

Gerenciamento de projetos na Quarta Revolução Industrial: proposição de uma abordagem holística de integração com os elementos da Indústria 4.0

Project management in the Fourth Industrial Revolution: a holistic approach to integrating elements of Industry 4.0

Submetido: 10/09/2024. Aprovado: 13/01/2025

Processo de Avaliação: Double Blind Review- DOI

Isabela Martins Mariotoni Coppi – isabela.coppi@siemens.com - <https://orcid.org/0000-0002-6444-6736>
Siemens Energy

Igor Polezi Munhoz – igor.munhoz@ifsp.edu.br – <http://orcid.org/0000-0001-5578-3442>
Instituto Federal de São Paulo

Institute of Education, Science and Technology of Sao Paulo (IFSP)

Alessandra Cristina Santos Akkari – alessandramunhoz@ifsul.edu.br – <https://orcid.org/0000-0002-5376-7972> - Universidade Federal do ABC (UFABC) e Instituto Federal Sul-Rio-Grandense

RESUMO

O gerenciamento de projetos, como uma área estratégica, está inserido em um cenário de mudanças vinculadas à Quarta Revolução Industrial, em que uma perspectiva orientada pela tecnologia vem requerendo novas abordagens na gestão das organizações. Sob esse escopo, o presente artigo teve como objetivo mapear a integração entre os processos do gerenciamento de projetos e os elementos da Indústria 4.0, analisando a influência das tecnologias digitais e dos atributos da Quarta Revolução Industrial na gestão baseada em projetos. Para tanto, um estudo exploratório e descritivo, com uma abordagem qualitativa, foi conduzido a partir de um procedimento de pesquisa

baseado na triangulação. Dentre os resultados, destaca-se o número significativo de pontos de convergência (34) entre as áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos e as tecnologias 4.0, com enfoque para *Big Data*, *cloud computing* e *cyber segurança*. Ademais, os atributos e as tecnologias da Indústria 4.0 mostraram-se relacionados com todas as fases do gerenciamento de projetos, sugerindo que a Indústria 4.0 permeia os processos de uma abordagem de gestão baseada em projetos. Esse artigo aponta que o gerenciamento de projetos 4.0 parte de integrações complexas e mutuamente relacionadas entre os processos de gestão e os elementos da Indústria 4.0,

indicando ainda que as tecnologias digitais têm um elevado potencial para suportar o gerenciamento de projetos em face da Quarta Revolução Industrial.

Palavras-chave: gerenciamento de projetos, tecnologias digitais, Indústria 4.0, Gestão de Projetos 4.0

ABSTRACT

Project management, as a strategic area, is part of a changing scenario linked to the Fourth Industrial Revolution, in which a technology-driven perspective has required new management approaches in organizations. This article aims to map the integration between project management processes and the elements of Industry 4.0, looking at the influence of digital technologies and the attributes of the Fourth Industrial Revolution on project management. To this end, an exploratory and descriptive study with a qualitative approach was conducted using a research procedure based on triangulation. Among the results, a significant number of points of convergence (34) between the

knowledge areas of project management and 4.0 technologies stand out, especially Big Data, cloud computing and cyber security. In addition, the attributes and technologies of Industry 4.0 were related to all phases of project management, suggesting that Industry 4.0 permeates the processes of a project-based management approach. This article points out that project management 4.0 is based on complex and mutually related integrations between management processes and the elements of Industry 4.0, further indicating that digital technologies have a high potential to support project management in the face of the Fourth Industrial Revolution.

Keywords: project management, digital technologies, Industry 4.0, Project Management 4.0

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o ambiente organizacional tem se tornado cada vez mais complexo a partir de uma perspectiva orientada pela tecnologia devido à transformação digital. De fato, muitas empresas em todo o mundo estão lutando para sobreviver diante do grande número de novas tecnologias que estão se tornando fontes dominantes de mudança, como

Big Data/Analytics, Computação em Nuvem, Impressão 3D e outras (Sanchez et al., 2024).

A disseminação das tecnologias digitais, impulsionada pela Quarta Revolução Industrial, tem impactado diferentes campos da economia, bem como vários departamentos da empresa. A incerteza do ambiente associada à celeridade e magnitude das mudanças que ocorrem nas empresas são fatores que forçam a introdução de novas abordagens na gestão das organizações (Venanzi et al., 2020; Da Costa et al., 2022).

Nessa perspectiva, o gerenciamento de projetos (GP), que é uma área estratégica e transversal (Cianfanelli et al., 2014) das organizações, está se tornando cada vez mais desafiador devido aos diversos elementos e atributos que estruturam a Indústria 4.0 (I4.0). Assim, a visão tradicional do GP requer discussões e reflexões para se adequar às diversas variáveis inerentes à digitalização, possibilitando a otimização de resultados (Kanski & Pizon, 2023).

Configurando-se como um tema contemporâneo e com amplo debate na literatura, alguns estudos sugerem que o GP na era da I4.0, ou Gerenciamento de Projetos 4.0 (GP4.0), pode ser representado como uma atividade prática que engloba todo o processo de planejamento, organização, coordenação e controle de projetos utilizando ferramentas tecnológicas essencialmente digitais (Simion et al., 2018; Sanchez et al., 2024).

