acumulação de capacidades tecnológicas, no início da década de 1970 possuir capacidade tecnológica incremental avançada. Em 1990 a empresa adquiriu nível de capacidade arquitetural, e em 2010 a empresa passou a ser capaz de inovar pela mudança nos elementos envolvidos.

**Palavras Chaves:** Mecanismos de Aprendizagem; Capacidades tecnológicas. Motores elétricos.

### 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 electric motors for the R & D area in energy efficiency and materials in product. The method used was the historical-deductive research and the field research through interviews with researchers familiar with the field study in a construction of levels of technological capabilities as well as with engineers and technicians of UFSC. The combination of the external and internal learning mechanisms that the company performed resulted, in terms of levels of accumulation of technological capabilities, in the early 1970s to have advanced incremental technological capacity. In 1990 the company acquired architectural capacity level, and in 2010 the company was able to innovate by changing the elements involved.

**Keywords:** Learning Mechanisms; Technological capabilities; Electric motors.

---

<sup>1</sup> Doutor em economia pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Atualmente é Supervisor de Disciplina no Núcleo de Ensino a Distância - NEAD da UNIASSELVI, campus Indaial/SC, e professor presencial na UNISOCIESC, campus Blumenau/SC. E-mails: aulo.nardo@uniasselvi.com.br; aulo.nardo@unisociesc.com.br; a\_p\_v\_n@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Doutor em economia pela Universidade Federal Fluminense – UFF. Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Campus Florianópolis/SC, e-mail: pablofelipe.bittencourt@gmail.com.

## 1. INTRODUÇÃO

A linha de pesquisa em que se alinha esta pesquisa 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 a 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 a filiais de multinacionais para o desenvolvimento de projetos de P&D, entre outros.

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).

A empresa WEG, constitui um caso interessante para a realização de uma pesquisa empírica para empresas *latecomers* que avançaram 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, em um período em que havia muitos instrumentos de proteção do mercado doméstico para estimular e endogeneizar o setor industrial na economia brasileira.

Na década de 1980, institucionaliza seu centro de P&D, 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. Todo este esforço de construção de competências resulta a partir da década de 1990 em lançamentos inovativos de novos modelos de motores elétricos a partir da capacidade tecnológica internalizada.

Isto posto, o presente trabalho busca na pesquisa bibliográfica da trajetória tecnológica da WEG e na pesquisa de campo compreender os mecanismos de aprendizados externos e internos realizados pela empresa para construir suas competências, bem como suas implicações em termos de níveis de acumulação de capacidades tecnológicas para o produto motores elétricos na área de P&D de em eficiência energética e materiais em produto.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

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, esta seção está dividida em duas subseções. A primeira subseção explora as questões relacionadas as formas pelos quais as empresas adquirem conhecimento. Ou seja, os mecanismos de aprendizagem utilizados pelas empresas para aprender. A segunda subseção debruça-se no entendimento do conceito de capacidades tecnológicas. A partir desta discussão se oferece uma classificação de níveis tecnológicos, que embasou a elaboração do quadro analítico discutido na seção 4.

### 2.1 Os Mecanismos de Aprendizagem

Esta subseção complementa a discussão teórica a respeito da construção e acumulação de capacidades tecnológicas ao explorar o conceito de mecanismos de aprendizagem pelo qual as empresas constroem suas habilidades aplicadas à tecnologia.

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.

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).

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.

A aquisição de conhecimentos que são externos e internos a empresa pode ser visualizada como etapas de uma sequência circular, como apresentado pela Figura 1. 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 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.

