

**TECNOLOGIAS AVANÇADAS DE MANUFATURA, ESTRATÉGIA
EMPRESARIAL E INDÚSTRIA 4.0: O ESTADO ATUAL DA INDÚSTRIA DE
MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS DO RIO GRANDE DO SUL**

Autor

Fernando Henrique de Oliveira Oppermann

Engenharia de Produção – UFRGS – fernando.oppermann@outlook.com

Coautora

Ana Paula Etges

Engenharia de Produção – UFRGS – anabsetges@gmail.com

Orientador

Marcelo Cortimiglia

Engenharia de Produção – UFRGS – cortimiglia@producao.ufrgs.br

Palavras-chave: Investimentos Industriais, Desempenho Empresarial, Tecnologias
Avançadas de Manufatura, Indústria 4.0.

Abstract: The Industry 4.0 theory shows itself as the future of one more evolution in industries. The understanding of which are the Advanced Manufacturing Technologies (AMT) the theory demands and in which intensity the AMTs receive investments in the Machines and Equipment market from the Rio Grande do Sul state are important to assist companies on their decision making. Through a clustering analysis companies profiles was traced in regards to its investments in AMTs and compared to its performances in relation to their concurrent. In parallel, the investments appointed in the past and the ones predicted to the future in the technologies were analyzed. This data was analyzed to confront investments expected for an Industry 4.0. It were found evidences of intensions on higher investments in AMTs in the future, alignment with Industry 4.0 ideas, but it was also found necessary AMTs for this theory with decreasing investments expectations. Lastly, it was evidenced greater business performance given greater investments in AMTs.

Resumo: A teoria Indústria 4.0 se mostra como o futuro de mais uma evolução nas indústrias. O entendimento de quais são as Tecnologias Avançadas de Manufatura (AMT) que a teoria demanda e com que intensidade as AMTs recebem investimentos no mercado de Máquinas e Equipamentos do estado do Rio Grande do Sul são importantes para assistir as empresas em suas tomadas de decisões. Através de uma análise de *clusterização*, foram traçados perfis de empresas em relação a seus investimentos nas AMTs e, então, comparados às performances desses em relação a seus concorrentes. Em paralelo, foram analisados os investimentos empregados no passado e previstos para o futuro nas tecnologias de manufatura. Esses dados foram analisados para confrontar investimentos que se espera para uma indústria 4.0. Foram encontradas evidências de intenção de maiores investimentos em AMTs no futuro, alinhamento com ideias da Indústria 4.0, mas encontradas também AMTs, necessárias para essa teoria, com expectativas decrescentes de investimentos. Por fim, foi evidenciado maior desempenho empresarial dado maiores investimentos em AMTs.

3. Introdução

O mundo, tal qual a sociedade que o habita, se transforma. As atitudes e hábitos com os quais uma comunidade vive são um retrato da relação entre as necessidades com que essa se depara e as tecnologias disponibilizadas pela época em questão, Zavslak (1994). As práticas no meio industrial têm a mesma característica: situações atuais tendem sempre a mudar com o tempo, mesmo que esse não seja um período definido. Conforme Zavslak (1994), numa fábrica segue-se essa a mesma lógica, na qual as demandas da produção são administradas com a ciência atual disponível na busca incansável pela produtividade.

Das máquinas a vapor do século XVII, que caracterizam a primeira fase da industrialização, passando pela segunda revolução industrial, posteriormente pelo *boom* da informática, juntamente a automação numa terceira etapa, os processos produtivos se mostraram evolutivos com o tempo. Segundo Coase (1937), a partir da integração e automatização da produção, o processo produtivo deixa de ser classificado como uma organização e passa a se comportar mais como um organismo, interdependendo, assim, uma etapa da outra dentro de um arranjo sistemático. A suposta quarta fase, que tem como principal exemplo a iniciativa Indústria 4.0 (*Industrie 4.0*), lançada pelo Governo Alemão em 2013 em conjunto a associações, empresas e instituições de ensino do país,

tem como objetivo garantir sua economia como protagonista no mercado internacional e aparece postulante a orientar a quarta revolução, ou evolução, industrial.

A iniciativa Indústria 4.0 visa a integração entre os postos de trabalho automatizados. Segundo Dais et al. (2013), as máquinas devem comunicar-se como indivíduos em uma rede social (em chamados sistemas físico-cibernéticos), sendo as atividades desenvolvidas pelas partes interligadas via *wi-fi*, sabendo cada uma, assim, a relação entre a sua atividade e as necessidades anteriores e posteriores ao seu posto de trabalho. A iniciativa ainda se baseia, conforme Dais et al. (2013), na teoria “Internet das Coisas” (IoT - *Internet of Things*), que resume a ideia de que tudo aquilo conectado à Internet poderia ser controlado, monitorado, planejado e inventariado, Kopetz (2011). Em um nível industrial, seria possível integrar a cadeia de valor em termos de fornecedores, clientes e servidores logísticos, por exemplo. Para tal, a adoção de tecnologias avançadas de produção (AMT - *advanced manufacturing technologies*) é de suma importância. Tal adoção é usualmente complexa, passando por inovações de tecnologia física, maquinário, e também de arranjo lógico, de práticas de produção, conforme Cagliano e Spina (2000).

Segundo Brooks (2014), as necessidades da sociedade e da indústria são supridas pelas tecnologias disponíveis no momento. Assim como o uso de computadores revolucionou o processo físico de troca de informações no passado, supõe-se que a era da automatização e fluxo instantâneo de dados fará o mesmo com o processo produtivo contemporâneo industrial. Esse tipo de movimento pode ser previsto em processos produtivos de uma indústria do ramo de máquinas e equipamentos, por exemplo. Transporte, locomoção e produção são atividades complexas nesse setor e o uso de tecnologia avançada é adequado quando se leva em consideração o potencial de tecnologias disponíveis, razoavelmente difundidas, como sensores, robôs e chips RFID e identificação por rádio frequência, por exemplo.

Com um avanço tecnológico, o empresário depara-se com problemas, potencialmente desconhecidos, derivados das possíveis inovações disponíveis a ele. Um dos principais deles, discutido por Dais et al. (2013), é relativo à distribuição de dados e informações. Para Orr (2003), o entendimento da difusão da informação, assim como da difusão das inovações tecnológicas, em empresas e mercados é relevante. Conforme Zavislak (1994), o processo de inovação tecnológica é primordial para a sobrevivência de uma empresa e não deve ser considerado apenas em termos de aumento pontual da

tecnologia, mas sim em um aumento de efetividade na Gestão Estratégica de sua empresa.

É importante que se compreenda o funcionamento e a integração com que essas tecnologias se encontram no meio empresarial. A automação suportada por uso de AMT constitui peças de um “quebra-cabeças” que parte da coleta de dados físicos até a gestão da programação da produção. Isso representa integração. De forma análoga, o comportamento em conjunto desse processo se dá pelo conceito da IoT, um canal de comunicação que interliga desde clientes da empresa até o designer do produto no início do processo de produção de um produto, de forma interativa. Segundo Gubbi et al. (2013) é errado pensar que as técnicas, inovadoras ou não, aplicadas em um determinado local de um processo não influenciem outras etapas do processo global da empresa.

Com a aplicação de novas tecnologias e práticas inovadoras, fica evidente que as empresas enfrentarão desafios para planejar mudanças e prever desafios. Para Figueiredo (2005), o processo de inovação industrial passa por diversos setores empresariais e exige seu forte envolvimento para que se atinja o sucesso. Assim, Antunes (2008) argumenta que o sucesso das estratégias baseadas em inovação de produtos, processos e modelos de negócios é uma realidade sustentada no Brasil. Dessa forma o entendimento da aplicabilidade e potenciais benefícios de AMTs no Brasil se torna necessário para que seja possível entender as vantagens competitivas que derivam da efetiva adoção de AMT.

Este artigo objetiva o maior entendimento da situação atual vivida na indústria de máquinas e equipamentos do Rio Grande do Sul em termos de adoção de AMTs. Este estudo tem como objetivo identificar grupos de empresas com perfis de adoção de AMT similares e identificar seus índices de desempenho da produção em si e da empresa no mercado, em relação a sua concorrência. Como resultado, ainda, o estudo tem como objetivo identificar grupos de tecnologias com investimentos semelhantes e avaliá-los quanto aos investimentos feitos no passado e esperados para o futuro – nos grupos e pontualmente nas AMTs – no que se refere a uma futura Indústria 4.0. Este trabalho está dividido em cinco partes. Inicia-se em uma introdução, passando por uma base de referencial teórico, procedimentos metodológicos, posteriormente uma seção de resultados e, por fim, uma seção de conclusões.

3. Referencial Teórico

2.1 Inovações de Produto e de Processo

As empresas contam com diversos desafios impostos pelo mercado. A fim de adquirir vantagens, ou até mesmo garantir sua sobrevivência, essas empresas fazem mão, muitas vezes, do uso da inovação, Antunes (2008). Segundo Figueiredo (2004), a busca por alternativas inovadoras passa por duas diretrizes, a inovação de produto e a inovação de processo. A primeira direciona a ideias relativas à busca de uma solução àquilo que o mercado demanda e a segunda relaciona-se ao *modus operandi* com que se produz aquilo que será, por fim, oferecido ao mercado. No meio industrial segue-se a mesma lógica, que, segundo K pfer et al. (2005), apresenta aspectos integrativos relevantes entre as inova es de produto e processo, onde demanda-se um entendimento fortemente embasado da necessidade do mercado.

2.2 Indicadores de Inova o

Mesmo que se encontrem disponíveis estratégias e estudos sobre processos de inova o em empresas, não   de forma uniforme e natural que esse tipo de prática vem sendo adotada. Essa premissa pode ser analisada em dados do IBGE 2013, onde se analisa que no ramo industrial brasileiro apenas 35% das empresas são consideradas praticantes de inova o. Além disso, dentre tais empresas, apenas 5,8% aplicam práticas verdadeiramente originais no mercado nacional. A partir dos dados   possível concluir acerca da prática de copiar o que se vem fazendo a inovar perante o mercado. As empresas, de um modo geral, preferem esperar que outras apliquem inova es a tomar as rédeas numa liderança em processos de inova o. Isso   evidenciado na Tabela 1, que mostra as diferenças entre aqueles que aplicam algo “novo para o mercado nacional” e aqueles que aplicam algo novo apenas para sua empresa.