Logo, o mapeamento da relação entre o GP e as tecnologias e atributos da I4.0, sendo este ainda um gargalo especialmente na literatura nacional, assume particular importância para uma gestão eficaz, uma vez que as empresas decidem cada vez mais assumir uma abordagem de gestão baseada em projetos e, ao mesmo tempo, estão imersas no processo de transformação digital. Sob esse espectro, esse artigo tem como objetivo traçar um desenho conceitual do GP em face da Quarta Revolução Industrial, considerando as perspectivas de integração entre tecnologias e atributos complexos e mutuamente relacionados com as fases e área de conhecimento da gestão de projetos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O GP refere-se à aplicação de ferramentas, técnicas, conhecimentos e habilidades de forma efetiva a fim de alcançar o objetivo do projeto que, por sua vez, está alinhado estrategicamente ao negócio (PMI, 2017). A prática do gerenciamento permite um direcionamento assertivo dos recursos disponíveis a fim de atingir o esperado para o projeto e permitir que o seu ciclo de vida aconteça (Scott, 2013; Watt, 2014).

O ciclo de vida de cada projeto demonstra o andamento deste, desde seu início até o fim, podendo variar de acordo com a sua magnitude e complexidade. Devido ao caráter temporário, o projeto possui um ciclo de vida composto por cinco fases, abrangendo a iniciação; planejamento; execução; monitoramento e controle; e encerramento (PMI, 2017).

A fase de iniciação é marcada pela identificação do objetivo a ser atingido, bem como a solução que será utilizada para cumprir o esperado. Nesta fase, também são consideradas questões de viabilidade a fim de confirmar se a organização possui os recursos necessários para executar o projeto e se este apresenta algum propósito para a empresa. A solução completa a ser desenvolvida deverá ser detalhada na fase seguinte, isto é, no planejamento. O time de projeto identifica todas as atividades que deverão ser realizadas e quais os seus respectivos prazos e requisitos técnicos e comerciais. Então, o projeto está pronto para ser executado, de modo que, durante a terceira fase, o planejamento realizado deve ser executado de acordo com o prazo e orçamento estabelecidos (Russo et al., 2005; Watt, 2014).

Na fase de monitoramento e controle, garante-se que os objetivos do projeto sejam cumpridos por meio da mensuração e controle contínuo do processo, observando-se possíveis desvios e estabelecendo implementação de ações corretivas, quando necessário. Finalmente, a fase de encerramento compreende a liberação dos últimos entregáveis ao cliente, encerramento de contratos com fornecedores, encerramento comercial e comunicação para as pessoas envolvidas. A experiência vivida em todo o progresso do projeto apresenta-se como lições aprendidas, de modo que sirvam de *input* para a organização estruturar o processo de melhoria contínua e auxiliar futuros projetos (Do Valle et al., 2010).

Segundo Watt (2014), existem categorias de conhecimento em GP, incluindo o gerenciamento da integração; do escopo; do cronograma; de custos; da qualidade; de recursos e de riscos. De fato, o PMBoK indica dez áreas de conhecimento de GP que, além das citadas anteriormente, abrange o gerenciamento de comunicações, das aquisições e das partes interessadas do projeto, sendo estas o foco deste trabalho.

O gerenciamento da integração tem como princípio integrar os aspectos do projeto durante o seu andamento (escopo, prazo e custo) e monitorar/controlar possíveis mudanças. O planejamento, monitoramento e controle do escopo faz parte do gerenciamento de escopo, enquanto que o caráter temporário do projeto requer um

gerenciamento do tempo efetivo, para atender aos objetivos e evitar a exposição a multas e descumprimento de marcos definidos em contrato. O gerenciamento de custos deve ser realizado e é dever do time de projeto controlar os custos de acordo com as atividades e evitar que estes se excedam. Para que todas as tarefas sejam executadas de modo conforme às especificações do cliente e que sejam efetivas, o gerenciamento da qualidade se faz necessário (Do Valle et al., 2010; PMI, 2017).

O gerenciamento de recursos consiste em escolher as pessoas adequadas para o trabalho e assegurar o trabalho no prazo correto e com a qualidade desejada. Para garantir que o time de projeto tenha acesso às informações necessárias para execução das tarefas, o gerenciamento das comunicações assegura que as informações envolvidas no projeto sejam planejadas, coletadas, criadas, distribuídas, armazenadas e monitoradas de forma apropriada, conforme ressaltado por Watt (2014). O gerenciamento das aquisições do projeto relaciona-se às aquisições externas ao projeto, enquanto que o gerenciamento das partes interessadas (*stakeholders*) consiste em estabelecer processos para que todas as pessoas ou organizações que são atingidas pelo projeto sejam identificadas, de modo que suas expectativas e impactos sejam analisados durante todo o projeto (PMI, 2017).

A literatura aponta que a I4.0 possui como principais atributos a interoperabilidade, que se refere aos padrões de comunicação entre os sistemas dentro da manufatura; virtualização, que se relaciona com o monitoramento dos processos físicos por meio de sensores; descentralização, que se vincula a uma descentralização lógica, de modo que computadores embutidos permitem que o CPS tome decisões; capacidade em tempo real, permitindo que os sistemas colem e analisem dados instantaneamente; orientação à serviço, que está associada a IoS de modo a possibilitar uma infraestrutura digital que permita o fornecimento de serviços aos consumidores; e modularidade, isto é, a aplicação de sistemas modulares capazes de serem flexíveis e se adaptarem às mudanças de requisitos (Hermann et al., 2016; Wang & Zhang, 2016; Kanski & Pizon, 2023)

No tocante às tecnologias digitais, tem-se que a I4.0 é suportada especialmente pelo *Big Data*, *cloud computing*, *cyber* segurança, simulação virtual, realidade aumentada, robôs autônomos e manufatura aditiva. Tratam-se de tecnologias capazes de operacionalizar a fábrica inteligente, possibilitando a conectividade entre equipamentos e processos por meio de dispositivos autônomos; realização de simulações e criação de protótipos a partir de tecnologias; tratamento em tempo real e de modo célere de um grande volume de dados para agregação de valor ao negócio; ambiente de computação

em larga escala para o acesso remoto e generalizado de documentos; preção de sistemas de informação com segurança e procedimentos tecnológicos apropriados; dentre outros (Venanzi et al., 2020; Ferreira et al., 2022).

