

**AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE MATURIDADE DA INDÚSTRIA 4.0 EM UMA
INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR DA ZONA OESTE DO RIO DE
JANEIRO**

*INDUSTRY 4.0 MATURITY LEVEL ASSESSMENT IN A HIGHER EDUCATION
INSTITUTION IN THE WEST ZONE OF RIO DE JANEIRO*

Vinicius Nascimento Caetano da Silva

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Brasil

vinicius.caetanon@gmail.com

Maria Iaponeide Fernandes Macêdo

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Brasil

maria.macedo@uerj.br

Paula de Castro Brasil

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UNILASALLE-RJ

Brasil

paula.brasil@lasalle.org.br

Gisele Duarte Caboclo Antolin

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Brasil

giselecaboclo@yahoo.com.br

RESUMO

Este artigo, decorrente de um estudo de caso com abordagem qualitativa, teve por objetivo avaliar o grau de maturidade da Indústria 4.0 em uma instituição de ensino superior localizada na Zona Oeste do Rio de Janeiro, identificando as principais tendências, desafios e oportunidades para ela. Para isso, serão realizadas pesquisas em fontes secundárias como livros, artigos científicos, pesquisas de mercado, relatórios e estudos de caso. A análise dos dados coletados permite identificar as principais áreas de aplicação da Indústria 4.0, como automação, inteligência artificial, internet das coisas, cibersegurança, logística e manufatura avançada. Também são avaliadas as principais barreiras para a implementação da Indústria 4.0 no país, como falta de mão de obra especializada, falta de investimentos e infraestrutura inadequada. Como resultado deste trabalho é apresentado de acordo com os modelos CMMI e ACATECH de avaliação de grau de maturidade que a instituição de ensino superior localizada na zona oeste do Estado do Rio de Janeiro teve seu grau mensurado no nível 1, sendo o mais básico dos níveis apresentados dos cinco níveis de graus de maturidade. Além de apresentado uma visão geral do grau de maturidade da Indústria 4.0 na instituição, é fornecido recomendações para melhorarem as suas tomadas de decisão baseadas em dados e a automação de tarefas rotineiras, aumentando a eficiência e a capacidade de resposta às mudanças.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Grau de maturidade, Instituição de Ensino Superior, Zona Oeste do Rio de Janeiro-RJ.

ABSTRACT

Due to the increase in global competitiveness and the need to improve the efficiency and flexibility of industrial operations. This work aims to evaluate the degree of maturity of Industry 4.0 in a higher education institution located in the Western Zone of Rio de Janeiro, identifying the main trends, challenges and opportunities for it. To do this, secondary sources such as books, scientific articles, market research, reports, and case studies will be conducted. The analysis of the collected data allows for the identification of the main areas of application of Industry 4.0, such as automation, artificial intelligence, the Internet of Things, cyber-security, logistics, and advanced manufacturing. The main barriers to the implementation of Industry 4.0 in the country, such as a lack of specialized labor, lack of investment, and inadequate infrastructure, are also evaluated. As a result of this work, according to the CMMI and ACATECH evaluation models of degree of maturity, the higher education institution located in the Western Zone of the State of Rio de Janeiro had its degree measured at level 1, being the most basic of the presented levels of the five levels of maturity degrees. In addition to presenting an overview of the degree of maturity of Industry 4.0 in the institution, recommendations are provided to improve decision-making based on data and the automation of routine tasks, increasing efficiency and the ability to respond to changes.

Keywords: Industry 4.0, Maturity level, Higher Education Institute, West Zone of Rio de Janeiro-Brazil.

Introdução

O mundo vem sendo a cada dia mais competitivo, e as empresas têm que se manter atualizadas em relação ao mercado. É preciso ter um bom preparo para encarar os grandes desafios frente ao avanço tecnológico, para poder garantir a sobrevivência no mundo corporativo. Tais desafios, com o surgimento da indústria

4.0, fazem com que as tarefas antes feitas de formas “manuais” sejam atualizadas para que sejam feitas de forma automatizadas e com sistemas independentes e inteligentes.

É cada vez maior a autonomia das máquinas no setor operacional. A necessidade de controle e produção pelo homem foram substituídos por sistemas de informação e Sistema Cyber-Physical System (CPS) integrados, produzindo assim, uma fabricação rápida, customizada e também flexível de acordo com (SIMONS; ABÉ; NESER, 2017), que salienta também, que dentro desse novo modelo sistemático, entra a qualidade dentro da produção, entrega feita dentro do prazo e com redução de custos.

A indústria 4.0, também chamada de quarta revolução industrial, surgiu na Alemanha na cidade de Hannover em 2011. Sendo uma junção de todas as outras tecnologias das revoluções industriais anteriores, agregada com a internet das coisas (IoT), com os Sistemas Cyber-Physical System (CPS) e a internet industrial das coisas, segundo (REISCHAUER, 2018). É utilizado toda a cadeia de valores dos conhecidos conceitos: Internet of Data (IoD), Big Data, Internet of Services (IoS), Smart Factory, Internet of Things (IoT), Inteligência Artificial (IA) das máquinas (M2M), impressão 3D, Data mining, RFID, blockchain, realidade aumentada, realidade virtual e AGV afirma (VENTURELLI, 2019).

Exemplos dessas agregações na implantação da indústria 4.0, são as empresas Tesla e a Scania. A Tesla, uma empresa americana, se constituiu como uma fábrica de produção de automotiva inteligente, com uma grande gama de dispositivos conectados, sensores e também robôs que trabalham alinhados a um sistema integrado, produzindo com mais eficiência, automóveis e baterias; Já a Scania, fabricante sueca de automóveis no segmento de caminhões, na qual tradicionalmente manteve sua competitividade inovando em seus processos produtivos, agora busca transformar suas operações por meio de tecnologia de fábrica inteligente (SJODIN, 2018).

Como o caminho para o desenvolvimento é cada vez mais tecnológico e observando a indústria 4.0 agindo em diversos setores industriais, há a necessidade de adequação para a implementação e melhoria contínua em todos os setores do

centro de ensino, sendo o primeiro passo a realização do nível em que a instituição se encontra atualmente. O segmento subsequente dessa pesquisa traz o problema e o fato que promoveu a elaboração aqui descrita, com o intuito de obter o resultado do grau de maturidade em relação à indústria 4.0.

A indústria 4.0 com grande relevância no cenário atual no mundo, e as empresas com necessidade de ser cada vez mais efetivas, oferecer um serviço com mais fluidez, rapidez e qualidade. O setor do ensino superior público também encara esse cenário, precisando melhorar seus processos para não se tornarem ultrapassadas. A indústria 4.0 introduziu no contexto mundial a uma realidade não vista antes, buscando o desenvolvimento dos processos essenciais nas indústrias, no que se pode ver como resultado a elevação da produtividade e seu aperfeiçoamento, além da competitividade na qual se é gerada pela sua implementação. A instituição de ensino estudada é geradora de conhecimento e sendo voltada ao desenvolvimento tecnológico da Zona Oeste, a indústria 4.0 não só na indústria poderá ajudar, ela vai além, podendo transcendendo tal barreira de esfera. Quando encontrado o grau de maturidade da indústria 4.0, as empresas deverão dar prioridade dos seus recursos no geral, com o objetivo de galgar de forma gradual o máximo nível do grau de maturidade, segundo (LI; LAU, 2019).

No contexto mundial, cada vez mais as empresas ficam menos dependentes das atividades humanas, seja intelectual ou manual. A independência das máquinas em relação aos humanos, faz com que progressivamente faça-se necessário aperfeiçoar os sistemas de TI, como forma de proteção contra possíveis ataques cibernéticos, observando que os invasores em ataques têm o poder de destruir todo o sistema e assim, impactar diretamente na produção conforme (SMITH, 2015), fazendo com que ela pare ou se reduza até que tudo seja corrigido (SIMONS; ABÉ; NESER, 2017).