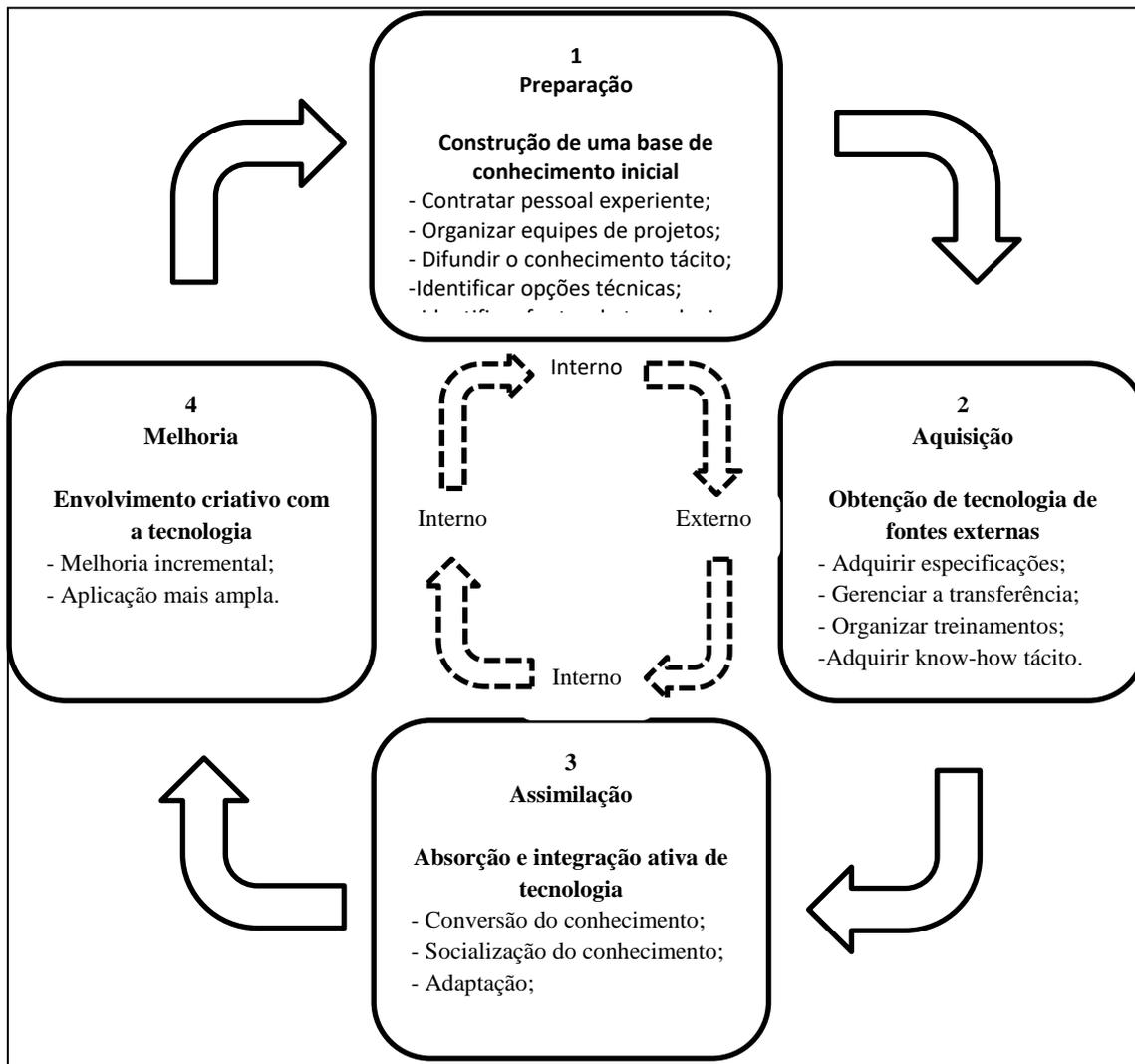


Figura 1 - Ciclo do processo de aprendizagem.  
Fonte: Bell e Gigueiredo (2012a, p. 73); Piana (2016, p.40).

A inferência que se deve fazer é de que a Figura 1 demonstra o trajeto percorrido na construção de conhecimento novo. Adicionalmente, observa-se 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 relacionadas 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.

A demonstração dos mecanismos de aprendizagem enquanto uma sequência circular da Figura permite a compreensão de que todo o percurso da aprendizagem requer um considerável investimento em conhecimento interno ex-ante e ex-post, o que facilita 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.

## 2.2 Capacidades tecnológicas

A classificação por uma estrutura de níveis de capacidades tecnológicas existente na literatura embasa a elaboração de um quadro para a construção de capacidades tecnológicas para a base produtiva da WEG em motores elétricos. Este foi elaborado na forma do Quadro 3 que se encontra na seção 4, e o detalhamento desta construção se encontra na seção metodológico desta pesquisa.

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).

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 capacitações 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.

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 adequadas 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 Rabelotti (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.

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).

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.

É desta forma que optou-se pela utilização, como referencial conceitual para os níveis de inovação elaborados no quadro 3 da seção 4, a utilização em uma escala de cinco níveis proposta por Figueiredo (2013), e que pode ser observado na Tabela 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 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, esta subseção trata da conceituação de capacidades tecnológicas, que diz respeito a 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 *latecomers*. Este raciocínio embasa a elaboração do Quadro 3 da seção 4 aplicado para a construção de competências tecnológicas para a base produtiva de motores elétricos da WEG.