3. METODOLOGIA

Esse trabalho configura-se como exploratório e descritivo, bem como utilizou-se a abordagem de pesquisa qualitativa, partindo-se da padronização de informações e estudo de relações a fim de compreender a convergência e o potencial alinhamento entre I4.0 e GP. O procedimento de pesquisa baseou-se na triangulação, envolvendo a metodologia de observação, categorização e associação (Prasetyo & Arman, 2017; Valamede & Akkari, 2020).

A fase de observação referiu-se à fase exploratória da revisão de literatura, abrangendo princípios, tecnologias e atributos da I4.0, bem como os fundamentos do GP. A busca foi realizada nas bases científicas *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*, *Web of Science*, and *Scopus*. aplicando-se como critério de busca as palavras-chave “*project management*”, “*project life cycle*”, “*project manager*”, “*skills project manager*” “*industry 4.0*”, “*industrie 4.0*”, “*industry 4.0 technologies*”, “*industry 4.0 attributes*” e “*project management 4.0*”. Análises como a inclusão ou exclusão de artigos e definição das informações a serem extraídas foram consideradas como parte do processo de revisão bibliográfica.

A fase de categorização complementou a etapa de observação, resultando na caracterização dos conceitos e o agrupamento em dois *cluster* (GP e I4.0) para o estudo em profundidade. Nessa etapa, a fim de identificar as relações dentro de cada *cluster* e eliminar redundâncias, verificou-se as afinidades entre os atributos 4.0 e as tecnologias da I4.0, bem como entre as fases do projeto e as áreas do conhecimento em GP.

Enfim, no passo de associação, ferramentas relacionais foram aplicadas com o intuito de analisar o potencial de integração entre a I4.0 e GP. Inicialmente, foi elaborada uma matriz de relação para avaliar a influência das tecnologias 4.0 no método tradicional de GP, estudando-se as conexões de impacto fraco, moderado e forte. Baseado na identificação dessa relação e nas afinidades analisadas dentro de cada *cluster*, então foi consolidado um diagrama em árvore que permitiu o mapeamento do conceito do GP4.0, refletindo a integração entre as tecnologias digitais, os atributos da I4.0, as fases do projeto e os processos do GP.

A partir dos resultados obtidos por meio da elaboração dos diagramas de afinidade e em árvore, foram identificadas as características da integração entre o GP e os elementos da I4.0

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

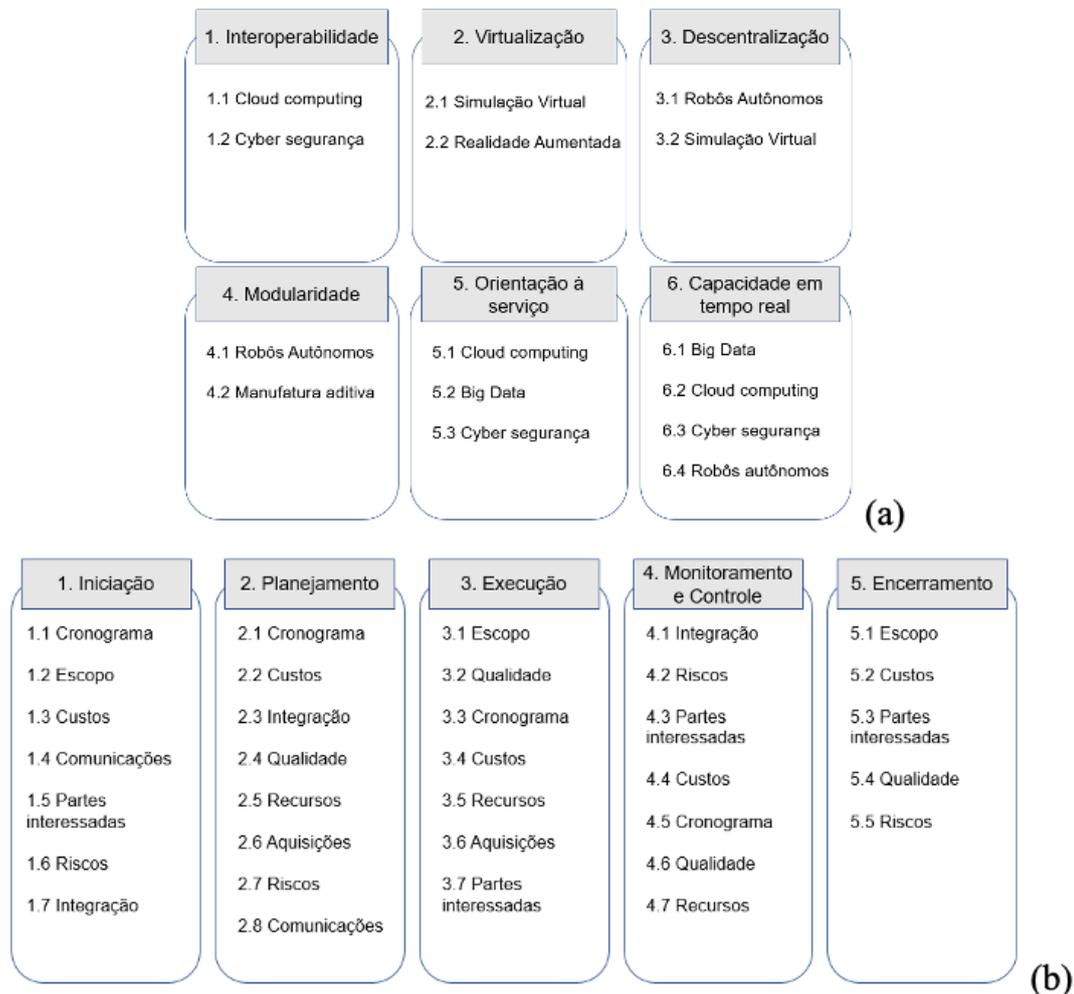
4.1. Análise dos grupamentos Indústria 4.0 e Gerenciamento de Projetos