Inovações nascidas na indústria, geralmente passam a ser utilizadas no setor público, mas segundo (BROWN; WATERHOUSE, 2013), por outro lado através de atuações para a transformação na área pública apresentam, em comparação com o setor privado, maior dificuldade e tal fato se deve a natureza do setor público que é a prestação de serviços sem a motivação do lucro com resultados que devem ser

obtidos de forma consistentes, imparciais, devendo o servidor observar o princípios da administração pública, entre eles o da moralidade. Observando casos bem sucedidos de implementação de transformações no setor público, (BROWN; WATERHOUSE, 2013) salientam cinco motivos para tal mudanças terem obtido êxito em sua execução: (i) Detectar os objetivos necessários para a mudança e planejá-las; (ii) Administração com capacidade de apoiar a disposição da organização; (iii) Liderança deve ter compromisso na mudança; (iv) Pessoas no apoio da implementação bem informadas, sendo elas comprometidas e ativas com relação a mudança; (v) Conjunto de trabalhadores empenhados em garantir que as novas formas implementadas sejam apropriadas à disposição de onde os trabalhadores operam.

Diante das condições em que o mercado se encontra e dos desafios em que a inovação traz e consigo também os benefícios, a instituição localizada na Zona Oeste do Estado do Rio de Janeiro tem como objetivo formar profissionais com o maior nível de conhecimento a fim de adentrarem o mercado de trabalho, compreende-se que deva saber qual o grau de maturidade dessa instituição de ensino, com o intuito de prestar melhores serviços a sociedade, representados por alunos, além da melhora como um todo aos servidores da instituição, com as mudanças da forma do serviço prestado, com simplificação ou digitalização do atendimento, com inovações organizacionais aplicadas, poderão aproveitar melhor seu tempo em outras necessidades desse estabelecimento de ensino ou até em novas inovações advindas da tecnologia atual, que mesmo com fatores inibidores da inovação, a esfera pública também é grande fonte de inovação original, exemplo disso vem sendo mostrando desde a era das vultosas ferrovias ao surgimento da internet. O foco desse projeto não se limitou a um determinado setor de um certo segmento do estabelecimento de ensino superior, mas a todos os departamentos e setores os quais a instituição de ensino analisada precisa para seu funcionamento de fato.

Diante disso, o objetivo do presente artigo é avaliar o nível de maturidade de uma Instituição de Ensino Superior localizada na zona oeste do Rio de Janeiro na perspectiva da indústria 4.0.

A metodologia do trabalho foi organizada nas seguintes etapas:

1ª etapa: Revisão da literatura sobre a indústria 4.0 e como determinar o nível de maturidade de uma Instituição.

2ª etapa: Estudo de caso sobre o nível de maturidade de uma Instituição de ensino superior na zona oeste do Rio de Janeiro frente a Indústria 4.0.

3ª etapa: Desenvolvimento do questionário destinado a instituição de ensino superior da zona oeste do Rio de Janeiro;

4ª etapa: Coleta e análise dos resultados do questionário.

Na primeira fase foram levantadas diversas referências no intuito de obter aprendizado necessário para embasar o projeto com maior nível possível de estudos, práticas e conhecimentos acerca do tema em questão. Conforme Gil, tais pesquisas são feitas com a finalidade de prover uma visão geral, de forma aproximada, em relação a determinado objeto de estudo, e realizado sobretudo quando o tema a ser estudado é pouco analisado, gerando dificuldade elaborar teorias com precisão e de forma operacionalizáveis (GIL, 2019).

A segunda fase do projeto é o desenvolvimento do questionário que através de pesquisas e com base nos questionários do SENAI 4.0 para indústria são selecionadas e modificadas perguntas em relação a medir o grau de maturidade da instituição de ensino superior da zona oeste do Rio de Janeiro. As perguntas criadas para obter o resultado do nível em que a instituição de ensino foi feita por pesquisa survey que é uma forma de investigação quantitativa com o objetivo de coletar informações e dados de acordo com grupos específicos de indivíduos relacionados ao tema em estudo em questão.

As questões formuladas foram direcionadas por formulário “Google Forms” e esse formulário com cerca de 21 questões objetivas em forma de múltipla escolha e podendo escrever caso não tenha uma resposta adequada, foi encaminhado para os servidores docentes, os técnicos administrativos e também visando um olhar diferente, aos discentes da instituição. Devido a pandemia da corona vírus “COVID-19”, tal questionário não pode ser feito in loco diretamente com as pessoas as quais foram destinadas esse formulário, sendo assim, feita online por diversos tipos diferentes de meios, como: E-mail, Whatsapp, Telegram, Zoom, Remind e Microsoft Teams.

Com relação a última etapa, os dados coletados pelos formulários respondidos foram compilados e analisados segundo o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) em relação a indústria 4.0, tal base para a avaliação foi feita de acordo com o modelo desenvolvido pela Academia Alemã de Ciência e Engenharia (ACATECH) que tem como fundamento cinco níveis de maturidade da indústria 4.0, sendo eles apresentados os níveis: Inicial; Definido; Gerenciado; Qualidade e Otimizado.

Indústria 4.0 no Brasil

Desde a criação da indústria 4.0 em meados de 2013, o Brasil não se encontrava muito ligado ao tema, quando em 2018, Cinco anos após o mundo ter se voltado a esse assunto, o Brasil recebeu um dos seus primeiros incentivos de relevância para o crescimento da indústria 4.0. Denominada de Agência Brasil 4.0, o governo federal a anunciou no fórum econômico e tais medidas foram incluídas a disponibilidade imediatas de linhas de créditos, somando mais de 10 bilhões do BNDES, BASA e da FIESP. Tal medida tem o objetivo de incentivar a modernização do parque industrial, tendo projetos de inovação e criação ou adoção de novas tecnologias advindas da indústria 4.0. O presidente da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) ao (G1, 2018), projetou que até 20 anos o Brasil chega em até 18% da indústria 4.0.

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2016) a indústria 4.0 no Brasil tem baixa implementação de tecnologias procedentes da indústria 4.0, por isso se é importante tais incentivos as empresas com linhas de crédito para seu desenvolvimento, a (CNI, 2016) também aponta que só com a digitalização no país, que só alcançam 48% da indústria nacional, sendo ela nos setores privados e públicos, gerariam grandes avanços em produção de energia, em bens de consumo e em mobilidade industrial, urbana e agrícola, podendo causar um grande impacto no valor de 39 bilhões de reais até 2030.

A FIRJAN aponta que o Brasil ainda se encontra muito atrás em inovação e tecnologia em relação a outros países desenvolvidos, o Brasil se situa no ranking em 64^a das economias com maiores capacidades e sucesso de inovação segundo dados

do Índice Global de Inovação 2018. Em 2015 o Brasil investiu US\$ 43 bilhões de dólares em pesquisa e desenvolvimento, que são extremamente ligados a indústria 4.0, enquanto a China e os EUA no mesmo ano, investiram mais de US\$ 400 bilhões cada no mesmo ramo (FIRJAN, 2019).

Porém efeitos da indústria 4.0 já se podem ser vistos por aqui, casos como o da Vale que em 2018, mesmo ano de início dos incentivos a indústria 4.0, com a digitalização de processos e inteligência artificial, conseguiu economizar mais de 50,5 milhões de reais. A Siemens em 2021 teve de 15% a 30% de ganho de eficiência em engenharia e produção durante a pandemia, segundo seu CEO em entrevista à (CNN, 2021), na qual também aponta que a quantidade de empresas com o perfil da indústria 4.0 ainda é reduzido, geralmente as indústrias classificadas com empresas com implementação da indústria 4.0, são empresas que participam do mercado internacional.