	Empresas								
	Total	Total	Que implementam inova�es						De produto e de processo
			De produto			De Processo			
			Total	Novo para a empresa	Novo para o mercado nacional	Total	Novo para a empresa	Novo para o mercado nacional	
Total	128 699	45 950	23 282	19 120	5 299	40 802	38 335	3 136	18 133
Ind�strias de Transforma�o	114 212	41 012	19 991	16 733	4 157	36 497	34 545	2 462	15 475

Tabela 1. Atividades do setor de eletricidade e gás e dos serviços selecionado e Indústria de Transforma o

Para efeitos de comparação, no mercado alemão, conforme dados do ZEW (2013), 70% das empresas do ramo industrial exerciam atividades de inovação, seja em produto seja em processo. Vale também citar a relevância das parcerias que se pratica entre empresas: segundo o ZEW (2013), 42% dos casos de inovação são praticados em conjunto a instituições de ensino ou outras empresas, enquanto que no Brasil esse número beira os 16%, conforme o IBGE (2013). Segundo Vital (2010) e Wu et al.(2014), o sistema de parcerias e compartilhamento de práticas se evidencia como uma prática positiva, difundindo ganhos e eliminando perdas através de compartilhamento de informação.

De forma complementar, a Figura 1 evidencia os níveis gerais de inovação em países selecionados da Europa. Alemanha fica confirmada como um país berço dessas práticas e que é levada nesse artigo em consideração para fins de comparação.

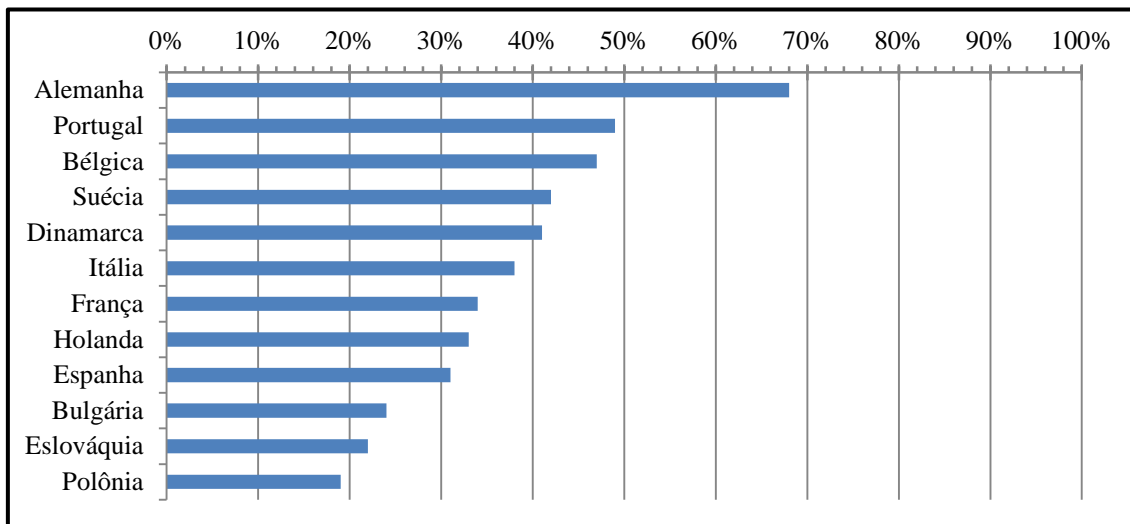


Figura 1. Porcentagem total de empresas com atividades de inovação tecnológica na Europa em 2006-2008.

Segundo o relatório do IBGE (2013), no Brasil, em média, apenas 16% das empresas que aplicam atividades de inovação mantêm níveis altos ou médios de pesquisa e desenvolvimento internos, enquanto em termos de aquisição externa de pesquisa e desenvolvimento o índice é ainda menor, cerca de 7%. Em comparação, na Alemanha, conforme ZEW (2013), pesquisa e desenvolvimento interno ocorrem em 36% das empresas, na média, e 75% no caso de empresas de mais de 250 colaboradores. A taxa de aquisição externa de P&D lá chega a 14%, o dobro da aferida no Brasil.

Referente à importância com que as diferentes culturas tomam suas ações, ainda conforme o IBGE (2013), a média de investimentos em inovação das empresas brasileiras foi de U\$360 mil em 2011. Enquanto isso, segundo ZEW (2013), a média desses investimentos em empresas alemãs foi de U\$1,1 milhão em 2012. A partir de

dados como esses é plausível confirmar a maior preocupação com inovação em alguns países e, assim, despertar as dúvidas referentes aos motivos pelos quais isso ocorre de forma tão tépida no Brasil.

	Empresas								
	Total	Total	Que implementam inovações						De produto e de processo
			De produto			De Processo			
			Total	Novo para a empresa	Novo para o mercado nacional	Total	Novo para a empresa	Novo para o mercado nacional	
Fabricação de Máquinas e Equipamentos	6 228	2 573	1 839	1 075	1 014	1 827	1 555	286	1 094

Tabela 2. Atividades na Indústria do setor de eletricidade e gás, e dos serviços selecionados para Fabricação de máquinas e equipamentos.

Focando o estudo em empresas industriais do ramo de produção de máquinas e equipamentos, observa-se que 41% das empresas desse ramo exerceram atividade de inovação no período de 2009-2011, média maior que a média geral da indústria brasileira (35%), conforme mostrado na Tabela 2. Contudo, é interessante interpretar a porcentagem de inovações de produto e de processo para empresas industriais desse tipo. Enquanto que no âmbito de inovação de processo 87% das inovações são inéditas na empresa e 15% são inéditas tanto na empresa quanto no mercado nacional, em termos de inovação em produto esses números ficam em 58% e 55%, respectivamente. A partir desses dados conclui-se que, quando se trata de inovação de produto, 94% das inovações são novas não só à empresa, mas para o mercado, enquanto que para processos esse número cai para 18%. Pode-se argumentar, então, que no setor de fabricação de máquinas e equipamentos as empresas brasileiras tendem a inovar em produtos, mas em termos de processos produtivos esperam pelo mercado, aplicando apenas técnicas solidamente testadas em outras empresas.

2.3 Adoção de Inovação

A partir de dados como esses do IBGE e do ZEW, parte-se à ideia de difusão de tecnologia. As tecnologias e inovações surgidas em um mercado não são difundidas de forma uniforme não somente pelas dúvidas ainda relativas à suas aplicabilidades, mas por questões culturais. Segundo Rogers (1995) e reiterado por Gomes (2007), as empresas se deparam com quatro principais elementos de inovação: a Inovação, os Canais de Comunicação, o Tempo e o Sistema Social.

Gomes (2007) define quatro elementos na difusão de inovação. A Inovação é compreendida como a interpretação da prática inovadora por parte do potencial

consumidor, levando em conta os seguintes aspectos: Vantagem relativa, como ostentação, conveniência e satisfação; Compatibilidade com valores pessoais, experiências passadas e necessidades; Complexidade, como facilidade de compreensão pública; Experimentação, envolvendo possibilidade de testes pré-aquisição; e Observância, significando a possibilidade de visualização dos benefícios antes do comprometimento com a adoção propriamente dita. Já conforme Savery (2005), Canais de Comunicação relaciona-se com os métodos de transferência de informação entre os clientes, e Tempo explica a ideia do amadurecimento do cliente quanto à inovação desde o conhecimento de uma nova prática até uma eventual implantação real em sua empresa. Por fim, o Sistema Social, que segundo Gomes (2007) abrange a ideia de intercomunicação entre clientes para fins de solução de seus problemas conforme os seus vizinhos os solucionam, e é de tal maneira, uma barreira para a difusão massiva de inovação.

Por fim, conforme Savery (2005), a difusão da inovação é definida conforme Figura 2, em termos de aceitação, seguindo os aspectos já apresentados nesse artigo. A Figura 2, um *framework* de análise, é frequentemente usada para interpretar perfis de adoção de tecnologia industrial. Orr (2003) utilizou esse estudo e classificou os perfis de adoção: Inovadores, como aqueles que inventam novas práticas, “que vivem fora de sua época”, criando soluções nunca vistas para problemas; Adotantes iniciais, como os que, de perfil inovador, primeiramente investem e aplicam em suas empresas tais práticas, sugestionadas pelos inovadores, com adaptações para suas empresas. As Maiorias, que para Savery (2005), esperam por resultados e opiniões de peso positivas, como de líderes de mercado, para investir, sendo a precoce mais audaz e a tardia mais conservadora. Por último, figura o grupo dos retardatários, muito conservadores e tradicionais, os quais aderem à inovação por pura obrigatoriedade.

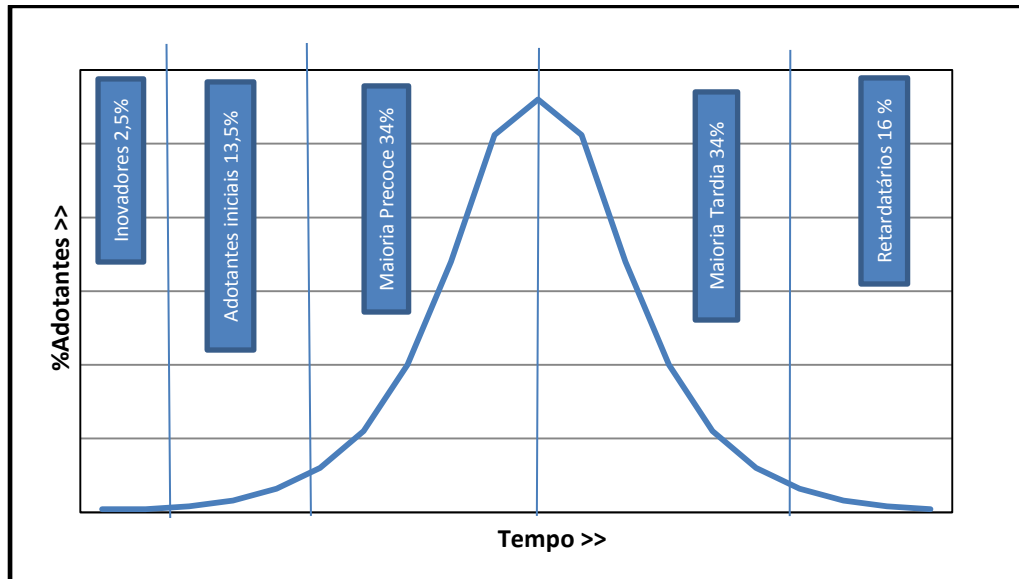


Figura 2. Difusão de Inovação

2.4 Aquisição e desenvolvimento de tecnologia de processo

No passar das épocas, a evolução dos sistemas produtivos ocorreu de forma a equiparar as necessidades locais com a disponibilidade tecnológica. Contudo, é possível identificar padrões em termos de pré-requisitos ou partes do processo até um resultado inovador em um arranjo de produção. Conforme Cagliano e Spina (2000), foi desenvolvida a ideia do princípio de um sistema SFP (*Strategically Flexible Production*), os quais consistem em sistemas ágeis e flexíveis para atender mudanças do mercado e decisões estratégicas empresariais.