Baseado no arcabouço teórico construído na fase de observação, o estudo dos grupamentos I4.0 e GP partiu da proposição de diagramas de afinidade entre atributos e tecnologias da I4.0 (Figura 1a), bem como entre as áreas do conhecimento em GP e as fases do projeto (Figura 1b), convergindo os conceitos associados e excluindo-se as redundâncias.

De acordo com a Figura 1a, observa-se que cada atributo 4.0 relaciona-se com, pelo menos, duas tecnologias digitais, sendo que a *orientação a serviço* e a *capacidade em tempo real* configuram-se como características que necessitam de mais tecnologias 4.0 para serem asseguradas. A *cyber* segurança e o *cloud computing* possibilitam a interoperabilidade e mostram-se necessários para suportar metade dos atributos das I4.0, uma vez que a estruturação da fábrica inteligente requer um ambiente em nuvem e há a necessidade de proteger os dados armazenados de modo holístico em todo o sistema.

A *virtualização* interage de forma próxima com a simulação, enquanto que a *descentralização* e a *modularidade* requer a aplicação de robôs autônomos com capacidade de tomada de decisão para garantir a conectividade entre os dispositivos e os processos. O atributo de *orientação à serviço* e a *capacidade em tempo real* contempla, ainda, a coleta e análise de todos os requisitos do cliente, gerando um conjunto de dados complexo e fazendo associação ao *Big Data*.

Figura 1. Diagrama de afinidade dos (a) atributos *versus* tecnologias da I4.0 e (b) das fases do projeto *versus* áreas do conhecimento em GP



Fonte: Autores.

Uma vez explorada a afinidade entre atributos e tecnologias da I4.0, faz-se válido melhor compreender a afinidade entre as fases do projeto e as áreas do GP, conforme a Figura 1b. Tem-se que todas as fases do ciclo de vida do projeto vinculam-se com, pelo menos, cinco as áreas do GP, refletindo a complexidade do processo.

Identificou-se que o gerenciamento de custos se faz necessário em todas as etapas do projeto, bem como o cronograma e a qualidade devem ser geridos em quatro fases, apontando a relevância de sempre monitorar pontos críticos de tempo, conformidade e valores monetários a fim de assegurar o sucesso do projeto, isto é, projeto entregue dentro do prazo, custo e qualidade pré-definidos com o cliente. Ademais, os riscos devem ser continuamente acompanhados para que medidas de mitigação sejam tomadas, impactando em quase todo o ciclo de vida do projeto.

Constatou-se também que o plano de comunicações deve ser consolidado na fase de planejamento e revisado nas demais fases quando ocorrer qualquer alteração nos *stakeholders*. Dado que o engajamento das partes interessadas influencia diretamente no andamento do projeto, torna-se necessário manter todos comprometidas com a execução, monitoramento, controle e encerramento do projeto. Na última fase, é verificado se o escopo foi entregue com a qualidade exigida e dentro do orçamento planejado, bem como é possível verificar se o projeto foi entregue com lucro ou prejuízo, se os riscos podem ser dissolvidos e se as partes interessadas estão satisfeitas com o resultado do projeto.

4.2. Mapeamento do Gerenciamento de Projetos 4.0

A partir da exploração das interações internas dos grupamentos GP e I4.0, relacionou-se as tecnologias digitais e as áreas do GP (Figura 2), contribuindo para a construção das convergências entre os dois temas. Nessa matriz, os graus de relação referem-se ao nível de aplicação da tecnologia digital e quão frequente seria a proposta de utilização para cada uma das áreas de conhecimento.

De acordo com a Figura 2, nota-se que as tecnologias mais utilizadas no GP são o *cloud computing*, a *cyber* segurança e o *Big Data*, pois, de fato, o projeto envolve um grande volume de dados para o seu gerenciamento os quais, por sua vez, devem estar disponíveis a todo o time de projeto e resguardados contra ataques cibernéticos. Em projetos de produtos, a depender da disposição da empresa em fazer investimentos, destaca-se também a simulação virtual, os robôs autônomos e a realidade aumentada, que podem facilitar a análise de não conformidades, a realização de treinamentos, dentre outros.