### 3. METODOLOGIA

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 com um profissional técnico e um docente da engenharia elétrica na UFSC. Como a questão central trata de vínculos historicamente estabelecidos que precisam ser traçados ao longo do tempo, a estratégia metodológica da pesquisa contemplou o estudo de caso, complementado por pesquisa documental da WEG, sobre a relação causal entre os esforços de aprendizado de uma empresa *latecomer* e a construção de capacidades decorrentes.

O foco da pesquisa foi a investigação da relação entre os mecanismos de aprendizados da empresa WEG e as implicações em termos de níveis de acumulação de capacidades tecnológicas em motores elétricos. Para tanto, o primeiro passo foi a realização de um levantamento bibliográfico sobre o histórico da empresa, com base nos documentos históricos da WEG, monografias, dissertações e livros acadêmicos sobre a empresa.

Posteriormente, foi realizada a pesquisa de campo, realizada em três etapas. A primeira questão foi a realização de contato com pesquisadores familiarizados com o estudo de campo em uma construção de níveis de capacidades tecnológicas. Esta etapa teve como intento o entendimento de como proceder a pesquisa na elaboração de um quadro 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 da principal área de P&D a ser pesquisada.

Isto posto, buscou-se a realização de entrevistas com engenheiros e técnicos da UFSC para a confirmação da delimitação da principal área de P&D na base produtiva de motores

elétricos. Neste sentido, foram realizadas entrevistas, com o entrevistado 3, Técnico em eletrotécnica do Laboratório de Máquinas e Acionamentos Elétricos – LABMAQ (UFSC) e o entrevistado 4, professor do departamento de engenharia elétrica da UFSC. Em decorrência das entrevistas delimitou-se a opção pelo estudo de níveis de capacidades tecnológicas para a área de P&D em eficiência energética e materiais em produto.

Iniciou-se então o preenchimento da parte interna do Quadro 3 que se encontra na seção 4, bem como os respectivos mecanismos de aprendizagem utilizados no processo de acumulação de competências para motores elétricos. Esta etapa foi realizada a partir da análise dos dados coletados com os entrevistados 3 e 4 (no que diz respeito ao entendimento do produto), nas pesquisas bibliográficas, e na visita técnica a WEG Motores e a ferramentaria, e nas visitas ao Museu WEG.

A lista com todos os entrevistados que viabilizaram esta pesquisa encontram-se no Quadro 1. 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 1 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.

Quadro 1 - Lista de entrevistados da pesquisa.

Nº de contatos	Forma de contato	Data entrevistas	Organização	Nome	Tempo estimado de contato	Cargo
<b>ENTREVISTAS REALIZADAS PARA O PREENCHIMENTO DO QUADRO 3</b>						
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
10	4 Entrevistas 6 telefone	19/09/2017 19/10/2017 07/11/2017 28/11/2017	Engenharia elétrica - UFSC	Entrevistado 3	480 minutos	Técnico em eletrotécnica do Laboratório de Máquinas e Acionamentos Elétricos – LABMAQ (UFSC)
1	Entrevista	27/09/2017	Engenharia elétrica - UFSC	Entrevistado 4	60 minutos	Professor no departamento de Engenharia Elétrica (UFSC).
<b>ATIVIDADES EXTRAS RELACIONADAS A PESQUISA DE CAMPO</b>						
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	
<b>TOTAL</b>						
19					1680 minutos = 28 horas	

Fonte: Elaboração Própria.

## 4. A CONSTRUÇÃO DE COMPETÊNCIAS EM MOTORES ELÉTRICOS

Esta seção discute a construção de competências em níveis de capacidades tecnológicas da empresa WEG em motores elétricos a partir do aprendizado por mecanismos externos e internos. Neste sentido, esta seção está sub dividida em duas partes. A primeira subseção trata dos mecanismos de aprendizagem utilizados pela empresa WEG para a construção e acúmulo de suas capacidades tecnológicas para a base produtiva de motores elétricos.

A segunda subseção trata da elaboração e discussão de um quadro de capacidades tecnológicas da WEG em motores elétricos para a área de P&D de eficiência energética e materiais, fortemente embasado: (i) Nos exemplos de Figueiredo (2013), que abarcam diversas pesquisas empíricas realizadas para diferentes indústrias; (ii) Na opinião de um professor e de um engenheiro técnico da engenharia elétrica da UFSC.