Nas últimas três décadas foram observadas algumas diretrizes relativas à inovação; a percepção de definições organizacionais, gerando autonomia ao trabalhador, com práticas educativas que o qualificam de forma multifuncional, o que segundo Yohanes et al. (2012) e De Lemos (2000), incentiva inovação; percepção de adoção de times de projetos e integração multifuncional, proporcionando fluxo de ideias e por conseguinte inovações, Nascimento (2003); e foco em virtualização empresarial em detrimento a aplicações automatizadas e controladas pontualmente, que geram barreiras entre os departamentos Dais et al. (2013). De encontro a esses *roles*, foi observado que essas práticas, primeiramente aplicadas por algumas companhias, passaram, com o decorrer do tempo, a ser aplicadas por indústrias e países e evidenciadas por autores renomados como Roobeek (1987), Hayes et al. (1988), Drucker (1990), Karlsson (1996) apud Cagliano e Spina (2000) e Schrettle (2013).

Cagliano e Spina (2000) identificaram um perfil seguido pelas empresas e países em termos das necessidades no que se refere à evolução em sistemas produtivos. Os resultados indicam a necessidade de desempenho com multifuncionalidade e simultaneidade, rapidez na mudança de prioridades, alta capacidade de resposta e pontualidade, alta qualidade de ambiente de trabalho, tarefas motivadoras e integrantes e força de trabalho qualificada, que conforme De Lemos (2000), geram ganhos em termos de agilidade e eficiência das empresas. A partir disso, Cagliano e Spina (2000) definiram três princípios a serem seguidos para a aplicação de um SFP: Multifocalidade e Flexibilidade Estratégica, Integração de Processos e Posse de Processo, que conforme De Lemos (2000), podem gerar satisfação e maior rendimento do trabalhador:

Multifocalidade e Flexibilidade Estratégica consistem na aptidão de resolver problemas em diversos aspectos, seja em nível estratégico empresarial, em investimentos, referindo-se a decisões de âmbito de negócios, economia e mercado, seja em nível de processo, dentro de fábrica (Hayes e Pisano, 1996, apud Cagliano e Spina, 2000). Já a Integração de Processos compreende a macro integração dentro do processo, eliminando fronteiras entre etapas, interligando e compartilhando recursos, conhecimentos, tecnologias, necessidades e objetivos (Dais et al., 2013). Por fim, a Participação nos Processos adota a ideia de posse com um âmbito de atitudes, conferindo responsabilidade para o colaborador em termos de envolvimento e comprometimento com o processo. Esse quesito, muito mais subjetivo, confere autonomia para o trabalhador a fim de obter times engajados e com capacidade de resolver problemas multifuncionais (Huber and McDaniell, 1986 apud Cagliano e Spina, 2000).

Teorias de processos flexíveis, como o SFP, primam pelas melhorias em processos e encontro de ganhos indiretos, que segundo Jäger (2007), podem ser em inovação, capacitação de pessoal, flexibilidade e integração. Esses ganhos são vistos como um potencial diferencial competitivo o qual os gestores primam para quando se deparam com uma restrição ou situação problema. A Teoria das Restrições, explicada por Antunes (2008), que, de forma resumida, prevê fronteiras em um processo produtivo, dentro das quais estaríamos postados de forma ótima quando no limite dessas, exemplifica o caso acima. A capacidade final de um sistema é definida por seu gargalo, local onde se tem maior propensão a aplicações inovadoras visando maior produtividade. A inovação de processo vem como forma estender a capacidade do

gargalo, ou até mesmo as fronteiras, a um nível que pode ser considerado, eventualmente, como um diferencial competitivo, Swamidás (2003).

O STP, Sistema Toyota de Produção, é um exemplo de produção enxuta, produção flexível, que rege hoje em dia o sucesso das empresas mais competitivas do mercado, Antunes (2008). Sendo essa uma verdade, as tecnologias embarcadas nessa teoria são relevantes no desenvolvimento de uma empresa saudável. Tecnologias de processo como, *Just-in-time*, *Just-in-sequence* e a eliminação das sete perdas são relevantes para o desenvolvimento e propensão de práticas cada vez mais inovadoras, De Lemos (2000). Algumas tecnologias estudadas no STP e relevantes nesse trabalho são práticas contra perdas em processo como perdas em transporte, movimentação, esperas e estoques.

2.5 Indústria 4.0 e Tecnologias Avançadas de Manufatura

A partir da discussão sobre difusão de tecnologias e processos de inovação, pode-se introduzir um conceito evidenciado como potencial revolução na indústria mundial. Desenvolvido principalmente na Alemanha, o conceito Indústria 4.0 (*Industrie 4.0*) tem se mostrado como o futuro da indústria daquele país, com forte apelo da comunidade intelectual corporativa e acadêmica. Essa importância pode ser confirmada pelos relatórios pós-evento de 2013 e 2014 da feira industrial de Hanôver, na Alemanha, a Hannover Messe.

Teorias evolucionistas ou de revolução, como a teoria Indústria 4.0, vem de encontro ao objetivo de atingir a personalização de necessidades, atendendo cada vez mais pontualmente àquilo que os clientes demandam. Para Dais et al. (2013), os pedidos tendem a ser altamente personalizados, tanto nas especificações dos produtos, quanto nas requisições, por específicas que forem, dos clientes, com lotes de pedidos e produtos tendendo ao mínimo. A ação para atendê-los encontra-se na eficiência dos processos, seja eficiência energética, de tempo, de recursos e, ainda mais, aplicada tanto a produtos e processos. Essa teoria se baseia em sintomas macroeconômicos com os quais a Alemanha vive nos dias atuais. Entre estes, pode-se citar mudanças demográficas, a globalização, a difusão da Conectividade Interativa, a expansão de produtos personalizados e diminuição de disponibilidade de recursos financeiros e naturais.

Dais et al. (2013) tiveram como objetivo o entendimento da Indústria 4.0 quanto aos problemas enfrentados na realidade da Alemanha, conforme percepção dos tomadores de decisão da indústria local. A pesquisa foi feita com 278 empresas, sobretudo do ramo industrial, e definiu as dificuldades maiores e a situação atual relativa a Indústria 4.0 no país. Os principais resultados são apresentados na Figura 3.

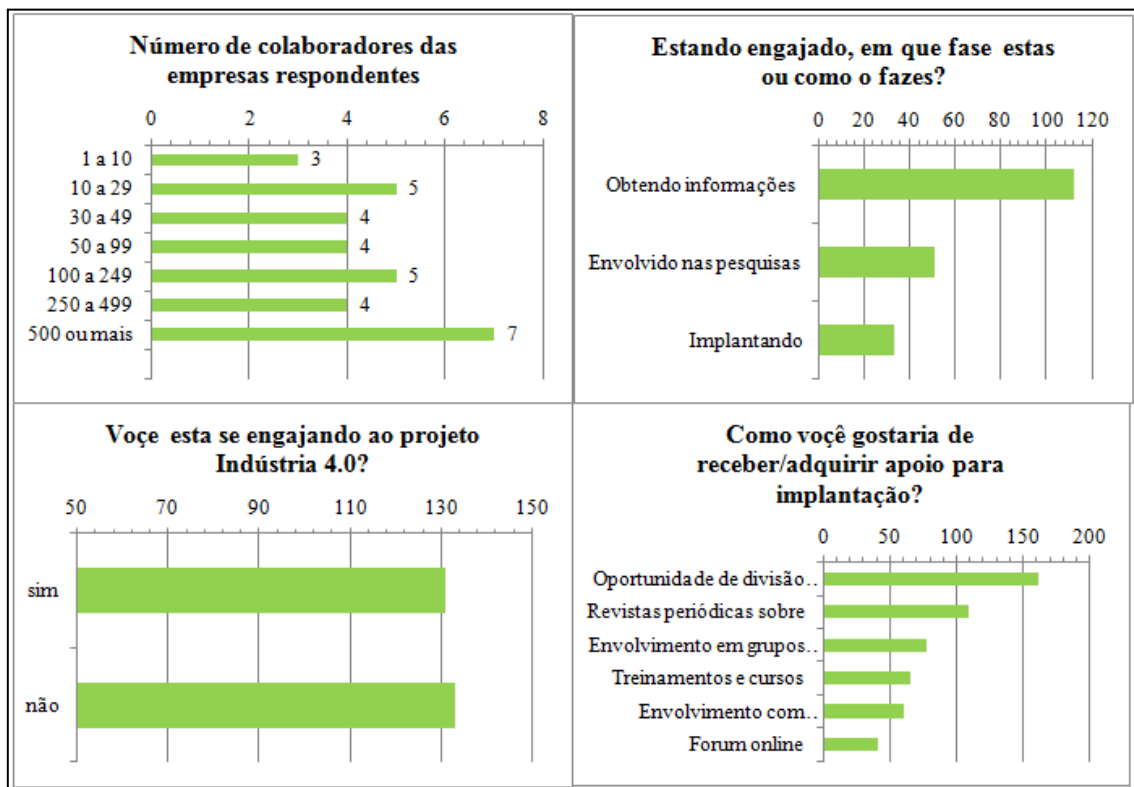


Figura 3. Pesquisa sobre Indústria 4.0 na Alemanha.

É relevante analisar quanto às maiores dificuldades em aplicação de práticas de inovação como em Indústria 4.0. Além da padronização, que postula contra a customização prevista na teoria, no entendimento dos empresários, organização de processo e tecnologia disponível aparecem como principais dificuldades.