Figura 2: Matriz de relação das áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos e as tecnologias da Indústria 4.0

	Big Data	Cloud computing	Manufatura aditiva	Simulação virtual	Cyber segurança	Robôs autônomos	Realidade aumentada		
Integração	▲	□			▲			Legenda	
Cronograma	□	▲		▲	▲			Grau de relação	Símbolo
Escopo			▲	▲		□	●	Forte	▲
Custos	□	▲			▲			Moderada	□
Qualidade	□	□		●	▲	●		Fraca	●
Recursos	□	▲			▲		●		
Comunicações	●	●			□				
Riscos	▲	▲			▲				
Aquisições	□	□			▲				
Partes interessadas	□	▲			▲				

Fonte: Autores.

A área de integração possui relação forte com *Big Data*, pois utiliza informações de todas as áreas, conduzindo a grande volume de dados a serem processados. Whyte et al. (2016) colocam que os gerentes devem estar cientes dos desafios que a análise de um grande conjunto de dados representa para o gerenciamento de mudança, englobado na área de integração. Assim, possui relação moderada com o *cloud computing*, pois parte dessas informações podem, ou não, estar armazenadas em nuvem. Todas as informações do GP necessitam estar protegidas de ataques, refletindo na relação forte com a *cyber segurança*.

O cronograma, por sua vez, necessita de parte das informações para seu contexto, como os requisitos do cliente, especificações do escopo, tempo médio de execução das atividades em campo, dentre outros aspectos, por isso a relação moderada com o *Big Data*. Como, majoritariamente o cronograma é elaborado via algum *software*, a maioria das informações pode estar disponível em plataformas em nuvem, para que todo o time de projeto tenha acesso, e requer a proteção adequada para os dados, conduzindo a uma relação forte com o *cloud computing* e *cyber segurança*.

A simulação virtual pode ser uma grande aliada ao gerenciamento de cronograma, podendo-se citar o acompanhamento de atrasos por meio de *dashboards* que mostram, em tempo real, a evolução das atividades. Mizouni & Lazarova-Molnar (2015) desenvolveram um modelo de simulação no qual o cronograma é reavaliado de acordo

com fatores de incerteza relacionados ao ser humano e prioridade de recursos em tarefas, a fim de conquistar um melhor dimensionamento.

Em relação ao escopo, a manufatura aditiva auxilia no momento da criação do protótipo ou de algum componente do produto no momento de elaboração do projeto do produto, apresentando, então, relação forte. A simulação virtual também possui relação forte com o gerenciamento de escopo, pois facilita uma possível alteração de escopo, influenciando em algum processo produtivo e permitindo a obtenção de métricas de produtividade com o objetivo de verificar se tal modificação será viável. Caso seja viável, a mudança no processo produtivo pode ser aplicada por meio dos robôs autônomos presentes na linha, alterando a programação de sua atividade e, conseqüentemente, o fluxo da linha de produção, tornando a relação moderada, pois nem sempre pode ser aplicada de fato.

Para a detecção precoce de não conformidades e a redução de custos com treinamento, é possível utilizar ainda a realidade aumentada. A relação entre a realidade aumentada e o gerenciamento do escopo é fraca, pois nem sempre é viável economicamente devido ao tempo disponível para projeto e para as características do produto a ser desenvolvido.

O gerenciamento de custos envolve um conjunto de informações não tão amplo quando comparada à área de gerenciamento da integração, refletindo uma relação moderada com o *Big Data*. As informações sobre custos estão disponíveis em plataforma em nuvem para que todos do time de projeto tenham acesso (relação forte), bem como possivelmente em ferramentas internas da organização. Dado que, comumente, as informações sobre os custos são sigilosas, é importante estarem protegidas via *cyber* segurança.

A qualidade requer quantidade moderada de dados, como os objetivos da qualidade definidos, requisitos do cliente, requisitos internos da organização, dentre outros. Da mesma maneira, devido à quantidade moderada de dados, há um uso moderado do *cloud computing*. Contudo, é sempre importante manter as informações seguros, configurando uma relação forte com a *cyber* segurança. A simulação virtual pode, ao alterar alguma característica do produto, simular requisitos da qualidade, sugerindo uma relação fraca. Da mesma forma, os robôs podem realizar testes de conformidade, substituindo mão-de-obra e reduzindo os custos. Entende-se, assim, a relação como fraca, pois depende do investimento da organização em adquirir e programar esses dispositivos

para operar nas linhas de produção. De fato, os robôs podem ser programados para terem a percepção dos aspectos de qualidade baseados em seus comportamentos, como demonstrado no estudo de Ropertz et al. (2017).

Alguns fatores considerados para o dimensionamento de recursos são a complexidade da tarefa e o tempo disponível para execução, além da análise dos treinamentos necessários para manter a equipe capacitada e apta a trabalhar no projeto. Logo, a quantidade de dados referente é moderada (*Big Data*) e as informações podem estar armazenadas e controladas em plataformas em nuvem (*cloud computing*) e protegidas pela *cyber* segurança, ambas relações fortes. No quesito de treinamentos, para alguns casos é possível realizar treinamentos via realidade aumentada, interagindo com os objetos do meio físico, por exemplo com um operador numa linha de produção. A relação é fraca pois essa relação é aplicável em alguns casos, dependendo do investimento da empresa. No trabalho de Hořejší (2015), é exemplificado um treinamento de montagem de peças utilizando realidade aumentada.

