

A CONSTRUÇÃO DAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DA WEG EM GERADORES ELÉTRICOS

Prof. Dr. Aulo Pércio Vicente Nardo¹.
Prof. Dr. Pablo Felipe Bittencourt².

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi compreender a influência do processo de aprendizagem e da consequente acumulação de competência tecnológica da WEG em geradores elétricos para a área de P&D em eficiência energética e materiais em produto. O método utilizado foi a pesquisa de campo por meio de entrevistas semiestruturadas com pesquisadores familiarizados com o estudo de campo em uma construção de níveis de capacidades tecnológicas bem como com engenheiros e técnicos da UFSC e funcionários da empresa. A combinação dos mecanismos de aprendizagem externos e internos que a empresa realizou resultou, em termos de níveis de acumulação de capacidades tecnológicas, de um início em capacidade de produção no início da década de 1980 para capacidade tecnológica incremental intermediária ao final da década. Em 1995 a empresa adquiriu nível de capacidade incremental avançada, e em 2011 a empresa passou a ser capaz de inovar pela mudança nos elementos envolvidos.

Palavras Chaves: Mecanismos de Aprendizagem; Capacidades tecnológicas. Geradores elétricos.

ABSTRACT

The objective of the research was to understand the influence of the learning process and the consequent accumulation of technological competence of WEG in electrical generators for the area of R&D in energy efficiency and materials in product. The method used was the field research through semi-structured interviews with researchers familiar with the field study in a construction of levels of technological capabilities as well as with engineers and technicians from UFSC and company employees. The combination of external and internal learning mechanisms that the company performed resulted in terms of levels of accumulation of technological capabilities from the beginning of production capacity in the early 1980s to intermediate incremental technological capacity at the end of the decade. In 1995 the company acquired advanced incremental capacity level, and in 2011 the company was able to innovate by changing the elements involved.

Keywords: Learning Mechanisms; Technological capabilities; Electric generator.

¹ 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.

² 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 em geradores elétricos iniciou-se em 1980 com a realização de uma *joint venture* com a Lloyd Dynamowerke – LDW. Na mesma época, 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.

Desta forma, a empresa rapidamente internaliza a tecnologia e passa a níveis de capacidade inovativas básicas, adequando o produto ao processo de produção já existente. Entre 1987 e 1988 a empresa avança em termos de competências inovadoras ao iniciar a produção a partir de projeto próprio para geradores novos geradores a diesel e em 1993/1994

para geradores hidráulicos e de turbinas a vapor. Em 2011 a empresa adquire competências para construção de turbogeradores de 2 polós, produto de alta complexidade tecnológica.

Isto posto, o presente trabalho busca 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 geradores 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.