A partir das dificuldades de aplicação de tal teoria, surge a necessidade do estudo das tecnologias industriais emergentes. Costa e Lima (2009) classificam como um pilar do processo de evolução de sistemas produtivos a adoção de AMTs. Conforme os autores, a adoção de AMTs não é considerada simplesmente como a aquisição de maquinário de alto teor tecnológico, e sim como o atendimento a oportunidades de melhorias em todo o processo de produção a partir destas tecnologias. Portanto, a consideração de fatores do entorno da inovação pontual adentram as análises dos gestores. Conforme Jäger (2007), em caso de inovações sempre se deve considerar

aspectos como capacidade de processos, estrutura disponível, tecnologias já implantadas, integração vertical, políticas de qualidade, recursos humanos, controle de produção, eventuais entradas de novos produtos e o retorno financeiro.

A primeira tecnologia base do futuro a ser citada é a computação em nuvem (*cloud computing*), que representa um paradigma de distribuição de recursos computacionais para a rede. Segundo Wu et al. (2015), percebeu-se o uso exponencial de tecnologias que culminam no uso iminente da nuvem hoje em dia. Wu et al. (2014) também apontam para um uso massivo de tal tecnologia, impactando sobretudo no gerenciamento dos dados, e propõe formas de gestão da Segurança da Informação e fluxo de dados. A Figura 4 mostra ilustradamente à constatação do autor a respeito dos impactos da tecnologia da informação nos sistemas produtivos, culminando com o paradigma da computação em nuvem.

				Sistemas de produção em Nuvem
			Sistemas de produção reconfiguráveis	Alta flexibilidade
				Reduzido time-to-market
		Sistemas de produção flexíveis	Aumentar responsividade para mudanças de mercado	Reduzidos custos
	Sistema Toyota de produção	Reduzir estoques	Reduzir tempo de mudança em produtos	Ambiente virtual onipresente
		Aumentar produtividade		Recursos de produção em Pool
Linhas de Montagem	Reduzir custo de superprodução	Aumentar confiança no sistema	Reduzir tempo de lançamento de produtos	Alta difusão de informação
	Reduzir tempo ocioso	Aumentar variedade de itens		Alta reutilização de recursos
Reduzir custo de MDO	Reduzir produtos defeituosos	Aperfeiçoar uso de máquinas	Rápido upgrade e alta integração com novas tecnologias	Alta taxa de utilização das máquinas
Aumentar produção	Melhoria contínua	Melhorias em soluções de engenharia		
1900s	1960s	1980s	1990s	2010s e além

Figura 4. Evolução dos Sistemas Produtivos.

Os resultados de Wu et al. (2015) apontam para uma maior velocidade de reação das empresas quanto às necessidades dos participantes do processo entre o cliente e o desenvolvedor dos produtos, prática que, conforme Dais et al. (2013), está alinhada com os conceitos da Indústria 4.0.

A fim de munir a nuvem com informação, é necessário o uso de tecnologias que proporcionem ou facilitem a integração entre os processos produtivos. A IoT representa

justamente a comunicação entre físico e virtual e tem imediata aplicação no contexto industrial (Miorandi, 2012). Altzori et al. (2010) explicam a integração envolvida entre os participantes de um processo produtivo, sensores, robôs e alta gestão, por exemplo, de forma a evidenciar a IoT neste contexto através de uma pesquisa aberta sobre diferentes aplicabilidades para ela em atividades do cotidiano, como reconhecimento facial, transporte público, segurança de dados, e descoberta de perfis para fins de análise preditiva. Schrettle (2013) também discorre sobre a adoção de tecnologias emergentes no contexto industrial, abordando diversos assuntos relativos à inovação e relacionando-os a níveis de sustentabilidade, tamanho da empresa, atitudes estratégicas, e desenvolvimento empresarial geral. O autor conclui que se espera por ações diferentes entre determinados grupos de empresas, mas dentro desses grupos têm-se atitudes semelhantes quanto ao perfil de priorização de investimentos e, sobretudo, resultados também semelhantes.

Em um estudo sobre utilização de tecnologias avançadas de manufatura, Rong et al. (2014), abordaram com maior detalhe a IoT. O resultado foi um relatório definindo, nos diferentes ramos, aspectos relevantes ao uso dessas tecnologias, especificando aspectos e avaliando a aplicação da IoT. Os aspectos se resumem a contextos estratégicos, sistemáticos, de infraestrutura, de capacidade, de comunicação e de aptidão a mudanças.

Com um aspecto mais técnico, Tigre (2003) discutiu em sua pesquisa a aplicação e os benefícios de AMTs na indústria, selecionando tecnologias a serem estudadas quanto a seus benefícios pós-implantadas, classificando-as como: Sistemas pontuais, como tecnologias de engenharia e projeto ou montagem; Sistemas intermediários, como as de manuseio e testes automatizados; e Sistemas integrados, como sistemas flexíveis de manufatura, produção integrada em rede e sistemas de integração de logística. Esses quesitos técnicos foram avaliados em empresas e classificados quanto ao benefício que trouxeram ao processo de produção da empresa em questão.

Aspectos técnicos juntamente a uma metodologia como a de Fardin (2011) se mostram benéficas e são diretrizes desse artigo. Em sua pesquisa, Fardin fez um levantamento da situação de empresas industriais quanto ao requisitos que as empresas mais levam em conta para aplicações de novas ATMs, encontrando, em forma de indicadores, aqueles mais relevantes. Como resultado encontrou as principais preocupações (no caso Segurança e Qualidade no novo processo) e possibilitou

entendimento geral das questões que os empresários mais se preocupam para aplicação de inovação.

Um estudo interessante relativo à adoção de AMTs e desenvolvimento de inovação estratégica é o de Bülbül (2013), que pesquisa a correlação de diversos fatores na adoção de AMTs de produção e de gestão e desempenho de empresas. Conforme Figueiredo (2004), o entendimento da adoção de novas práticas de gestão e adoção de AMTs, através de investimentos, é primordial para o entendimento da evolução da indústria como um todo, ainda mais em países emergentes. Bülbül (2013) identificou agrupamentos (*clusters*) de empresas com estratégias similares em adoção de AMT e investimentos, comparando seus resultados como empresas, seja em nível de produção seja em nível de mercado.

3. Metodologia de Pesquisa

Nessa seção serão discutidos os procedimentos metodológicos para a aplicação e análise da pesquisa, que exige o objetivo desse artigo.

3.1 Descrição do cenário

Este estudo investigará empresas do ramo industrial de máquinas e equipamentos do estado do Rio Grande do Sul. As empresas entrevistadas são associadas ao APLMAQ, da Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos, que intensifica e promove fóruns, reuniões e cursos para desenvolvimento mútuo dos participantes, onde são desenvolvidas e compartilhadas práticas de excelência empresarial. O número de empresas participantes no estado beira as 150 e têm abrangência de atender mercados nacionais tanto quanto internacionais, em seus respectivos casos. Os seus fornecedores, por conseguinte, também se caracterizam por nacionais e internacionais. As empresas relacionadas ao APLMAQ são geralmente indústrias de fornecimento de equipamentos a outras, de montagem de produtos ao consumidor ou as próprias montadoras desses produtos.

3.2 Caracterizações do método de pesquisa

A pesquisa desempenhada nesse artigo é uma pesquisa aplicada, retirando dados da realidade e os analisando e interpretando através de uma análise estatística. Posterior a isso foram avaliadas as performances desses grupos unificados, para entender o desempenho daquela característica de estratégia e a consequência dessas nos seus negócios. Quanto à sua abordagem, trata-se de uma pesquisa quantitativa, pois ela se

sustenta em avaliações numéricas e estudo estatístico para formação de conclusões. Referentemente aos objetivos, denota-se a característica de pesquisa descritiva, de forma a descrever a realidade atual comparando-a a um determinado nível esperado, referente à teoria Indústria 4.0. Por fim, os procedimentos de pesquisa, que são enquadrados na característica de levantamento, já que serão coletados e analisados dados da realidade de um determinado grupo de empresas através de um questionário fechado.

3.3 Caracterizações do método do trabalho

O trabalho de pesquisa tem início com uma revisão da bibliografia sobre AMTs utilizadas em questionários de outros trabalhos, quanto a suas relevâncias, e formas de análise dos dados. Posteriormente, foi elaborado um questionário relativo ao uso dessas AMTs, que foi destinado a empresas vinculadas ao APLMAQ. As empresas questionadas têm papel importante devido a sua característica de procura por competitividade e por estarem presentes em um grupo intimamente relacionado a desenvolvimento de novas tecnologias, como o mercado de máquinas e equipamentos. Uma terceira etapa, de validação do questionário, foi feita através de contatos com professores do Departamento de Engenharia de Produção e Transportes da Universidade Federal de Rio Grande do Sul (DEPROT-UFRGS), que avaliaram a relevância das questões. Em seguida, na quarta etapa, os questionários foram aplicados e, por fim, analisados quanto a conclusões relacionadas às estratégias de negócios dessas empresas, relacionado-as por sua vez a vínculos com a teoria Indústria 4.0.

O questionário é constituído por três partes complementares. A parte (i) é destinada à caracterização das empresas respondentes, incluindo questões como tamanho, idade, receita anual e área de atuação. A parte (ii) apropriada para a definição da escala de investimentos em AMTs, fazendo-se uso de uma escala de 1 (zero investimento) 2 (baixo investimento), 3 (investimento moderado), 4 (relativo alto investimento) e 5 (investimento pesado) em uma lista de AMT previamente definida. Similarmente ao que foi feito por Bülbül (2013), primeiramente as AMTs serão divididas em 2 grupos: AMT de Produção e AMT de Gestão, conforme listagem ilustrada na Figura 5. A lista de AMT foi elaborada a partir de pesquisas prévias similares, como as de Bülbül (2013), Fardín (2011), Schrette (2013) e Wu et al. (2014). Como primeira parte do trabalho, foram feitas reuniões de planejamento do projeto. Tendo definidas as partes necessárias para tal, começou-se com a discussão sobre as

AMTs mais relevantes que precedem a evolução da indústria produtiva relativas a, por exemplo, Indústria 4.0. As discussões passaram por diversos professores do DEPROT, por alunos mestrados e doutorandos, além de por profissionais executivos da indústria de máquinas e equipamentos do Rio Grande do Sul. O ponto chave desta parte do trabalho ficou evidenciado no contato com autores de artigos presentes no referencial teórico deste artigo. Após um *brainstorming* de tecnologias potencialmente presentes no questionário, foram determinadas, através do referencial teórico, as tecnologias a serem perguntadas aos respondentes, como na Figura 5.