No caso das comunicações, que abrange, geralmente, os contatos do time do projeto, do cliente, das partes interessadas e dos fornecedores, não são muitos dados que, de fato, necessitam de processamento, por isso a relação baixa com o *Big Data*. A utilização do armazenamento em nuvem também é relativamente baixa, porém a *cyber* segurança possui relação moderada com as comunicações, pois é importante internamente ter essas informações protegidas, porém estas estão disponíveis em outros locais, como os contatos do cliente.

Os riscos, ao serem prospectados, requerem grande quantidade de dados para formarem sua composição. Por exemplo, um risco pode ser criado devido a um atraso no cronograma do fornecedor e, para esse risco ser formado e consolidado no projeto, é necessário obter informações do custo a ser incluído no risco e do tempo que pode ser impactado, de modo a configurar uma relação forte com o *Big Data*. A utilização do *cloud computing* impacta em uma relação forte, pois os riscos possuem extrema importância para o controle interno do projeto e devem estar disponíveis a todos e de forma segura, envolvendo fortemente a *cyber* segurança.

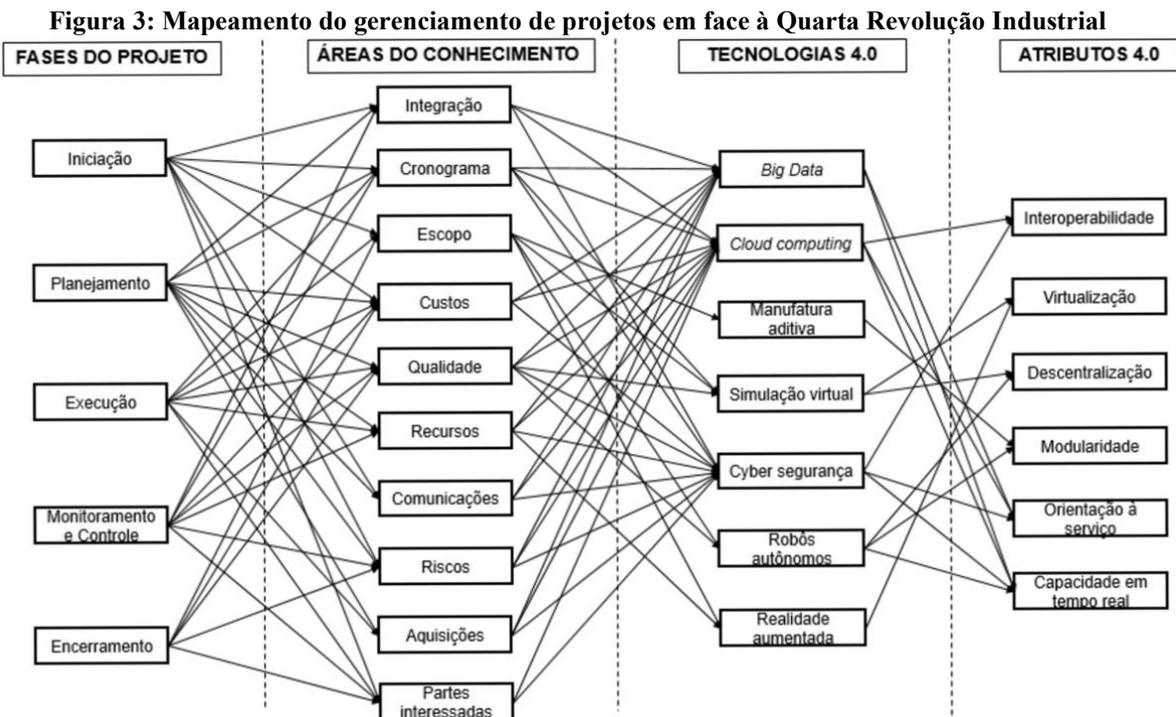
O gerenciamento das aquisições, por sua vez, requer uma quantidade moderada de informações, essencialmente relacionadas com o escopo do projeto. A partir dessa análise, é possível determinar quais são os materiais e equipamentos que devem ser comprados, qual o prazo para realizar a compra e entrega em campo e qual o orçamento

previsto, além das especificações técnicas requeridas. Esses dados devem estar disponível de modo fácil e remoto, configurando uma relação moderada com a nuvem. A segurança das informações de compra é essencial, principalmente devido ao compartilhamento de quesitos confidenciais de cada empresa em relação às inovações, por exemplo, sendo assim uma relação forte.

As partes interessadas são geridas a partir de uma quantidade de informações moderada, abrangendo a análise da influência dos envolvidos nas diversas áreas e como serão engajados do decorrer do projeto. Por exemplo, uma avaliação pode ser feita em relação a um *stakeholder* que influencia diretamente nas questões financeiras do projeto. Como são informações relacionadas à estratégia, o uso do *cloud computing* é essencial, bem como a proteção contra ataques cibernéticos.

A partir da análise anterior, o mapeamento da integração entre as fases do projeto, as áreas de gerenciamento e as tecnologias e atributos da I4.0 está proposto na Figura 3, refletindo uma visão holística do GP4.0. Foram identificadas 34 potenciais relações entre as fases do projeto e as áreas de conhecimento do gerenciamento, bem como o mesmo quantitativo foi observado na relação entre as áreas e as tecnologias 4.0. Enfim, os pontos de convergência entre as tecnologias 4.0 e atributos da Quarta Revolução Industrial resultaram em 15 relações, apontando que todas as esferas se entrelaçam em certo aspecto.