Indústria 4.0 no Rio de Janeiro

Sendo o segundo maior PIB do Brasil, a competitividade industrial no Rio de Janeiro é de fundamental importância para o crescimento econômico do país e em 2018 a indústria fluminense foi responsável por 11% da produção do Brasil declara a (FIRJAN, 2019).

A ferramenta para a competitividade e inovação a chamada confecção 4.0 aconteceu no Rio de Janeiro pelo SENAI CETIQT em 2017, tal realização foi um marco para o seguimento da indústria têxtil e da indústria 4.0 já que foram os pioneiros a implementar a indústria avançada nessa área, podendo realizar coisas como um body que é capaz de medir a temperatura do bebê, podendo ainda enviar tais informações por bluetooth para um aplicativo dos pais que por ventura possam estar longe de seu filho ou ainda um vestido que é customizado exatamente para seu corpo através de um espelho virtual, sendo considerado cada parte do corpo para sua confecção. Tais feitos são realidade e foram inauguradas no Rio de Janeiro sendo a primeira planta de confecção 4.0 do Brasil (FIRJAN, 2019).

O desenvolvimento de práticas inovadoras são elementos cruciais para o crescimento evolutivo do mercado e no Rio de Janeiro, e segundo a (FIRJAN, 2019)

59,5% das empresas implantaram práticas inovadoras nos últimos 3 anos em relação ao ano da pesquisa que é a mais recente, 24,6% não desenvolveu tais práticas e 15,9% não sabe ou não respondeu, porém dos que implementaram a realidade não é exclusiva de grandes empresas, segundo eles, mais de metade são de pequeno porte e de médio porte. Pode-se observar na Figura 1 que temos ainda quase metade do mercado ainda sem explorar práticas inovadoras como a indústria 4.0.

Figura 1 – Desenvolvimento de práticas inovadoras no Rio de Janeiro



Fonte: FIRJAN (2019).

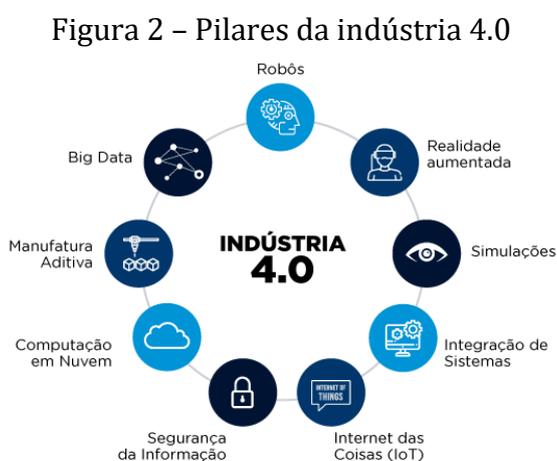
Principais ferramentas da Indústria 4.0

As ferramentas usadas na indústria 4.0 permitem a monitorização em tempo real dos processos industriais, a automação de tarefas rotineiras e a tomadas de decisão baseadas em dados. Isso melhora a eficiência e flexibilidade dos processos, permitindo que as empresas se adaptem rapidamente a eventuais mudanças, fazendo com que o processo seja através delas amplamente automatizado, com mínimas intervenções ou até nenhum de humanos. Dentre as ferramentas mais usadas na indústria 4.0 destacam-se: Manufatura aditiva (impressão 3D), Internet das coisas (IoT), Big Data e System Analytics, Sistema Cyber-Physical System, Armazenamento em Nuvem, Inteligência Artificial ou Robô, Realidade Aumentada, Digitalização, Tecnologias de Cyber Segurança e Comunicação sem fio e redes de alta velocidade (Internet 5G). Para (VENTURELLI, 2020) a internet das coisas é uma das principais ferramentas da Indústria 4.0, permitindo a conectividade entre dispositivos e a monitorização em tempo real dos processos, assim como (VAIDYA,

2018) no qual além da IoT, também cita a manufatura inteligente e a baseada em nuvem.

As ferramentas são divididas em partes física, como os equipamentos, sensores e as máquinas, mas também partes não físicas, sendo elas os softwares, as informações advindas das coletas das partes físicas, essa integração só é possível na era da internet das coisas.

A Figura 2 ilustra as principais tecnologias desenvolvidas utilizadas na manufatura inteligente no ambiente da Indústria 4.0.



Fonte: Tecnicon (2022).

Estudo de Caso

A análise dos resultados obtidos a partir da avaliação da maturidade da Indústria 4.0 em uma instituição de ensino superior localizada na zona oeste do Rio de Janeiro. Para tal, foram aplicados dois modelos para a avaliação do grau de maturidade, sendo esses modelos o CMMI (Capability Maturity Model Integration) e o ACATECH (National Academy of Science and Engineering).

O CMMI de acordo é um modelo, advindo da indústria software, com objetivos gerais e específicos, o modelo é estruturado e pode ser considerado realmente como um modelo de maturidade. Ele se baseia em cinco dimensões críticas: governança, cultura, processos, pessoas e tecnologia da informação e comunicação (TIC) para estabelecer um processo de evolução rumo à Indústria 4.0. A primeira dimensão avaliada foi a de governança, que abordou a estrutura de

gestão da instituição e sua capacidade de estabelecer objetivos claros e alinhar suas estratégias à Indústria 4.0. Foi avaliada a existência de políticas claras de tecnologia e inovação, assim como a capacidade de liderança da Instituição de ensino em aplicar essas políticas na prática. Consequente, a cultura foi avaliada a partir do comprometimento da Instituição de Ensino com a Indústria 4.0, incluindo a crença na inovação e a capacidade de aprender e mudar com o tempo. Além disso, foi avaliada a capacidade da instituição de criar um ambiente de trabalho colaborativo e inovador, onde os funcionários sintam-se motivados a explorar novas ideias e tecnologias. Sendo a terceira dimensão a de processos, ela avaliou a eficiência e a eficácia dos processos internos, incluindo a capacidade de automatização e otimização de tarefas rotineiras. Além disso, foi avaliada a capacidade da Instituição de ensino de monitorar e medir seus processos para identificar pontos de melhoria contínua.

A dimensão de pessoas, que segundo (SJODIN, 2018) é o ativo mais valioso nessa era da Indústria 4.0 devido a competências necessárias como a flexibilidade e a criatividade, avaliou a capacidade da instituição de atrair, desenvolver e reter talentos para suportar sua jornada na Indústria 4.0. Isso incluiu avaliar a existência de programas de treinamento e desenvolvimento de carreira para seus funcionários, bem como a capacidade de promover a diversidade e a inclusão.

Finalmente, a dimensão de TIC, que faz possível a indústria 4.0, avaliou a capacidade da Instituição de ensino superior de adotar e implementar tecnologias avançadas, incluindo inteligência artificial, IoT e big data, sendo também avaliado a infraestrutura de tecnologia da informação e comunicação da instituição, incluindo a disponibilidade de tecnologias avançadas e a capacidade de integrar sistemas e dados. Uma boa infraestrutura de TIC é fundamental para garantir que a Instituição de ensino superior possa aproveitar as vantagens da Indústria 4.0. Além disso, foi avaliada a capacidade da Instituição de ensino superior de se conectar e colaborar com outras empresas e instituições para maximizar o impacto de sua jornada na Indústria 4.0. A Figura 3 ilustra os cinco níveis do modelo CMMI, no qual observam-se os níveis através das dimensões comentadas acima.