AMTs de Pesquisa	Nome da variável
Tecnologia computacional para design	project
Tecnologia computacional para engenharia de produto/processo	prodproc
Tecnologias de grupo	group
Sistemas automatizados de manuseio	handle
Identificação dos produtos e bens	id
Robótica para Produção	robot
Robótica para Movimentação	robomov
Uso de "Internet das Coisas"	iot
Sistemas Flexíveis de Produção	flex
Material requirements planning (MRP I)	mrp
Manufacturing resource planning (MRPII)	mrpii
Just in time	jit
Just in Sequence	jis
Sistemas para integração de cadeia de suprimentos e/ou distribuição	scm
Sistemas de Suporte de Decisão	ssd
Sistemas integrados de gestão (ERP)	erp
Controle online, em tempo real, da produção.	control

Figura 5. AMTs de Pesquisa.

Determinadas as tecnologias, o próximo passo foi evidenciado na definição das perguntas referentes aos índices de desempenho das empresas respondentes. Através do referencial teórico e de reuniões com professores do DEPROT, foram definidas as perguntas de forma a não ferir a confidencialidade das empresas. Potencialmente, a confidencialidade poderia estimular a não resposta completa do questionário, o que o tornaria não válido para estudo deste trabalho.

No último passo da confecção do questionário, foram definidas as perguntas de caracterização da empresa respondente. Nessa etapa, também, foram necessárias discussões com profissionais e acadêmicos do ramo de engenharia, ligados ao mercado, para adequar a obrigatoriedade de algumas perguntas. De forma análoga aos índices de

desempenho, perguntas que envolvam o faturamento e a margem de lucro podiam repelir respondentes.

Na parte (iii), usando também uma escala tipo Likert de 5 pontos em que 1 representa “significativamente inferior” e 5 representa “significativamente superior”, os entrevistados foram encorajados a responder acerca de seu desempenho empresarial e de produção comparados ao de seus concorrentes. Devido ao fato de as empresas não comumente estarem dispostas a responder sobre seus desempenhos financeiros, os quesitos utilizados são indicadores menos onerosos aos olhos do entrevistado como *market share*, retorno de investimentos, retorno nas vendas e aumento/decréscimo anual nas vendas. Referentemente ao desempenho de produção, serão levados em conta quesitos como: Produtividade do trabalhador, Custos de produção, Qualidade do produto, Flexibilidade de volume de produção, Flexibilidade de linhas de produto (variabilidade), Velocidade de entrega, Confiança na entrega e Senso de inovação.

Esta coleta de dados é importante para se mensurar a atual situação e entender a divisão das empresas em grupos com ações estratégicas semelhantes. Serão estudadas as correlações entre as variáveis coletadas de forma a ser possível agrupar as empresas em agrupamentos (*clusters*). Tal método estatístico utilizado anteriormente por Vickery et al. (1993) inclui ainda o estudo não só das correlações mas a validação estatística das relações entre os dados. Tal validação foi feita segundo métodos estatísticos já difundidos. A separação das tecnologias em grupos ocorreu por destacamento teórico conferido por um Alfa de Combach para encontrar os grupos de tecnologias que sofrem investimentos estatisticamente semelhantes. Para analisar os perfis de empresas, foi utilizado o método de *Wards Linkage Clustering*, com regra de parada no cálculo estatístico definida pelo índice Duda-Hart, para encontrar os *clusters* de empresas que mantém comportamento semelhante em relação a investimentos em AMTs. O comportamento dos perfis em relação a seu desempenho, comparado a sua concorrência, foi analisado por um simples levantamento da média das respostas das empresas em cada cluster.

A aplicação do questionário foi feita via Internet, software *Survey Monkey*, e via presencial e contou com o auxílio de pesquisadores do DEPROT-UFRGS. O estudo estatístico foi feito pelos autores desse artigo. Tal estudo foi desenvolvido no departamento da universidade em questão e foi contemplado no primeiro semestre de 2015.

4. Resultados

Esta seção visa apresentar os procedimentos realizados no trabalho tendo em vista os procedimentos metodológicos referidos com o ímpeto de mostrar os resultados e discuti-los a partir dos dados coletados. Primeiramente, então, serão evidenciados os resultados de uma análise qualitativa dos resultados e, posteriormente, uma análise estatística. A partir desses estudos serão mostradas evidências obtidas e discussões a respeito delas.

A partir da metodologia tomada, foram coletadas 42 respostas. Dentre essas respostas, 21,42% delas foram respondidas incompletamente, apenas com informações básicas da empresa, totalizando o número de 33 respostas válidas, que são as quais serão comentadas a partir desse momento.

4.1 Descrição da Amostra

O caráter diversificado dos perfis de empresas caracteriza os resultados dessa pesquisa. Em termos de tamanho, foi evidenciado um número equilibrado de empresas nas diferentes escalas em relação a número de colaboradores e receita operacional. Foram coletadas 33 respostas completas, quatro de empresas com faturamento de até R\$2,4Milhoes, 9 com faturamento entre R\$2,4 e R\$16 milhões, 9 delas com faturamento entre R\$16 e R\$90 milhões, cinco entre R\$90 e R\$300 milhões e 6 com faturamento acima de R\$300 milhões. Em relação ao número de colaboradores, houve respostas em todas as escalas, a Figura 6 mostra a distribuição das respostas.

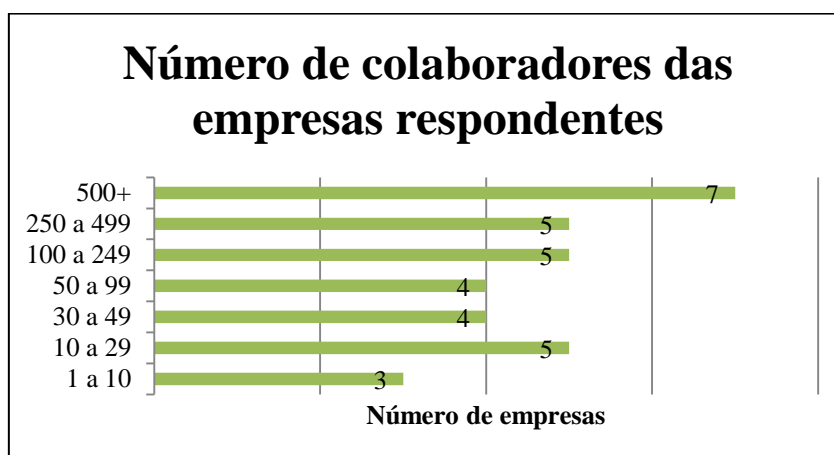


Figura 6. Número de Colaboradores das empresas respondentes.

No que se refere à posse das empresas, foi evidenciado de forma clara a tendência do caráter de capital fechado. 84,85% das respondentes afirmaram serem

empresas de capital fechado e 15,15% serem de capital aberto. Em relação ao percentual de capital nacional no capital controlador da empresa, 57,58% das respostas foi de que o capital é em sua totalidade nacional, 12,12% afirmou ter majoritariamente presente capital nacional e 30,30% afirmou ter capital internacional predominante no controle da empresa.

Os índices de empresas exportadoras foram evidenciados de forma equilibrada. 36,36% das empresas afirmaram não terem exportado nos últimos cinco anos, voltando seu produto para o mercado interno e outro 36,36% afirmou exportar de forma esporádica. Já 27,27% determinaram as exportações da empresa como de forma contínua.

4.2 Análise do investimento em AMT

O estudo estatístico teve seu foco nos perfis de investimentos das empresas e na maneira como as tecnologias são levadas em conta em um investimento tecnológico industrial. Foram observados os comportamentos das respostas e as tendências dos respondentes em relação ao grupo de tecnologias em que os mesmos foram perguntados.

A seguir, na Tabela 3, constam as tecnologias com seus índices de investimentos nos últimos cinco anos, e nos próximos cinco anos, e o desvio padrão apresentado entre as respostas da amostra de empresas. O nome das tecnologias encontra-se na já comentada Figura 5.

Tecnologia Perguntada	Últimos 5 anos		Próximos 5 anos		Variação da Média
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Delta
Control	2,03	1,29	2,58	1,12	27%
id	2,21	1,17	2,76	1,03	25%
jis	2,00	1,00	2,06	0,97	3%
jit	2,30	1,24	2,52	1,20	9%
mrpii	2,36	0,99	2,61	1,12	10%
mrp	2,27	1,07	2,45	1,12	8%
robomov	1,52	0,97	2,18	1,24	44%
robot	1,91	1,16	2,36	1,17	24%
handle	1,33	0,54	1,79	0,86	34%
ssd	1,61	0,86	1,85	1,00	15%
flex	2,42	1,37	2,73	1,28	13%
erp	2,85	1,23	2,85	1,09	0%
scm	1,76	0,97	2,24	0,97	28%
project	2,94	1,12	2,73	1,07	-7%
prodproc	2,39	1,34	2,45	1,09	3%
group	2,21	1,24	2,45	1,33	11%
iot	1,88	1,19	2,67	1,14	42%

Tabela 3. Investimentos em AMTs nos últimos cinco anos e nos próximos cinco anos.

Ainda que em momento de baixa na economia do país, as empresas se mostraram razoavelmente otimistas em relação aos futuros cinco anos de investimentos. Tendo o contexto histórico de curto/médio prazo favorável no mercado de Máquinas e Equipamentos, e entrando, exatamente no momento da pesquisa, em uma recessão, os empresários se mantiveram otimistas no que diz respeito a investimentos em AMTs.

4.3 Análise dos perfis de investimentos

Através de um estudo das tecnologias e por um agrupamento teórico das mesmas, elas foram selecionadas em quatro grupos que demonstraram receber investimentos parecidos estatisticamente. Esse procedimento se provou através do estudo estatístico averiguando um Alfa de Cronbach a cima de 0,7, ou seja, as tecnologias dos grupos tendem a ter investimentos em mesmo nível de intensidade pelos executivos nas indústrias. Com fatores Alfa(α) de confiança de nível elevado, a divisão está apresentada na Tabela 4.