De fato, as relações entre as tecnologias e os atributos da I4.0 se mostram menos difusas, de modo que cada atributo vincula-se com tecnologias específicas que são consideradas como base em sua implementação. A título de exemplificação, o princípio básico do atributo de *virtualização* é a criação de cenários do mundo real no mundo virtual, sendo esse o princípio também da tecnologia de simulação virtual. Dessa maneira, os atributos e as tecnologias se suportam de forma harmônica, com relações complexas e estão mutuamente relacionados, conforme já identificado na literatura (Kanski & Pizon, 2023).



As fases do projeto interagem de forma espalhada com as áreas de conhecimento em GP, ou seja, identificou-se que cada fase vincula-se com mais de uma área. Essa difusão também foi observada entre as áreas de conhecimento e as tecnologias digitais, destacando-se o número de relações envolvendo o *Big Data*, *cloud computing* e *cyber segurança*. A fim de prezar pelo mapeamento do GP4.0, a interação dos atributos e tecnologias da I4.0 com os processos de cada fase do GP foi desdobrada.

Na fase de iniciação, após a primeira etapa da criação do termo de abertura do projeto, existe a análise dos documentos fornecidos pelo setor de vendas, tais como requisitos do cliente, escopo, estrutura de custos e cronograma. Essa análise configura uma atuação da tecnologia *Big Data* devido à complexidade e volume de dados (Valamede & Akkari, 2020), tornando-se uma etapa essencial para definição de prioridades para o projeto e para identificação de possíveis desvios. Por meio do compartilhamento das informações por uma plataforma em nuvem, seguindo o princípio do *cloud computing*, há um fluxo de informações entre as partes interessadas e os riscos podem ser avaliados de maneira simultânea, tornando a análise mais acurada de acordo com as diferentes perspectivas.

A fase de planejamento envolve o gerenciamento do cronograma do projeto, no momento de definir, sequenciar e estimar a duração das atividades, sendo útil a aplicação

da simulação virtual a fim de criar diversos cenários para o andamento do projeto e identificar o caminho crítico. Ainda na fase de planejamento, tem-se a elaboração do plano do projeto, necessitando de informações de diversas áreas para consolidar em um só documento, de modo que o *Big Data* atua na análise e seleção dos dados. Os riscos do projeto fazem parte do risco do negócio e devem ser confidenciais e protegidos pela *cyber* segurança, bem como a questão dos custos, que é extremamente sigilosa dentro do projeto e da organização devido a fatores de competitividade no mercado.

O documento final do cronograma consolidado, o planejamento de recursos, o plano de projeto, a estrutura de custos, plano de aquisições, o plano de comunicações e os demais documentos devem estar disponíveis para todos os membros do time, requerendo o armazenamento dos documentos em nuvem.

Na execução do escopo, a manufatura aditiva pode estar presente, por exemplo, no desenvolvimento de um protótipo ou de um elemento do dispositivo a ser fabricado (Valamede & Akkari, 2020). A tecnologia de realidade aumentada permite ainda visualizar todo o escopo do projeto na dimensão virtual (Sanchez et al., 2024), o que proporciona uma visão mais abrangente, podendo detectar otimizações e falhas no projeto.

A qualidade a ser gerenciada abrange a verificação do atendimento aos requisitos do cliente em relação ao escopo do projeto, de modo que o *checklist* devem ser armazenado na rede em nuvem para fins de gerenciamento. Tem-se ainda a possibilidade de utilizar robôs programados para realizar os testes de inspeção e garantir que os padrões sejam cumpridos. Além disso, o produto pertencente ao escopo pode ser projetado virtualmente e os aspectos da qualidade podem ser verificados em meio virtual, agilizando o processo de inspeção.

O gerenciamento dos custos e do cronograma, na fase de execução, consiste no acompanhamento da evolução do projeto, tanto em termos financeiros quanto de prazo, gerando grande quantidade de dados a serem processados. O gerenciamento de mudanças envolve o armazenamento dos dados em nuvem e com máxima proteção (*cyber* segurança), de modo que qualquer mudança ocorrida no projeto deve ser informada ao time de forma estratégica.

O conhecimento do projeto envolve todas as competências do time e as experiências adquiridas, durante o decorrer do projeto, servem de base para capacitar a equipe, necessitando ser mapeados e armazenados em diretórios. No tocante ao

desenvolvimento da equipe, os colaboradores podem ser treinados por meio da tecnologia de realidade aumentada, sendo possível simular o local onde o projeto será executado em campo.

As atividades de controle e de monitoramento envolve grande parte das áreas do projeto, gerando um grande número de dados, além de sua variedade e volume, relacionando-se com o *Big Data*. Esses passos devem ser acompanhadas em tempo real à execução do projeto, requerendo o uso de *cloud computing*.

As atividades iniciais da fase de encerramento compreendem a verificação da entrega do escopo, de acordo com os parâmetros de qualidade exigidos e orçamento planejado. A verificação de todos os parâmetros envolve a análise acurada de diversos e variados dados, interagindo com o *Big Data*. Ao final do projeto, é importante medir a satisfação das partes interessadas do projeto por meio de pesquisas de satisfação a fim de retroalimentar processos internos segundo a voz do cliente. Em algumas organizações, a pesquisa é enviada de modo *online* e seu resultado é inserido em plataformas *cloud* que armazenam dados de todas as pesquisas realizadas pela organização, sendo possível extrair análises a partir dessas informações (*Big Data*).