### 4.1 Mecanismos de aprendizagem em motores elétricos

Esta sub-seção elenca 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, sintetizadas no Quadro 2, entre os mecanismos internos e externos. Desta pesquisa se pode notar que o uso de mecanismos externos e internos são complementares na construção e 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.

A seguir destaca-se os principais aspectos relacionados aos mecanismos apresentados no Quadro 2. 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. Conforme Schmitz (2001), o primeiro já possuía competências acumuladas por ter trabalhado na produção de motores elétricos. O segundo acumulava 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.

Quadro 2 - Mecanismos de aprendizagem em motores elétricos de 1961 a 1980 segundo a literatura WEG.

<p style="text-align: center;"><b>MECANISMOS INTERNOS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1961: Conhecimento adquirido na rotina de trabalho, manuais alemães e da socialização do conhecimento dos fundadores.</li> <li>- 1964: Primeiros passos em procedimentos de qualidade.</li> <li>- 1966: Inicia-se as Convenções Nacionais dos Vendedores WEG – Conweg;             <ul style="list-style-type: none"> <li>* Realizadas anualmente (contínua):</li> </ul> </li> <li>- 1968: Criação do Centro de Treinamento, engloba:             <ul style="list-style-type: none"> <li>* Escola de treinamento (nova mão-de-obra);</li> <li>* Aperfeiçoamento da mão-de-obra já existente (constante e aprendizado diverso).</li> </ul> </li> <li>- 1973: Realizado o 1º seminário de qualidade:             <ul style="list-style-type: none"> <li>* 11 semanas de cursos</li> </ul> </li> <li>- 1974: Formação dos grupos de racionalização.</li> <li>- 1977: Primeira campanha de qualidade com o programa “zero defeito”;</li> <li>- 1978: Criada a seção de normatização (Socialização do conhecimento):             <ul style="list-style-type: none"> <li>* Centralizava o acervo de normas já existentes, bem como coordenava o fluxo de normas técnicas então em rápido crescimento nos diferentes setores da produção.</li> </ul> </li> <li>- 1980: Criação do Centro Tecnológico WEG.</li> <li>- 1982: Nascem os primeiros Círculos de Controle de Qualidade (CCQ) conjuntamente com o primeiro “Manual de Qualidade”.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>MECANISMOS EXTERNOS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1964: Geraldo Werninghaus vai trabalhar na Motores Brasil;</li> <li>- 1965: Contratação do Professor Antônio Serrano de La Pena para ministrar cursos;</li> <li>- 1968: Os 3 fundadores fazem visitas técnicas a fábricas alemãs:             <ul style="list-style-type: none"> <li>* Fecham contrato com o escritório de projetos do Dr. Ing Ernst Braun:                 <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Faz parte do contrato a prestação da assistência ao projeto de implantação do novo produto.</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 1968 e 1969: Contratação de 4 engenheiros.</li> <li>- 1969: Treinamento no exterior: Envio de Reiner Modro e Arthur Borches para estágios na Blum-geoppingen e na Deckel-Munich;</li> <li>Contratação de assessoria externa, a de Walter Christian do Instituto Brasileiro para Assuntos de Qualidade             <ul style="list-style-type: none"> <li>* estruturação do Departamento de Qualidade;</li> <li>* Criação das comissões de trabalho;</li> <li>* Doação de sua literatura técnica que vem a formar a biblioteca WEG.</li> </ul> </li> <li>- 1970: Especialistas retornam a Alemanha em 1970 para mais estágios:             <ul style="list-style-type: none"> <li>* Ampliação constante de contatos ao estagiar em diferentes empresas alemãs.</li> </ul> </li> </ul>

Fonte: Elaboração própria, baseado em TERNES (1986;1997) e SCHMITZ (2001).

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 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 (SCHMITZ, 2001).

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 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 (TERNES 1986; 1997).

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.

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 (TERNES 1986; 1997).

Na pesquisa de campo foi descrita a importância do conhecimento construído na ferramentaria, tanto por mecanismos de aquisição externa (estágios) quanto internos (pelo Centro de Treinamento), que incorreram 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 compõem o produto (sistema de ventilação, circuito magnético etc.).

Após uma grande expansão do parque fabril 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 (TERNES, 1986; 1997).