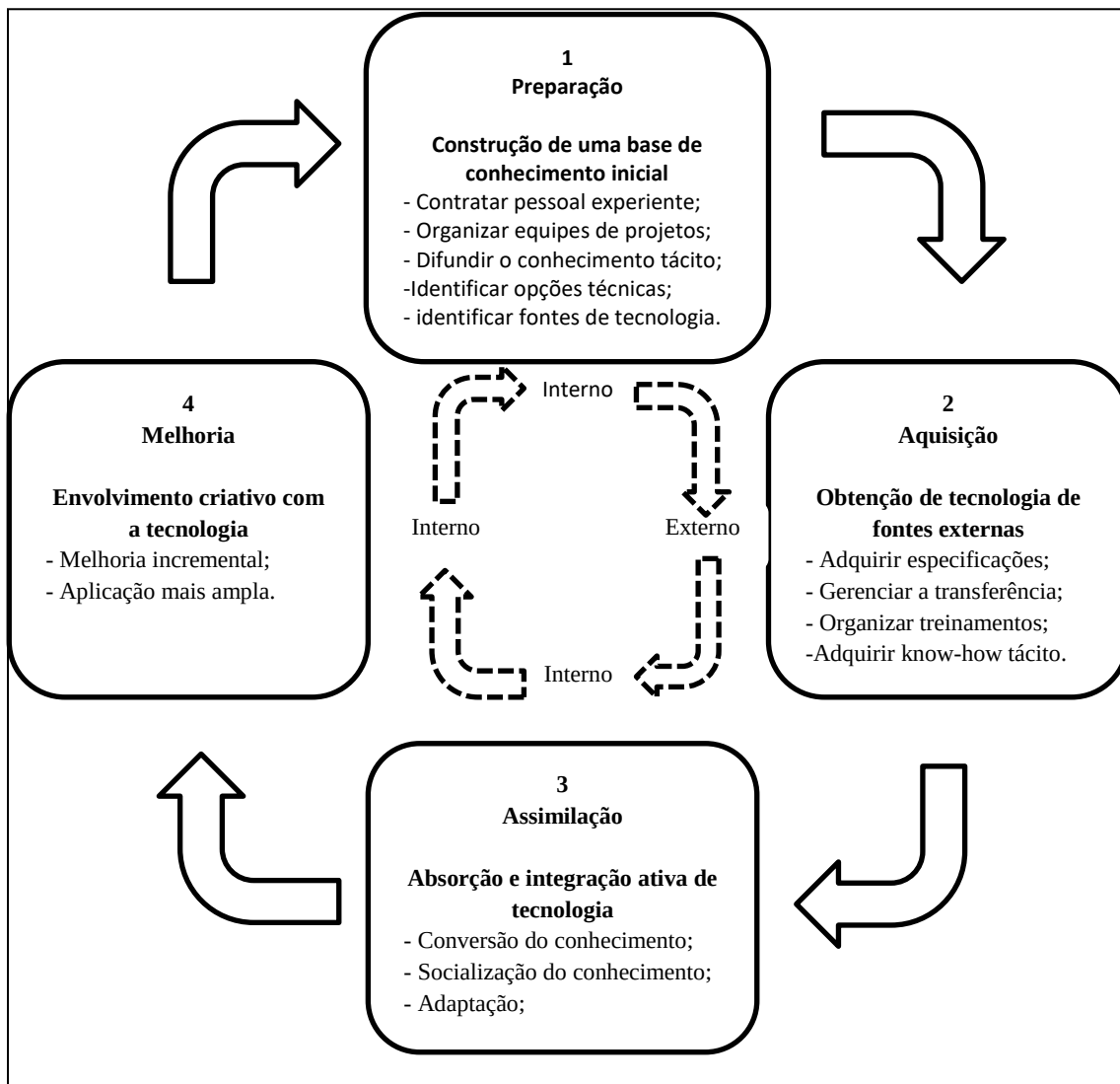


Figura 1 - Ciclo do processo de aprendizagem.
Fonte: Bell e Figueiredo (2012a, p. 73); Piana (2016, p.40).

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 2 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 pela pesquisa de campo com entrevistas por meio de questionário semi-estruturado³, aplicados junto a funcionários da empresa e com um profissional técnico e um docente da engenharia elétrica na UFSC.

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 geradores elétricos. A pesquisa foi 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 geradores 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

³ Este artigo é derivado de uma tese. O referido questionário semi-estruturado pode ser encontrado em Nardo (2018).

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 2 que se encontra na seção 4, bem como os respectivos mecanismos de aprendizagem utilizados no processo de acumulação de competências para geradores 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), e nas entrevistas com aplicação de questionário semi-estruturado aos entrevistados 5, 6, 7 e 8, todos funcionário da 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.

Quadro 1 - 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 3						
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).
4	Entrevista e-mail telefone	27/10/2017	WEG	Entrevistado 5	180 minutos	Analista de Projetos Sênior na WEG Energia
1	Entrevista	21/11/2017	WEG	Entrevistado 6	60 minutos	Gerente de pesquisa e desenvolvimento do grupo WEG
2	Entrevista telefone	22/11/2017	WEG	Entrevistado 7	120 minutos	Consultor Administrativo
2	Entrevistas	15/01/2018 30/01/2018	WEG	Entrevistado 8	180 minutos	Conselho Administrativo
TOTAL						
19					1680 minutos = 28 horas	

Fonte: Elaboração Própria.

4. A CONSTRUÇÃO DE COMPETÊNCIAS EM GERADORES ELÉTRICOS

Esta seção discute a construção de competências em níveis de capacidades tecnológicas da empresa WEG em geradores elétricos a partir do aprendizado por mecanismos externos e internos. Neste sentido, esta seção está subdividida 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 geradores elétricos.