Após a obtenção do certificado de aceite pelo cliente, há o encerramento de todos os processos internos da organização, arquivamento das pastas do projeto em um sítio específico de projetos encerrados, na nuvem, como parte da documentação a ser enviada à área de pós-vendas.

5. CONCLUSÃO

A integração entre as tecnologias digitais, os atributos da I4.0, as fases do projeto e as áreas de conhecimento do GP foi mapeada de modo sistêmico, sugerindo que o GP4.0 parte de inteirações complexas e mutuamente relacionadas entre os processos do GP e os elementos que constituem a I4.0.

As áreas de conhecimento interagem de forma difusa com as tecnologias digitais de modo que mais de 30 pontos de convergência foram identificados, destacando-se o número de relações envolvendo o *Big Data*, *cloud computing* e *cyber segurança*. Esse resultado sugere que há uma grande interface entre os dois temas e que, de fato, as tecnologias da I4.0 têm um elevado potencial para suportar o GP em face da Quarta Revolução Industrial.

O desdobramento das relações indica ainda que cada atributo e tecnologia digital vincula-se com as diferentes fases do GP, podendo-se notar que desde a iniciação do projeto até as fases de monitoramento & controle e encerramento, a I4.0 permeia os processos do GP e precisa ser avaliada a fim de que a gestão baseada em projetos seja efetiva, na empresa.

Logo, esse estudo contribui para que as empresas que estão implementando a I4.0, ou mesmo aquelas que ainda estão no processo de transformação digital, façam uma avaliação holística e um gerenciamento sistematizado a fim de executar mudanças estruturais, gerenciais, culturais e tecnológicas com enfoque em novas abordagens de gestão das organizações incluindo a área de projetos que é estratégica no ambiente organizacional.

REFERÊNCIAS

Cianfanelli, M. M., Pessoa, L. C., & Junior, R. R. (2014). Escritório de gerenciamento de projetos – elo organizacional entre o estratégico e o operacional: um estudo de caso. *Revista Científica Hermes - Fipen*, 12.

Da Costa, L. S., Munhoz, I. P.; Pereira, L., & Santos Akkari, A. C. (2022). Assessing the digital maturity of micro and small enterprises: a focus on an emerging market. *Procedia of Computer Science*, 200, 175–184.

Do Valle, A. B., Cierco, A. A., Soares, C. A. P., & Finocchio, J. (2010). *Fundamentos do gerenciamento de projetos*. Rio de Janeiro: Editora FGV.

Ferreira, A. C. D., Titotto, S. L. M. C., & Akkari, A. C. S. (2022). Urban Agriculture 5.0: An Exploratory Approach to the Food System in a Super Smart Society. *International Journal Of Mathematical Engineering And Management Sciences*, 7, 455–475.

Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. In: *49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, IEEE, 3928–3937.

Hořejší, P. (2015). Augmented reality system for virtual training of parts assembly. *Procedia Engineering*, 100, 699–706.

Kanski, L., & Pizon, J. (2023). The impact of selected components of industry 4.0 on project management. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8, 100336.

Mizouni, R., & Lazarova-Molnar, S. (2015). Project Schedule Simulation: Incorporating Human Factors' Uncertainty and Features' Priority in Task Modeling. *Journal of Software*, 10, 8, 939–960.

PMI, Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide)*, 6th ed. Delaware: PMI.

Prasetyo, Y. A., & Arman, A. A. (2017). Group management system design for supporting society 5.0 in smart society platform. In: *2017 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, IEEE, 398–404.

Sánchez, O., Castañeda, K., Vidal-Méndez, S., Carrasco-Beltrán, D., & Lozano-Ramírez, N. E. (2024). Exploring the influence of linear infrastructure projects 4.0 technologies to promote sustainable development in smart cities. *Results in Engineering*, 23, 102824.

Simion, C., Popa, S., & Albu, C. (2018). Project Management 4.0 – Project Management in the digital era. In: *12th International Management Conference*, Editura ASE, 93–100.

Ropertz, T., Wolf, P., & Berns, K. (2017). Quality-Based Behavior-Based Control for Autonomous Robots in Rough Environments. In: *International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO)*, 513–524.

Russo, R. F. S. M., Ruiz, J. M., & da Cunha, R. P. (2005). Liderança e influência nas fases da gestão de projetos. *Revista Produção*, 15, 3, 362–375.

Scott, L. (2013). *Gower Handbook of People in Project Management* (D. Lock, Ed.) (1st ed.). London: Routledge.

Valamede, L. S., & Akkari, A. C. S. (2020). Lean 4.0: A New Holistic Approach for the Integration of Lean Manufacturing Tools and Digital Technologies. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 5, 851–868.

Venanzi, D., da Silva, O. R., & Hasegawa, H. L. (2020). Indústria 4.0: estudo de múltiplos casos no setor industrial de Sorocaba-SP. *Revista Científica Hermes*, 26, 137–156.

Wagner, T., Herrmann, C., & Thiede, S. (2017). Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems. *Procedia CIRP*, 63, 125–131.

Wang, S., Li, D., & Zhang, C. (2016). Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. *Computer Networks*, 101, 158–168.

Watt, A. (2014). *Project Management*. Hong Kong: The Open University of Hong Kong.

Whyte, J., Stasis, A., & Lindkvist, C. (2016). Managing change in the delivery of complex projects: Configuration management, asset information and ‘big data’. *International Journal of Project Management*, 34, 2, 339–351.