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 (SCHMITZ, 2001). 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).

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.

#### 4.2 Acumulação de Capacidades da WEG Motores

Esta subseção corresponde ao esforço de caracterizar a construção de capacidades tecnológicas em motores elétricos para a WEG, sintetizada na forma do Quadro 4. A grande área de P&D analisada foi a de eficiência energética em produto e materiais. A pesquisa de campo, realizada com um professor e um técnico do departamento de engenharia elétrica, evidenciou que os avanços em "eficiência energética", estão estritamente relacionados a conhecimentos em engenharia mecânica aplicada aos produtos<sup>3</sup>.

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.

---

<sup>3</sup> Eficiência energética, resume a ideia de produtos com rendimentos 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.

Como destacado na subseção 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)<sup>b</sup> 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 custos 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 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 interna<sup>4</sup> (esta sendo responsável de empurrar o ar fechado dentro do motor para as extremidades do motor, de forma a ter contato com a carcaça que está sendo resfriada pela ventilação externa do motor, otimizando o resfriamento).

Quadro 3 - Níveis de capacidade tecnológica em motores elétricos para a WEG.

NÍVEIS DE ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PRODUTO E MATERIAIS
<b>CAPACIDADE DE PRODUÇÃO</b>	
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"> <li>- Reprodução dos produtos a partir de manuais de normas estabelecidas (1961);</li> <li>- Aquisição de pacotes tecnológicos para implantação de produto, com acesso a assessoria para reprodução de plantas e projetos;</li> <li>- Fornecimento regional (SC e RS).</li> </ul>
<b>CAPACIDADE DE INOVAÇÃO: Capacidade para gerar e gerir mudança tecnológica.</b>	

<sup>4</sup> 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).

(1) BÁSICA: Pequenas alterações em processos de produção, produtos e/ou equipamentos com base em imitação ou cópia de tecnologias existentes.	- 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.
(2) INCREMENTAL INTERMEDIÁRIO: Corresponde a pequenas melhorias nos componentes e elementos individuais da tecnologia existente, mas as relações entre os componentes permanecem inalteradas.	- 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.
(3) INCREMENTAL AVANÇADA: Introduce novos produtos, processos e/ou sistemas de equipamentos, sem alterar as relações entre os elementos da tecnologia.	- 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.
(4) ARQUITETURAL: Compreende as alterações nas relações entre os elementos da tecnologia, seja em produtos ou sistemas, sem que os componentes individuais sejam modificados.	- Desenho original via E, P e D em termos da densidade de potência (2010): *Redução do tamanho do produto para determinada potência. - Modificações dos materiais envolvidos nas partes do produto (2010): *Rotor de ímãs permanentes.
(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.	- Desenho e desenvolvimento de produtos em classe mundial: *Ex: Invenção do motor elétrico de corrente alternada.

Fonte: Elaboração própria com base em Figueiredo (2013).

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, Ternes (1986;1997) 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.

No 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 empregados<sup>5</sup>. Na

<sup>5</sup> 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.

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.

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.

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 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, 2017), 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.

Em relação à 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.

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 componentes<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> 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.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho tratou 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 para a área de P&D em de eficiência energética em produto e em materiais.

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 adquirirem conhecimento tácito. Estes conhecimentos são convertidos em conhecimento interno e compartilhados pelos indivíduos da firma pela codificação e socialização do conhecimento.

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.

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.

## 6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

- 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.
- 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.
- COHEN, M. D.; LEVINTHAL, D. A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. **Administrative Science Quarterly**, 35, 128-152, 1990.
- 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.
- 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.], Fundação Getúlio Vargas, n. 2, p.1-161, 19 nov. 2016.
- MALERBA, F. Learning by firms and incremental technical change. **The economic journal**, v. 102, n. 413, p. 845-859, 1992.
- 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.
- 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.
- 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.
- RUSH, H.; BESSANT, J.; HOBDAY, 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.
- 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.
- SCHMITZ, A. **WEG 40 anos**. Jaraguá do Sul: Weg Indústrias S.A., 2001.
- TERNES, A. **História da WEG: 25 anos**. Joinville: Gráfica Meyer S.A., 1986.
- \_\_\_\_\_. **WEG: 36 anos de história**. Joinville: Gráfica e Editora Pallotti, 1997.
- WEG. **História**. Disponível em: <<http://www.weg.net/institucional/BR/pt/history>>. Acesso em: 01 abri. 2017.’