Figura 3 – Ilustra os cinco níveis do modelo CMMI

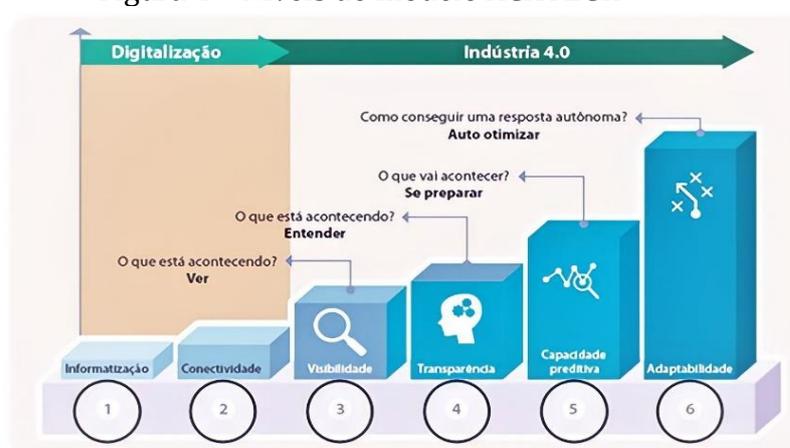


Fonte: Adaptado CMMI Institute (2023).

A ACATECH, diferente da CMMI, é mais ampla, abrangendo vários aspectos de uma empresa, no caso de estudo da Instituição de ensino de nível superior. Além disso, o CMMI se concentra mais na maturidade dos processos de software, enquanto o ACATECH se concentra na maturidade geral de uma Empresa qualquer, porém ambas têm seu papel para a análise do grau de maturidade. Ao analisar as fontes bibliográficas para esse estudo, foi observado que ambos os modelos eram os mais frequentes em estudos com os mesmos objetivos. Dai, sendo tomada a decisão nesse projeto ter as duas como base para uma avaliação mais fidedigna ao verdadeiro nível da Instituição de ensino superior que é objeto desse projeto.

A Figura 4 mostra uma diferença entre ambos os modelos, sendo o CMMI com cinco níveis base e a Acatech, com seis níveis, tendo uma maior amplitude em possíveis resultados desse trabalho.

Figura 4 – Níveis do modelo ACATECH



Fonte: Adaptado Industrie Maturity index, Acatech (2020).

Aplicação dos modelos CMMI e ACATECH para terminar o grau de maturidade na instituição de ensino de nível superior na zona oeste do Rio de Janeiro

O levantamento de dados para esse projeto foi feito via formulário survey, no qual continha vinte e uma questão adaptadas para a Instituição de ensino superior na zona oeste do Rio de Janeiro que atua nas atividades de ensino, pesquisa e extensão em diferentes áreas de conhecimento. Para tal foi colocado no formulário elaborado para esse projeto, um texto e um vídeo do site de mídias audiovisuais Youtube: (<https://youtu.be/3ixQQ4elwm0>) com as explicações necessárias para o entendimento das respostas dos entrevistados. Tal pesquisa visou ter o maior número de respostas possíveis, sendo enviado para 110 servidores da Instituição de Ensino Superior em estudo. Sendo alvos do trabalho: Professores, Reitor/Presidente, Vice-Reitor/Vice-Presidente, Diretor de departamento, Coordenador de curso, Técnico administrativo, Bibliotecário, Chefe de laboratórios, Diretor financeiro/de recursos humanos e Corpo técnico. Como resultado do levantamento, foi obtido uma amostragem de 17 servidores Estaduais do Rio de Janeiro, em diferentes níveis de atuação dentro da Instituição de ensino correspondendo a uma taxa de 15,45% do total enviado, na pesquisa 43,25% das 110 pessoas, não entenderam e optaram por não responder para não afetar o resultado e 41,3% não responderam e não se sabe o motivo. Sobretudo, as respostas foram majoritariamente de professores sem nenhum cargo comissionado na instituição de ensino, com cerca de 82% das respostas enviadas para esse trabalho, sendo aproximadamente de 18% com cargo atribuídos além do magistério.

Resultados e Discussão

De acordo com os modelos CMMI e ACATECH, os graus de maturidade analisados e suas dimensões dessa pesquisa são avaliados pela escala de resposta segundo o método Likert adaptado para 4 níveis de resposta, que foram: Inexistente, Básico, Médio e Avançado. As 21 questões respondidas pelos servidores da

instituição, foram divididas em 5 dimensões aqui já citadas no 1º parágrafo do tópico 4.1.

A seguir, apresentam-se os resultados obtidos na avaliação das dimensões estabelecidas pelos modelos, aos quais são listados de como as Questões de (Q.1 a Q.21), que é a quantidade de questões fornecidas no formulário para análise do grau de maturidade da Instituição de ensino superior da zona oeste do Rio de Janeiro. Nessas questões foram introduzidas 5 dimensões de questões organizadas segundo ambos as dimensões: processos, cultura, pessoas, governança e tecnologia da informação e comunicação (TIC) totalizando 21 questões descritas como mostra a Tabela 1. e avaliadas as informações como mostra os gráficos subsequentes de cada questão.

A Tabela 1 exhibe as perguntas do questionário de maturidade agrupadas por dimensões usadas nesse projeto que evidencia o grau de maturidade da Instituição em relação a indústria 4.0, essas dimensões são separadas por 5 dimensões: governança, cultura, processos, pessoas e tecnologia da informação e comunicação (TIC). As questões são apresentadas como Q.1 até Q.21 e cada uma foi acompanhada de uma explicação, que classifica a resposta em níveis de 1 a 4, como já citado no 1º parágrafo do tópico 8.

Tabela 1 – Questões e dimensões base para o estudo de caso

SIGLA	DIMENSÕES E PERGUNTAS
PROCESSOS	
Q.1	Como os dados apoiam o processo de tomada de decisões estratégicas?
Q.2	Quais técnicas e ferramentas Lean são aplicadas nos serviços/processos da instituição?
Q.3	Qual é o nível de automação dos equipamentos e sistemas produtivos?
Q.4	Como os dados obtidos por equipamentos/sensores são utilizados?
Q.5	Qual é o nível de customização dos sistemas de produtos e processos da instituição?
Q.6	Quais sistemas abaixo são utilizados e tais sistemas possuem interface com o sistema central da instituição?
CULTURA	
Q.7	Qual é o nível de envolvimento, apoio e conhecimento das lideranças na instituição com relação ao tema Indústria 4.0?
Q.8	Como você avalia a cultura <i>lean</i> dentro da instituição de ensino superior?
PESSOAS	
Q.9	Qual é o nível de colaboração da instituição com parceiros, professores e/ou alunos para o desenvolvimento de melhorias e serviços?
Q.10	A instituição tem relacionamento transparente com seus parceiros de negócio (em especial professores e alunos), com troca de informação automatizada, o que lhe confere previsibilidade de demanda e outras tendências, permitindo tomar direcionamentos de forma mais rápida e eficaz?
Q.11	Quais áreas da instituição receberão investimentos na implantação de indústria 4.0 nos próximos 5 anos?
GOVERNANÇA	
Q.12	Como você avalia a utilização de dados para a definição do modelo de Ensino, pesquisa, extensão e administração?
Q.13	Como você descreve o status da implementação da sua estratégia de indústria 4.0?
Q.14	Indicadores de implantação da sua estratégia de indústria 4.0?
Q.15	Quais áreas da instituição receberam investimentos na implantação de indústria 4.0 nos últimos dois anos?
Q.16	Quais das seguintes funcionalidades estão presentes nos seus sistemas de trabalho/serviço?
TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC)	
Q.17	Como os dados apoiam o processo de tomada de decisão de planejamento de processos?
Q.18	Qual é o nível de utilização das tecnologias em toda a instituição? (Comunicação M2M, Sensores, RTLS e outros)
Q.19	Como você avalia a sua infraestrutura de equipamentos sobre as seguintes funcionalidades? (Comunicação entre máquinas para otimizar os processos, Interoperabilidade e outros)
Q.20	Quais dados sobre máquinas, processos, bem como disfunções e suas causas são coletadas durante a produção (Ensino, pesquisa, extensão e administração) e como são coletados?
Q.21	Quais soluções de segurança cibernética são utilizadas na instituição de ensino?