A segunda subseção trata da elaboração e discussão de um quadro de capacidades tecnológicas da WEG em geradores 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) Nos dados obtidos a partir de entrevistas por questionário semi-estruturado aplicados a funcionários da empresa. (iii) Na opinião de um professor e de um engenheiro técnico da engenharia elétrica da UFSC.

4.1 Mecanismos de aprendizagem em geradores elétricos

Esta subseção analisa 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) para a construção das capacidades tecnológicas em geradores elétricos na WEG. A obtenção dos dados se deu exclusivamente por pesquisa de campo.

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 pequenas melhorias e 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 com 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&D⁴. Como

⁴ Na década de 1980, a WEG institucionalizou 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

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. 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 tecnológica⁵.

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 entrada da empresa na indústria de 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 êxito quanto ao objetivo e veio a acumular capacidade tecnológica somente 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

competências resulta a partir da década de 1990 em lançamentos inovativos de novos modelos de motores elétricos a partir da capacidade tecnológica internalizada (TERNES 1986; 1997).

⁵ 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 internas. 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). 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.

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 (unidade onde são produzidos os geradores), 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 substituiu 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.

4.2 Acumulação de Capacidades da WEG em geradores

Esta subseção corresponde ao esforço de caracterizar a construção de capacidades tecnológicas em geradores elétricos para a WEG, sintetizada na forma do Quadro 2. 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 2 abarca a área de eficiência energética em produto e em matérias.

Quadro 2 - Níveis de capacidade tecnológica em geradores elétricos para a WEG.

NÍVEIS DE ACUMULAÇÃO DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PRODUTO E MATERIAIS
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;
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;
(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.
(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).
(4) ARQUITETURAL: Compreende as alterações nas relações entre os elementos da tecnologia, seja em produtos ou sistemas, sem que os componentes individuais sejam modificados.	- 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).
(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.	- Integração com o mercado global; - Desenho e desenvolvimento de produtos em classe mundial;

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

Como descrito na subseção anterior, a primeira atitude para a WEG entrar no mercado de geradores 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 empresa 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.

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. 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.

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.

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 estimulava 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.

A evolução da competência da WEG em sua base produtiva em geradores entre a década de 1990 e a de 2000 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.

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 incorporadas⁶. 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 Eletric Machinery – EM, em Minneapolis nos EUA, adquirindo assim a tecnologia do gerador dois polos, entre outras (WEG, 2017).

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, no caso de geradores, as décadas são espaços de tempo do acúmulo de competências da empresa que a leva a níveis cada vez 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.

⁶ 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).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho tratou da base produtiva em geradores elétricos, os mecanismos de aprendizagem utilizados pela WEG desde sua entrada neste mercado no início da década de 1980 para construir e acumular sua capacidade tecnológica neste produto, e o esforço de caracterizar esta acumulação de capacidades em uma escala de níveis 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 adquirirem 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.

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 permitissem realizar projetos de P&D. Os mecanismos de aprendizagem interna em termos de resultados também geraram pequenas melhorias e inovações substanciais.

Ainda a respeito dos mecanismos de aprendizagem interna, cabe destacar também 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.

Com respeito a caracterizar a construção de capacidades tecnológicas em geradores elétricos, este esforço se concentrou na área de eficiência energética em produto e materiais. A empresa começa sua produção em 1981 apenas com capacidade de produção, passando ao nível de capacidade básica de inovação entre 1981 e 1982, conforme adequações no produto a estrutura industrial instalada se mostraram necessárias.

De 1983 ao final da década de 1980 a empresa introduziu no produto pequenas melhorias, mudança no uso dos materiais ou redução no uso destes, atingindo um nível incremental intermediário de capacidade tecnológica. 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, que 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. 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. Em 2011 a WEG comprou a Electric Machinery – EM, adquirindo assim a tecnologia do gerador dois polos, atingindo o nível arquitetural de competências tecnológicas.

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.
- 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.
- 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.
- 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.], Fundacao Getulio Vargas, n. 2, p.1-161, 19 nov. 2016.
- 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.
- 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.

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.

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/institutional/BR/pt/history>>. Acesso em: 01 abri. 2017.