Grupo	AMT	Alfa(α)
1. Tecnologias de Automação e Controle	control	0,8216
	robomov	
	robot	
	handle	
	iot	
2. Tecnologias de Processo	jis	0,7939
	jit	
	flex	
	group	
3. Tecnologias de Desenvolvimento	id	0,7366
	project	
	prodproc	
4. Tecnologias de Gestão	mrpii	0,8145
	mrp	
	ssd	
	erp	
	scm	

Tabela 4. Grupos de tecnologias agrupados e seus índices Alfa.

A relevância da divisão dos grupos e os comportamentos dos investidores tem coerência. As AMTs presentes no Grupo 1 podem ser definidas como as tecnologias de processamentos, tecnologias que se interligam dentro do processo industrial e focam em melhorias em tempos de processamentos, controle da produção e manufatura, por

exemplo. É relevante uma indústria investir em robótica e sistemas automatizados de manuseio e ter interesse em IoT e controle em tempo real de processos, realizando o link entre a logística interna e o processamento interno de produtos de uma fábrica, tudo a se entender como perfil de investimento para Indústria 4.0. No Grupo 2, percebe-se outra grande relação entre as AMTs. O Sistemas Flexíveis de Produção, que tem alta relação com o Sistema Toyota de Produção (STP), que por sua vez tem enrustido em sua teoria fortemente aplicados o JIT e o JIS, evitando as perdas no processo. As Tecnologias de grupo também se relacionam ao STP, quando na busca por soluções como dispositivos a prova de erros. Denota-se então um padrão de melhorias na organização do trabalho, nas melhores práticas, evitando perdas sem altos investimentos. O Grupo 3, pode-se compreender como aquele relacionado a desenvolvimento de produtos ou processos, ou a inovação e planejamento de mudanças. Esse grupo conta com tecnologias de arquitetura tanto de produtos e processos. No Grupo 4, por fim, tem-se tecnologias de gestão em sua raiz, tecnologias como MRP I, MRPII, ERP e DSS que são ferramentas que auxiliam os gestores em tomadas de decisões, previsões de demandas e necessidades de recursos e, quem sabe, escolha por investimentos. Dessa forma contemplam-se relações interessantes dentro dos grupos de AMTse que recebem investimentos semelhantes estatisticamente.

A partir do agrupamento das AMTs, os grupos foram analisados sobre aqueles os quais devem sofrer maiores e menores investimentos nos próximos cinco anos, relativamente aos últimos cinco anos de investimentos. O resultado foi o de que os grupos tendem a receber maiores investimentos, todos eles, mas devem receber investimentos com taxas diferentes, na ordem de, respectivamente para Grupo 1 a 4: 33.6%, 18.4%, 5.2%, 10.6% de aumentos nos próximos anos. Esta é uma informação bastante relevante para fornecedores desses produtos e serviços que atendem ao mercado de máquinas e equipamentos no Rio Grande do Sul.

Ao dar prosseguimento ao estudo, seguiu-se com uma análise de clusterização para a definição de perfis de empresas no que diz respeito a seus investimentos. A partir dessa ideia foi feita a análise de agrupamento para identificar os perfis. Através da análise gráfica e dos coeficientes do método, foi possível identificar dois *clusters* de empresas. Dessa forma, no *Cluster 1* ficaram as empresas: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 24, 25, 26, 27, 28 e 33. No *Cluster 2* ficaram as empresas: 6, 9, 10, 14, 17, 21, 22, 23, 29, 30, 31 e 32. Os coeficientes explicaram diferença significativa

entre os grupos, segundo método *Wards linkage clustering*, com regra de parada no cálculo estatístico definida pelo índice Duda-Hart.

Definidos os dois *clusters*, analisou-se, através do método ANOVA, a significância dos *Cluster 1* e *Cluster 2* em relação a cada um dos grupos de tecnologias identificados. A Figura 7 mostra os resultados, todos com $p < 0,05$, o que garante diferença significativa na média de investimentos em cada um dos *clusters* em relação aos grupos de AMTs. Os resultados foram os de que as empresas do *Cluster 1* investiram mais, na média, do que o *Cluster 2*, e essas diferenças foram significativas segundo o teste ANOVA.

Oneway ANOVA Grupo 1 para os dois Clusters						Oneway ANOVA Grupo 2 para os dois Clusters					
Cluster 2	Média	Desvio Padrão	Freq.			Cluster 2	Média	Desvio Padrão	Freq.		
1	2,038	0,862	21			1	2,762	0,76	21		
2	1,2	0,27	12			2	1,313	0,371	12		
Total	1,733	0,81	33			Total	2,235	0,954	33		
Análise de variância						Análise de variância					
Fonte	SS	df	MS	F	Prob>F	Fonte	SS	df	MS	F	Prob>F
Entre Grupos	5,364	1	5,364	10,63	0,003	Entre Grupos	16,04	1	16,04	38,03	0,0000
Dentro dos Grupos	15,65	31	0,505			Dentro dos Grupos	13,08	31	0,422		
Total	21,01	32	0,657			Total	29,12	32	0,91		
Oneway ANOVA Grupo 4 para os dois Clusters						Oneway ANOVA Grupo 3 para os dois Clusters					
Cluster 2	Média	Desvio Padrão	Freq.			Cluster 2	Média	Desvio Padrão	Freq.		
1	2,476	0,731	21			1	3,048	0,818	21		
2	1,633	0,531	12			2	1,583	0,352	12		
Total	2,17	0,775	33			Total	2,515	0,986	33		
Análise de variância						Análise de variância					
Fonte	SS	df	MS	F	Prob>F	Fonte	SS	df	MS	F	Prob>F
Entre Grupos	5,425	1	5,425	12,2	0,002	Entre Grupos	16,37	1	16,37	34,39	0,0000
Dentro dos Grupos	13,78	31	0,445			Dentro dos Grupos	14,76	31	0,471		
Total	19,21	32	0,6			Total	31,13	32	0,973		

Figura 7. ANOVA dos grupos de tecnologias.

Dessa forma é possível apresentar os dois perfis de investimentos traçados pelos respondentes. A Figura 8 mostra os dois grupos em relação a seus investimentos nos grupos de AMTs nos últimos cinco anos, enquanto que a Figura 9 evidencia os investimentos que são previstos pelas empresas dos *clusters* nos próximos cinco anos.

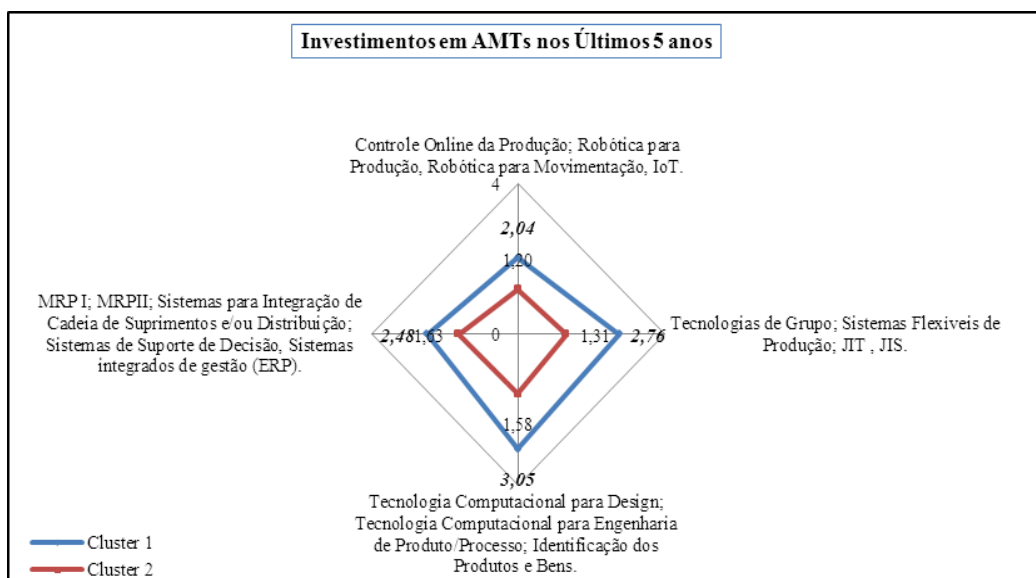


Figura 8. Perfis de Investimentos em AMTs nos últimos cinco anos.

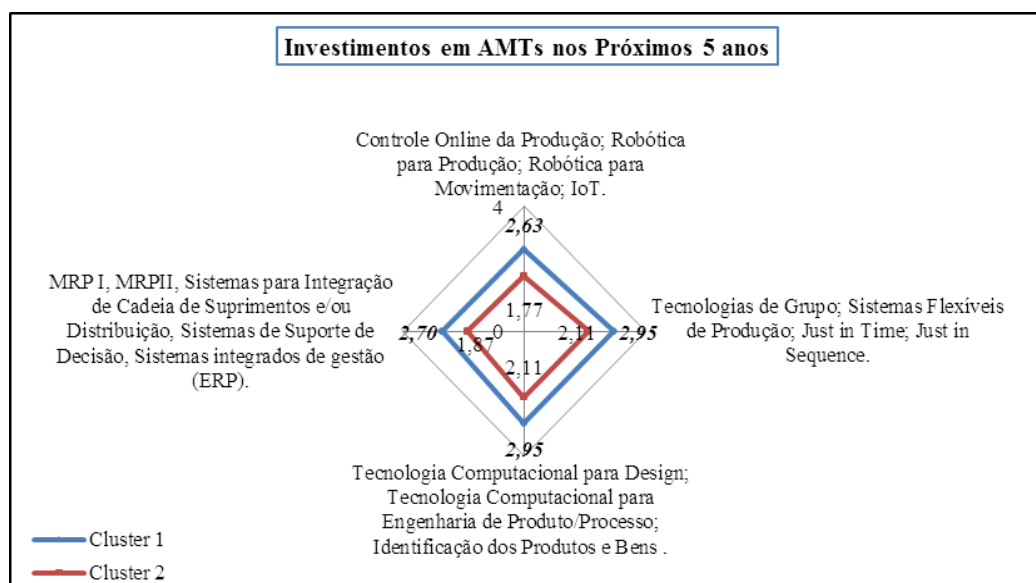


Figura 9. Perfis de Investimentos em AMTs nos próximos cinco anos.