Fonte: Autor, 2023.

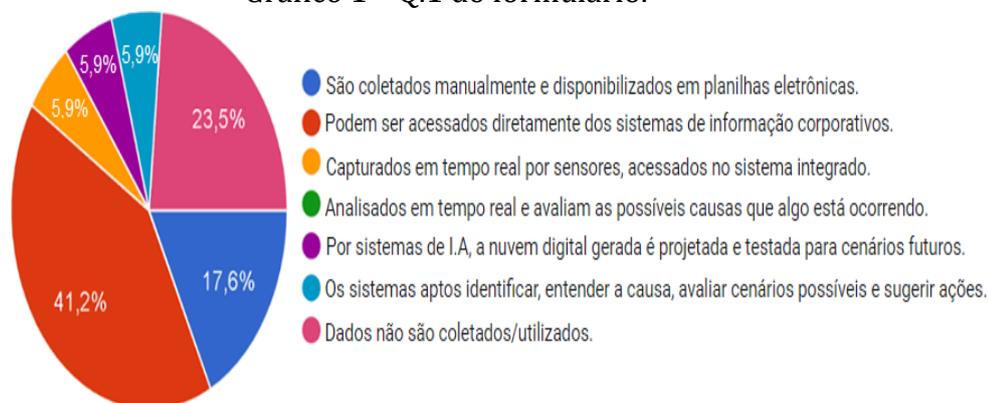
Abaixo serão apresentados os resultados das respostas fornecidas pelos participantes da pesquisa do grau de maturidade da indústria 4.0 realizada em uma instituição de ensino superior localizada na zona oeste do Rio de Janeiro, via survey. As respostas são representadas por gráficos aos quais são apresentados separados em 5 dimensões descritas como: Governança, Cultura, Processos, Pessoas e Tecnologia da informação e comunicação:

- **Governança:** Refere-se às práticas, políticas e estruturas de liderança que guiam e orientam a tomada de decisões e ações em uma organização. A governança estabelece as regras e responsabilidades para alcançar os objetivos da organização.
- **Cultura:** Refere-se às crenças, valores, normas e comportamentos compartilhados pelos membros de uma organização. A cultura influencia a forma como as pessoas trabalham juntas e tomam decisões.
- **Processos:** Referem-se aos passos e atividades executadas para atingir um objetivo ou realizar uma tarefa. Os processos são fundamentais para a eficiência e eficácia de uma organização.
- **Pessoas:** Refere-se aos indivíduos que compõem a equipe de uma organização, incluindo funcionários, gerentes e outros profissionais. O desenvolvimento e gestão de recursos humanos é fundamental para o sucesso da organização.
- **Tecnologia da informação e comunicação (TIC):** Refere-se aos sistemas, ferramentas e tecnologias utilizadas para coletar, armazenar, processar, transmitir e utilizar informações. A TIC é fundamental para a eficiência e competitividade de uma organização.

Questões sobre Processos

Como os dados apoiam o processo de tomada de decisões estratégicas?

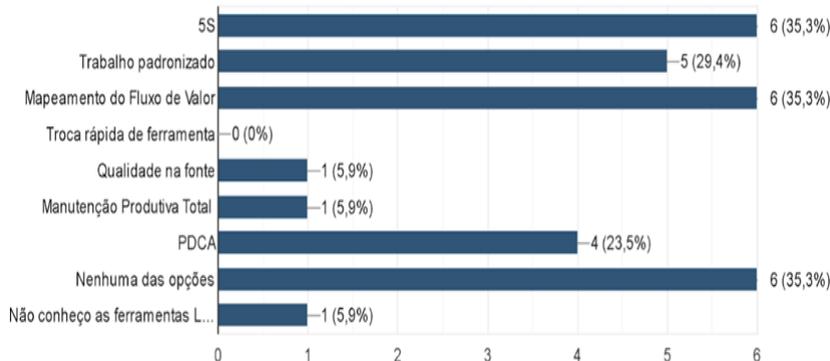
Gráfico 1 – Q.1 do formulário.



Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

(i) Quais técnicas e ferramentas Lean são aplicadas nos serviços/processos da Instituição de ensino superior da zona oeste do Rio de Janeiro?

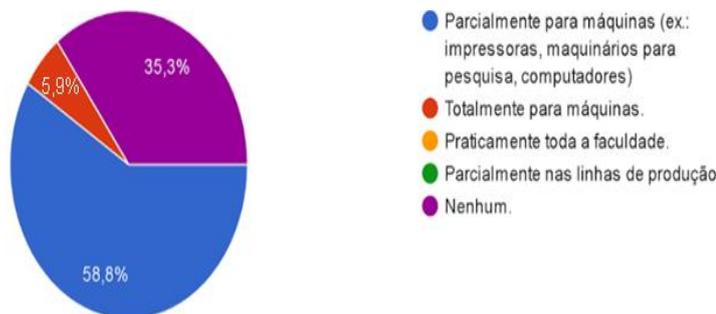
Gráfico 2 – Q.2 do formulário.



Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

(ii) Qual é o nível de automação dos equipamentos e sistemas produtivos?

Gráfico 3 – Q.3 do formulário.



Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

(iii) Como os dados obtidos por equipamentos/sensores são utilizados?

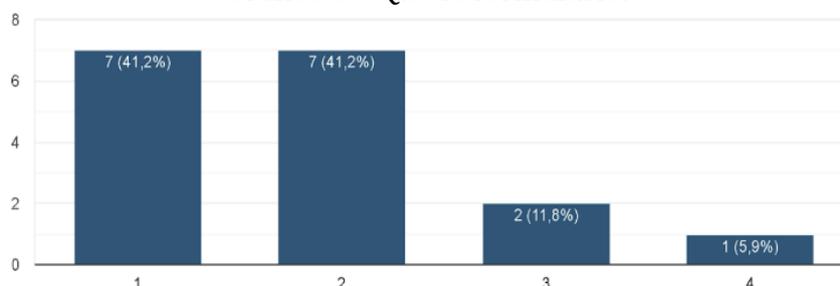
Gráfico 4 – Q.4 do formulário.



Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

(iv) Qual é o nível de customização dos sistemas de produtos e processos da Instituição de ensino superior da zona oeste do Rio de Janeiro?

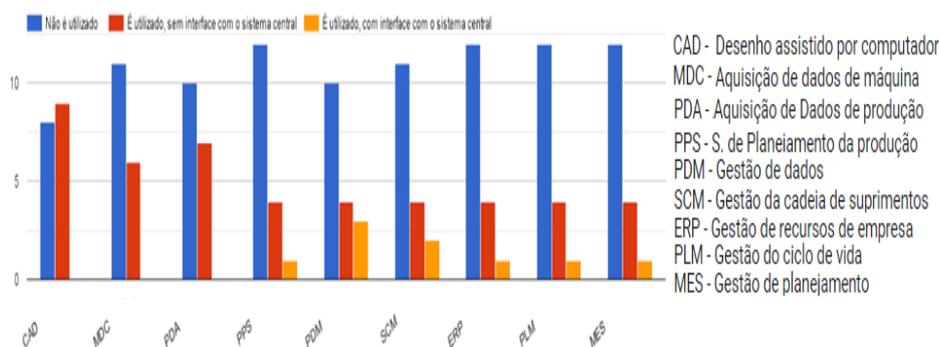
Gráfico 5 – Q.5 do formulário.



Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

(v) Quais sistemas abaixo são utilizados e tais sistemas possuem interface com o sistema central da Instituição de ensino superior da zona oeste do Rio de Janeiro?

Gráfico 6 – Q.6 do formulário.

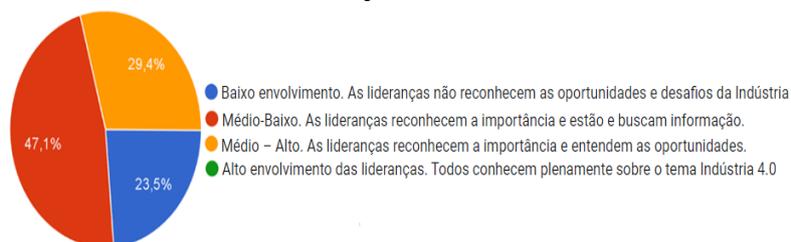


Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

Questões sobre Cultura

Qual é o nível de envolvimento, apoio e conhecimento das lideranças na instituição com relação ao tema Indústria 4.0?

Gráfico 7 – Q.7 do formulário.



Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

(i) Como você avalia a cultura *lean* dentro da instituição de ensino superior?

Gráfico 8 – Q.8 do formulário.

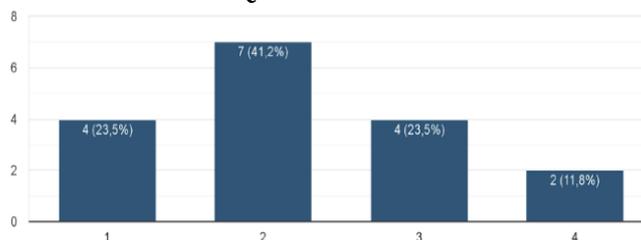


Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

Questões sobre Pessoas

(i) Qual é o nível de colaboração da instituição de ensino do nível superior da zona oeste do Rio de Janeiro com parceiros, professores e/ou alunos para o desenvolvimento de melhorias e serviços?

Gráfico 9 – Questão 9 do formulário.

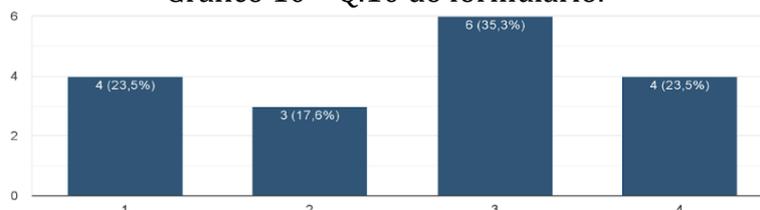


Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

(ii) A Instituição de ensino superior da zona oeste do Rio de Janeiro tem relacionamento transparente com seus parceiros de negócio (em especial

professores e alunos), com troca de informação automatizada, o que lhe confere previsibilidade de demanda e outras tendências, permitindo tomar direcionamentos de forma mais rápida e eficaz?

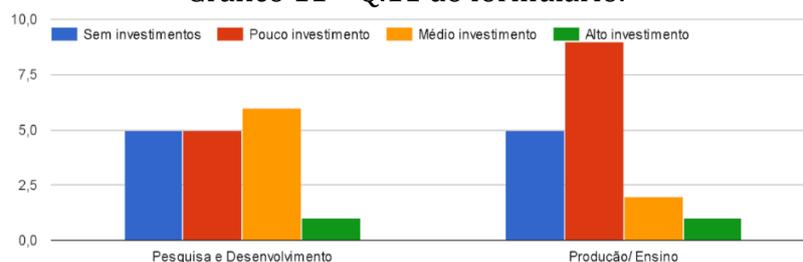
Gráfico 10 – Q.10 do formulário.



Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

(iii) Quais áreas da instituição receberão investimentos na implantação de indústria 4.0 nos próximos 5 anos?

Gráfico 11 – Q.11 do formulário.

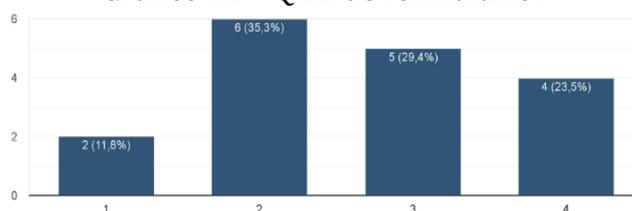


Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

Questões sobre Governança

(i) Como você avalia a utilização de dados para a definição do modelo de ensino, pesquisa, extensão e administração?

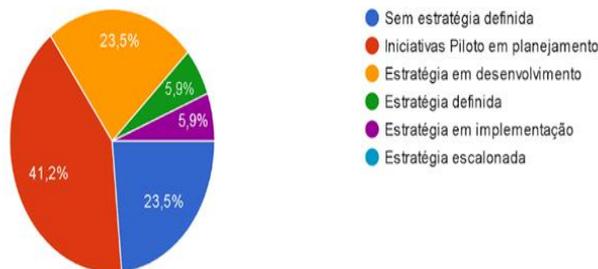
Gráfico 12 – Q.12 do formulário.



Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

(ii) Como você descreve o status da implementação da sua estratégia de indústria 4.0?

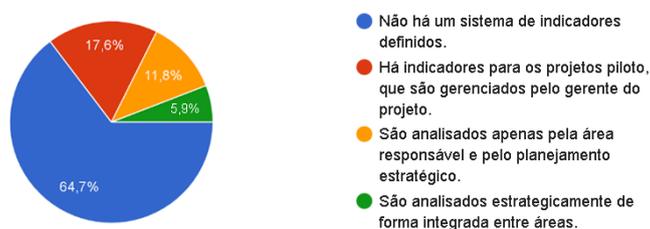
Gráfico 13 – Q.13 do formulário.



Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

(iii) Indicadores de implantação da sua estratégia de indústria 4.0?

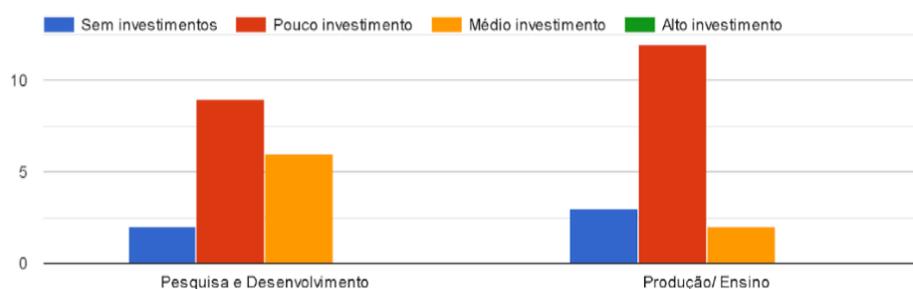
Gráfico 14 – Q.14 do formulário



Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

(iv) Quais áreas da instituição receberam investimentos na implantação de indústria 4.0 nos últimos dois anos?

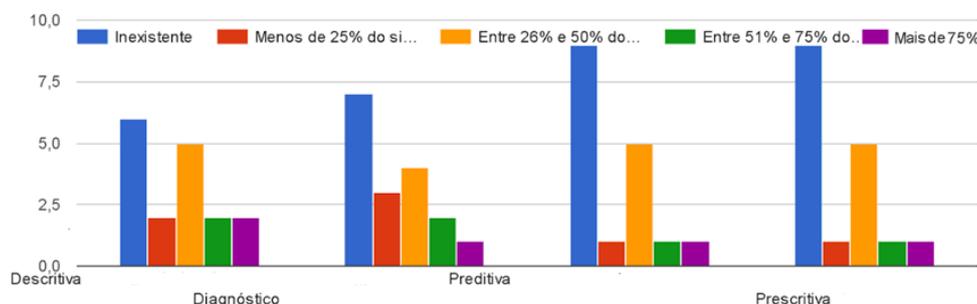
Gráfico 15 – Q.15 do formulário.



Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

(v) Quais das seguintes funcionalidades estão presentes nos seus sistemas de trabalho/serviço?

Gráfico 16 – Q.16 do formulário.

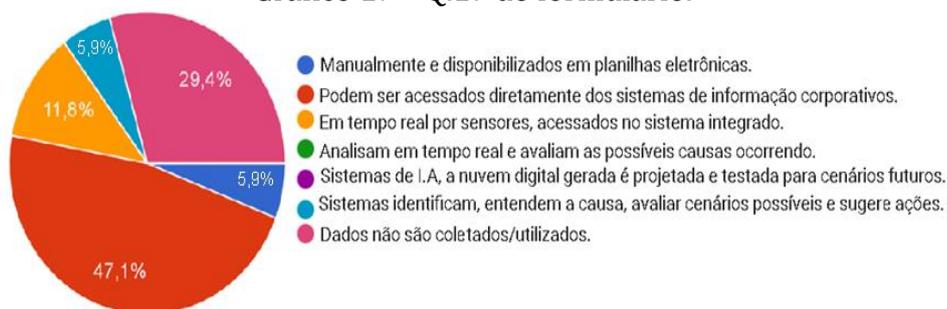


Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

Questões sobre Tecnologia da informação e comunicação (TIC)

(i) Como os dados apoiam o processo de tomada de decisão de planejamento de processos?

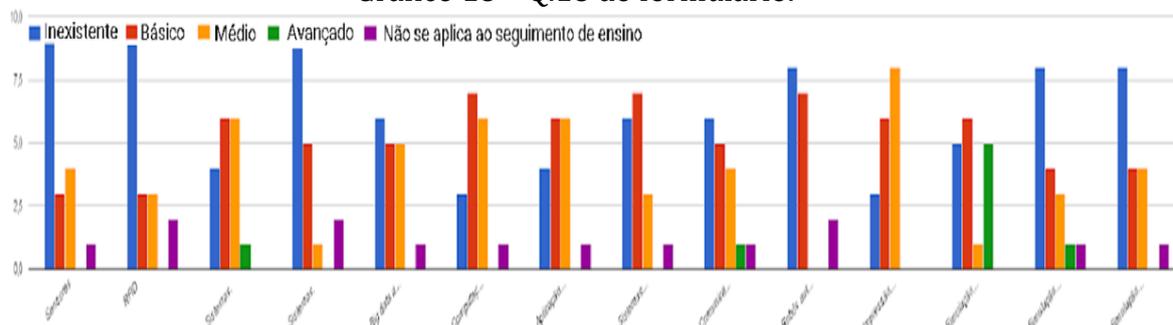
Gráfico 17 – Q.17 do formulário.



Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

(i) Qual é o nível de utilização das tecnologias em todo a Instituição de ensino superior da zona oeste do Rio de Janeiro?

Gráfico 18 – Q.18 do formulário.

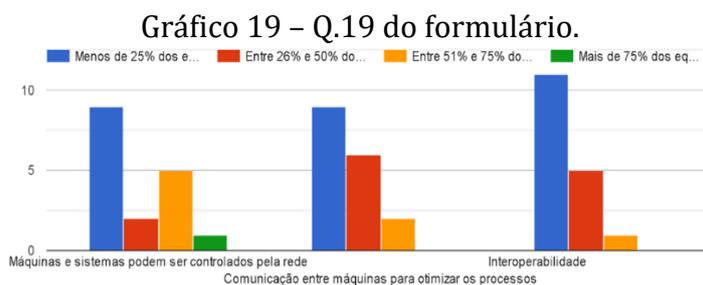


Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

Os itens abaixo são apresentados no gráfico 18 sendo (1), representado pelo 1º item da esquerda da imagem, seguindo até o último item de número (14).

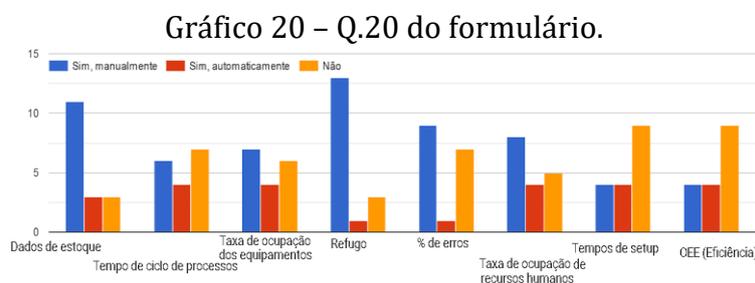
(1) Sensores; (2) RFID (É uma antena, um transceptor, que faz a leitura do sinal e transfere a informação para um dispositivo leitor, e também um transponder ou etiqueta de RF (rádio frequência); (3) Sistemas computacionais e aplicativos para celular; (4) Sistemas de localização em tempo real (RTLS); (5) Big data analytics (gerencia e analisa dados em tempo real); (6) Computação em nuvem para armazenamento de dados; (7) Aplicação mobile, com interface na nuvem; (8) Sistemas embarcados - Equipamentos com eletrônica embarcada para realizar funções específicas; (9) Comunicação entre máquinas (M2M); (10) Robôs autônomos e colaborativos; (11) Impressão 3D; (12) Simulação de processos; (13) Simulação de Layout; (14) Simulação de Layout em tempo real.

(ii) Como você avalia a sua infraestrutura de equipamentos sobre as seguintes funcionalidades?



Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

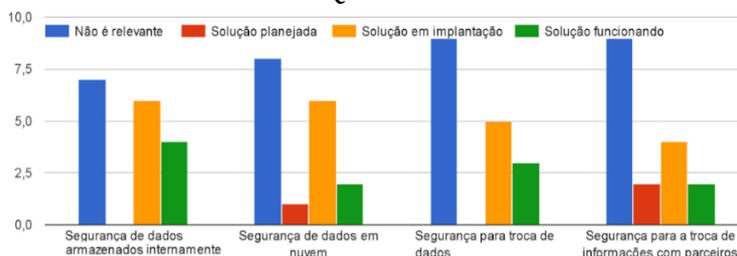
(iii) Quais dados sobre máquinas, processos, bem como disfunções e suas causas são coletadas durante a produção (ensino, pesquisa, extensão e administração) e como são coletados?



Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

(iv) Quais soluções de segurança cibernética são utilizadas na instituição de ensino superior da zona oeste do Rio de Janeiro?

Gráfico 21 – Q.21 do formulário.

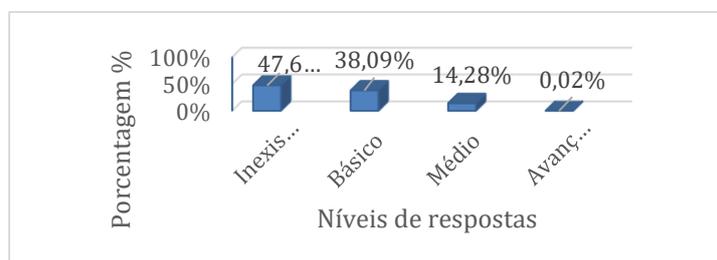


Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

Foram obtidos os seguintes dados da análise feita no formulário, 10 das 21 questões respondidas tiveram majoritariamente respostas como “**Inexistente**”, representando 47,61% das respostas. Com 8 de 21 questões, foram obtidas como principal resposta o nível “**Básico**”, no qual é apresentado com 38,09% das respostas analisadas, seguidamente do nível “**Médio**” com 14,28% em 3 respostas das 21 feitas no questionário.

Por último, observa que a quantidade de respostas para o nível “**Avançado**” foi ínfima, não tendo nenhuma resposta de todas as questões analisadas na qual ela foi predominantemente respondida, sendo somente respondida de forma minoritária algumas das questões, no qual geraram a porcentagem de 0,02% com 0 respostas principais (Gráfico 22).

Gráfico 22 – Valores em porcentagem das questões do formulário respondidas



Fonte: Dados da pesquisa elaborada pelo autor, 2023.

Com base nesses dados foi verificado que o nível no qual a Instituição de ensino superior da zona oeste do Rio de Janeiro em grau de maturidade é o **nível 1**:

Inicial/ Reativo de acordo com o modelo de avaliação CMMI e segundo o modelo proposto pela ACATECH, temos como resultado o nível 1: Informatização, sendo levado em conta que para a classificação segundo (RUBEL, 2018), Nível 1: Inicial, é adequando, as respostas se enquadram em sua maior porcentagem, no caso da avaliação feita foi a que classifica a governança, cultura, processos, pessoas e tecnologia da informação e comunicação (TIC) em sua maioria como “ Inexistente “ , logo temos um nível na qual a instituição se encontra, mas não há uma classificação exata da porcentagem de respostas para determinar o nível de maturidade de acordo com o CMMI.

O modelo CMMI é baseado em uma avaliação mais abrangente que leva em consideração vários fatores, incluindo a implementação e integração de processos, tecnologias e melhores práticas. Para o nível 2, 3, 4 e 5, não é diferente, sendo preciso avaliar as características de cada nível e ver em qual delas a Instituição se encontra, que segundo (RUBEL, 2018) são: **Nível 1: Inicial:** O processo é ad hoc e intuitivo, **Nível 2: Definido:** Os processos são documentados e são padronizados dentro da organização, **Nível 3: Gerenciado:** Os processos são medidos e monitorados, e há uma orientação para melhoria contínua, **Nível 4: Qualidade:** Há uma ênfase na qualidade dos processos e produtos, e há um rigoroso controle de mudanças e **Nível 5: Otimizado:** Os processos são continuamente otimizados com base em dados e análises e há uma ênfase na inovação e na excelência, até de forma já automatizada.

Vale lembrar que os níveis são de forma decrescente qualificados, sendo o número 5 o nível mais alto do modelo de avaliação e 1 para o grau mais baixo, isso para o modelo CMMI, para o modelo ACATECH é listado da mesma forma, contudo de 1 a 6, sendo o nível 6 o mais alto e o número 1 o grau mais básico dentre todos da avaliação desse modelo.

Considerações finais

Os resultados obtidos da avaliação dos modelos CMMI e ACATECH são revelados na análise mostrado no (Gráfico 22) no qual observa-se uma porcentagem de 47,61% como respostas o nível: Inexistente, significando que a Instituição de

ensino superior localizada na zona oeste do Rio de Janeiro se encontra no nível 1, o nível mais básico de maturidade de processos. Isso indica que há uma grande oportunidade para a melhoria e evolução na implementação de processos e tecnologias na instituição de ensino. A ausência/inexistência de muitas das principais elementos que avaliam uma Instituição de grau de maturidade superior, aponta para a necessidade de implementar melhorias para aumentar a eficiência e eficácia dos processos, também foi identificado que o questionário se mostrou eficiente, mas podendo ter melhoras em relação a adaptabilidade a instituição e suas áreas de atuação. Para subir de nível, a instituição precisa tomar medidas eficazes e planejadas para implementar processos e tecnologias avançadas. Alguns pontos que precisam ser considerados incluem: (i) Padronização de processos: É fundamental estabelecer processos claros, definidos e padronizados para garantir a eficiência e consistência nas atividades da instituição; (ii) Integração de tecnologias: A utilização de tecnologias avançadas, como sistemas de gestão de processos, inteligência artificial, automação de processos, entre outros, pode aumentar significativamente a eficiência e eficácia dos processos na instituição; (iii) Capacitação e envolvimento da equipe: É importante capacitar a equipe e garantir que todos compreendam a importância de melhorar a maturidade de processos. O envolvimento da equipe é fundamental para o sucesso da implementação de processos e tecnologias avançadas; (iv) Melhores práticas recomendadas pelo CMMI e ACATECH: A instituição precisa seguir as melhores práticas recomendadas pelo CMMI e ACATECH para garantir a implementação correta de processos e tecnologias avançadas.

A partir dos resultados pode-se concluir que a avaliação do nível de maturidade revelou que a Instituição de ensino superior da zona oeste-RJ precisa tomar medidas eficazes para subir de nível e alcançar uma maturidade de processos mais elevada. A padronização de processos, integração de tecnologias, capacitação e envolvimento da equipe, e a implementação de melhores práticas são pontos importantes que precisam ser considerados para o sucesso da evolução da maturidade de processos na Instituição de ensino superior da zona oeste do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS

BROWN, K.; WATERHOUSE, J. Managing the change process: the state of art. *In*: Osborne, S. P., & Brown, L. (Eds.). **Handbook of innovation in public services**, Cheltenham, UK; Northampton, MA: Edward Elgar, 2013, p. 25

CNI Confederação Nacional da Indústria- **Desafios para a indústria 4.0 no Brasil** / Confederação Nacional da Indústria. – Brasília: CNI, 2016. 34 p. https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/d6/cb/d6cbfbba-d7e-43a0-9784-86365061a366/desafios_para_industria_40_no_brasil.pdf . Acesso: 20 de jan.2023

CNN, **Empresas que adotaram indústria 4.0 lucraram e contrataram mais, diz pesquisa**, 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/empresas-que-adotaram-industria-40-lucraram-e-contrataram-mais-diz-pesquisa/> . Acesso: 18 jan.2023.

FIRJAN. **Indústria 4.0 no Brasil: oportunidades, perspectivas e desafios**, 2019. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-1.htm> . Acesso em: 21 set. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7th ed. São Paulo: Atlas, 2019.

LI, C. H.; LAU, H. K. A Critical Review of Maturity Models in Information Technology and HumanLandscapes on Industry 4.0. 2019 IEEE Industry Applications Annual Meeting Baltimore, MD, USA, 2019.

REISCHAUER, G. Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing. *Technological Forecasting and Social Change*, 2018.

SIMONS, S.; ABÉ, P.; NESER, S. Learning in the AutFab–the fully automated Industrie 4.0 learning factory of the University of Applied Sciences Darmstadt. *Procedia Manufacturing*, 2017.

SJODIN, DAVID R.; PARIDA, VINIT; LAKSELL, MARKUS; PETROVIC, ALEKSANDAR. Smart Factory Implementation and Process Innovation. **Journal Research-Technology Management**, 2018.

SMITH, S. **Cybercrime will cost business over 2 Trillion, 2015**. Disponível em: <https://www.juniperresearch.com/press/pressreleases/cybercrime-cost-businesses-over-2trillion>. Acesso em: 15 set. 2022.

VAIDYA, S.; AMBAD, P.; SANTOSH, B. Industry 4.0 – A Glimpse. 2nd International Conference on Materials Manufacturing and Design Engineering, 2018.

VENTURELLI, Márcio. **Tecnologias Habilitadoras**, 2019. Disponível em: <https://marcioventurelli.com/>. Acesso em: 13 set. 2022.

VENTURELLI, Márcio. **UNESP - Indústria 4.0 - Jornada na Transformação**, 2020. Disponível em: www.youtube.com/watch?v=qKBVZDW_Cxig&ab_channel=MarcioVenturelli. Acesso em: 27.jan. 2023.