Para a análise, foi relevante observar as características dos pertencentes tanto ao *Cluster 1* quanto ao *Cluster 2*. Em relação ao *Cluster 1*, ele é determinado por 21 empresas que, em média, contam com 100-250 colaboradores, e inclui-se nesse grupo a massiva maioria das empresas com mais de 500 colaboradores entre os respondentes. Além dessa informação, o perfil do *cluster* conta com média de receita anual entre R\$90 e R\$300milhoes de reais; 69% das empresas do *cluster* contam com capital estrangeiro em seu capital controlador; 100% das empresas responderam serem de capital aberto estão nesse *cluster*; e apenas 72,8% das empresas exportam produtos. Já em relação ao *Cluster 2*, temos um perfil diferente. Contando com 12 empresas, seu perfil tem as seguintes características: Na média, se obteve o dado de que elas têm 30-49

colaboradores; a receita média atingiu o nível da categoria “Entre R\$ 2,4-R\$16 milhões” em receita anual; 75% delas contam com capital estrangeiro no capital controlador das empresas; 100% das mesmas são empresas de capital fechado; e 50% exportam produtos.

Analisando, então, as médias das performances das empresas em relação a seus concorrentes dentro dos *clusters*, foi possível encontrar algumas diferenças. A Figura 10 e a Figura 11 mostram as performances dos *clusters* comparadas. (1=Performance significativamente inferior, 2=Um pouco inferior, 3=Equivalente, 4=Um pouco superior, 5=Significativamente superior).

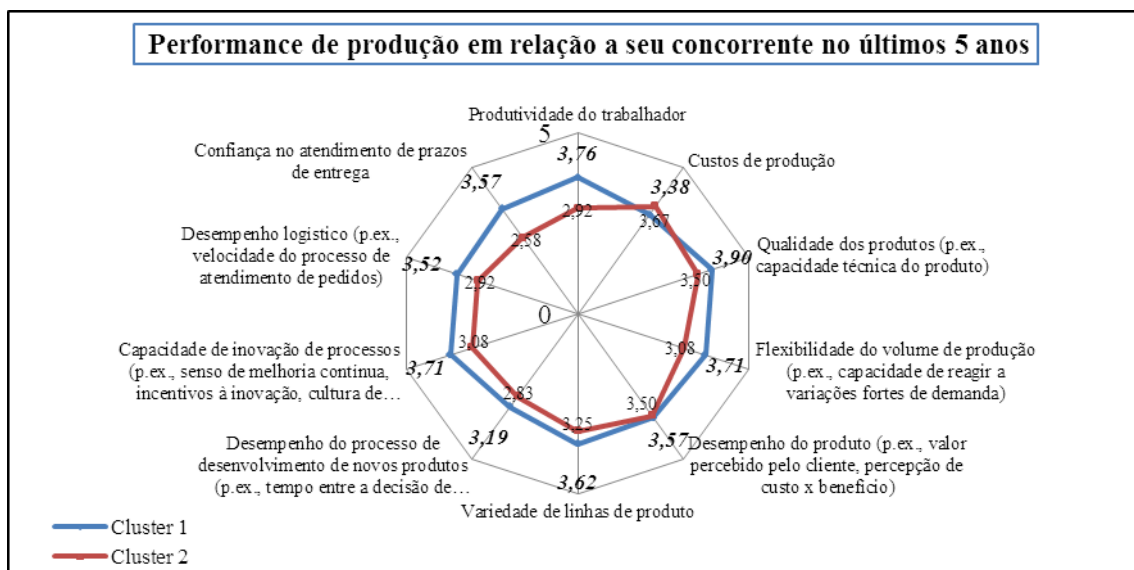


Figura 10. Performance de Produção dos *Clusters*.

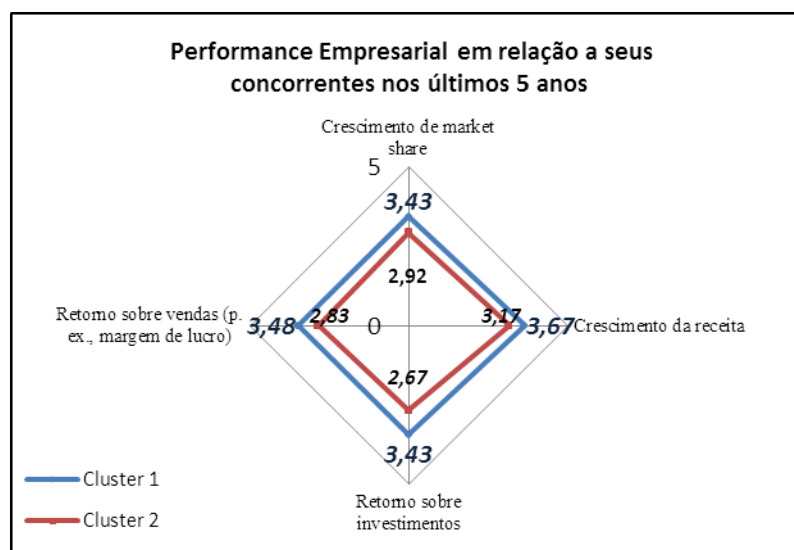


Figura 11. Performance Empresarial dos *Clusters*.

A partir dos gráficos de perfis de investimentos e das médias de performances dos perfis, é interessante analisar alguns pontos relevantes. As maiores diferenças em performances: O *cluster 1* teve performances de produção mais positivas em quesitos como Desempenho Logístico e Confiança nos Prazos de Entrega. Esses índices tem ligações estreitas com AMTs como Identificação de Produtos (Grupo 3), onde o *cluster* demonstrou 28,4% maior investimento nos últimos anos. Ele tem também forte ligação com a agilidade do processo e da logística interna, que se refere, por exemplo, a tecnologias como Robótica em Produção e Movimentação e Controle Online da produção (Grupo 1), onde obteve 70% maiores investimentos em relação ao *cluster 2*. Em relação ao grupo 4 de AMTs, o *Cluster 1* obteve 52,1% mais investimentos em tecnologias como “Integração da Cadeia de Suprimentos”. Esses dados fizeram o *cluster 1* obter performances até 38,3% melhores em relação a seus concorrentes.

Um índice interessante a ser analisar é o da Produtividade do Trabalhador. O *Cluster 1* obteve performance 28,7% maior em relação ao *Cluster 2*, e, em paralelo, obteve performance empresarial até 20% melhor em Retorno das Vendas, como margem, e Retornos dos Investimentos realizados. Visto isso, é compreensível que uma empresa que invista 110,6% mais em STP, JIT, JIS, do *Cluster 1*, tenha melhores desempenhos em suas margens, já que evita de diversas formas produzir com ineficiências em seu processo. Por conseguinte, o retorno sobre os investimentos é consolidado por práticas como a utilização do DSS, que auxilia a tomada de decisões sobre, também, investimentos, e está presente no Grupo 3 de AMTs, que obteve também já citado mais alto investimento em relação ao *Cluster 2* (28,4% maior).

No que diz respeito aos fatores de desempenho que mostraram resultados próximos nos *clusters*, fica evidente uma discussão. Apesar de na média o *Cluster 1* evidenciar melhor desempenho, é interessante mencionar que Custos e Desempenho do Produto foram fatores em que o *Cluster 2* obteve, ao menos, resultado semelhante ao *Cluster 1*. Esse fato pode até ser questionado como sendo uma tendência do respondente em manter-se na média do mercado ou, eventualmente, orgulho de seu produto. Apesar disso, é compreensível que maiores investimentos evidenciem maior custo na produção, em um determinado prazo, enquanto que no *Cluster 2* investe-se menos para um mesmo produto, determinando menores custos nesse mesmo prazo. A Qualidade, a principio, semelhante, acaba incorrendo diretamente na Confiança do processo e das entregas e na Produtividade do trabalhador, como mostram os dados da Figura 10. .

4.4 Fator Desempenho relativo à concorrência

Ainda que se tenha percebido diferenças significativas nos perfis de investimentos e analisado as performances dos grupos, encontrando dados concretos que atestam melhores desempenhos, existe um fator qualitativo importante. O perfil qualitativo do *cluster* pode evidenciar comportamentos interessantes. Quando se perguntou ao respondente sobre seu desempenho, referindo-se ao seu concorrente, o entendimento poderia ser, e estava previsto que poderia ser variável. A ideia de concorrentes fortes investirem ambos da mesma maneira poderia gerar respostas nos resultados condenando-o a um nivelamento, ou a mais ou a menos, do nível de desempenho das empresas. Por exemplo, uma empresa investir muito em IoT, contudo sua concorrente também investir intensamente, geraria eventualmente performances apenas “Equivalentes” entre elas, mas “Intensas” em relação ao restante do mercado. Essa hipótese pode ser discutida no perfil dos *Clusters*. Enquanto que no *Cluster 1* se percebe uma concentração de grandes empresas, exportadoras e de capital aberto, no *Cluster 2* se tem uma tendência a pequenas empresas, eventualmente familiares. Dessa forma, se analisa que, apesar de concorrer dentro de sua categoria, os respondentes consideraram também os concorrentes mais distantes de sua empresa, no que diz respeito a desempenho de produção e empresarial. Esse era um resultado esperado, e essa premissa pode explicar um degrau existente na performance dos *clusters* e quem sabe estimular algumas empresas a investir de forma mais recorrente. .

4.5 Indústria 4.0 e os investimentos e AMTs

Em alusão a Indústria 4.0, é esperada a forte gestão de investimentos em todos os Grupos de AMTs especificados nesse trabalho. As tecnologias presentes em todas as revoluções industriais são fortemente esperadas para a evolução até um quarto nível. Tendo isso em vista, percebe-se que o *Cluster 1* está pelo menos um passo a frente do *Cluster 2*, esse grupo de empresas investe de forma moderada nas AMTs e, inclusive, já colhe frutos em relação ao *Cluster 2*, segundo os dados da pesquisa. De forma pontual, a partir dos dados de investimentos passados, nos últimos cinco anos, e nas intenções de investimentos para os próximos cinco anos, foi possível definir AMTs que estarão na pauta de investimentos de forma mais acentuada no futuro próximo. A AMT “Internet das Coisas”, por exemplo, foi a tecnologia que obteve maior diferença entre investimentos feitos no passado (média de 1,85) e previstos para o futuro (média de 2,65) em relação a todos os respondentes. Esse dado, relativo a uma das principais

AMTs da Indústria 4.0, é um importante fator que mostra a intenção do executivo em interar-se e dispor-se a discutir sobre tecnologias ainda pouco investidas no país. Apesar disso, tecnologias já bastante discutidas atualmente como, Robótica para Movimentação, Sistemas de integração da cadeia de suprimentos, Sistemas Automatizados de Manuseio, contudo, não estão entre as mais esperadas de receber investimentos, inclusive redução de investimentos, e são, definitivamente, necessárias para uma Indústria 4.0 no país.

5. Conclusão

A evolução da indústria e a complexidade que as AMTs vêm trazendo ao chão de fábrica são evidentes. A evolução calcada no uso de AMTs rumo a uma Indústria 4.0 é objeto desse estudo e é objeto dúvida para empresários e executivos industriais. Por essa razão, ela demanda esforço para esclarecimentos. A incerteza e, muitas vezes, a impossibilidade de investimentos em todas as frentes emperra o avanço tecnológico e acaba por definir perfis de investimentos entre as empresas, algumas mais arrojadas e outras menos. A compreensão das consequências desses investimentos e a percepção de AMTs mais intensamente alvo de investimentos vem de encontro auxiliar o executivo e o mercado na tomada de decisões.

Este estudo visou principalmente à definição de perfis de investimentos em AMTs, os relacionando às suas performances empresariais e de produção em relação a seus concorrentes. De forma paralela, o estudo evidenciou os investimentos efetuados nos últimos cinco anos e previstos para os próximos cinco apontando qual o rumo, em médio prazo, que as empresas do mercado de máquinas e equipamentos do Rio Grande do Sul estão seguindo.

O estudo dos investimentos nas AMTs separadas trouxe como resultado fatores importantes como a evidência de um crescente interesse em tecnologias que circundam a Indústria 4.0, como Internet das Coisas, Robótica, Integração da Cadeia de Suprimentos e Tecnologias de Identificação ou Rastreamento. Essa informação já define o intuito do empresário desse mercado, que é não ficar para trás.

Em termos de resultados dos perfis de investimentos, ficou evidente que existem dois perfis de empresas no que se refere a investimentos em AMTs. As empresas que investem com maior intensidade, seja em tecnologia de processo seja em tecnologia de produto, acabam tendo melhores desempenhos no mercado, na média. Apesar de um

dos grupos mostrar melhor desempenho e maior taxa de investimentos, é importante comentar que esse concentrou 100% das empresas de grande porte e alto faturamento, esclarecendo um degrau presente no mercado entre os peixes grandes e os pequenos.

Convencido da discrepância entre os perfis e de acordo com a importância das AMTs desse trabalho rumo a uma indústria nível 4.0, uma sugestão de trabalho futuro plausível seria a de um planejamento estratégico empresarial para os perfis. O entendimento das melhores decisões, investimentos adequados, planejamento de projetos, análise econômica, tendo-se em vista aos resultados de desempenho esperados, auxiliaria o executivo das empresas em sua gestão empresarial estratégica. Outra sugestão de trabalho seria a aplicação do questionário para outros mercados, retratando outros perfis e os comparando aos resultados obtidos nesse artigo.

6. Agradecimentos

Como autor desse trabalho, gostaria de agradecer primeiramente a minha família e aos meus amigos. Posteriormente, gostaria de agradecer aos coautores no que diz respeito ao apoio operacional e psicológico aplicado para esse resultado e agradecer aos profissionais executivos, principalmente a Urte Hötje, Diretora Global de Inovação de uma empresa global automotiva, pelo fomento, apresentação e oportunidade de experiência de trabalhar intimamente com a teoria Indústria 4.0.

7. Referencias Bibliográficas

ANTUNES, J. (2008). “Sistemas de Produção, conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta”, 326 p., Porto Alegre, 2008.

ATZORI et al., L. (2010). “The Internet of Things: A Survey”, *Computer Networks*, vol.54, no.15, pp. 2787-2805, 2010.

BÜLBÜL et al., H. (2013). “An empirical investigation of advanced manufacturing technology investments patterns: Evidence from a developing country”, *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 30, no. 2, pp. 136-156, 2013.

BROOKS, R. (2012). “The Authority on the Future of Technology”, Ed. Fevereiro de 2012.

CAGLIANO, R.; SPINA, G. (2000). “Advanced manufacturing technologies and strategically flexible production”, *Journal of Operations Management*, vol.18, no.2, pp. 169-190, 2000.

- COESE, R.H.** (1937). “The Nature of the Firm”, 1937. Disponível em: <www3.nccu.edu.tw/~jsfeng/CPEC11>
- COSTA, S.E.; LIMA, E.** (2009). “Advanced manufacturing technologies and strategically flexible production”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol.20, no.1, pp. 74-96, 2009.
- CSO** (2010) – Central Statistic Office. *Community Innovation Surveys 2010*. Disponível em: <www.cso.ie/en/media/csoie/releasespublications/documents/multisectoral/2010>. Último acesso em 7/10/2014. Dublin: CSO, 2012.
- DAIS et al.** (2013). “Securing the future of German manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group”, *ACATECH*. 2013.
- DE LEMOS, L.** (2000). “Análise do Processo criativo no Trabalho Multifuncional: Um Estudo de Caso. Dissertação (Mestrado em Administração)”, *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 2000.
- FARDIN, E.** (2011). “Análise dos Requisitos para a Implantação das Tecnologias Avançadas de Manufatura. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)”, *Universidade Nove de Julho*. São Paulo, 2011.
- FIGUEIREDO, P.** (2004). “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*, vol. 3, no. 2, pp. 323-361, 2004.
- FIGUEIREDO, P.** (2005). “Acumulação tecnológica e inovação industrial: conceitos, mensuração e evidências no Brasil”, *São Paulo em Perspectiva*, vol. 19, no. 1. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-88392005000100005>>
- GOMES, F.** (2007). “O Modelo de Inovações, Estratégia e a Inovação”, 190 p., Rio de Janeiro, 2007.
- GUBBI et Al., J.** (2013). “Internet of Things (IoT) - A vision, architectural elements, and future directions”, *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645-1660, 2013.
- IBGE** (2013) – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013), *Pesquisa de Inovação 2011*. Disponível em:< www.pintec.ibge.gov.br/>. Último acesso em 9/9/2014. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

- JÄGER, A.** (2007). “Service-Innovationen in der Industrie: Innovatorenquote, Umsatzrelevanz und Wachstumspotenziale“, *The Open Access Publication Server of the ZBW – Leibniz Information Centre for Economics*, no. 43, 2007.
- KOPETZ, Hermann.** (2011). “Real-Time Systems, Design Principles for Distributed Embedded Applications”, 2ª Edição, 378 p., 2011.
- KÜPFER et al., D.** (2005). “Determinantes Setoriais do Desempenho das Empresas Industriais do Brasil”, *Inovações, Padrões Tecnológicos e Desempenho das Firms Industriais Brasileiras.* , cap. 7, pp. 253-298, 2005.
- MIORANDI et Al., D.** (2012). “Internet of things - Vision, applications and research challenges”, *Ad Hoc Networks*, vol. 10, no. 7, pp. 1497-1516, 2012.
- NASCIMENTO, R.** (2003). “Flexibilidade Produtiva e o Modelo de Competência: Estudo de Caso no Setor Automobilístico Brasileiro”, *XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Ouro Preto, 2003.
- ORR, G.** (2003). “Diffusion of Innovation, by Everett Rogers (2003)”, Disponível em: <www.web.stanford.edu/class/symsys205/DiffusionofInnovations.htm>. Último acesso em 7/10/2014.
- ROGERS, E.** (1995). “Difusion of Innovations”, 4ª ed. 257 pg. Nova Iorque, 1995.
- RONG, et al.** (2014). “Understanding Business Ecosystem Using a 6C Framework in Internet-of-Things-Based Sectors”, *International Journal of Production Economics*, Artigo aceito, sob divulgação, disponível online em 16, Set. 2014.
- SAVERY, C.** (2005). “Innovators or Laggards: Surveying Diffusion of Innovations by Public Relations Practitioners. Tese (Mestrado em Artes)”, *Universidade de Akron*, Akron, 2005.
- SCHRETTLE, S.** (2013). “Managing Manufacturing Process Innovation – New Manufacturing Technology Adoption as a Dynamic Capability. Dissertação (Doutorado em Filosofia na Gestão)”, *Universidade de St. Gallen*. St. Gallen, 2013.
- SWAMIDASS, P. M.** (2003). “Modeling the adoption rates of manufacturing technology innovations by small US manufacturers - a longitudinal investigation”, *Research Policy*, vol.32,no.3, pp. 351-366, 2003.
- TIGRE, J.** (2003). “O Processo de Adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura na Indústria de Autopeças no Brasil: Um Estudo de Casos. Dissertação (Mestrado em Administração)”, *Universidade Federal do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 2003.

- VICKERY et Al., S.K.** (1993). “Production competence and business strategy; do they affect business performance”, *Decision Sciences*, vol.24, no.2, pp. 435-455, 1993.
- VITAL, L.** (2010) “A Evolução de Indústria de Alta Tecnologia com o Uso de Parceiras: Estudo de Caso na Indústria Aeronáutica Brasileira. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)”, *Universidade Paulista*. São Paulo, 2010.
- WU et Al., D.** (2014). “Cloud-based Manufacturing - Old Wine in New Bottles”, *Procedia CIRP*, vol. 17, pp. 94-99, 2014.
- WU et Al., D.** (2015). “Cloud-based design and manufacturing - A new paradigm in digital manufacturing and design innovation”, *Computer –Aided Design*, vol. 59, pp. 1-14, 2015.
- YOHANES, K.** (2012). “A Study of Technology Adoption in Manufacturing Firms”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 23, no. 2, pp. 197-212, 2012.
- ZAVSLAK, P.A.** (1994). “Gestão da Inovação Tecnológica e Competitividade Industrial: Uma Proposta para o Caso Brasileiro”, *O&S*, vol. 2, no. 3, pp. 35-66, 1994.
- ZWE** (2013) – “Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung. *Community Innovation Survey 2012*”, Disponível em: <www.zew.de/en/publikationen/innovationserhebungen>. Último acesso em 7/10/2014. Mannheim: ZWE, 2013.